

NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO PARA O ESTABELECIMENTO DE
Brachiaria decumbens Stapf., Brachiaria brizantha (Hochst.)
Stapf. cv. Marandu E Panicum maximum Jacq., EM LATOSSOLO
VERMELHO AMARELO, ÁLICO

LUCIANO DE ALMEIDA CORRÊA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. HENRIQUE PAULO HAAG

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
outubro de 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Corrêa, Luciano de Almeida

C824n

Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de
Brachiaria decumbens Stapf., Brachiaria brizantha
(Hochst.) Stapf. cv. Marandu e Panicum maximum Jacq.,
em latossolo vermelho amarelo, álico. Piracicaba, 1991.
83p. ilustr.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Fósforo em solo - Nível - Estimativa 2. Fósforo
em planta - nível - Estimativa 3. Gramínea forrageira -
Adubação fosfatada 1. Escola Superior de Agricultura Luiz
de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.2

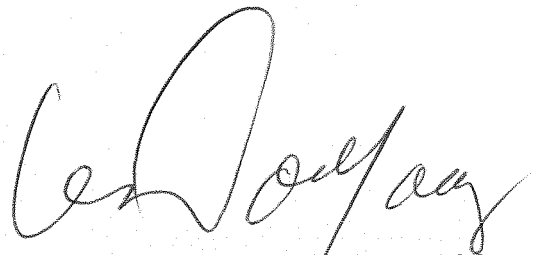
NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO PARA O ESTABELECIMENTO DE
Brachiaria decumbens Stapf., Brachiaria brizantha (Hochst.)
Stapf. cv. Marandu E Panicum maximum Jacq., EM LATOSSOLO
VERMELHO AMARELO, ÁLICO

LUCIANO DE ALMEIDA CORRÊA

Aprovada em: 12-11-91

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag	ESALQ/USP
Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro	ESALQ/USP
Prof. Dr. Luis Roberto de Andrade Rodrigues	FMVAJ/UNESP
Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis	FMVAJ/UNESP
Dr. Joaquim Carlos Werner	IZ/SAA



Prof. Dr. HENRIQUE PAULO HAAG
Orientador

Dedico este trabalho à minha
esposa Ana e aos nossos filhos
Luciano, Daniel e Ana Laura



Agradecimentos

A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

Ao professor Dr. Henrique Paulo Haag pela amizade, apoio e orientação.

Aos funcionários do Departamento de Química da ESALQ, em especial, aos técnicos Fernando Eder Ré e Lúcia Pavan Forti pela colaboração nas análises laboratoriais.

Aos colegas Alfredo Ribeiro de Freitas e Maurício Mello de Alencar pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos demais colegas e funcionários da UEPAE de São Carlos que, direta ou indiretamente, participaram da realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	V
SUMMARY	VII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Níveis críticos de fósforo na planta (níveis críticos internos de fósforo).....	3
2.2. Níveis críticos de fósforo no solo (níveis críticos externos de fósforo).....	6
2.3. Extratores de fósforo do solo.....	11
2.3.1. Extrator de Mehlich 1.....	12
2.3.2. Método da resina trocadora de ânions..	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Espécies forrageiras.....	16
3.2. Solo, local e condução dos experimentos.....	16
3.3. Extratores de fósforo do solo.....	21
3.4. Delineamento experimental.....	21
3.5. Análises estatísticas.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Ensaio em casa de vegetação.	23
4.1.1. Produção de matéria seca.....	23

4.1.2. Perfilhamento.....	29
4.1.3. Fósforo extraído	33
4.1.4. Níveis críticos de fósforo na planta..	41
4.1.5. Níveis críticos de fósforo no solo.....	45
4.1.6. Absorção, uso e quociente de utilização do fósforo.....	48
4.2. Ensaio a campo.....	50
4.2.1. Produção de matéria seca.....	50
4.2.2. Fósforo extraído	56
4.2.3. Níveis críticos de fósforo na planta...	64
4.2.4. Níveis críticos de fósforo no solo.....	69
4.2.5. Absorção, uso e quociente de utilização do fósforo.....	72
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	75
6. CONCLUSÕES.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO PARA O ESTABELECIMENTO DE
Brachiaria decumbens Stapf., *Brachiaria brizantha* (Hochst.)
Stapf. cv. Marandu E *Panicum maximum* Jacq., EM LATOSSOLO
VERMELHO AMARELO, ÁLICO

Autor: LUCIANO DE ALMEIDA CORRÊA

Orientador: PROF. DR. HENRIQUE PAULO HAAG

RESUMO

O estudo desenvolvido em casa de vegetação e no campo, teve por objetivos determinar os níveis críticos de P no solo, pelos extratores de Mehlich I e Resina, e os níveis críticos de P na planta, para o estabelecimento das gramíneas *Brachiaria decumbens* Stapf., *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf. cv. Marandu e *Panicum maximum* Jacq., em Latossolo Vermelho Amarelo, álico. O delineamento experimental foi de o blocos casualizados, com 4 repetições, no esquema fatorial 7 (doses de P) x 3 (gramíneas). No ensaio em vasos as doses de P corresponderam a 0; 17,5; 35,0; 70,0; 140,0; 280,0 e 560,0 ppm. Realizaram-se dois cortes, o primeiro, 50 dias após a semeadura, e o segundo, com 30 dias de rebrota. No ensaio a campo as doses de P corresponderam a 0, 20, 40, 80, 160, 320 e 640 kg de P₂O₅/ha. Foram realizados dois cortes, o primeiro, 80 dias após a semeadura, e o segundo, com 80 dias de rebrota.

Os resultados mostraram que:

- No ensaio em vasos os níveis críticos de P no solo, no primeiro corte, variaram de 8,0 a 12,0 ppm (Mehlich I) e de 13 a 18 ppm (Resina), para as três gramíneas. No segundo corte foram de 11,5, 12,0 e 14,0 ppm (Mehlich I) e de 18,0, 22,0 e 24,0 ppm (Resina), respectivamente, para a *B. decumbens*, *B. brizantha* e o *P. maximum*. Os níveis críticos de P na planta foram, na mesma ordem, de 0,11, 0,13 e 0,12%, no primeiro corte e 0,09, 0,12 e 0,10%, no segundo corte.

- No ensaio a campo os níveis críticos de P no solo, no primeiro corte, foram de 4,7, 10,8 e 8,0 ppm (Mehlich I) e de 10,7, 21,8 e 16,0 ppm (Resina), respectivamente, para a *B. decumbens*, *B. brizantha* e o *P. maximum*. No segundo corte foram de 3,0 e 3,5 ppm (Mehlich I) e de 5,8 e 6,5 ppm (Resina), respectivamente, para a *B. decumbens* e o *P. maximum*. Os níveis críticos de P na planta, foram de 0,08, 0,13 e 0,06%, no primeiro corte e 0,09 e 0,08%, no segundo corte, na mesma ordem acima, respectivamente.

- Os níveis críticos de P obtidos no experimento em vasos não foram equivalentes aos obtidos no experimento a campo.

- Os extratores de Mehlich I e Resina foram eficientes e similares na avaliação do P disponível para as três gramíneas, sendo que o método da Resina apresentou maior capacidade de extração do P aplicado.

CRITICAL LEVELS OF PHOSPHORUS FOR THE ESTABLISHMENT OF
Brachiaria decumbens Stapf., *Brachiaria brizantha* (Hochst.)
Stapf. cv. Marandu AND *Panicum maximum* Jacq., IN A RED YELLOW
LATOSOL

Author: LUCIANO DE ALMEIDA CORRÊA

Adviser: PROF. DR. HENRIQUE PAULO HAAG

SUMMARY

The objectives of the present study, carried out in a greenhouse and in a field, were to determine the critical levels of soil P by the Mehlich I and the Resin extractors and the critical level of P in the plants, for the establishment of *Brachiaria decumbens* Stapf., *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf cv. Marandu and *Panicum maximum* Jacq., in a Red Yellow Latosol. The experimental design was a randomized complete block with four replications and 21 treatments (7 levels of P x 3 species). In the greenhouse, the levels of P corresponded to 0, 17.5, 35.0, 70.0, 140.0, 280.0 and 560.0 ppm. Two cuts of plant shoots were done: the first, fifty days after sowing and the second, thirty days later. In the field, the levels of P corresponded to 0, 20, 40, 80, 160, 320 and 640 kg of P₂O₅/ha. Two cuts of plant shoots were also done: the first, eighty days after sowing and the second, sixty days latter.

The results showed that:

- In the greenhouse, the critical level of soil P, in the first cut, varied from 8.0 to 12.0 ppm (Mehlich I) and 13.0 to 18.0 ppm (Resin), for the three grasses. For the second cut, the levels were 11.5, 12.0 and 14.0 ppm (Mehlich I) and 18.0, 22.0 and 24.0 ppm (Resin), for the *B. decumbens*, *B. brizantha* and *P. maximum*, respectively. The critical levels of P in the plant were, in the same order, 0.11, 0.13 and 0.12% for the first cut and 0.09, 0.12 and 0.10%, for the second cut.

- In the field, the critical levels of soil P were 4.7, 10.8 and 8.0 ppm (Mehlich I) and 10.7, 21.8 and 16.0 ppm (Resin), for the first cut, for the *B. decumbens*, *B. brizantha* and *P. maximum*, respectively. For the second cut, the levels were 3.0 and 3.5 ppm (Mehlich I) and 5.8 and 6.5 ppm (Resin) for the *B. decumbens* and *P. maximum*, respectively. The critical levels of P in the plant were 0.08, 0.13 and 0.06%, for the first cut and 0.09 and 0.08%, for the second cut, in the same order as above, respectively.

- The critical levels of P obtained in the greenhouse were not similar to those obtained in field conditions.

- The Mehlich I and Resin extractors were both efficient and similar for the evaluation of the availability of P to the three grasses, but the Resin method had a greater extraction capacity of the P applied.

1. INTRODUÇÃO

O grande potencial da pecuária de corte no Brasil está nos cerrados, que ocupam cerca de 180 milhões de hectares, e onde se concentra quase 50% do rebanho bovino do País (KORNELIUS et alii, 1982). Todavia, os solos de cerrado são em sua maioria constituídos por Latossolos, destacando-se entre eles, o Latossolo Vermelho Amarelo, e o Latossolo Vermelho Escuro, que juntos compreendem cerca de 52% das áreas de cerrado, cuja fertilidade é caracterizada, principalmente, pela deficiência generalizada de fósforo. LOPES & COX (1977), em levantamento das condições de fertilidade dos solos da região dos cerrados, constataram que 92% das amostras da camada superficial continham menos de 2 ppm de fósforo, pelo extrator de Mehlich I. Como consequência, a produtividade das pastagens nas áreas de cerrado é baixa, assim como são baixos os índices zootécnicos. Nesta situação a adubação fosfatada é considerada de vital importância, principalmente na fase de estabelecimento da pastagem. Por outro lado há evidências de que as espécies forrageiras apresentam grandes variações nas exigências em fósforo. Contudo, as informações sobre os

níveis críticos de fósforo para as plantas forrageiras, principalmente determinados sob condições de campo, são ainda muito escassas, assim como faltam informações sobre o extrator de fósforo mais adequado para avaliar o fósforo disponível no solo.

O presente estudo, desenvolvido em casa de vegetação e no campo, teve os seguintes objetivos:

- a) Estimar os níveis críticos internos e externos de fósforo para o estabelecimento das gramíneas *Brachiaria decumbens* Stapf., *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf. cv. Marandu e *Panicum maximum* Jacq., em Latossolo Vermelho Amarelo, álico, da região de São Carlos, Estado de São Paulo;
- b) Comparar a eficiência dos extratores de Mehlich I e da Resina na avaliação do fósforo disponível, neste tipo de solo, para as três gramíneas forrageiras; e
- c) Verificar a equivalência entre os níveis críticos de fósforo obtidos no ensaio em vasos e no ensaio a campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Níveis críticos de fósforo na planta (Níveis críticos internos de fósforo)

O nível crítico interno de um nutriente é a concentração mínima do nutriente presente na planta ou em parte dela, capaz de proporcionar 90 a 100% do crescimento máximo, ou 80% do máximo, como adotado nesta tese.

O conhecimento dos níveis críticos internos de um nutriente é importante na diagnose de deficiências de nutrientes e nas predições de requerimento de fertilizantes pelas plantas (BATES, 1971).

Trabalhos, em casa de vegetação, de ANDREW & ROBINS (1969 e 1971), confirmam a existência e as variações dos níveis críticos internos de fósforo em plantas forrageiras. A porcentagem de fósforo na parte aérea das plantas, acima da qual não houve nenhuma resposta adicional em crescimento, foi considerada pelos autores, como o nível crítico interno de fósforo. Sob este critério, espécies de gramíneas como *Melinis minutiflora* e *Panicum maximum*, têm níveis críticos de 0,16% e 0,18% de fósforo,

respectivamente, e espécies como *Chloris gayana* e *Paspalum notatum*, de 0,23% e 0,25% de fósforo, respectivamente. Segundo SALINAS & SANCHEZ (1976) estas diferenças nos níveis críticos internos podem estar relacionadas ao conteúdo de fósforo dos solos onde estas espécies evoluíram.

MARTINEZ & HAAG (1980) determinaram, em solução nutritiva, os níveis críticos internos de fósforo para as gramíneas: *Brachiaria decumbens* (Stapf.), *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt, *Digitaria decumbens* Stent, *Panicum maximum* Jacq., *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf e *Pennisetum purpureum* Schum. As concentrações críticas no tecido, associadas ao crescimento máximo daquelas espécies, foram, respectivamente, de 0,31%, 0,24%, 0,26%, 0,29%, 0,23%, entre 18% e 0,58% e 0,20% de fósforo.

REGO et alii (1985), estudando, em casa de vegetação, os níveis críticos internos de fósforo para as gramíneas *Panicum maximum* cv. colômbio, *Hyparrhenia rufa*, *Melinis minutiflora* e *Cenchrus ciliaries* L., com cinco solos de textura variável, desde arenosa até muito argilosa, encontraram variações dos níveis críticos tanto em função das espécies como das características dos solos. No caso da espécie *Panicum maximum* os teores de fósforo variaram, no 2º corte, de 0,29% no solo arenoso até 0,09% no solo mais argiloso, enquanto que para a espécie *M. minutiflora*, os teores variaram de 0,14% no solo arenoso a 0,11% no solo

mais argiloso.

FONSECA (1987), em estudo, em casa de vegetação, com um grupo de onze latossolos de características distintas, encontrou níveis críticos internos de fósforo, associados a 90% da produção máxima, variando de 0,13% a 0,36% de fósforo para a espécie *Hyparrhenia rufa*, de 0,12% a 0,26% de fósforo para a *Brachiaria decumbens* e de 0,07 a 0,28% de fósforo para o *Andropogon gayanus* Kunth, nos diferentes solos. O autor também verificou que o nível crítico interno de fósforo variou inversamente com o teor de argila dos solos.

GUSS (1988), em estudo com cinco Latossolos distintos, com gramíneas do gênero *Brachiaria*, verificou, no 1º corte, níveis críticos mais baixos, que variaram de 0,14% a 0,24% de fósforo para a *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* e valores mais elevados, variando de 0,33 a 0,50% de fósforo para a *Brachiaria humidicola*, nos diferentes solos. Nesse estudo, o efeito dos teores de argila dos solos sobre os níveis críticos internos de fósforo, não foram claros.

MEIRELLES et alii (1988) estudaram, em casa de vegetação, os níveis críticos de fósforo em *Panicum maximum* cv. coloniã, com os solos Latossolo Vermelho Escuro e Podzólico Vermelho Amarelo, que apresentavam a mesma porcentagem de argila. A faixa crítica de fósforo, no 1º corte, nas três folhas mais novas, cujas lâminas estavam

totalmente expandidas, foi de 0,22% a 0,27% de fósforo para o Latossolo e de 0,16% a 0,18% de fósforo para o Podzólico.

Verifica-se, portanto, que os níveis críticos internos de fósforo para as plantas forrageiras são bastante variáveis, o que não deixa de ser um reflexo da ação direta e indireta de fatores como, espécie vegetal (SALINAS & SANCHEZ, 1976), parâmetros de solos (REGO et alii, 1985; FONSECA, 1987), idade fisiológica, parte amostrada e interação de outros nutrientes (BATES, 1971), entre outros. Estes fatos mostram a dificuldade e os cuidados que devem ser tomados ao se interpretar resultados de análises de planta. Aliado a isso, a maioria dos estudos de níveis críticos internos de fósforo, em plantas forrageiras, foram realizados em casa de vegetação. BATES (1971) concluiu, após revisão de literatura, que existem opiniões divergentes quanto à validade das concentrações críticas de nutrientes determinadas em casa de vegetação, para uso no campo. SMITH (1962) menciona o uso de dados dessa natureza, obtidos em casa de vegetação, mas concluiu que os valores críticos deveriam finalmente ser testados no campo.

