

NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO EM *Brachiaria decumbens* (Stapf)  
Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *Digitaria decumbens*  
Stent, *Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de  
Beauv, *Panicum maximum* Jacq e *Pennisetum purpureum* Schum

HERMINIA EMILIA PRIETO MARTINEZ

Orientador: PROF. DR. HENRIQUE PAULO HAAG

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Nutrição Animal e Pastagens.

P I R A C I C A B A  
Estado de São Paulo - Brasil  
Outubro - 1980

Aos meus pais, pela dedicação,  
apoio e incentivo,

Ofereço

## AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Henrique Paulo Haag.

Prof. Dr. Gilberto Diniz de Oliveira.

Prof. Dr. José Renato Sarruge.

Funcionários do Departamento de Química, Setor de Nutrição Mineral das Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.

Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, S.P.

Manah S.A., São Paulo, S.P.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO .....	vi
SUMMARY .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
4.1. <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf .....	10
4.1.1. Morfologia externa .....	10
4.1.2. Produção de matéria seca .....	11
4.1.3. Concentração de fósforo na planta .....	13
4.2. <i>Brachiaria humidicola</i> Rendle .....	19
4.2.1. Morfologia externa .....	19
4.2.2. Produção de matéria seca .....	20
4.2.3. Concentração de fósforo na planta .....	23
4.3. <i>Digitaria decumbens</i> Stent .....	29
4.3.1. Morfologia externa .....	29
4.3.2. Produção de matéria seca .....	29
4.3.3. Concentração de fósforo na planta .....	32
4.4. <i>Hypharrhenia rufo</i> Ness .....	39
4.4.1. Morfologia externa .....	39
4.4.2. Produção de matéria seca .....	40
4.4.3. Concentração de fósforo na planta .....	42

4.5. <i>Melinis minutiflora</i> Pal de Beauv .....	47
4.5.1. Morfologia externa .....	47
4.5.2. Produção de matéria seca .....	48
4.5.3. Concentração de fósforo na planta .....	52
4.6. <i>Panicum maximum</i> Jacq .....	58
4.6.1. Morfologia externa .....	58
4.6.2. Produção de matéria seca .....	59
4.6.3. Concentração de fósforo na planta .....	62
4.7. <i>Pennisetum purpureum</i> Schum .....	68
4.7.1. Morfologia externa .....	68
4.7.2. Produção de matéria seca .....	69
4.7.3. Concentração de fósforo na matéria seca .....	72
4.8. Observações gerais .....	79
5. CONCLUSÕES .....	84
LITERATURA CITADA .....	85

NÍVEIS CRÍTICOS DE FÓSFORO em *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *Digitaria decumbens* Stent, *Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jacq e *Pennisetum purpureum* Schum

Herminia Emilia Prieto Martinez

Orientador: Prof.Dr.Henrique Paulo Haag

## RESUMO

Plantas dos capins braquiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf (Prain), quicuí da Amazonia, (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt), pangola (*Digitaria decumbens* Stent), jaraguã (*Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf), gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv), colonião (*Panicum maximum* Jacq) e napier (*Pennisetum purpureum* Schum) foram cultivadas em solução nutritiva completa contendo, 0,12; 0,48; 1,94; 7,75 e 31,00 mg de fósforo por litro com o objetivo de determinar os níveis críticos internos e externos de fósforo, e avaliar a eficiência com que absorvem e utilizam o fósforo.

Aos setenta e cinco dias as plantas foram coletadas, separadas em caules, folhas, bainhas e raízes.

Após secagem a 80°C as amostras foram pesadas e analisadas para fósforo na matéria seca.

Curvas representativas do peso da matéria seca, e da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo da

solução nutritiva foram obtidas a partir de dados calculados de equações de regressão.

Verificou-se que:

- As espécies diferiram quanto à necessidade externa de fósforo, sendo *B. humidicola* e *H. rufo* as menos exigentes. Seguiram-se em ordem crescente *B. decumbens*, *M. minutiflora*, *P. maximum*, *P. purpureum* e *D. decumbens*.

- Os níveis críticos internos de fósforo variaram entre as espécies, sendo maior em *B. decumbens* (0,32%) que nas demais. Seguiram-se em ordem decrescente *D. decumbens* (0,29%), *B. humidicola* (0,26%), *M. minutiflora* (0,24%), *P. maximum* (0,23%) e *P. purpureum* (0,20%).