2.2. Níveis críticos de fósforo no solo (níveis críticos externos de fósforo)

O nível crítico de um nutriente no solo é o teor mínimo disponível, por meio de um determinado método ou

processo de extração, capaz de possibilitar 90 a 100% do máximo crescimento vegetal, ou 80% do máximo, como adotado nesta tese.

A determinação dos níveis críticos de fósforo no solo é essencial para predizer a necessidade ou não da adubação fosfatada no estabelecimento das forrageiras, em solos deficientes em fósforo, como são os solos das regiões dos cerrados.

SALINAS & SANCHEZ (1976) concluíram, após revisão de literatura, que existem evidências de que ocorrem diferenças consideráveis entre espécies e variedades com respeito ao nível crítico externo de fósforo (quantidade de fósforo na solução do solo relacionada a altas produções) e ao nível crítico interno de fósforo (quantidade de fósforo na planta relacionada a altas produções). Segundo os autores, existem cinco mecanismos principais para tentar explicar essas diferenças: extensão das raízes, exudação das raízes, influências de micorrizas, equilíbrio de nutrientes e diferenças nas taxas de absorção e translocação do fósforo em relação ao crescimento, sendo este último o mais importante, sem excluir os demais.

Segundo GUSS (1988), estudos de adubação fosfatada para as forrageiras tropicais, têm sido em grande parte dedicados à avaliação de respostas a doses crescentes de fósforo, na busca de cultivares menos exigentes ou mais eficientes quanto ao seu uso, sendo que poucos desses

trabalhos estabeleceram os níveis críticos de fósforo no solo e na planta.

Níveis críticos de fósforo no solo foram determinados inicialmente para 12 espécies de plantas forrageiras em um Oxisolo da Colômbia, recebendo doses de 0 a 550 kg de P₂O₅/ha (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1977 e 1978). Os níveis críticos de fósforo no solo, pelo extrator Bray 2, para obtenção de 60% a 80% do rendimento relativo máximo, variaram de 2,5 a 11,4 ppm de fósforo, sendo os valores mais baixos para os ecotipos de *Stylosantes guianensis* e *S. capitata*. Em ensaio realizado em outro tipo de Oxisolo, com doses entre 0 e 880 kg de P₂O₅/ha, os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento das gramíneas *Andropogon gayanus* e *Brachiaria decumbens* foram de 5 e 7 ppm, respectivamente.

Essas diferenças na exigência externa de fósforo também foram constatadas por MARTINEZ & HAAG (1980), que trabalharam com sete gramíneas forrageiras, em solução nutritiva. Os autores verificaram que as espécies *Brachiaria humidicola* e *Hyparrhenia rufa* foram as menos exigentes, vindo a seguir, em ordem crescente, a *Brachiaria decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum* e *Digitaria decumbens*.

REGO et alii (1985), estudando em casa de vegetação, com cinco solos de textura variável, doses e níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de quatro

gramíneas forrageiras tropicais, encontraram grandes diferenças em função das gramíneas e dos solos. Baseados nos resultados obtidos, os autores recomendam considerar cuidadosamente a espécie da gramínea e também a característica do solo ao se fazer recomendação de adubação fosfatada para o estabelecimento de uma pastagem.

Para SALINAS & SANGHEZ (1976), a textura do solo tem influência direta na concentração ótima de fósforo na solução do solo. Para os autores, o maior requerimento de fósforo pelas plantas em solos arenosos, é devido a descontinuidade da solução do solo e a mais baixa difusão do fósforo neste tipo de solo.

Todavia, em trabalhos que têm procurado relacionar características dos solos, como porcentagem de argila, com os níveis críticos de fósforo nos mesmos, para as plantas forrageiras, os resultados não tem sido satisfatórios.

FONSECA (1987), estudando, em casa de vegetação, os níveis críticos de fósforo para 90% do crescimento máximo das gramíneas *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa* e *Andropogon gayanus*, em um grupo de 11 Latossolos, encontrou níveis críticos de fósforo variando de 35 a 200 ppm, pelo extrator de Mehlich I, nos diferentes solos, com menores valores para a *B. decumbens* e valores intermediários e maiores, respectivamente, para *H. rufa* e *A. gayanus*, sem, contudo, correlacionarem-se com as características químicas e físicas dos solos estudados.

GUSS (1988), trabalhando com 4 espécies do gênero *Brachiaria*, em casa de vegetação, com cinco Latossolos de texturas diferentes, verificou que os níveis críticos de fósforo no solo, foram maiores para as espécies *B. ruziziensis* e *B. humidicola*, variando de 46 a 87 ppm de fósforo, e menores para as espécies *B. brizantha* e *B. decumbens*, variando de 32 a 58 ppm de fósforo nos diferentes solos, sem, contudo, haver correlações com os teores de argila dos solos.

A falta de resultados consistentes, mostrando o relacionamento das características dos solos, como teor de argila, com os níveis críticos de fósforo, faz com que os níveis críticos obtidos, sejam válidos apenas para os solos estudados, o que vem evidenciar ainda mais a escassez de informações sobre os níveis críticos de fósforo, para as plantas forrageiras, nos solos tropicais. Aliado a esse fato, a grande maioria dos estudos realizados foram feitos em casa de vegetação e, segundo COPE & EVANS (1985), ensaios feitos em casa de vegetação têm limitado valor como base para se fazer recomendação de fertilizantes. Segundo esses autores, a extrapolação de dados de produção obtidos em casa de vegetação é arriscada, por causa das diferenças no grau de exploração das raízes das plantas confinadas no vaso e da cultura no campo. Os níveis dos nutrientes nos quais a planta responde, podem ser muito mais elevados em casa de vegetação do que em experimentos de campo.

Outro fator a afetar o nível crítico de fósforo no solo, é o tipo de extrator de fósforo utilizado na avaliação do fósforo disponível, pois devido aos diferentes processos de extração, muitas vezes os extratores não fornecem os mesmos resultados e, ainda, podem variar quanto à eficiência na avaliação da disponibilidade do fósforo para as plantas.

2.3. Extratores de fósforo do solo

A análise de fósforo em solos é um assunto que tem exigido enormes esforços da pesquisa em todo o mundo, face à complexidade do comportamento do elemento nos solos (LARSEN, 1967). Métodos de determinação de fósforo, com o propósito de caracterizar esse nutriente no solo, têm sido discutidos na literatura por mais de um século, existindo muitos métodos que variam em princípios e detalhes de técnicas (OLSEN e DEAN, 1965).

Uma adequada avaliação do fósforo disponível no solo deve incluir os fatores Quantidade (Q) ou fósforo lábil, Intensidade (I) ou fósforo da solução, Capacidade ou poder tampão de fósforo, bem como a difusão do elemento no solo (GUNARY & SUTTON, 1967).

Embora a maioria dos métodos utilizados na extração do fósforo dos solos, baseie-se em determinações que refletem, principalmente, apenas o fator Quantidade, existem métodos satisfatórios para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos, pois esse fator é o mais importante a ser

considerado na análise de fósforo (RAIJ, 1978 e 1989). Segundo esse autor, existem para uso no Brasil, dois métodos principais, profundamente diferentes, que são o método de Mehlich I e o da Resina trocadora de ânions.

2.3.1 Extrator de Mehlich I

O extrator de Mehlich I ou duplo ácido ou Carolina do Norte, é constituído de ácido sulfúrico 0,025N em ácido clorídrico 0,05N. Segundo VOLKWEISS & RAIJ (1977), este método se baseia no princípio da dissolução de minerais contendo fósforo e/ou deslocamento de fósforo retido nas superfícies sólidas do solo para a solução, por ânions capazes de competir com o fósforo pelos sítios de retenção.

Para LOPES et alii (1982), o extrator de Mehlich vem se apresentando razoavelmente adequado como indicador da disponibilidade de fósforo em solos sem adubação e com aplicação de adubos fosfatados solúveis.

Estudo de correlação para métodos de fósforo disponível para as plantas, em 40 solos do Estado do Rio Grande do Sul, e os extratores Bray2, Olsen, Morgan (modificados) e Mehlich I, mostrou que os quatro extratores foram eficientes e similares na avaliação da disponibilidade de fósforo, sendo o Mehlich I o método que melhor estimou o fósforo nativo (ANGHINONI & BOHNEN, 1974).

Para RAIJ et alii (1984), o método Mehlich I está

entre os métodos ácidos de extração de fósforo que apresentam grande vantagem para uso rotineiro, principalmente porque permite obter extratos límpidos que decantam facilmente, dispensando a filtração das suspensões de solo. Todavia, segundo esses autores, é possível que o uso de extratores ácidos, nas condições brasileiras, torne-se pouco utilizado no futuro, por duas razões principais: 1) com o possível uso crescente de fosfatos naturais, o uso de extratores ácidos como o Mehlich 1, que dissolvem apatita, superestimariam os teores de fósforo disponível; e 2) em solos adubados é de se esperar que a reserva de fósforo lábil encontre-se em grande parte na forma de fosfatos de Al e Fe, principalmente se os solos forem ácidos, sendo preferível, então, extratores ou métodos que tenham maior ação sobre esta fração, como é o caso dos métodos Bray1, da Resina e mesmo do método Olsen.

Para KOCHHAMN et alii (1982), a substituição do método de Mehlich 1 por algum outro método testado, resulta numa certa melhoria na avaliação de fósforo disponível, principalmente quando fosfatos pouco solúveis são aplicados. No entanto, a falta de similaridade entre o processo de absorção de nutrientes pela plantas, com a extração pelos métodos químicos, ainda persiste.

2.3.2. Método da resina trocadora de ânions

Este método foi proposto por AMER et alii (1955), como uma tentativa de reproduzir em laboratório o processo de

absorção de fósforo pelas plantas no campo.

A resina trocadora de ânions é um produto comercializado na forma de pequenas esferas de diâmetro de 1 mm ou menos. O material é poroso, graças a uma estrutura matricial de cadeias orgânicas, de poliestireno. Os grupos funcionais existentes nessas cadeias orgânicas são radicais de amônio quaternário ($-\text{NH}_3^+ \text{OH}^-$). Estes grupamentos são do tipo base forte, estando portanto dissociados a qualquer valor de pH. O processo de extração dá-se em suspensão aquosa de terra e resina, onde ocorre uma transferência de fósforo para a resina, o que é possível pelo equilíbrio que existe entre o fósforo lábil e o fósforo em solução (RAIJ, 1989).

Em uma ampla revisão bibliográfica sobre métodos de extração de fósforo feita por RAIJ (1978), ficou demonstrado que o método mais eficiente para o fósforo, em uma grande variedade de condições, é o baseado na extração da resina trocadora de ânions.

*

Em estudo comparando os métodos IAG (H_2SO_4 0,05N), Bray1 modificado, Olsen e Resina, através de correlação entre os teores de fósforo nos solos e as respostas à adubação fosfatada, em 32 ensaios de campo, com as culturas de algodão e milho, constatou-se a superioridade do método da Resina (RAIJ et alii, 1984). Em ensaio em vasos, com oito tipos de

* Instituto Agronômico de Campinas, Campinas (SP).

solos do Estado de Minas Gerais, com a cultura de arroz, sob condição de inundação, foi verificada a superioridade do método da Resina em relação ao método de Mehlich I (GRANDE et alii, 1986).

O método da Resina dá uma melhor correlação com o fósforo absorvido pelas plantas do que outros métodos, possivelmente porque ele simula o efeito de dessorção das raízes das plantas melhor que os extratores químicos usuais. Essa dessorção ocorre como resultado da baixa concentração de fósforo que a resina mantém em solução (BACHE e IRELAND, 1980).

Um dos inconvenientes do método da Resina é o fato de ser um método trabalhoso. Todavia, valem esforços para a sua utilização, pois apresenta melhor correlação com respostas à adubação fosfatada, analogia com a extração da planta muito superior aos outros métodos, além do aspecto positivo de não incluir nenhum agente químico de ação específica sobre os fosfatos do solo (RAIJ et alii, 1982 e 1984).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Espécies forrageiras

Foram utilizadas três espécies de gramíneas forrageiras, aparentemente bastante diferenciadas quanto à capacidade de absorção e/ou utilização de fósforo. A primeira, a *Brachiaria decumbens*, é uma espécie reconhecidamente adaptada às condições de baixa fertilidade de solo e aparentemente com elevada capacidade de absorção e/ou utilização de fósforo; a segunda, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, espécie de introdução relativamente recente no Brasil, parece ser de maior exigência em fertilidade de solo em relação a *Brachiaria decumbens*; e a terceira, o *Panicum maximum* cv. Colonião, é uma espécie forrageira mais exigente em fertilidade de solo, sendo indicada para solos com níveis elevados de fertilidade.

3.2. Solo, local e condução dos experimentos

Os ensaios foram feitos em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico, representativo dos solos de cerrado da região de São Carlos, Estado de São Paulo. As características

físicas e químicas da amostra do solo coletada na camada de 0-20 cm de profundidade foram as seguintes: argila 30,7%, silte 13,7% e areia 55,6%. $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ 4,2. Ca^{2+} 0,33. Mg^{2+} 0,28. K^+ 0,12. H+Al 2,5, S 0,7 e CTC 3,2 meq/100 cm³ e P 2,5 ppm (resina).

Os dados de precipitação e temperatura ocorridos na região, durante a execução do ensaio de campo, estão na Tabela 1.

Tabela 1. Dados climáticos, da região de São Carlos, de agosto de 1989 a março de 1990.

Meses	Temperatura média		Precipitação		
	máxima	mínima	Total de chuva (mm)	% da normal	nº de dias de chuva
Agosto	25,5	12,9	31,9	123	3
Setembro	24,0	14,1	121,2	195	13
Outubro	27,0	14,1	47,0	35	4
Novembro	26,1	16,5	247,0	146	12
Dezembro	26,7	17,7	266,0	110	14
Janeiro *	-	-	-	-	-
Fevereiro	28,6	19,2	251,6	124	9
Março	27,9	19,3	204,0	121	18

* sem informação

No ensaio em casa de vegetação foram utilizados sacos de polietileno com capacidade de 5 kg de TFSA. O solo

foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, que depois de peneirado recebeu calcário dolomítico (PRNT105%) na quantidade necessária para elevar a saturação por bases a 55%. Após um período de incubação de 30 dias, com umidade em torno de 80% da capacidade de campo, o solo foi secado, pesado (5 kg de TFSE) e recebeu o fósforo nas doses de 0; 17,5; 35,0; 70,0; 140,0; 280,0 e 560,0 ppm, em cada vaso, equivalentes, respectivamente, a 0, 100, 200, 400, 800, 1600 e 3200 kg de P₂O₅/ha, utilizando-se como fonte de fósforo o superfosfato triplo granulado. Após a homogeneização, foi aplicado também, na forma de solução, 20 ppm de nitrogênio e 2 ppm de zinco em cada vaso, utilizando como fontes o sulfato de amônio e o sulfato de zinco, respectivamente. A semeadura das gramíneas foi feita na semana seguinte à aplicação dos tratamentos, dia 03/10/89, e 20 dias após foi feito um desbaste deixando-se 10 plantas por vaso. Diariamente foram feitas irrigações, com água proveniente de fonte natural, de tal forma a manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Semanalmente foram feitas adubações com sulfato de amônio e cloreto de potássio, que totalizaram 150 ppm de N e 150 ppm de K₂O, respectivamente, até cada corte de avaliação. Foram realizados dois cortes a 5 cm da altura, o primeiro a 50 dias da semeadura, dia 22/11/89, e o segundo com 30 dias de rebrota. Antes de cada corte foi feita a contagem do número de perfilhos em cada vaso.

A produção de matéria seca por vaso, em cada corte,

foi determinada pela pesagem da parte aérea, após secagem em estufa à 65 °C por 48 horas.

Após moagem do material, foi feita a determinação do fósforo na parte aérea das plantas, por colorimetria após a digestão nitroperclórica das amostras de acordo com SARRUGE & HAAG (1974). Após o primeiro corte foram tiradas 4 subamostras de solo, em cada vaso, com uma seringa de 12 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro, aberta em uma das extremidades e após o segundo corte, o solo de cada vaso foi removido e homogeneizado para se fazer a amostragem. Cada amostra de solo foi analisada e determinado o teor de fósforo disponível pelo extrator de Mehlich I (H_2SO_4 0.025N + HCl 0.05N) na proporção de 10 cm³ de terra para 100 ml de solução extratora, segundo o método da EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979), e pelo método da "Resina trocadora de ions", com um tempo de agitação de 16 horas, segundo RAIJ & QUAGGIO (1983).