- A eficiência de absorção e utilização do fósforo foi maior para *B. humidicola* e/ou *H. rufo*. Seguiram-se em ordem decrescente *B. decumbens*, *D. decumbens*, *M. minutiflora*, *P. maximum* e *P. purpureum*.

CRITICAL PHOSPHORUS LEVELS OF *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain,  
*Brachiaria humidicola* (Rendle) Sweickerdt, *Digitaria decumbens*  
Stent, *Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de  
Beauv *Panicum maximum* Jacq AND *Pennisetum purpureum* Schum

Herminia Emilia Prieto Martinez

Adviser : Prof.Dr.Henrique Paulo Haag

## SUMMARY

The seven tropical grass species were cultivated in nutrient solutions added the following amounts of phosphorus in mg./l.: 0.12, 0.48, 1.94, 7.75, 31.00. After 75 days the plants were harvested and divided into: leaves, stems, sheaths and roots. The material was dried at 178<sup>0</sup>F, weighed and analyzed for phosphorus by the conventional colometric method.

The data were submitted to statistical treatments and interpretation.

The author concluded:

1. Differential phosphorus response among the grasses were observed. The *B. humidicola* and *H. rufa* showed the lowest external phosphorus requirements, follow by *B. decumbens*, *M. minutiflora*, *P. maximum*, *P. purpureum* and *D. decumbens*.



2. Differential plant phosphorus content were observed among the species. The highest internal phosphorus requirement was observed for *B. decumbens* (0.32%) follow by *D. decumbens* (0.29%), *B. humidicola*(0.26%), *M. minutiflora* (0.24%), *P. maximum* (0.23%), *P. purpureum* (0.20%).

3. The best absorption capacity and utilization of phosphorus was observed for *B. humidicola* and *H. rufa*, follow by *B. decumbens*, *D. decumbens*, *M. minutiflora*, *P. maximum* and *P.purpureum*.

## 1. INTRODUÇÃO

Embora as regiões tropicais possuam aproximadamente a metade das pastagens e a metade da população bovina mundial, a sua produtividade é baixa, limitando-se a trinta por cento da produção mundial de carnes e vinte por cento da produção mundial de leite (JONES, 1972, citado por SANCHEZ, 1976).

Existem vários fatores que determinam a baixa produtividade animal nos trópicos, entre eles destacam-se a nutrição inadequada, que é tida como o mais limitante, seguindo-se a falta de umidade adequada dos solos e a baixa fertilidade natural destas regiões.

As regiões tropicais apresentam cerca de cinquenta por cento de latossolos, que possuem baixos teores de fósforo disponível, embora apresentem boas condições físicas (SANCHEZ, 1976). Associado ao baixo teor em fósforo disponível, estes solos apresentam ainda problemas quanto a alta capacidade de fixar o fósforo, dado a presença de quantidades elevadas de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (SALINAS e SANCHEZ, 1976; FOY, 1976; FENSTER e LEON, 1978).

Respostas à adição de fósforo são muito comuns nestes tipos de solos, e na América Tropical têm sido aplicadas quantidades que variam de 100 até 150 kg de  $P_2O_5$ /ha, doses estas que às vezes se tornam anti-econômicas para a formação e manutenção de pastagens.

Nos solos com alta capacidade de fixação de fósforo, duas estratégias podem ser adotadas. A primeira é a aplicação de quantidades menores de fósforo em linhas, e a segunda é a aplicação de grandes quantidades de fósforo, suficientes para inativar a capacidade de fixação do solo, a um custo inicial muito elevado.

Atualmente procura-se associar a combinação de variedades tolerantes à baixa disponibilidade de fósforo, aplicação correta de adubos fosfatados e correção do solo, visando diminuir a fixação de fósforo. Tenta-se assim, chegar a um meio efetivo para a utilização econômica de muitos solos tropicais com capacidade de fixação de fósforo extremamente alta (SALINAS e SANCHEZ, 1976).

O objetivo deste trabalho é obter os níveis críticos de fósforo em sete gramíneas forrageiras tropicais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Pesquisa acerca da determinação de níveis críticos de fósforo em gramíneas forrageiras tropicais é escassa. SANCHEZ (1976) enfatizou a necessidade de se conduzirem pesquisas para detectar diferenças entre espécies e variedades, tendo em vista o elevado custo do fertilizante fosfatado. O mesmo autor é categórico ao afirmar que pesquisas neste sentido deveriam ser prioritárias.

SALINAS e SANCHEZ (1976), procederam à revisão da literatura, sobre diferenças entre capins e variedades em relação à tolerância a baixos níveis de fósforo disponível no solo. Existem evidências de que ocorrem diferenças consideráveis entre espécies com respeito ao nível crítico externo de fósforo - quantidade de fósforo na solução do solo relacionada a altas produções - e, no nível crítico interno de fósforo - quantidade de fósforo na planta relacionada a altas produções. Em pastagens tropicais *Stylosanthes humilis*, *Centrosema pubescens*, *Melinis minutiflora* e *Panicum maximum* são espécies mais tolerantes do que *Glycine weightii*, *Medicago sativa*, *Chloris gayana* e *Paspalum dilatatum*.

A literatura menciona cinco mecanismos para tentar explicar estas diferenças: extensão das raízes, exudação das raízes, influência de fungos Mycorrhiza, equilíbrio de nutrientes e diferenças nas taxas de absorção e translocação do fósforo, em relação às taxas de crescimento. Entre eles, o último é considerado o mais importante, sem excluir os demais.

ANDREW e ROBINS (1969a, 1971) na Austrália mostraram a existência de diferentes níveis críticos internos em espécies distintas. Alguns de seus resultados são apresentados a seguir:

Espécies	Nível crítico interno % P
<u>Leguminosas</u>	
<i>Stylosanthes humilis</i>	0,17
<i>Centrosema pubescens</i>	0,16
<i>Desmodium intortum</i>	0,22
<i>Glycine wightii</i>	0,23
<i>Medicago sativa</i>	0,25
<u>Gramíneas</u>	
<i>Digitaria decumbens</i>	0,16
<i>Melinis minutiflora</i>	0,18
<i>Panicum maximum</i>	0,19
<i>Pennisetum clandestinum</i>	0,22
<i>Chloris gayana</i> cv. pioner	0,23
<i>Paspalum dilatatum</i>	0,25

FOX *et alii* (1974) citados por SANCHEZ (1976) demonstraram que há uma concentração ótima de fósforo na solução do solo que se correlaciona com o crescimento da planta, e que varia com as espécies. Os dados apresentados a seguir ilustram o fenômeno:

Cultura	Fósforo na solução do solo - em ppm, relacionado com 95% da produção máxima -
Alface	0,40%
Tomateiro	0,25%
<i>Desmodium aparinus</i>	
Estabelecimento	0,20%
2º corte	0,01%
Milho	0,60%
Sorgo	0,50%
Repolho	0,04%

Os autores lamentam que não haja dados apontando as diferenças entre variedades da mesma espécie.

FALADE (1975) na Nigéria, determinou o nível crítico interno de fósforo, e quantidade de  $P_2O_5$  aplicado que proporcionou máxima produção, em diversas gramíneas forrageiras. O autor usou, entre outras, duas variedades de *Pennisetum purpureum*, verificando diferenças na necessidade externa de fósforo de ambas, sendo o *P. purpureum green* cerca de seis vezes mais eficiente que o *P. purpureum purple* em termos de uso do fósforo. Tais resultados são apresentados a seguir.

Espécie	nível crítico interno P %	necessidade externa de fósforo para produção máxima (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )vaso)
<i>Andropogon gayanus</i>	0,190	60
<i>Pennisetum purpureum green</i>	0,215	15
<i>Pennisetum purpureum purple</i>	0,248	120
<i>Panicum maximum</i>	0,185	30
<i>Cynodon plectostachyum</i>	0,305	30

CLARKSON (1967) encontrou que *Agrostis setacea* cresceu mais lentamente que *Agrostis stolonifera* em níveis baixos de fósforo, porém manteve um aumento exponencial da produção de matéria seca. Esse resultado sugere que quando o suprimento de fósforo é baixo, o lento crescimento de uma espécie ou variedade pode ser um mecanismo de tolerância à deficiência do solo.