No ensaio de campo, após o preparo da área com aração e gradagem e a demarcação das parcelas (10 m² cada), foi feita a calagem a lanço dia 21/09/1989, na dosagem de 1t de calcário dolomítico/ha, (PRNT 105%), para elevar a saturação por bases do solo a 55%, sendo aplicado junto o equivalente a 10 kg de sulfato de zinco/ha. A seguir foi feita a incorporação, a 10 cm de profundidade, com enxada rotativa. Decorridos 50 dias, foram aplicados, à lanço, as doses de fósforo correspondente a 0, 20, 40, 80, 160, 320 e

640 kg de P205/ha, utilizando-se como fonte o superfosfato triplo granulado. A incorporação foi feita com enxada rotativa, a 10 cm de profundidade. Na semana seguinte, dia 07/11/89, foi feita a semeadura, em sulcos espaçados de 25 cm, e na profundidade de 1 a 3 cm de acordo com a espécie forrageira. Após 20 dias da semeadura, e imediatamente após o segundo corte, foram feitas adubações em cobertura com sulfato de amônio e cloreto de potássio, na dosagem de 100 kg de N/ha e 100 kg de K20/ha, respectivamente.

Foram realizados dois cortes a 10 cm de altura, sendo o primeiro, 80 dias após a semeadura, dia 27/02/90, e o segundo, com 80 dias de rebrota. A produção de matéria seca foi avaliada pelo corte de uma área útil de 3m² por parcela, sendo retirada uma amostra em torno de 500 g para determinação da porcentagem de matéria seca e análise do teor de fósforo.

Após cada corte, foram retiradas 20 subamostras de solo, por parcela, na profundidade de 0-10 cm para a determinação do fósforo disponível pelos dois extratores. As análises de fósforo na planta e no solo seguiram os mesmos procedimentos do ensaio em casa de vegetação.

3.3. Extratores de fósforo do solo

Foram comparados dois extratores, sendo um deles o método da resina trocadora de ânions, atualmente em uso no Estado de São Paulo (RAIJ, 1989) e o outro foi o método de Mehlich I, que é utilizado nos demais Estados (RAIJ et alii, 1984).

3.4. Delineamento experimental

Nos dois ensaios, tanto, em casa de vegetação, como em condições de campo, foi utilizado um esquema fatorial 7x3 (sete níveis de fósforo e três espécies forrageiras), em blocos casualizados com quatro repetições.

3.5. Análises estatísticas

Para identificação dos níveis críticos de fósforo no solo foram ajustadas equações de regressão entre o fósforo aplicado e o fósforo extraído através de cada extrator. A seguir, a produção de matéria seca de cada espécie, foi ajustada a diferentes modelos em função das doses de fósforo aplicadas. Naquelas onde o ajuste ao modelo quadrático ou raiz quadrático foi significativo, foi obtida, por derivação, a dose de fósforo responsável pela produção máxima (considerada 100%), e a seguir, a responsável por 80% da máxima, ou 80% da produção na maior dose aplicada para os modelos em que as doses estimadas extrapolaram o espaço

experimental. Esse valor substituído na equação de regressão entre o fósforo extraído e o fósforo aplicado, forneceu o nível crítico externo de fósforo para cada espécie forrageira em função de cada extrator.

O nível crítico de fósforo na parte aérea foi obtido substituindo o valor da dose de fósforo para 80% da produção máxima, na equação de regressão entre teor de fósforo na matéria seca e as doses de fósforo aplicadas.

Pelo estudo de correlação entre o fósforo extraído através de cada extrator e a produção relativa de matéria seca, e/ou fósforo extraído e/ou teor de fósforo na planta, foi determinado o extrator mais adequado para avaliar o fósforo disponível para as três espécies forrageiras.

Com o propósito de estabilizar as variâncias entre doses, as variáveis, teor de fósforo no solo, teor de fósforo na planta e fósforo extraído pela planta, foram transformadas através de logaritmo neperiano, e a variável, número de perfilhos, foi transformada em $(x)^{1/2}$, e quando necessário, para interpretação, essas variáveis foram retransformadas para a escala original.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio em casa de vegetação

4.1.1. Produção de matéria seca

As médias das produções de matéria seca da parte aérea das plantas, são apresentadas na Tabela 2, de acordo com a gramínea, corte e a dose de fósforo aplicada. Verifica-se que as três gramíneas responderam acentuadamente à adubação fosfatada, sendo a produção de matéria seca muito reduzida na ausência da adubação, para as três espécies, nos dois cortes de avaliação, evidenciando a importância do fósforo neste tipo de solo, para a garantia do estabelecimento dessas forrageiras.

O modelo que melhor ajustou a produção de matéria seca de cada espécie, em função das doses de fósforo aplicadas, foi o raiz quadrático, cujas equações e curvas estão na Tabela 3 e Figuras 1 e 2, respectivamente. Verifica-se que houve uma resposta acentuada na produção de matéria seca com o aumento das doses de fósforo até o equivalente a 800 kg de P₂O₅/ha (140ppm), e uma tendência de estabilização na produção nas doses mais elevadas, para as três espécies forrageiras.

Tabela 2. Médias das produções de matéria seca (g/vaso) da parte aérea das três gramíneas forrageiras, nos cortes 1 e 2, em resposta às doses de fósforo (P) aplicadas.

DOSES de P equivalentes a kg de ppm P205/ha P		B. decumbens	B. brizantha	P. maximum
----- corte 1 -----				
0	0	0,49	0,57	0,15
100	17,5	6,32	5,26	7,12
200	35,0	8,35	6,81	9,82
400	70,0	12,88	13,00	15,38
800	140,0	14,74	13,12	17,00
1600	280,0	12,62	13,18	17,49
3200	560,0	14,39	12,73	17,10
----- corte 2 -----				
0	0	0,62	1,00	0,51
100	17,5	9,15	7,97	7,15
200	35,0	14,38	10,50	12,00
400	70,0	17,00	15,25	17,00
800	140,0	23,50	16,80	20,18
1600	280,0	22,03	17,60	21,40
3200	560,0	24,00	18,80	22,40

C.V.%	C1 -	25,64	24,99	21,62
	C2 -	18,06	13,94	18,28

Tabela 3. Equações de regressão ajustadas para a produção de matéria seca (y) da parte aérea das três gramíneas, nos dois cortes de avaliação, em função das doses (kg de P₂O₅/ha) de fósforo aplicadas (x).

Gramíneas	Equações	R
B. decumbens ¹	$y = 0,7290 + 0,6839x^{1/2} - 0,008x$	0,92
B. decumbens ²	$y = 0,6680 + 1,087x^{1/2} - 0,012x$	0,97
B. brizantha ¹	$y = 0,1745 + 0,6832x^{1/2} - 0,008x$	0,93
B. brizantha ²	$y = 1,3911 + 0,7763x^{1/2} - 0,008x$	0,97
P. maximum ¹	$y = 0,3057 + 0,89032x^{1/2} - 0,011x$	0,97
P. maximum ²	$y = 0,0742 + 0,9888x^{1/2} - 0,011x$	0,98

1- 1º corte, 2- 2º corte, 3- (P < 0,01).

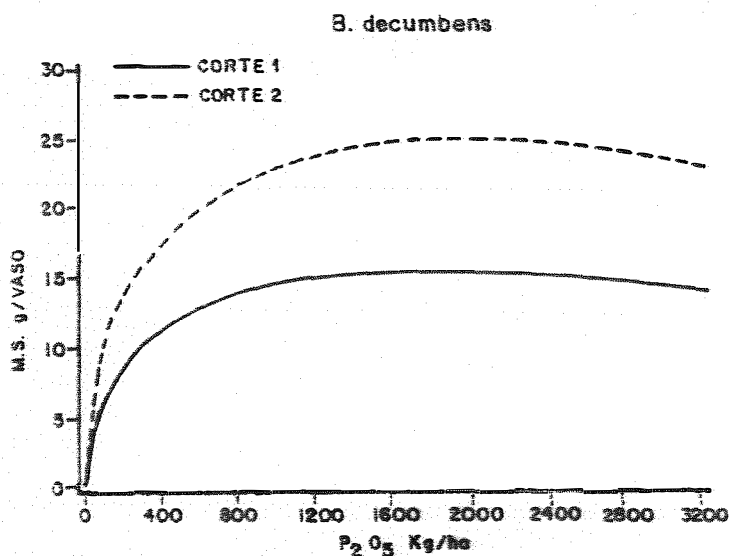


Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria decumbens* nos dois cortes de avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

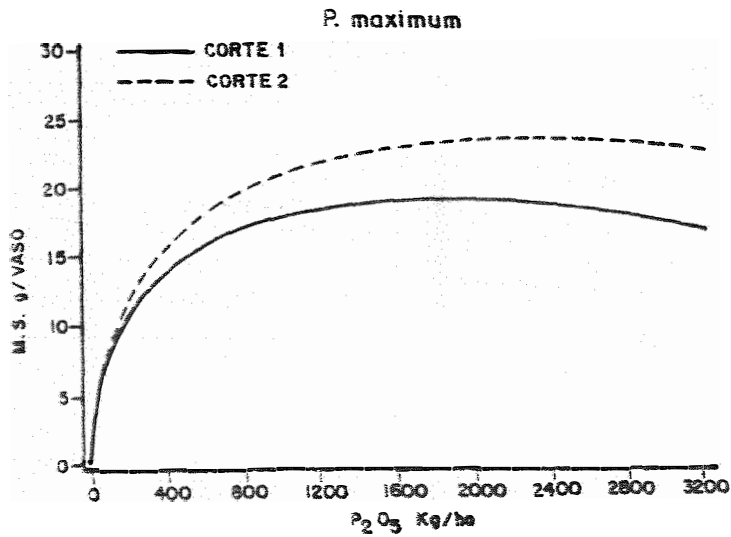
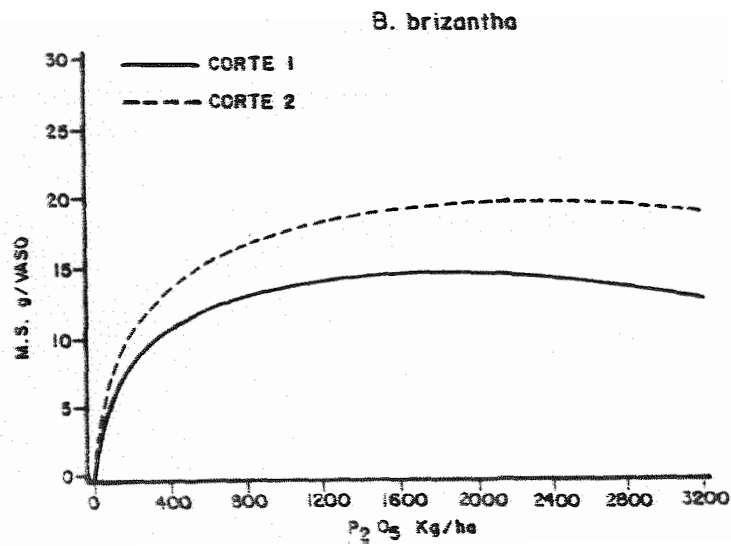


Figura 2. Produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria brizantha* e do *Panicum maximum* nos dois cortes de avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

As doses críticas de fósforo obtidas através das equações e as respectivas produções de matéria seca correspondentes a 80% e 90% da produção máxima são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Doses críticas de fósforo e respectivas produções de matéria seca (MS) da parte aérea, correspondentes a 80% e 90% da produção máxima, das três gramíneas, nos dois cortes de avaliação.

Espécie	Doses críticas (ppm)		MS (g/vaso)	
	80%	90%	80%	90%
----- 1º corte -----				
B. decumbens	94 A	149 A	12,3	13,8
B. brizantha	91 A	140 A	11,4	13,0
P. maximum	92 A	140 A	15,4	17,0
----- 2º corte -----				
B. decumbens	102 A	157 A	19,5	22,2
B. brizantha	110 A	172 A	15,6	17,6
P. maximum	116 A	179 A	18,5	20,8

Doses críticas dentro de cada corte e de cada porcentagem de produção máxima, com letras idênticas, não diferem entre si ($P > 0,05$)

Verifica-se que no primeiro corte de avaliação, o P. maximum foi o mais produtivo, na faixa de 80% e 90% da produção máxima, enquanto que a B. decumbens apresentou produção próxima da máxima, inferior e praticamente equivalente à B. brizantha. Esse resultado obtido com as duas braquiárias, também foi constatado por GUSS (1988), em estudo

em casa de vegetação com cinco Latossolos distintos. No segundo corte a *B.decumbens*, devido provavelmente ao seu elevado perfilhamento (Figura 3), apresentou maior produção que a *B.brizantha*, alcançando a do *P.maximum*.

Quanto às doses críticas de fósforo (Tabela 4), considerando-se os valores para 90% da produção máxima, pode-se afirmar que estão dentro da faixa citada na literatura, em trabalhos em vasos, em casa de vegetação, que é muito ampla, com valores em torno de 30 ppm (ANDREW & ROBINS, 1971), 150-400 ppm (REGO et alii, 1985; GUSS, 1988), e até 584 ppm de fósforo, (FONSEGA, 1987).

Verifica-se na Tabela 4 que não ocorreram diferenças ($P > 0,05$) entre as espécies, quanto à dose crítica de fósforo no solo, no primeiro corte. Esse resultado aparentemente não está de acordo com o fato conhecido da menor exigência e da boa adaptação da *B.decumbens*, em condições de campo, aos solos de cerrado de baixa fertilidade (ROCHA, 1986; GOMIDE, 1986).

GUSS (1988), trabalhando em casa de vegetação com cinco latossolos distintos, encontrou valores elevados e equivalência na dose crítica de fósforo, no primeiro corte, entre *B.decumbens* e *B.brizantha*, sendo que os valores variaram de 156 ppm a 300 ppm de fósforo, de acordo com os solos. Elevada exigência em fósforo pela *B.decumbens*, em casa de vegetação, também foi constatada por FONSEGA (1987).

No segundo corte as doses críticas de fósforo foram ligeiramente mais elevadas que no primeiro, para as três gramíneas (Tabela 4), mostrando a grande dependência das plantas cultivadas em vasos ao fósforo adicionado. Resultado semelhante foi encontrado por MEIRELLES et alii (1988), trabalhando em vasos, em dois tipos de solos, com o *P.maximum* (capim-colonião). Por outro lado, FONSECA (1987), trabalhando também em vasos, com três gramíneas, constatou uma diminuição da dose crítica de fósforo no segundo corte, que segundo o autor, foi devido, provavelmente, ao maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Com relação às diferenças nas doses críticas entre as três espécies, no segundo corte, elas também não foram significativas ($P > 0,05$). Pelos valores das doses críticas há apenas tendência de uma menor exigência da *B.decumbens* e uma maior exigência da *B.brizantha* e principalmente do *P.maximum*. No caso da *B.decumbens* a dose crítica parece ser relativamente elevada também no segundo corte.

4.1.2. Perfilhamento

A Tabela 5 apresenta as médias do número observado de perfilhos por vaso, de acordo com a espécie, o corte, e a dose de fósforo aplicada.

Tabela 5. Médias do número de perfilhos, observados por vaso, de acordo com a espécie, em resposta às doses de fósforo aplicadas, nos cortes 1 (C1) e 2 (C2).

Dose de P equivalentes a kg de P ₂ O ₅ /ha	ppm P	B.decumbens		B.brizantha		P.maximum	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
0	0	10	14	10	11	10	12
100	17,5	36	39	20	30	17	21
200	35,0	45	49	24	34	27	34
400	70,0	56	59	35	48	35	43
800	140,0	66	69	43	53	38	53
1600	280,0	63	76	46	56	41	59
3200	560,0	75	85	45	59	44	69
C.V.%		21,5	17,9	17,6	18,3	17,2	18,3

Após transformação da variável para \sqrt{x} , verificou-se que na ausência da adubação fosfatada, o perfilhamento foi muito reduzido para as três espécies forrageiras, nos dois cortes de avaliação, aumentando significativamente ($P < 0,01$) de forma quadrática, em função das doses de fósforo aplicadas (Tabela 5).

Baseado nessas equações, foram estimadas as doses de fósforo para as três espécies forrageiras, responsáveis por 80% do perfilhamento máximo por vaso, nos dois cortes de

Tabela 6. Equações de regressão ajustadas para número de perfilhos por vaso, transformados para $(x)^{1/2}$, em função das doses de fósforo aplicadas, nos dois cortes de avaliação das três gramíneas.

Gramíneas	Equações	R
B. decumbens ¹	$y = 5,1496 + 0,00370473x - 0,00000083x^2$	0,65
B. decumbens ²	$y = 5,4093 + 0,00400387x - 0,00000089x^2$	0,73
B. brizantha ¹	$y = 4,0613 + 0,00341608x - 0,00000082x^2$	0,83
B. brizantha ²	$y = 4,7600 + 0,00348107x - 0,00000081x^2$	0,71
P. maximum ¹	$y = 4,0903 + 0,00289752x - 0,00000067x^2$	0,76
P. maximum ²	$y = 4,3554 + 0,00402737x - 0,00000088x^2$	0,86

1 - 1º corte
 2 - 2º corte
 3 - (P < 0,01)

avaliação. No primeiro corte, as doses de fósforo (kg de P₂₀₅/ha e o número de perfilhos alcançados foram, respectivamente, 1852 e 85, para a B. decumbens, 1708 e 57, para a B. brizantha e 1831 e 50, para o P. maximum e no segundo corte, na mesma ordem, 1779 e 93, 1740 e 69 e 1790 e 75, incluindo as 10 plantas originais.