No Brasil, WERNER e HAAG (1972) cultivaram os capins gordura (*Melinis minutiflora*), jaraguã (*Hypharrhenia rufa*), colonião (*Panicum maximum*) e napier (*Pennisetum purpureum*) em níveis crescentes de fósforo em solução nutritiva. Usando os resultados obtidos pelos autores calculou-se a produção relativa dessas espécies nos diversos níveis de fósforo utilizados, como mostram os dados a seguir:

Níveis de fósforo mg/l solução	Produção Relativa %			Níveis de fósforo mg/l solução	Prod.Rel.(%) Napier
	colonião	gordura	jaraguã		
2,5	32,3	41,6	58,0	0	3,4
5,0	40,5	89,2	94,0	5	21,8
10,0	67,7	87,5	94,0	25	82,5
20,0	82,9	87,5	100,0	125	100,0
40,0	100,0	100,0	83,8		

Os dados de produção relativa sugerem uma maior exigência do capim napier, que necessitaria de quantidades elevadas de fósforo para atender um crescimento rápido e ativo. O colonião teria uma exigência levemente mais baixa que o napier, sendo os capins gordura e jaraguã os menos exigentes. Convém salientar entretanto, que o capim jaraguã foi cultivado no outono, podendo o lento crescimento nessa época do ano ter condicionado uma maior tolerância aos níveis baixos de fósforo. CLARKSON, (1967) encontrou que *Agrostis setacea* cresceu mais lentamente que *Agrostis stolonifera* em níveis baixos de fósforo, porém manteve um aumento exponencial da produção de matéria seca, sugerindo ser o lento crescimento um mecanismo de tolerância ao baixo suprimento de fósforo.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Mudas dos capins gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv), jaraguã (*Hypharrhenia rufa* (Ness) Stapf), colonião (*Panicum maximum* Jacq.), brachiaria (*Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain) e quicuí da Amazonia (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickhardt) foram obtidas por semeadura em substrato inerte, umedecido periodicamente com solução nutritiva completa de SARRUGE (1966). Mudas de capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent) e de capim napier (*Pennisetum purpureum* Schum) foram obtidas através de propagação vegetativa no mesmo substrato e tratamento.

Em meados de janeiro de 1979 as mudas formadas foram transferidas para soluções nutritivas carentes em fósforo, acrescidas dos seguintes níveis de fósforo: 0,12; 0,48; 1,94; 7,75 e 31,00 mg de fósforo por litro de solução.

Para obter as concentrações de fósforo desejadas usaram-se aliquotas de uma solução molar de  $(\text{NH}_4)_2 \text{H}_2 \text{PO}_4$ . A concentração de nitrogênio foi compensada nas soluções nutritivas através de aliquotas

de uma solução molar de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . As soluções nutritivas foram renovadas a cada 20 dias.

Em meados de março de 1979 as plantas com aproximadamente 75 dias de idade foram coletadas e divididas em raízes, caules, bainhas e folhas.

O material coletado foi lavado, seco a  $80^\circ\text{C}$  e analisado para fósforo de acordo com as instruções contidas em SARRUGE e HAAG (1974).

Os níveis críticos de fósforo foram calculados de acordo com o descrito por ANDREW e ROBINS (1960, 1969a e 1969b).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, obedecendo ao delineamento inteiramente casualizado e com quatro repetições, sendo analisado estatisticamente segundo PIMENTEL GOMES. (1973).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Brachiaria decumbens Stapf.

#### 4.1.1. Morfologia externa

A partir da primeira semana após a instalação do experimento, começaram a ser observadas diferenças no desenvolvimento das plantas em função dos diversos tratamentos. A altura, número de folhas, número de perfilhos e desenvolvimento radicular apresentaram todos um gradiente crescente em função dos níveis de fósforo utilizados.

Aos 31 dias após a instalação do experimento, *Brachiaria decumbens* Stapf mostrava amarelecimento e morte das folhas mais velhas no nível com 0,12 mg de fósforo/litro de solução. Ao final do experimento, as quatro repetições desse tratamento estavam mortas, não havendo ultrapassado 5 cm de altura e dois pares de folhas.

## 4.1.2. Produção de matéria seca

A tabela 1 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos de maior acúmulo de matéria seca foram os caules, seguindo-se em ordem decrescente folhas, bainhas e raízes. Os caules acumularam 37,07% da matéria seca média da planta e 40,10% em relação ao peso médio da parte aérea. As folhas acumularam 33,75% do peso médio total da planta e 36,51% do peso médio da parte aérea, e as bainhas 21,62% do peso médio total e 23,39% do peso médio da parte aérea. As raízes acumularam 7,56% do peso médio total.