A B. decumbens foi a espécie que apresentou a maior capacidade de perfilhamento, exceto na ausência da adubação fosfatada, onde as três espécies praticamente não perfilharam (Figura 3). Essa elevada capacidade de

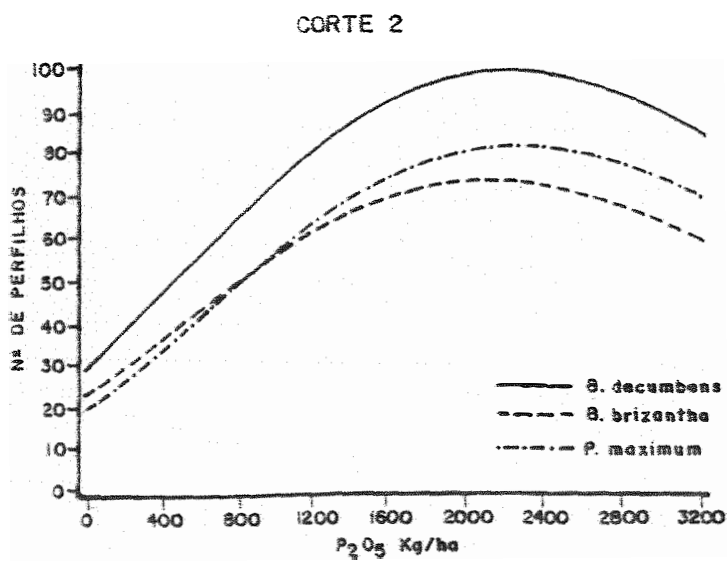
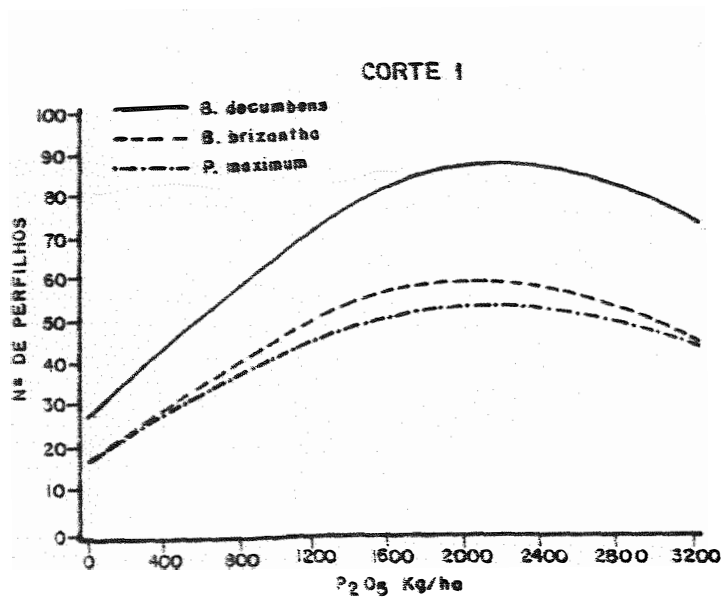


Figura 3. Efeito de doses de fósforo no perfilhamento das três gramíneas forrageiras, nos dois cortes de avaliação.

Perfilhamento da *B. decumbens*, é responsável, em parte, pela rapidez de estabelecimento e pela boa cobertura de solo observada para esta espécie, nas mais variadas condições de fertilidade de solo. Essa maior produção de perfilhos da *B. decumbens* em relação a *B. brizantha*, também foi constatada por GUSS (1988), em estudo de resposta ao fósforo, com quatro espécies do gênero *Brachiaria* em casa de vegetação. Segundo o autor, essas diferenças no perfilhamento podem significar necessidades de densidades de semeadura distintas entre as espécies, para se promover igual cobertura de solo, em determinado período.

4.1.3. Fósforo extraído

O fósforo extraído pelos métodos de Mehlich I e da Resina, nas amostras de solo, coletadas após cada corte das plantas, aumentou de forma quadrática ($P < 0,01$) com o aumento das doses de fósforo aplicadas, obtendo-se uma elevada correlação entre o fósforo aplicado e fósforo extraído, para os dois extratores (Tabela 7).

As figuras 4, 5 e 6 ilustram o fósforo extraído por cada método em função das doses de fósforo aplicadas, com a variável fósforo extraído retransformada para a escala original. Verifica-se que, independentemente da gramínea cultivada, do corte e principalmente nas doses de fósforo mais elevadas, o método da Resina apresentou maior

Tabela 7. Equações de regressão ajustadas para o fósforo extraído, transformado para $\ln(x)$, em função das doses de fósforo aplicadas, após o primeiro e o segundo cortes das três gramíneas, de acordo com o extrator.

Extrator	Gramíneas	Equações	r^2
Mehlich I	¹ B.decumbens **	$y=1,065+0,00292000x-0,00000050x^2$	0,97
	² B.decumbens **	$y=1,163+0,00236801x-0,00000035x^2$	0,98
	¹ B.brizantha *	$y=1,014+0,00231082x-0,00000035x^2$	0,95
	² B.brizantha **	$y=1,251+0,00219240x-0,00000031x^2$	0,99
	¹ P.maximum **	$y=0,837+0,00253829x-0,00000037x^2$	0,98
	² P.maximum **	$y=1,299+0,00222935x-0,00000032x^2$	0,98
Resina	¹ B.decumbens **	$y=1,330+0,00324610x-0,00000061x^2$	0,97
	² B.decumbens **	$y=1,457+0,00276568x-0,00000048x^2$	0,99
	¹ B.brizantha **	$y=1,430+0,00265441x-0,00000046x^2$	0,98
	² B.brizantha **	$y=1,548+0,00277827x-0,00000050x^2$	0,99
	¹ P.maximum **	$y=1,178+0,00289870x-0,00000049x^2$	0,93
	² P.maximum **	$y=1,499+0,00286301x-0,00000053x^2$	0,98

* (P(0,05))

** (P(0,01))

¹ - 1º corte

² - 2º corte

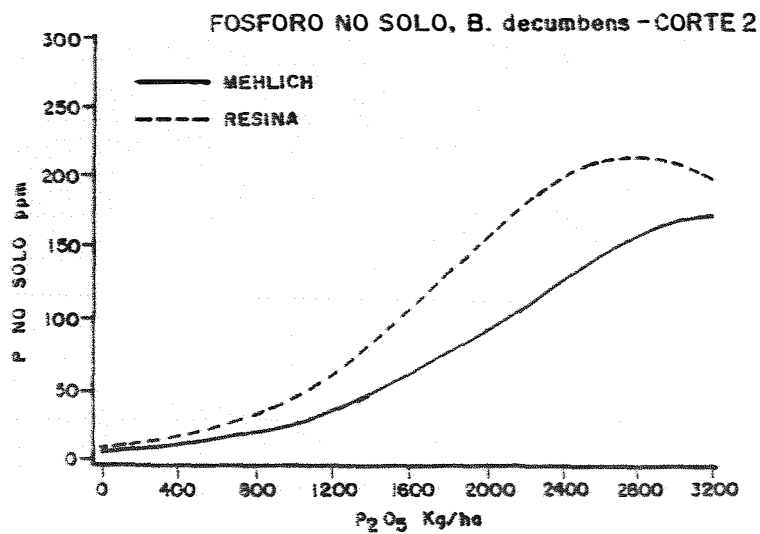
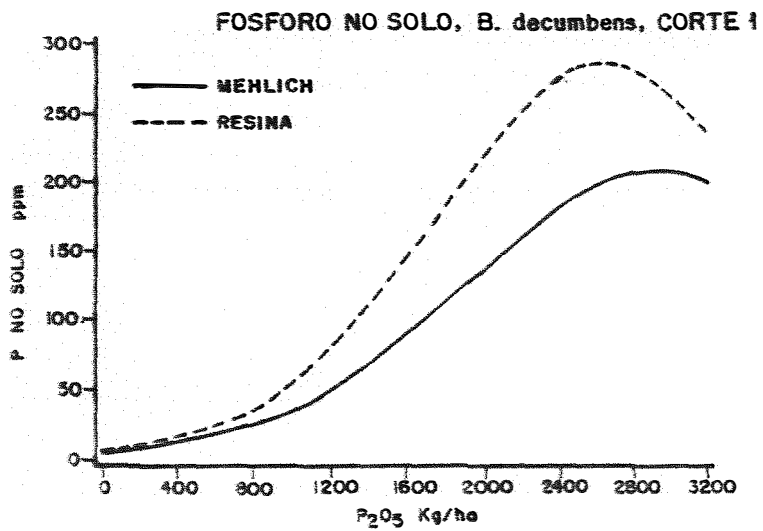


Figura 4. Fósforo extraído pelo método da Resina e do Mehlich I em função das doses de fósforo aplicadas, após os dois cortes de avaliação da *Brachiaria decumbens*.

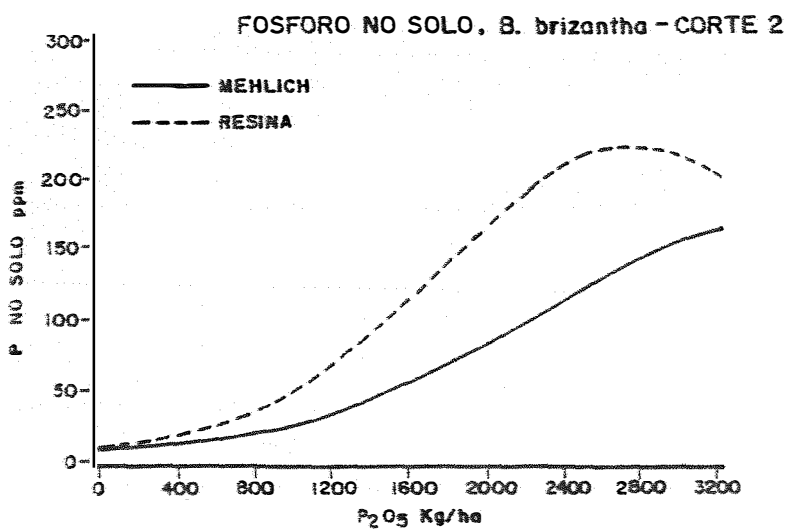
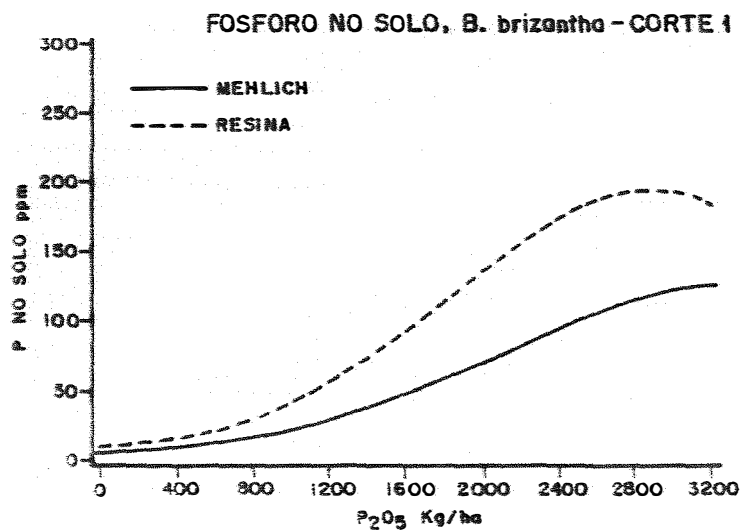


Figura 5. Fósforo extraído pelo método da Resina e do Mehlich I em função das doses de fósforo aplicadas, após os dois cortes de avaliação da *Brachiaria brizantha*.

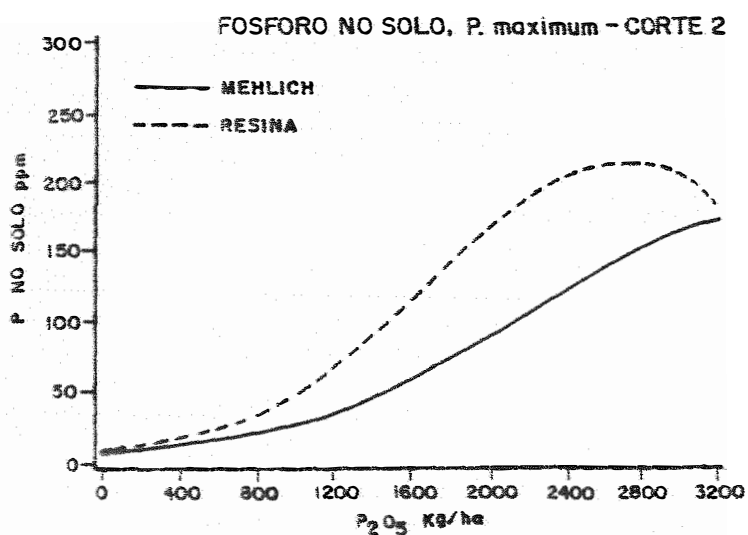
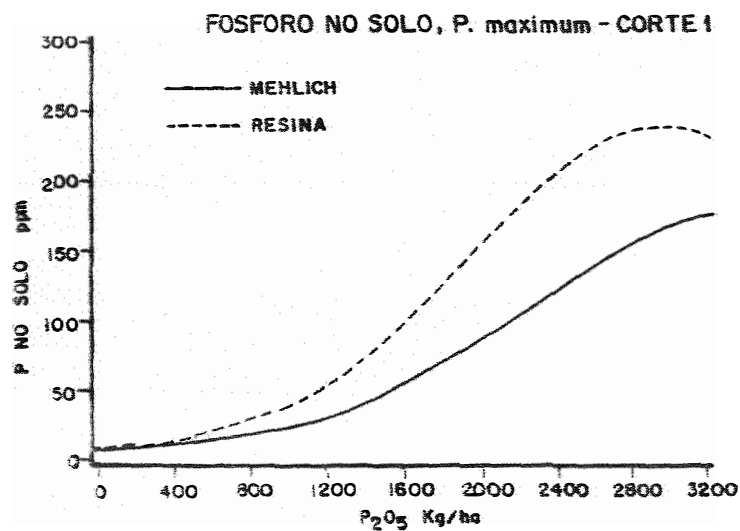


Figura 6. Fósforo extraído pelo método da Resina e do Mehlich I em função das doses de fósforo aplicadas, após os dois cortes de avaliação do Panicum maximum.

capacidade de extração do fósforo aplicado que o método de Mehlich I. As diferenças observadas na capacidade de extração do fósforo adicionado, são devidas aos diferentes processos de ação desses métodos. O método Mehlich I, que é um processo químico, atua preferencialmente sobre determinadas formas de fósforo no solo. O método da Resina, por sua vez, atua pelo sistema de troca iônica, extraíndo de modo indiscriminado o fósforo lábil. No presente estudo, o solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Amarelo, ácido, rico em óxidos de ferro e alumínio, adubado com uma fonte solúvel de fósforo. Nesta situação é de se esperar que a reserva de fósforo lábil esteja principalmente nas formas de fosfatos de Fe e Al, que são mais removidas pelo método da Resina, do que pelo Mehlich I, que tem uma ação preferencial por fosfatos de cálcio.

Para avaliar a eficiência dos métodos, foram feitos estudos de correlação entre o fósforo extraído através de cada extrator e o fósforo extraído pela planta, porcentagem de fósforo na parte aérea e produção relativa de matéria seca para cada gramínea, nos dois cortes de avaliação. Os coeficientes de correlação encontrados estão na Tabela 8.

Verifica-se pelos elevados coeficientes de correlação e pela semelhança nos valores obtidos, que os dois extratores foram eficientes e similares na avaliação do fósforo disponível para as três gramíneas. Essa similaridade é confirmada pela elevada correlação obtida entre os

Tabela 8. Coeficientes de correlação¹ entre o fósforo extraído pelos métodos Mehlich I e Resina e teor de fósforo na parte aérea (TP), fósforo extraído pela planta (PE) e produção relativa (PR) de cada gramínea, nos dois cortes de avaliação.

Espécie	Variável	Métodos			
		Mehlich I		Resina	
		1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
B. decumbens	TP	0.98	0.99	0.94	0.97
	PE	0.95	0.96	0.95	0.96
	PR	0.69	0.70	0.69	0.70
B. brizantha	TP	0.97	0.92	0.98	0.97
	PE	0.91	0.90	0.95	0.96
	PR	0.71	0.71	0.70	0.72
P. maximum	TP	0.90	0.94	0.94	0.98
	PE	0.82	0.90	0.88	0.97
	PR	0.68	0.71	0.68	0.72

1 - (P < 0,01)

extratores, que foi em média, de 0,97. De maneira geral, dentre os parâmetros de plantas estudados, o fósforo extraído pela planta e a porcentagem de fósforo na parte aérea, foram os mais adequados na avaliação da eficiência dos dois métodos, pois apresentaram um maior coeficiente de correlação com o fósforo extraído pelos dois extratores.