Tabela 1. Peso médio da matéria seca (g/planta) de partes de *Brachiaria decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l sol.). Média de quatro repetições.

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da Planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	-	-	-	-	-
0,48	0,53	0,48	0,28	0,18	1,47
1,94	2,66	3,70	2,02	1,06	9,44
7,75	5,49	5,92	3,04	0,96	15,41
31,00	3,10	2,87	2,20	0,45	8,62
CV %	37,91	46,81	29,20	43,24	
dms 5%	2,34	3,19	4,20	4,20	

A análise da variância dos dados, é apresentada na tabela 2, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 2. Análise da variância dos dados de peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Brachiaria decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	3	16,6008**	20,2040**	5,3914**	0,6955**
Resíduo	12	1,2473	2,3022	0,3033	0,0819
Total	15				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O peso da matéria seca das plantas cresceu com o aumento da dose de fósforo, até aproximadamente 17 mg P/l de solução. BELEM (1979) e NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY (1974, 1976) observaram resposta dessa espécie à adubação fosfatada, sendo a *Brachiaria decumbens* Stapf colocada entre as espécies mais promissoras para o trópico úmido brasileiro e para a região dos cerrados (BRASÍLIA, 1976 e CAMPO GRANDE, 1979).

As quatro partes em que foram divididas as plantas comportaram-se de modo semelhante, seguindo funções quadráticas, que são apresentadas na tabela 3 e ilustradas na figura 1, juntamente com os respectivos pontos de máximo e coeficientes de determinação.

Tabela 3. Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/litro) X, em partes de *B. decumbens* Stapf.

Partes da Planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y = 0,5523 + 0,8472X - 0,0247X^{2**}$	17,16	7,82	95,87
Caules	$Y = 0,9330 + 0,8865X - 0,0266X^{2**}$	16,66	8,32	85,67
Bainhas	$Y = 0,5685 + 0,4364X - 0,0124X^{2**}$	17,61	4,41	82,63
Raizes	$Y = 0,4506 + 0,1053X - 0,0034X^{2**}$	15,46	1,26	45,04

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

#### 4.1.3. Concentração de fósforo na planta\*

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis crescentes de fósforo são apresentados na ta be la 4.

A parte das plantas que mais acumulou fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,24%, seguidas das raízes com 0,20%, bainhas com 0,19% e caules com 0,18%.

\* Os resultados serão sempre expressos em função da matéria seca, salvo indicação em contrário.

Tabela 4. Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *B. decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da Planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
0,12	-	-	-	-
0,48	0,053	0,041	0,054	0,087
1,94	0,077	0,034	0,043	0,068
7,75	0,217	0,110	0,133	0,166
31,00	0,620	0,533	0,539	0,468
CV %	10,66	22,57	7,99	21,51
dms 5%	0,054	0,085	0,032	0,089

A análise da variância dos dados da tabela 4, é mostrada na tabela 5. As concentrações de fósforo das diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 5. Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *B. decumbens* Stapf, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	3	0,2751**	0,2269**	0,2202**	0,1369**
Resíduo	12	0,0006	0,0016	0,0002	0,0018
Total	15				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo na matéria seca cresceram linearmente para caules, folhas e raizes e numa função quadrática para bainhas (figura 2). A tabela 6 apresenta essas equações e seus respectivos coeficientes de determinação. O teor de fósforo no tecido, entre 0,053% e 0,087% no nível 0,48 mg P/l solução, passou a estar entre 0,468% e 0,620% no nível de 31 mg P/l de solução.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo, para as diversas partes da planta, que são apresentados na tabela 7.



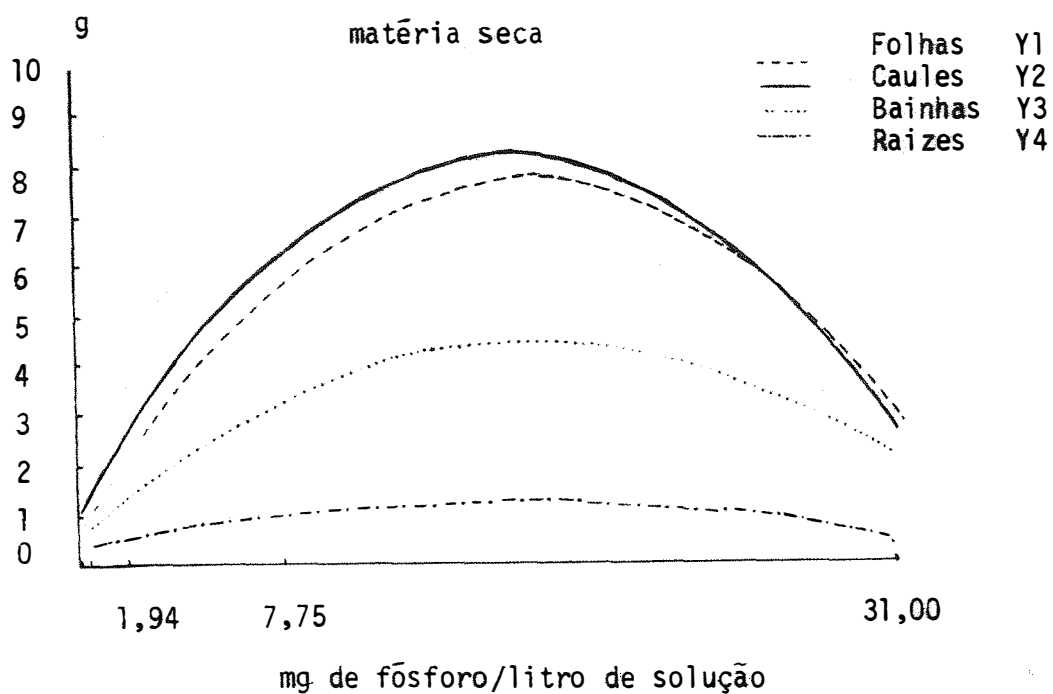
Tabela 6. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%)  $Y$ , em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva  $X$ , em partes de *B. decumbens* Stapf.

Partes da Planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0516 + 0,0185X^{**}$	99,66
Caules	$Y = 0,0075 + 0,0167X^{**}$	99,13
Bainhas	$Y = 0,0377 + 0,0103X + 0,0002X^{2**}$	99,77
Raizes	$Y = 0,0637 + 0,0130X^{**}$	99,28

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7. Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l de solução) de fósforo, em partes de *B. decumbens* Stapf

Partes da Planta	Níveis críticos externos mg P/l solução	Níveis críticos internos % de P na matéria seca
Folhas	17,16	0,37
Caules	16,66	0,29
Bainhas	17,61	0,28
Raizes	15,46	0,26



$$\begin{aligned}
 Y1 &= 0,5523 + 0,8472X - 0,0247X^2 & R^2 &= 95,87 \\
 Y2 &= 0,9330 + 0,8865X - 0,0265X^2 & R^2 &= 85,67 \\
 Y3 &= 0,5685 + 0,4364X - 0,1238X^2 & R^2 &= 82,63 \\
 Y4 &= 0,4506 + 0,1053X - 0,0034X^2 & R^2 &= 45,04
 \end{aligned}$$

Fig. 1. Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) de partes de *Brachiaria decumbens* Stapf., em função de níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