Embora os dois extratores tenham apresentado condições semelhantes de utilização para este solo, em estudos de calibração, o método da Resina seria o mais

indicado, pois com sua maior capacidade de extração de fósforo (Figuras 4, 5 e 6), haveria uma menor probabilidade de ocorrência de erros analíticos, devido às maiores faixas de classes de fósforo obtidas por este método (KOCHHANN et alii, 1982).

Observa-se, também, nas figuras 4, 5 e 6 que, de maneira geral, ocorreu reduzida extração de fósforo, para os dois extratores, nas doses mais baixas de fósforo aplicadas, a qual só aumentou mais acentuadamente a partir da dose de 70 ppm de fósforo ou na dose equivalente a 400 kg de P₂O₅/ha.

A fim de se estudar a taxa de recuperação do fósforo aplicado, determinou-se a porcentagem de fósforo recuperado através da fórmula:

$$\% \text{ P recuperado} = \frac{\text{P na análise} - \text{P nativo}}{\text{P aplicado}} \times 100, \text{ cujos resultados}$$

estão na Tabela 9. Os cálculos foram feitos com a média dos valores de fósforo extraído nas amostras de solo das três gramíneas, tendo em vista que a tendência de extração do fósforo pelos dois extratores foi a mesma, independentemente da gramínea cultivada (Figuras 4, 5 e 6).

Confirma-se na Tabela 9, que nas doses mais baixas de fósforo aplicadas, a porcentagem de recuperação é muito baixa, principalmente no caso do extrator de Mehlich I. Esse fato é uma indicação de que quando se usam doses relativamente baixas de adubo fosfatado, ou solos com teores

Tabela 9. Porcentagem média de fósforo recuperado pelos extratores de Mehlich I e Resina, em função das doses de fósforo aplicadas, após o primeiro e segundo cortes das plantas.

Doses de P equivalentes a kg de P ₂ O ₅ /ha	ppm P	Extratores			
		Mehlich I		Resina	
		1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
0	0	-	-	-	-
100	17,5	4,8	4,8	7,0	8,2
200	35,0	5,1	5,5	8,0	9,2
400	70,0	6,4	6,7	10,5	11,6
800	140,0	10,0	9,7	17,3	18,6
1600	280,0	21,0	19,0	37,6	37,3
3200	560,0	29,3	29,7	41,0	34,0

relativamente baixos de fósforo, situação comum no caso de pastagens, os extratores, principalmente o Mehlich I, podem não refletir adequadamente a quantidade de adubo que foi ou deve ser aplicada aos solos.

4.1.4. Níveis críticos de fósforo na planta

Os teores de fósforo na matéria seca da parte aérea das três gramíneas aumentaram significativamente ($P < 0,01$) com o aumento das doses de fósforo aplicadas, sendo que os

dados ajustaram-se a modelos lineares e quadráticos. As equações e as curvas, estas feitas com os dados retransformados, estão na Tabela 10 e Figuras 7 e 8, respectivamente.

Tabela 10. Equações de regressão ajustadas para os teores de fósforo na parte aérea das três gramíneas, transformado para $\ln(x)$, nos dois cortes, em função das doses de fósforo aplicadas.

Gramíneas	Equações ³		R ²
B. decumbens ¹	$y = -2,3882 + 0,000339x$		0,83
B. decumbens ²	$y = -2,5855 + 0,000350x$		0,92
B. brizantha ¹	$y = -2,5052 + 0,000943x$	$-0,00000015x^2$	0,99
B. brizantha ²	$y = -2,8040 + 0,001242x$	$-0,00000023x^2$	0,98
P. maximum ¹	$y = -2,8192 + 0,001030x$	$-0,00000019x^2$	0,93
P. maximum ²	$y = -2,9291 + 0,001132x$	$-0,00000020x^2$	0,98

1 - 1º corte
 2 - 2º corte
 3 - (P < 0,01)

Verifica-se, nas Figuras 7 e 8, um acúmulo de fósforo para as três gramíneas forrageiras, à medida que se aumentou o fósforo aplicado, sendo que o acúmulo foi mais acentuado para a B. brizantha e o P. maximum e menos para a B. decumbens, fato esse que refletiu diretamente nos níveis

críticos internos de fósforo (Tabela 11).

Considerando a porcentagem de fósforo na parte aérea associada a 90% da produção máxima (Tabela 11), verifica-se que os teores estão dentro da ampla faixa de valores encontrados na literatura, em trabalhos em vasos, em casa de vegetação (REGO et alii, 1985; GUSS, 1988; FONSECA, 1987).

Quanto às diferenças nos níveis críticos de fósforo entre as espécies, associadas a 80% da produção máxima (Tabela 11), elas não são tão acentuadas, da mesma forma que

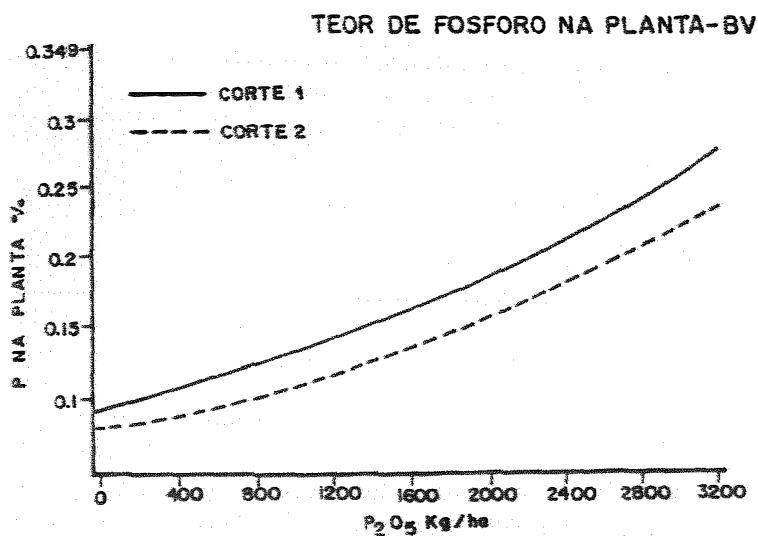


Figura 7. Teores de fósforo na parte aérea da *B. decumbens* (BV) nos dois cortes de avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

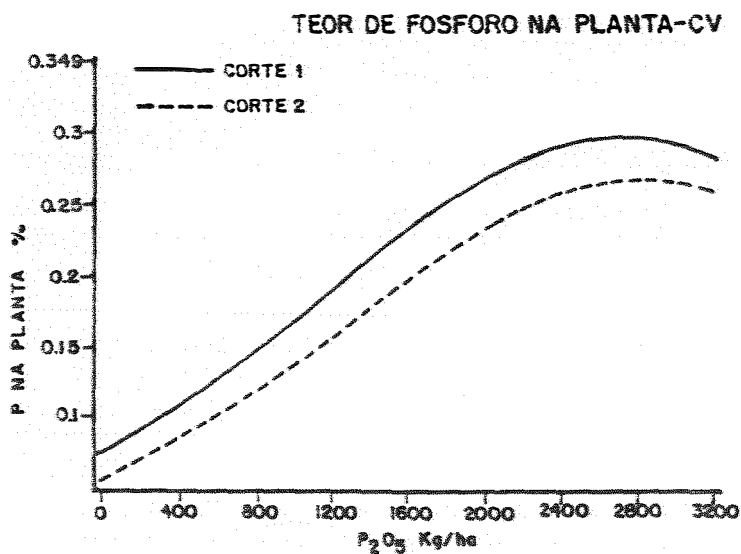
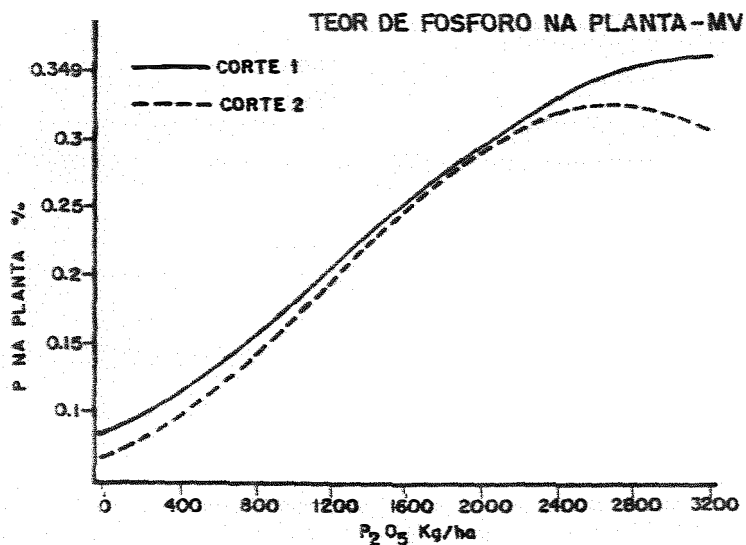


Figura 8. Teores de fósforo na parte aérea da *B. brizantha* (MV) e *Panicum maximum* (CV) nos dois cortes de avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

Tabela 11. Níveis críticos de fósforo na matéria seca da parte aérea das três gramíneas nos cortes 1 e 2, para as produções estimadas de 80% e 90% da máxima.

Espécie	Corte 1		Corte 2	
	Nível crítico		Nível crítico	
	80%	90%	80%	90%
B.decumbens	0,11 [*] (11,7)	0,12	0,09 [*] (7,0)	0,10
B.brizantha	0,13(8,2)	0,16	0,12(13,7)	0,16
P.maximum	0,12(10,8)	0,15	0,10(8,0)	0,14

* Coeficiente de variação dos dados transformados

ocorreu com as doses críticas de fósforo no solo (Tabela 4). Todavia, observa-se, nos dois cortes, valores inferiores para a B.decumbens e valores mais elevados para o P.maximum e, principalmente, para a B.brizantha. GUSS (1988), trabalhando em vasos, com cinco Latossolos, não encontrou diferenças no nível crítico interno de fósforo entre a B.brizantha e a B.decumbens, associado a 90% da produção máxima.

4.1.5 Níveis críticos de fósforo no solo

De maneira geral, os níveis críticos de fósforo no solo (Tabela 12) obtidos pelo método da Resina, foram

Tabela 12. Níveis críticos de fósforo no solo pelos extratores de Mehlich I e Resina, associados a 80% da produção máxima de matéria seca da parte aérea das três gramíneas nos cortes 1 (C1) e 2 (C2).

Espécies	Extratores			
	Mehlich I		Resina	
	C1	C2	C1	C2
	ppm			
B. decumbens	12,0 [*] (21,0)	11,5 [*] (9,7)	18,0 [*] (23,2)	18,0 [*] (9,4)
B. brizantha	8,5(27,6)	12,0(7,7)	15,0(25,8)	22,0(8,4)
P. maximum	8,0(20,7)	14,0(10,0)	13,0(25,4)	24,0(10,4)

* Coeficiente de variação dos dados transformados

superiores aos obtidos pelo método de Mehlich I, evidenciando a sua maior capacidade de extração do fósforo adicionado neste tipo de solo.

Devido à grande variação ocorrida dentro de repetições, nos resultados da análise do fósforo no solo, no primeiro corte, pode-se dizer que as diferenças observadas entre as gramíneas, quanto ao nível crítico (Tabela 12), são variações devido apenas a falhas na amostragem preconizada. Provavelmente as quatro subamostras retiradas por vaso não foram suficientes. Na realidade essas diferenças não têm razão de existir, se levar-se em conta que a dose crítica de fósforo foi a mesma no primeiro corte (Tabela 4) e

o fósforo extraído pelas plantas semelhante e muito pouco em relação ao aplicado. Baseado nestes fatos, conclui-se que as três espécies apresentaram o mesmo requerimento de fósforo no primeiro corte. Este resultado aparentemente não está de acordo com observações de campo, que indicam a menor exigência da *B. decumbens*, em relação à maioria das gramíneas forrageiras tropicais (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1978; GOMIDE, 1986).

GUSS (1988), em estudo em vasos, também encontrou o mesmo nível crítico de fósforo no solo para a *B. brizantha* e a *B. decumbens*.

No segundo corte, da mesma maneira que ocorreu com as doses críticas de fósforo, houve apenas tendências de diferenças quanto ao nível crítico de fósforo no solo. (Tabela 12). Pelo extrator de Mehlich I conclui-se pela similaridade no requerimento de fósforo entre a *B. decumbens* e a *B. brizantha* e pela tendência de maior exigência do *P. maximum*. Essa semelhança no nível crítico pelo extrator Mehlich I, entre as duas braquiárias, também foi constatada por Guss (1988). Pelo método da Resina, houve também apenas tendência de discriminar as diferenças de exigência entre as espécies, com indicação de uma menor exigência da *B. decumbens* e maior exigência da *B. brizantha* e principalmente do *P. maximum* (Tabela 12). Embora a *B. decumbens* tenha mostrado tendência de uma menor exigência em fósforo, no segundo corte, os níveis críticos parecem ser

relativamente elevados, por ser esta uma espécie conhecida pela sua baixa exigência em fósforo (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1978; SANCHEZ & SALINAS, 1981), e ainda por ser uma exigência de fósforo no segundo corte, quando se esperaria uma diminuição do seu requerimento (ITALIANO et alii, 1981).

Essa baixa discriminação na exigência em fósforo para as gramíneas forrageiras, em ensaios em vasos, em casa de vegetação, assim como a obtenção de níveis críticos de fósforo no solo relativamente elevados, para espécies que aparentam ser tolerantes a baixa fertilidade, em condições de campo, tem sido constatado também por outros pesquisadores (ANDREW & ROBINS, 1971; REGO et alii, 1985; FONSECA, 1987; GUSS, 1988).

4.1.5. Absorção, uso e quociente de utilização do fósforo

Como as três gramíneas mostraram respostas quadráticas às doses de fósforo aplicadas e como na ausência da adubação a produção de matéria seca foi muito reduzida para as três gramíneas, nos dois cortes (Tabela 2), optou-se por comparar a eficiência das mesmas apenas na dose onde ocorreria 80% do crescimento máximo, por estar próximo ao ótimo biológico. Os resultados estão na Tabela 13.

Desde que não houve diferença entre as espécies quanto às doses críticas (Tabela 4) e pouca variação quanto

Tabela 13. Eficiência de absorção, uso e quociente de utilização do fósforo (P) pelas três gramíneas, nos cortes 1 e 2, com a dose estimada para 80% da produção máxima de matéria seca (MS) da parte aérea.

Espécie	1	2	3
	Eficiência de absorção	Eficiência de uso	Quociente de utilização
	----- 1º corte -----		
B. decumbens	28,7	38,0	909
B. brizantha	32,0	40,0	769
P. maximum	40,1	30,0	833
	----- 2º corte -----		
B. decumbens	34,7	26,0	1113
B. brizantha	34,0	35,0	834
P. maximum	31,2	31,0	1000

1 - mg de P absorvido por g de P aplicado.

2 - mg de P aplicado por g de matéria seca produzida.

3 - g de MS produzida por g de P presente na biomassa.

aos níveis críticos de fósforo na planta (Tabela 12) e produção de matéria seca (Tabela 4), as diferenças entre as espécies quanto à eficiência de absorção, uso e quociente de utilização do fósforo também não foram acentuadas (Tabela 13).

Verifica-se, apenas no primeiro corte, uma superioridade do P. maximum quanto à eficiência de absorção e uso do fósforo em relação às outras duas espécies. No segundo

corde, a eficiência de absorção foi praticamente igual para as três espécies e quanto à eficiência do uso do fósforo, ocorreu uma superioridade da *B.decumbens*, principalmente em relação a *B.brizantha*. Para o quociente de utilização do fósforo, este foi inferior, no caso da *B.brizantha*, nos dois cortes de avaliação.

GUSS (1988), trabalhando em vasos, com cinco Latossolos, não constatou diferenças entre as espécies *B.decumbens* e *B.brizantha*, quanto à absorção e uso do fósforo, associado a 90% da produção máxima.

4.2. Ensaio a campo

4.2.1. Produção de matéria seca

Verifica-se na Tabela 14 e nas Figuras 9 e 10, que as três gramíneas responderam acentuadamente à adubação fosfatada ($P < 0,01$), no primeiro corte, mostrando a importância do fósforo para o estabelecimento dessas pastagens, neste tipo de solo. Na ausência da adubação fosfatada, diferentemente do que ocorreu no ensaio em vasos (Tabela 2), a *B.decumbens* foi a mais eficiente delas, produzindo cerca de três vezes mais forragem ($P < 0,05$) que as outras duas espécies, mostrando a sua melhor adaptação nessa condição. Nos níveis mais elevados de adubação, as três gramíneas apresentaram produções equivalentes. No segundo corte, a resposta ao fósforo foi bem menos acentuada do

Tabela 14. Produção de matéria seca (MS) da parte aérea de três espécies gramíneas forrageiras nos cortes 1 (C1) e corte 2 (C2), em resposta às doses de fósforo aplicadas.