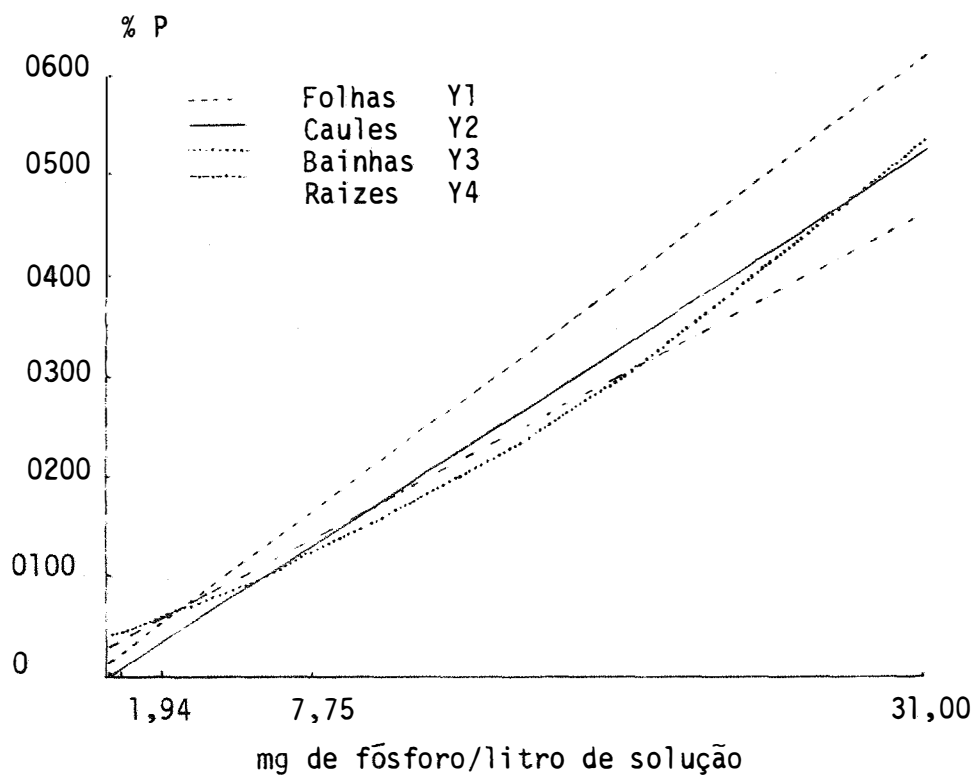


Fig. 2. Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Bracharia decumbens* Stapf., em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

Os níveis críticos externos estiveram entre 15,46 e 17,61 mg P/litro de solução e os internos entre 0,26 e 0,37% de fósforo, variando nas diversas partes da planta. As folhas apresentaram um nível crítico interno de fósforo de 0,37% para os caules de 0,29%, nas bainhas de 0,28% e de 0,26% nas raízes. A média ponderada desses valores fornece valores de 0,31% para a planta toda e 0,32% para a parte aérea.

Não foram encontrados na literatura, trabalhos usando *Brachiaria decumbens* Stapf que avaliassem a concentração de fósforo na planta em função da dose de fósforo recebida.

#### 4.2. *Brachiaria humidicola* Rendle

##### 4.2.1. Morfologia externa

As diferenças no desenvolvimento das plantas em função dos diversos tratamentos, apareceram de modo lento e não foram tão acentuadas quanto nas outras espécies utilizadas. Até aproximadamente 75 dias após a instalação do experimento não houve sintomas visuais de deficiência.

Por ocasião da colheita, apenas o nível 0,12 mg P/l solução apresentava vigor, perfilhamento e desenvolvimento radicular visivelmente menores.

#### 4.2.2. Produção de matéria seca

A tabela 8 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Brachiaria humidicola* em função dos níveis crescentes de fósforo.

O peso médio da matéria seca dos caules representou 36,79% do peso médio da matéria seca total, e 38,37% do peso médio da matéria seca da parte aérea. As folhas representaram 39,19% do peso médio da matéria seca total e 40,85% do peso médio da matéria seca da parte aérea. As bainhas acumularam 19,92% da matéria seca média total e 20,78% da matéria seca média da parte aérea. As raízes resultaram em 4,12% do peso médio da matéria seca total.

Tabela 8. Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *B. humidicola* Rendle, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução). Médias de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da Planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	0,37	0,45	0,25	0,21	1,28
0,48	1,67	2,41	1,03	0,23	5,34
1,94	2,82	2,49	1,38	0,18	6,87
7,75	1,36	0,80	0,56	0,08	2,80
31,00	1,86	1,44	0,89	0,15	4,34
C.V. %	38,85	45,37	39,65	39,06	
dms 5%	1,37	1,50	0,71	0,15	

A análise da variância dos dados é apresentada na tabela 9, e mostra as diferenças significativas ( $p = 0,05$  ou  $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 9. Análise da variância dos dados de peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Brachiaria humidicola* Rendle, cultivada em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raízes
Tratamentos	4	3,1384**	3,4057**	0,7546**	0,0138*
Resíduo	15	0,3949	0,4747	0,1063	0,0044
Total	19				

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O peso da matéria seca das plantas cresceu segundo uma regressão cúbica até 3,90 mg P/l de solução para folhas, 3,52 mg P/l de solução para caules e 3,72 mg/l de solução para raízes, decrescendo em seguida, para posteriormente tornar a elevar-se.