Doses de P equivalentes a kg/ha de P205	B. decumbens		B. brizantha		P. maximum	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
	M.S. (kg/ha)					
0	1713	4067	610	3607	504	3242
20	2725	4962	1296	4501	994	3861
40	2946	4947	1924	4386	1449	4795
80	4391	5307	2560	4721	2232	5379
160	4715	6025	3420	4367	3957	5784
320	4830	6206	4063	4318	4692	5767
640	5209	6104	5229	4715	5540	5743
C.V. %	20,7	9,5	21,6	12,3	21,9	11,3

que no primeiro, com as três espécies apresentando produções próximas da máxima com doses baixas de fósforo aplicadas.

Essa menor dependência do fósforo, no segundo corte, diferentemente também do que ocorreu no ensaio em vasos (Tabela 2), possivelmente está associada a maior contribuição, em condições de campo, do fósforo nativo, pela maior exploração de volume de solo e o maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Para GUSS (1988), essa

menor dependência do fósforo após o estabelecimento das plantas, pode ser devido a alteração da cinética de absorção desse nutriente com o decréscimo da constante Km, causado pelo aumento da afinidade entre o fósforo e o seu carregador nas raízes.

Os modelos que melhor ajustaram as produções de matéria seca de cada gramínea, em função das doses de fósforo aplicadas, foram o quadrático e o raiz quadrático cujas equações e curvas estão na Tabela 15 e Figuras 9 e 10, respectivamente. As doses críticas de fósforo obtidas

Tabela 15. Equações de regressão ajustadas para a produção de matéria seca da parte aérea das três gramíneas, nos dois cortes de avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

Gramíneas	Equações	R
B. decumbens ¹	$y = 1587,99 + 325,33 x^{1/2} - 7,2816x$	0,95
B. decumbens ²	$y = 4024,94 + 204,52 x^{1/2} - 4,7718x$	0,95
B. brizantha ¹	$y = 487,89 + 246,41 x^{1/2} - 2,3305x$	0,99
B. brizantha ²	$y = 3882,26 + 82,64 x^{1/2} - 2,2270x$	0,40 N.S.
P. maximum ¹	$y = 674,66 + 20,29x^2 - 0,0200x^2$	0,97
P. maximum ²	$y = 3116,41 + 301,11x^{1/2} - 7,8788x$	0,94

1 - 1º corte

2 - 2º corte

3 - (P < 0,01)

N.S. (P > 0,05)

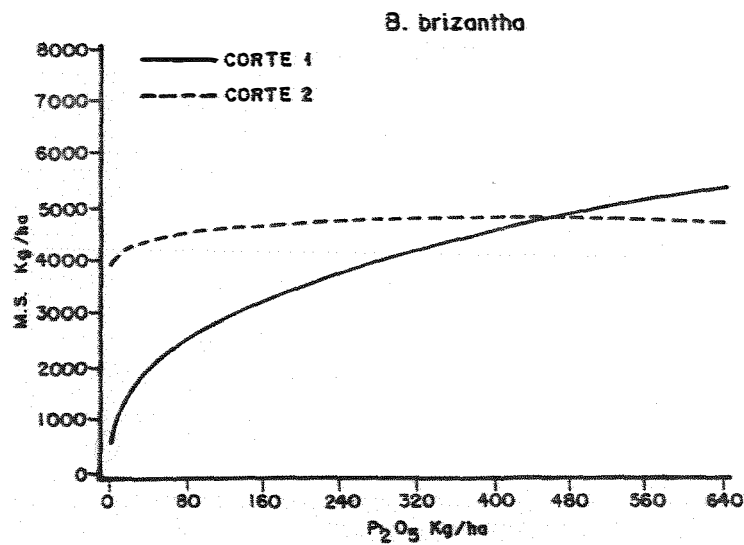
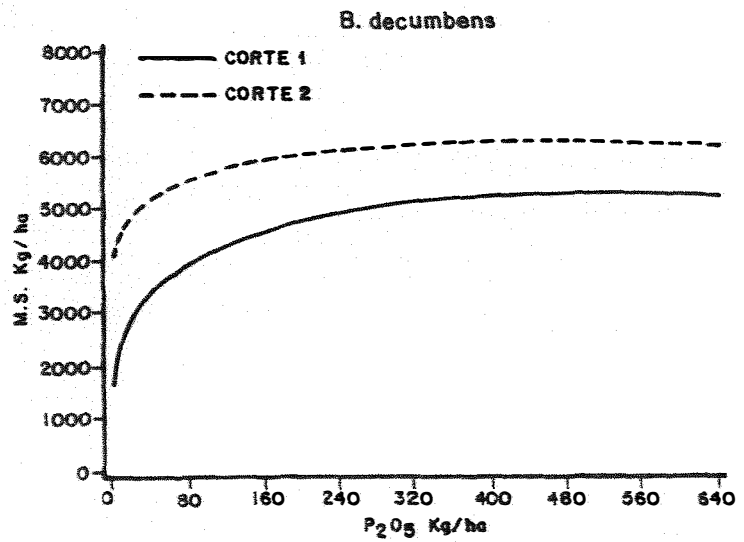


Figura 9. Produção de matéria seca da *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* nos dois cortes avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

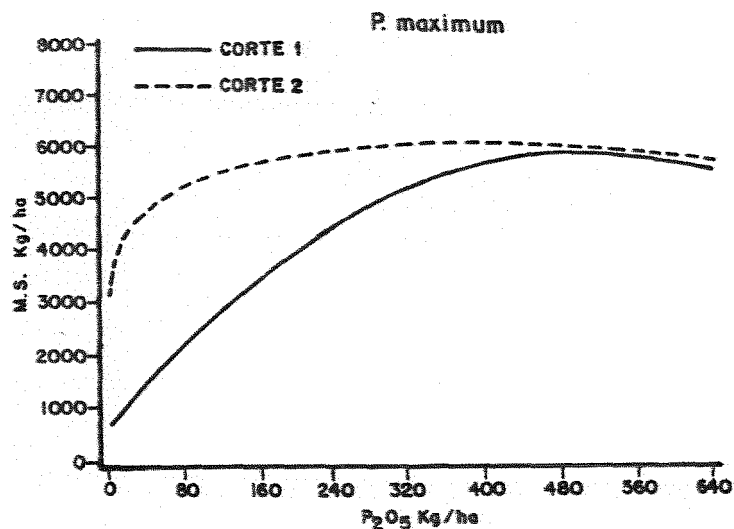


Figura 10. Produção de matéria seca do *Panicum maximum* nos dois cortes de avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

através das equações e respectivas produções de matéria seca correspondentes a 90% e 90% da produção máxima estão na Tabela 16. No caso da *B. brizantha*, como a dose crítica estimada no primeiro corte extrapolou o espaço experimental, foram calculados 80% e 90% da produção máxima, até apenas a maior dose de fósforo aplicada. Desta forma, no caso desta espécie, as doses e os níveis críticos de fósforo poderão estar subestimados, no primeiro corte. No segundo corte, devido a não resposta desta espécie às doses de fósforo aplicadas, não se observou ajuste dos dados aos modelos estudados, não sendo possível estimar as doses e os níveis críticos de fósforo.

Verifica-se na Tabela 16 que, diferentemente do que ocorreu no ensaio em vasos, as doses críticas de fósforo, associados a 80% ou 90% da produção máxima foram bastante distintas entre as espécies ($P < 0,05$). Observa-se que as doses críticas de fósforo, no primeiro corte, foram bem inferiores para a *B. decumbens*, mostrando a sua menor exigência em fósforo, em condições de campo, vindo a seguir,

Tabela 16. Doses críticas de fósforo e respectivas produções de matéria seca (MS) da parte aérea, correspondentes a 80% e 90% das produções máximas das três gramíneas, nos dois cortes de avaliação.

Espécie	Doses críticas (kg de P ₂ O ₅ /ha)		Produção (kg/ha)	
	80%	90%	80%	90%
1º corte				
<i>B. decumbens</i>	107 A	190 A	4177	4699
<i>B. brizantha</i>	327 B	460 B	4184	4707
<i>P. maximum</i>	239 C	300 C	4375	4922
2º corte				
<i>B. decumbens</i>	28 A	100 A	4973	5594
<i>B. brizantha</i>	-	-	-	-
<i>P. maximum</i>	46 A	110 A	4779	5394

Doses críticas dentro de cada corte e de cada porcentagem de produção máxima, com letras diferentes, diferem entre si ($P < 0,05$)

* não estimado

em ordem crescente de exigência, o P.maximum, requerendo praticamente o dobro de fósforo que a B.decumbens, e a B.brizantha, requerendo praticamente três vezes mais fósforo do que a B.decumbens. No caso da B.brizantha esta dose ainda pode estar subestimada.

Verifica-se, também na Tabela 16, que as doses críticas de fósforo no segundo corte foram bem inferiores ao primeiro, mostrando a menor exigência em fósforo após o estabelecimento da pastagem. No caso da B.brizantha, embora não tenha sido possível estimar a dose crítica, no segundo corte, verifica-se pela Figura 9, que a exigência dessa espécie foi também bastante reduzida, em relação ao primeiro corte.

4.2.2. Fósforo extraído

O fósforo extraído pelos métodos de Mehlich I e Resina, nas amostras de solo, coletadas após cada corte das plantas, aumentou de forma linear e quadrática ($P < 0,01$), de acordo com as doses de fósforo aplicadas (Tabela 17).

As Figuras 11, 12 e 13 mostram o fósforo extraído através de cada extrator, em função das doses de fósforo aplicadas para as três gramíneas nos dois cortes, com a variável fósforo extraído retransformada para a escala original.

Verifica-se que, da mesma forma que ocorreu no

Tabela 17. Equações de regressão ajustadas para o fósforo extraído, transformado para $\ln(x)$, em função das doses de fósforo aplicadas, após o primeiro e o segundo cortes de cada gramínea, de acordo com o extrator.

Extrator	Gramíneas	Equações ³	R ²
	B. decumbens ¹	$y = 1,118896 + 0,003999x$	0,90
	B. decumbens ²	$y = 0,953628 + 0,004331x$	0,98
Mehlich I	B. brizantha ¹	$y = 1,029576 + 0,004136x$	0,97
	B. brizantha ²	$y = 1,025149 + 0,004124x$	0,96
	P. maximum ¹	$y = 1,099484 + 0,004145x$	0,98
	P. maximum ²	$y = 1,071171 + 0,004367x$	0,97
	B. decumbens ¹	$y = 1,518805 + 0,008653x - 0,0000065x^2$	0,96
	B. decumbens ²	$y = 1,68370 + 0,0041738x$	0,98
Resina	B. brizantha ¹	$y = 1,546586 + 0,004712x$	0,98
	B. brizantha ²	$y = 1,600117 + 0,004023x$	0,98
	P. maximum ¹	$y = 1,766808 + 0,004397x$	0,98
	P. maximum ²	$y = 1,515540 + 0,00820x - 0,0000059x^2$	0,97

1 - 1^o corte
 2 - 2^o corte
 3 - $(P < 0,01)$.

ensalo em vasos, o método da Resina apresentou maior capacidade de extração do fósforo aplicado do que o método de Mehlich 1. Essas diferenças se devem aos diferentes processos de extração de fósforo dos dois métodos, conforme já discutido no caso do ensalo em vasos.

Para avaliar a eficiência dos métodos, foram feitos estudos de correlação entre o fósforo extraído por cada extrator e o fósforo extraído pela planta, porcentagem de fósforo na parte aérea e produção relativa de matéria seca de cada gramínea, nos dois cortes de avaliação. Os coeficientes de correlação encontrados estão na Tabela 18. Verifica-se pelos coeficientes de correlação e pela semelhança nos valores obtidos, que os dois extratores foram eficientes e similares na avaliação do fósforo disponível para as três gramíneas, nos dois cortes de avaliação. Essa similaridade entre os extratores é confirmado pelo elevado coeficiente de correlação obtido entre os extratores, que foi em média de 0,98.

Dentre os parâmetros de planta estudados, o fósforo extraído (PE) e porcentagem de fósforo na parte aérea (TP), foram os mais eficientes, mostrado pelos maiores coeficientes de correlação com o fósforo extraído pelos dois extratores. Embora os dois extratores tenham apresentado semelhantes condições de utilização para este solo, o método da Resina seria o mais indicado, em estudos de calibração, pela sua

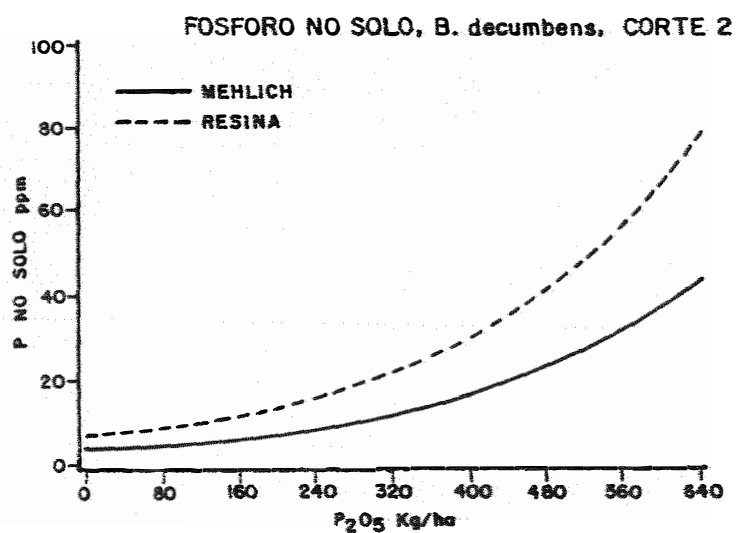
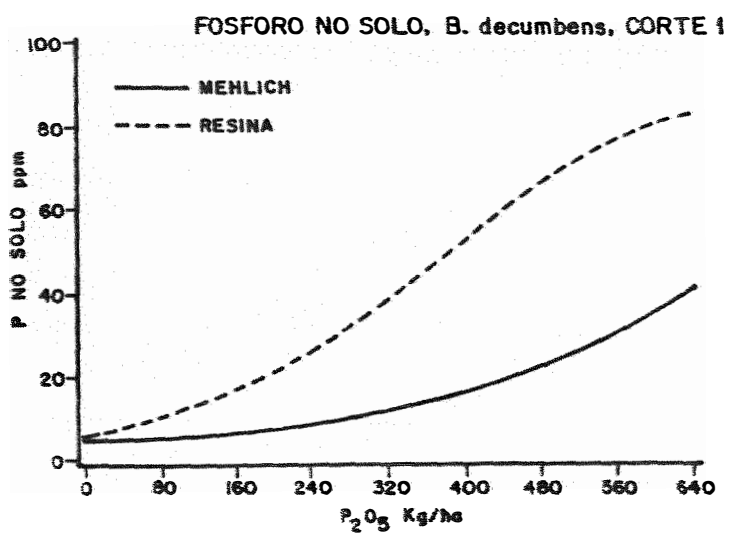


Figura 11. Fósforo extraído pelo método da resina e do Mehlich I, em função das doses de fósforo aplicadas, após os dois cortes de avaliação da B. decumbens.

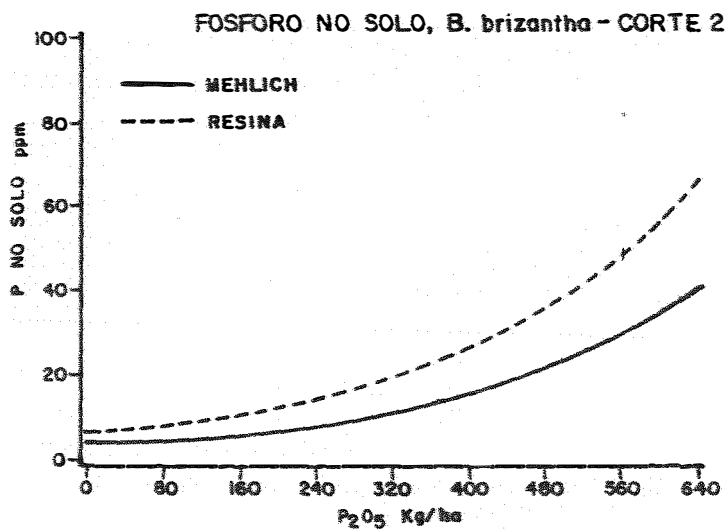
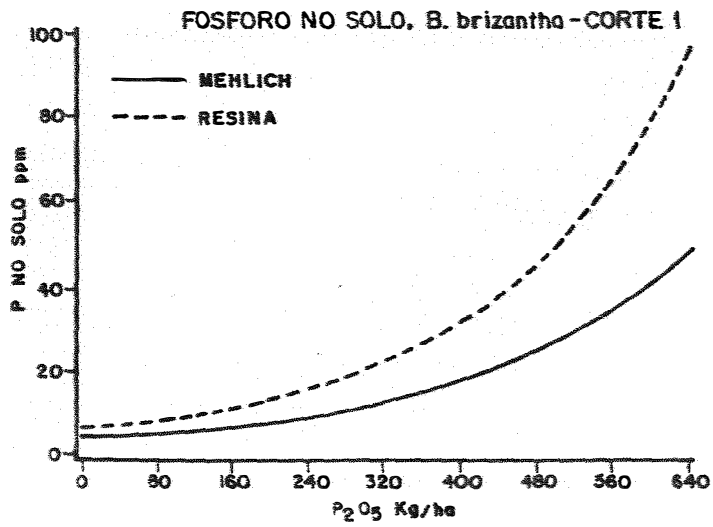


Figura 12. Fósforo extraído pelo método da resina e do Mehlich 1, em função das doses de fósforo aplicadas, após os dois cortes de avaliação da B. brizantha.

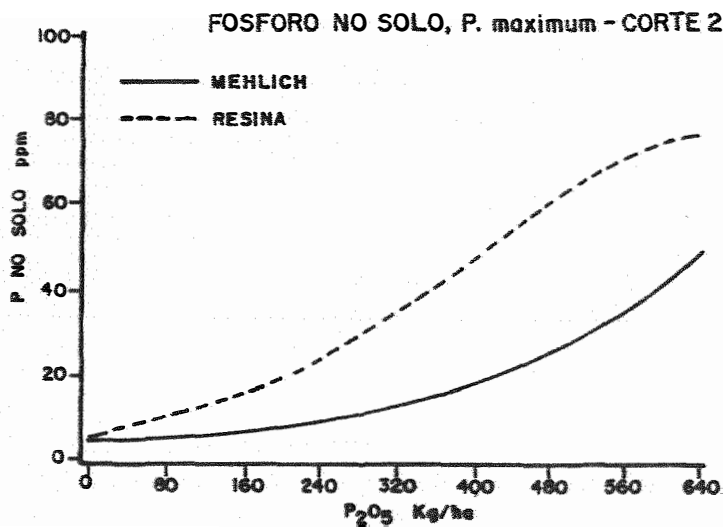
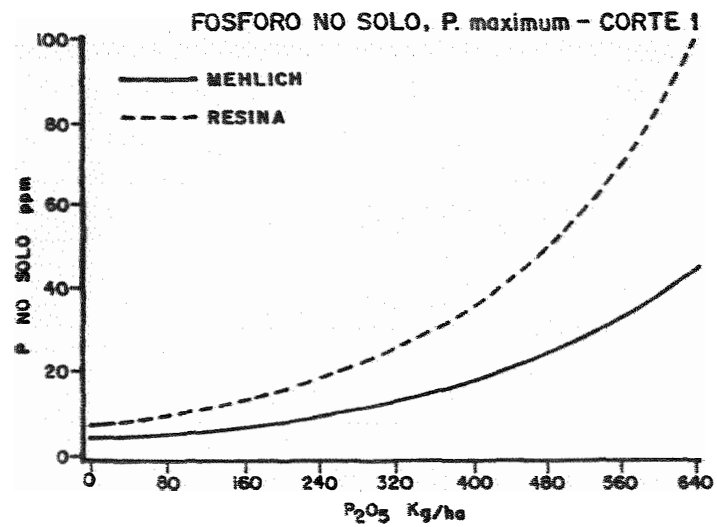


Figura 13. Fósforo extraído pelo método da resina e do Mehlich I, em função das doses de fósforo aplicadas, após os dois cortes de avaliação do P. maximum.

Tabela 18. Coeficientes de correlação¹ entre o fósforo extraído pelos métodos Mehlich I e Resina e teor de fósforo na parte aérea (TP), fósforo extraído pela planta (PE) e produção relativa (PR) de cada gramínea, nos dois cortes de avaliação.

Espécie	Variável	Mehlich I		Resina	
		1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
B. decumbens	TP	0.82	0.96	0.96	0.96
	PE	0.80	0.90	0.91	0.90
	PR	0.72	0.73	0.76	0.73
B. brizantha	TP	0.97	-	0.97	-
	PE	0.96	-	0.95	-
	PR	0.81	-	0.80	-
P. maximum	TP	0.96	0.97	0.96	0.99
	PE	0.96	0.90	0.96	0.96
	PR	0.86	0.74	0.86	0.75

1- (P<0,01)

maior capacidade de recuperação do fósforo, conforme já discutido no texto referente ao ensaio em vasos.

Verifica-se nas Figuras 11, 12 e 13, que, de maneira geral, ocorreu também pouca extração do fósforo aplicado nas doses mais baixas, a qual só aumentou mais acentuadamente a partir da dose em torno de 160 kg de P₂O₅/ha. Esse fato pode ser melhor avaliado pela porcentagem de fósforo recuperado, cujos cálculos seguiram os mesmos procedimentos feitos para o ensaio em vasos. Nas doses

inferiores de fósforo aplicado, a recuperação do fósforo é muito baixa, principalmente no caso do extrator Mehlich I (Tabela 19). Desta forma, embora os dois extratores tenham sido eficientes e similares na avaliação do fósforo disponível para as três gramíneas, no caso da utilização de doses baixas de adubo fosfatado, ou solos com teores relativamente baixos de fósforo, situação comum no caso de pastagens, os extratores, principalmente o Mehlich I, podem não refletir adequadamente a quantidade de adubo que foi ou deve ser adicionado ao solo. No caso das doses de fósforo mais baixas, de 0, 20, 40 e 80 kg de P₂O₅/ha, a quantidade

Tabela 19. Porcentagem média de fósforo (P) recuperado pelos extratores Mehlich I e Resina, em função das doses de fósforo aplicadas, após os dois cortes das plantas.

P aplicado kg de P ₂ O ₅ /ha	Mehlich I		Resina	
	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
0	-	-	-	-
20	8,5	8,6	17,0	17,1
40	8,6	8,6	18,6	17,1
80	8,6	8,8	21,0	18,6
160	10,4	10,0	26,0	23,0
320	15,0	14,6	40,0	35,0
640	36,1	36,0	76,7	61,0

de fósforo indicado pelos extratores de Mehlich 1 e Resina, no primeiro corte, foi respectivamente, de 2,9, 3,2, 3,5 e 4,1 ppm e de 5,0, 5,6, 6,3 e 7,9 ppm, onde se confirma a pouca habilidade, principalmente do extrator de Mehlich 1, para indicar o fósforo adicionado.

Trabalho do CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1981) também mostra essa mesma dificuldade com o extrator Bray2, em um solo Oxissole, onde nas doses mais baixas de 0, 10, 20, 40 e 80 kg de P_2O_5 /ha aplicado, o fósforo disponível indicado pelo extrator foi apenas de 1,8, 1,8, 1,9, 2,1 e 2,2 ppm, respectivamente.

Segundo SANCHEZ & SALINAS (1981), nesta situação há dificuldades em se fazer a recomendação da adubação fosfatada baseado apenas no resultado de análise de solo. Pelo observado no presente trabalho, quando um resultado de análise de solo, nas condições estudadas, indicar valores relativamente baixos de fósforo disponível, principalmente pelo extrator de Mehlich 1, julga-se que outras informações, como o histórico da área, são necessárias para que se possa fazer uma recomendação mais segura da adubação fosfatada.

4.2.3. Níveis críticos de fósforo na planta

Os teores de fósforo na matéria seca da parte aérea da planta das três gramíneas, aumentaram

significativamente ($P < 0,01$) com o aumento das doses de fósforo, com os dados ajustando-se a modelos quadráticos e lineares. As equações e as curvas, estas feitas com os dados retransformados, estão na Tabela 20 e Figuras 14 e 15, respectivamente.

Tabela 20. Equações de regressão ajustadas para os teores de fósforo na parte aérea das três gramíneas, transformado para $\ln(x)$, nos dois cortes, em função das doses de fósforo aplicadas.

Gramíneas	Equações ³	R ²
B. decumbens ¹	$y = -2,7710 + 0,002949x - 0,00000270x^2$	0,90
B. decumbens ²	$y = -2,3615 + 0,000744x$	0,92
B. brizantha ¹	$y = -2,4730 + 0,001499x$	0,95
B. brizantha ²	$y = -2,4727 + 0,002908x - 0,0000024x^2$	0,98
P. maximum ¹	$y = -2,5801 + 0,001770x + 0,0000040x^2$	0,55
P. maximum ²	$y = -2,4882 + 0,001023x$	0,89

1 - 1º corte
2 - 2º corte
3 - ($P < 0,01$)

Observa-se nas Figuras 14 e 15, um acúmulo de fósforo com o aumento das doses de fósforo aplicadas, sendo mais acentuado para a B. brizantha, semelhante ao que ocorreu

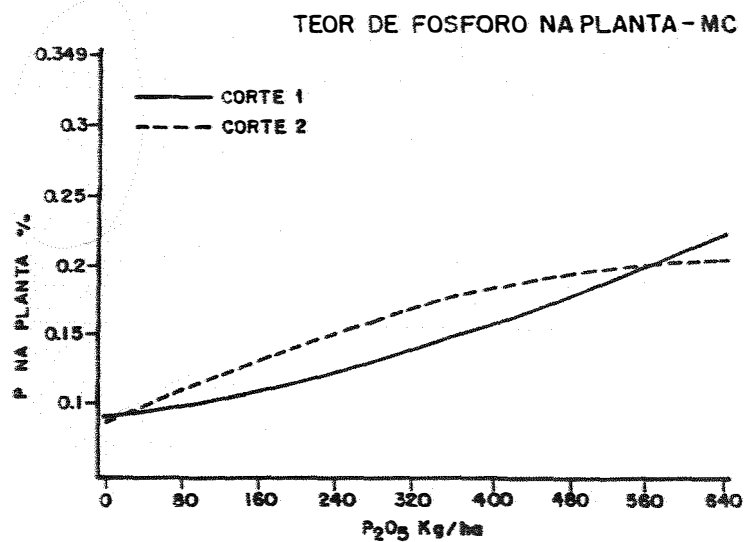
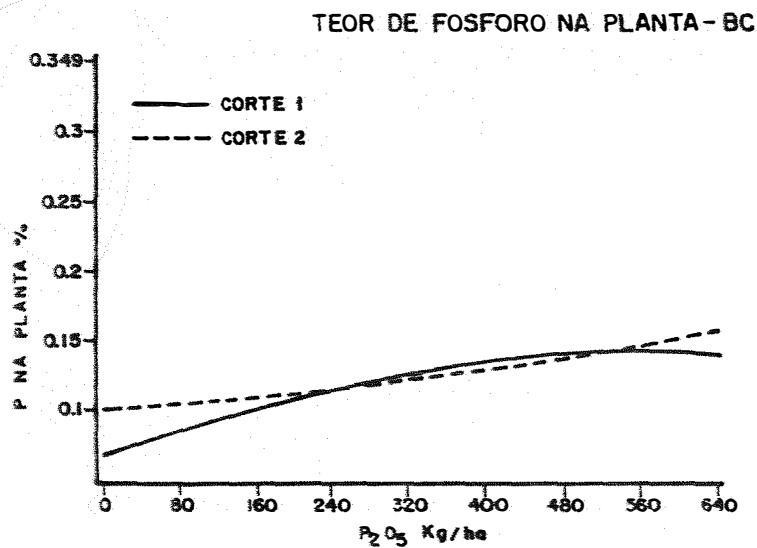


Figura 14. Teores de fósforo na parte aérea da *B. decumbens* (BC) e *B. brizantha* (MC), nos dois cortes de avaliação, em função das doses de fósforo aplicadas.

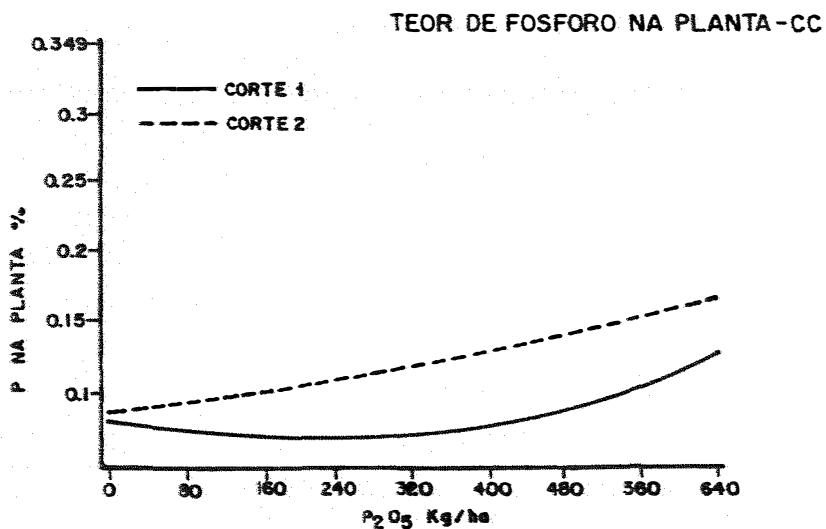


Figura 15. Teores de fósforo na parte aérea do P.maximum, (CC) nos dois cortes de avaliação em função das doses de fósforo aplicadas.

no ensaio em vasos. O P.maximum, por outro lado, em condições de campo, mostrou baixa capacidade de acúmulo de fósforo, evidenciando que o fósforo absorvido foi suficiente apenas para a produção de matéria seca, o que resultou em baixo nível crítico interno de fósforo (Tabela 21).

Italiano et alii (1981), estudando o efeito de doses de fósforo em H.rufa, em condições de campo, também não observaram elevação acentuada nos teores de fósforo da parte aérea das plantas, mesmo com as doses mais elevadas de fósforo.

Essas variações entre espécies quanto aos teores de fósforo na parte aérea, podem ter implicações diretas na

nutrição animal, pois plantas com maior capacidade de acúmulo de fósforo, podem suprir mais adequadamente, com esse nutriente, os animais que se utilizam dessa forrageira.

Os níveis críticos internos de fósforo obtidos (Tabela 21), são de maneira geral inferiores aos obtidos por outros pesquisadores (COSTA et alii, 1983; REGO et alii, 1985; GUSS, 1988) em ensaios em vasos, em casa de vegetação. Com relação às diferenças entre espécies, constata-se no primeiro corte, uma diferença maior entre os níveis críticos internos do *P.maximum* e da *B.brizantha*, resultados esses diferentes do ocorrido no ensaio em vasos, onde estas duas

Tabela 21. Níveis críticos de fósforo na matéria seca da parte aérea das três gramíneas forrageiras, nos cortes 1 e 2, para as produções estimadas de 80% e 90% da máxima.

Espécie	Corte 1		Corte 2	
	Nível crítico		Nível crítico	
	80%	90%	80%	90%
<i>B. decumbens</i>	0,08 (8,0) [*]	0,10	0,09 (5,4) [*]	0,10
<i>B. brizantha</i>	0,13 (4,9)	0,17	-	-
<i>P. maximum</i>	0,06 (11,0)	0,07	0,08 (8,8)	0,09

* Coeficiente de variação dos dados transformados

espécies apresentaram um nível crítico mais próximo (Tabela 11). Esse baixo nível crítico interno do *P.maximum*, não indica uma baixa exigência em fósforo, pois o seu requerimento externo de fósforo foi relativamente elevado (Tabela 22), mas está associado a uma baixa eficiência na absorção de fósforo em condições de campo (Tabela 24). Esses resultados mostram a influência do ambiente na capacidade de acúmulo de fósforo nas plantas e, portanto, no nível crítico interno.

No caso da *B.brizantha* o maior nível crítico interno está relacionado à sua maior exigência em fósforo (Tabela 22), indicando o seu maior requerimento em fósforo, externo e interno.

4.2.4. Níveis críticos de fósforo no solo

Da mesma maneira que ocorreu no ensaio em vasos (Tabela 12), os níveis críticos de fósforo no solo obtidos pelo método da Resina, foram superiores aos obtidos pelo método Mehlich I (Tabela 22), confirmando a sua maior capacidade de extração do fósforo aplicado neste tipo de solo.

Os níveis críticos de fósforo no solo obtidos no presente trabalho a campo (Tabela 22) são, de maneira geral, inferiores aos citados na literatura, em trabalhos em vasos, em casa de vegetação, utilizando o extrator de Mehlich I (REGO et alii, 1985; GUSS, 1988; FONSECA, 1987). Observa-se

Tabela 22. Níveis críticos de fósforo no solo, pelos extratores de Mehlich I e Resina, associados a 80% da produção máxima das três gramíneas nos cortes 1 (C1) e 2 (C2).

Espécies	Extratores			
	Mehlich I		Resina	
	C1	C2	C1	C2
	ppm			
B. decumbens	4,7(15,1) [*]	3,0(13,5) [*]	10,7(11,2) [*]	5,8(10,0) [*]
B. brizantha ¹	10,8(15,8)	- -	21,8(14,8)	- -
P. maximum	8,0(14,3)	3,5(15,6)	16,0(11,6)	5,5 (8,7)

1- C1- 80% da produção máxima na maior dose de P aplicada

1- C2- não estimado.

*- Coeficiente de variação dos dados transformados

que as diferenças nos níveis críticos de fósforo no solo entre as três espécies, foram bem acentuadas, pelos dois extratores, refletindo o que ocorreu com as doses críticas (Tabela 16), ficando assim evidente a distinção no requerimento de fósforo para o estabelecimento, entre essas três forrageiras. Pelos níveis críticos mais baixos, por qualquer um dos extratores, a B. decumbens pode ser considerada a menos exigente em fósforo para o estabelecimento, vindo a seguir em ordem crescente, o P. maximum e a B. brizantha, esta se caracterizando como a mais exigente em fósforo, e cujo nível crítico ainda pode estar

subestimado.

Constata-se, assim, que no ensaio de campo, foi possível tornar bem evidente as diferenças no requerimento em fósforo entre as três espécies, fato esse que não ocorreu de forma tão clara no ensaio em vasos, em casa de vegetação.

No segundo corte, da mesma forma que ocorreu com as doses críticas (Tabela 16), os níveis críticos de fósforo no solo foram bastante reduzidos em relação ao primeiro, confirmando a menor exigência em fósforo após o estabelecimento da pastagem. No caso da *B. brizantha*, embora não tenha sido possível estimar a dose crítica verifica-se na Figura 14 que a tendência foi a mesma das outras duas espécies. Os dados sugerem, assim, níveis críticos de fósforo distintos para as plantas forrageiras: um nível crítico mais alto para o estabelecimento e um nível crítico mais baixo para a manutenção.

GUSS (1988), em trabalho em vasos, com cinco Latossolos, com quatro espécies do gênero *Brachiaria*, também constatou uma diminuição do nível crítico de fósforo para todas as espécies, do primeiro para o segundo corte. Segundo o autor, há necessidade de estudos para comprovar ou não a existência de níveis críticos de fósforo distintos para as plantas forrageiras e o consequente desenvolvimento de metodologia para atendê-los.

4.2.5. Absorção, uso e quociente de utilização do fósforo

Como as três gramíneas mostraram respostas quadráticas às doses de fósforo aplicadas, optou-se por comparar a eficiência das mesmas na ausência da adubação fosfatada e na dose onde ocorreria 80% do crescimento máximo, por estar próximo do ótimo biológico. Os resultados são apresentados nas Tabelas 23 e 24.

Tabela 23. Fósforo (P) absorvido , produção de matéria seca (MS) da parte aérea e quociente de utilização do fósforo das três gramíneas, na ausência da adubação fosfatada, nos cortes 1 e 2.

Espécie	1		2		3
	P absorvido		Produção	Quociente de utilização	
----- 1º corte -----					
B.decumbens	994		1588		1597
B.brizantha	411		488		1190
P.maximum	511		674		1320
----- 2º corte -----					
B.decumbens	3795		4025		1060
B.brizantha	3100		3882		1252
P.maximum	2588		3116		1204

1- g de P/ha
2- kg MS/ha
3- kg de MS produzida por kg de P presente na biomassa

Tabela 24. Eficiência de absorção, uso e Quociente de utilização de fósforo (P) das três gramíneas, nos dois cortes de avaliação, com a dose estimada para 80% da produção máxima de matéria seca (MS) da parte aérea.

Espécie	1	2	3
	Eficiência de absorção	Eficiência de uso	Quociente de utilização
----- 1º corte -----			
B. decumbens	71	11	1250
B. brizantha	38	34	770
P. maximum	25	24	1670
----- 2º corte -----			
B. decumbens	363	2	1112
B. brizantha	-	-	-
P. maximum	189	4	1251

1 - g de P absorvido por kg de P aplicado

2 - g de P aplicado por kg de MS produzida.

3 - kg de MS produzida por kg de P presente na biomassa

Verifica-se que, na ausência da adubação fosfatada (Tabela 23) e na condição de 80% da produção máxima (Tabela 24), a B. decumbens destaca-se como a mais eficiente na absorção e uso do fósforo. No primeiro corte, na ausência da adubação fosfatada, esta espécie absorveu praticamente o dobro de fósforo e produziu cerca de três vezes mais que as outras duas espécies. Na condição de 80% da produção máxima, diferentemente do que ocorreu no ensaio em vasos

(Tabela 13), a *B.decumbens* apresentou também uma eficiência de absorção e uso de fósforo mais do que o dobro, em relação as outras duas espécies.

Essas características combinadas na *B.decumbens* de maior eficiência na absorção e uso do fósforo, nativo ou aplicado, constatadas no ensaio a campo, explicam a baixa exigência e a boa adaptação dessa espécie aos solos de cerrado de baixa fertilidade, mesmo com o uso mínimo de fertilizantes fosfatados.

Por outro lado, principalmente a baixa eficiência de absorção do *P.maximum*, e a baixa eficiência de uso e o baixo quociente de utilização do fósforo da *B.brizantha*, explicam o maior requerimento em fósforo e parte dos insucessos observados no estabelecimento dessas espécies, em solos de baixa fertilidade, sem a adequada adubação fosfatada.

No segundo corte, observa-se para a *B.decumbens* e o *P.maximum*, aumento acentuado na eficiência de absorção e uso do fósforo, confirmando a menor dependência do fósforo aplicado após o estabelecimento das plantas, e explicando a redução do nível crítico de fósforo no solo, no segundo corte (Tabela 22).

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos dois ensaios, ficou comprovado o efeito positivo da adubação fosfatada na produção de matéria seca das três gramíneas neste tipo de solo. No ensaio em vasos, na ausência da adubação fosfatada, a produção de matéria seca foi muito reduzida para as três gramíneas forrageiras, nos dois cortes de avaliação, mostrando uma maior dependência das plantas ao fósforo aplicado. Esse efeito provavelmente ocorreu devido à reduzida contribuição do fósforo nativo, pelo menor volume de solo no vaso, a ser explorado pelas raízes, associado à intensa atividade fisiológica das plantas em casa de vegetação. Já no experimento a campo, o efeito da falta de fósforo na produção foi menos acentuado, principalmente no segundo corte, e ocorreu de forma diferenciada entre as espécies. Isto aconteceu, provavelmente, pela possibilidade de maior crescimento das raízes, associado a exploração de maior volume de solo, em condições de campo, fazendo com que a contribuição do fósforo nativo fosse mais significativa, principalmente no caso das espécies mais eficientes nessa condição, como foi o caso da *B. decumbens*.

Com relação às doses e níveis críticos de fósforo no solo, a tendência geral foi de serem mais

elevados, em casa de vegetação do que no campo, principalmente no segundo corte. Todavia, no ensaio em vasos, as diferenças entre as espécies não foram bem discriminadas. No primeiro corte, as três espécies apresentaram o mesmo requerimento de fósforo e no segundo corte, constataram-se apenas tendências de diferenças. Estes resultados estão, provavelmente, associados ao reduzido volume de solo a ser explorado pelas raízes das plantas, com uma menor contribuição do fósforo nativo e também às condições mais adequadas de crescimento, em casa de vegetação, que podem ter elevado o nível de resposta ao fósforo, principalmente, das espécies menos exigentes, em condições de campo, diminuindo as diferenças no requerimento de fósforo entre as espécies. No experimento de campo, a possibilidade de maior desenvolvimento das raízes e exploração de maior volume de solo, associado às condições não tão satisfatórias para o crescimento das plantas, permitiu que as plantas mais eficientes nessas condições, apresentassem menor requerimento em fósforo, tornando bem evidente as diferenças de exigência em fósforo entre as três espécies. Este foi o caso da *B. decumbens*, que no primeiro corte, no ensaio em vasos, apresentou a mesma exigência em fósforo que as outras duas espécies, mas no ensaio de campo, apresentou uma eficiência de absorção e uso de fósforo cerca de três vezes superior ao das outras duas espécies. Os resultados indicam, assim, que os níveis críticos de fósforo

obtidos em casa de vegetação podem não ser válidos para o uso no campo. Espécies pouco exigentes em condições de campo parecem ter sua exigência superestimada em estudos em vasos, em casa de vegetação.

Com relação aos níveis críticos internos de fósforo, houve uma tendência de serem mais baixos em condições de campo, do que em casa de vegetação. Esta tendência foi mais acentuada no caso do P.maximum, devido à baixa eficiência de absorção de fósforo que esta espécie apresentou em condições de campo, diferentemente do que ocorreu em vasos, em casa de vegetação. Esse fato é evidência, também, de que os níveis críticos internos de fósforo obtidos em vasos, em casa de vegetação, nem sempre podem ser extrapolados para uso no campo.

Quanto ao fósforo extraído, o comportamento dos extratores foi semelhante nos dois ensaios. Todavia, no ensaio em vasos, embora tenha sido aplicado o equivalente a cinco vezes mais fósforo que no ensaio de campo, a extração do fósforo aplicado foi mais baixa pelos dois extratores. Esta menor extração do fósforo no ensaio em vasos foi devido, provavelmente, à maior homogeneização do adubo com o solo, que em condições adequadas de umidade, proporcionou a máxima adsorção e/ou precipitação do fósforo. No ensaio a campo, embora a aplicação do adubo tenha sido feita a lanço com incorporação, o contato do adubo com o solo foi relativamente menor.

6- CONCLUSÕES

1) No ensaio em vasos as diferenças de exigência em fósforo não foram discriminadas entre as três espécies forrageiras. Os níveis críticos de fósforo no solo, no primeiro corte, variaram de 8,0 a 12,0 ppm pelo extrator de Mehlich I e de 13 a 18 ppm pelo método da Resina, para as três gramíneas forrageiras. No segundo corte foram de 11,5, 12,0 e 14,0 ppm pelo extrator de Mehlich I e de 18,0, 22,0 e 24,0 ppm pelo método da Resina, respectivamente, para a *B.decumbens*, *B.brizantha* e o *P.maximum*. Os níveis críticos de fósforo na planta, no primeiro corte, foram de 0,11, 0,13 e 0,12% e, no segundo corte, de 0,09, 0,12 e 0,10%, respectivamente, para a *B.decumbens*, *B.brizantha* e o *P.maximum*.

2) No ensaio de campo as diferenças de exigência em fósforo entre as espécies foram bem evidentes, onde a *B.decumbens* destacou-se como a menos exigente em fósforo para o estabelecimento, vindo a seguir em ordem crescente de exigência o *P.maximum* e a *B.brizantha*. Os níveis críticos de fósforo no solo, no primeiro corte, foram de 4,7, 10,8 e 8,0 ppm pelo extrator de Mehlich I e de 10,7, 21,8 e 16,0 ppm pelo método da Resina, respectivamente, para a *B.decumbens*,

B.brizantha e o *P.maximum*, enquanto que no segundo corte, foram de 3,0 e 3,5 ppm pelo extrator de Mehlich I e de 5,8 e 6,5 ppm pelo método da Resina, para a *B.decumbens* e o *P.maximum*, respectivamente. Os níveis críticos de fósforo na planta, no primeiro corte, foram de 0,08, 0,13 e 0,06%, respectivamente, para a *B.decumbens*, *B.brizantha* e o *P.maximum* e, no segundo corte, de 0,09 e 0,08%, respectivamente, para a *B.decumbens* e o *P.maximum*.

3) os níveis críticos de fósforo obtidos no experimento em vasos não foram correspondentes aos obtidos no experimento a campo.

4) Os extratores de Mehlich I e Resina foram eficientes e similares na avaliação do fósforo disponível para as três gramíneas forrageiras, sendo que o método da Resina apresentou uma maior capacidade de extração do fósforo aplicado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMER, F.; BOULDIN, C. A.; BLACK, C. A. O.; DUCKE, F. R. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin absorption and P³² equilibration. *Plant and Soil*, Dordrecht, 6: 391-407, 1955.
- ANDREW, C. S. & ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pastures legumes. *Australian Journal Agricultural Research*, East Melbourne, 20: 665-74, 1969.
- ANDREW, C.S. & ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. *Australian Journal Agricultural Research*, East Melbourne, 22: 693-703, 1971.
- ANGHINONI, I. & BOHNEN, H. Avaliação da disponibilidade do fósforo para os solos do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 10(1): 127-36, 1974.
- BACHE, B.W. & IRELAND, C. Desorption of phosphate from soils using anion exchange resins. *Journal of Soil Science*, Oxford, 31: 297-306, 1980.
- BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. *Soil Science*, Baltimore, 112(2): 116-30, 1971.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Nutrición mineral de plantas forrajeras: In:_____. Programa de ganado de corte. Cali, Colombia, 1977. 124p.(Informe Anual CIAT).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidad del suelo e nutrición de la planta. In:_____. Programa de ganado de carne. Cali, 1978 188p.(Informe Anual CIAT).

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Annual report for 1980: tropical pastures program. Cali, 1981. 156p.
- COPE, J.T. & EVANS, C.E. Soil testing. Advances in Soil Science, New York 1: 201-28, 1985.
- COSTA, G.G.; MONNERAT, P.H. ; GOMIDE, J.A. Efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de fósforo de capim Jaraguá e capim colônia. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa 12: 1-10, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- FONSECA, D.M. Níveis críticos de fósforos em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Viçosa, 1987. 146p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- GOMIDE, J.A. Exploração de pastagens em solos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS; SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8., Piracicaba, 1986. Anais. Piracicaba, FEALQ, 1986. p.481-97.
- GRANDE, M.A.; GURI, N. ; GUAGGIO, J.A. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich e Resina, em solos cultivados com arroz irrigado. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Campinas 10: 45-50, 1986.
- GUNARY, D. & SUTTON, G.D. Soil factors affecting plant uptake of phosphate. Journal of Soil Science, Oxford, 18: 167-73, 1967.
- GUSS, A. Exigência de fósforo para o estabelecimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais em solos com diferentes características físicas e químicas. Viçosa, 1988. 74p. (Doutorado- Universidade Federal de Viçosa).
- ITALIANO, E.C.; GOMIDE, J.A. ; MONNERAT, P.H. Doses e modalidades de aplicação do superfosfato simples na semeadura do capim-jaraguá. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 10: 1-10, 1981.
- KOCHHANN, R.; ANGHINONI, I. ; MIELNICZVK, J. Adubação fosfatada no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J., ed. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA-DID, 1982. p.29-60 (EMBRAPA-DID. Documentos, 21).

- KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M.G. ; GOEDERT, W.J. Estabelecimento e manejo de pastagens nos cerrados do Brasil. In: TERGAS, L.E.; SANCHEZ, P.A. ; SERRAO, E.A.S. Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Brasília, EMBRAPA, 1982. p.167- 217.
- LARSEN, S. Soil phosphorus. Advances in Agronomy, San Diego, 19: 151-210, 1967.
- LOPES, A.S. & COX, F.R.A. Survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation in Brasil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 41: 742-7, 1977.
- LOPES, A.S.; VASCONCELLOS, C.A. ; NOVAIS, R.F. Adubação fosfatada em algumas culturas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio Janeiro. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S. ; GOEDERT, W.J. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA-DID, 1982. p.137-200 (EMBRAPA-DID. Documentos, 21)
- MARTINEZ, H.E.P. & HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv., *Panicum Maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba 37: 913-77, 1980.
- MEIRELLES, N.M.F.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G.; CARRIEL, J.M.; PAULINO, W.T. ; COLOZZA, M.T. Nível crítico de fósforo em capim-colônia cultivado em dois tipos de solo: latossolo vermelho escuro e podzólico vermelho amarelo. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, 45: 215-32, 1988.
- OLSEN, S.R. & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.2: Microbiological Properties, p.1035-49.
- RAIJ, B. van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2: 1-9, 1978.
- RAIJ, B. van. Fósforo do solo. In: BULL, L.T. & ROSALEM, C.A. Interpretação de análise química de solos e planta para fins de adubação. Botucatu, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989 p. 75-96.

- RAIJ, B. van ; QUAGGIO, J.A. Método de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (IAC. Boletim, 81).
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T. ; CARMELLO, Q.A.C. A adubação fosfatada no Estado de São Paulo. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S. ; GOEDERT, W.J. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, 1982. p.103-36 (EMBRAPA-DID. Documentos, 21).
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T. ; SILVA, N.M. da. Comparação de quatro extratores de fósforo de solos. *Bragantia*, Campinas, 43 (1): 17-29, 1984.
- REGO, M.C.; GOMIDE, J.A. ; NOVAIS, R.F. Phosphorus requirement for grass establishment in five tropical soils. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., Kioto, 1985. p.467-7. Proceedings
- ROCHA, G.L. Perspectivas e problemas de adubação de pastagens no Brasil. In: SIMPOSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGEM, 1., Nova Odessa, 1985. Anais. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1986. p.1-29.
- SALINAS, J.G. & SANCHEZ, P.A. Soil-plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28: 156-68, 1976.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. *Advances in Agronomy*. San Diego, 34: 279-406, 1981.
- SARRUGE, J. R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas., Piracicaba, . ESALQ/Departamento de Química, 1974. 56p.
- SMITH, P.F. Mineral analysis of plant tissues. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 13: 81-108, 1962.
- VOLKWEISS, S.J. & RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO: BASES PARA A UTILIZAÇÃO AGROPECUARIA, 4., Brasília, 1976. São Paulo, EDUSP: Itatiaia, 1977. p.317-32.