A observação dos dados da tabela 8, revela um aumento gradativo dos valores da matéria seca até o nível 1,94 mg P/l de solução. Já era de se esperar um decréscimo na produção após o nível ótimo de fósforo na solução nutritiva (que realmente ocorreu), mas como os valores médios da matéria seca foram menores no nível 7,75 mg P/l solução

que no nível 31,0 mg P/l solução, ao invés de se obter uma curva de segundo grau obteve-se uma curva de terceiro grau. Deve-se observar ainda que os valores do peso da matéria seca de folhas, caules e bainhas nos níveis 7,75 e 31,0 mg P/l solução não diferem entre si.

Assim, supõe-se que a produção máxima de matéria seca deva ocorrer na faixa de concentrações entre 1,94 e 7,75 mg P/l solução, concordando com os valores 3,90; 3,52 e 3,72 mg P/l solução estimados.

O peso da matéria seca das raízes variou segundo uma função quadrática, decrescendo até 17,30 mg P/l de solução para se elevar em seguida. Entretanto, a observação da tabela 8 mostra que apenas duas médias diferiram significativamente entre si.

Os coeficientes de variação foram da ordem de 40%, bastante altos para trabalhos realizados em casa de vegetação, o que poderia servir em parte para explicar esses resultados. Sabe-se ainda que a produção de sementes forrageiras é do tipo fiscalizada, não tendo então garantia de pureza varietal, o que ocasiona uma alta variabilidade genética.

Sugere-se assim, que sejam feitos mais trabalhos, e com maior número de repetições.

A tabela 10 apresenta as equações de regressão encontradas.

Tabela 10. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *B. humidicola* Rendle

Partes da Planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,4774 + 1,7513X - 0,2635X^2 + 0,0067X^{3**}$	91,14
Caules	$Y = 0,9581 + 1,3010X - 0,2137X^2 + 0,0055X^{3**}$	62,87
Bainhas	$Y = 0,3860 + 0,7783X - 0,1219X^2 + 0,0031X^{3**}$	80,50
Raizes	$Y = 0,2274 - 0,0239X + 0,0007X^{2**}$	95,30

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

#### 4.2.3. Concentração de fósforo na planta

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis crescentes de fósforo são apresentados na tabela 11.

A parte das plantas que apresentou maior teor médio de fósforo foram as raízes com 0,33%. Seguiram-se em ordem decrescente, folhas com 0,30%, caules com 0,26% e bainhas com 0,19% de fósforo.



Tabela 11. Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Brachiaria humidicola* Rendle, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução. Médias de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainha	Raizes
0,12	0,041	0,019	0,327	0,025
0,48	0,116	0,047	0,075	0,047
1,94	0,297	0,241	0,142	0,106
7,75	0,391	0,507	0,278	0,443
31,00	0,677	0,489	0,415	1,050
C.V. %	25,65	24,72	11,96	23,55
dms 5%	0,172	0,140	0,049	0,172

A análise da variância dos dados da tabela 11 é mostrada na tabela 12. As concentrações de fósforo das diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) em relação aos níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 12. Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *B. humidicola* Rendle, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	4	0,2508**	0,2182**	0,0986**	0,7537**
Resíduo	15	0,0060	0,0041	0,0005	0,0062
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

As concentrações de fósforo na matéria seca elevaram-se até 24,96 mg P/l solução para folhas; 19,00 mg P/l solução para caules e 22,88 mg P/l solução para bainhas, decrescendo em seguida em funções de segundo grau. As concentrações de fósforo nas raízes foram sempre crescentes, de acordo com uma regressão de segundo grau. A tabela 13 apresenta as equações e os coeficientes de determinação estimados, e a figura 3 ilustra esses dados.

Tabela 13. Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo, das concentrações de fósforo na matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva X, em partes de *B. humidicola* Rendle

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y = 0,1017 + 0,0488X - 0,0009X^2^{**}$	24,96	0,71	93,51
Caules	$Y = 0,0312 + 0,0799X - 0,0021X^2^{**}$	19,00	0,79	97,59
Bainhas	$Y = 0,0514 + 0,0363X - 0,0008X^2^*$	22,88	0,47	98,82
Raizes	$Y = 0,0098 + 0,0624X - 0,0009X^2^{**}$	-	-	99,92

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

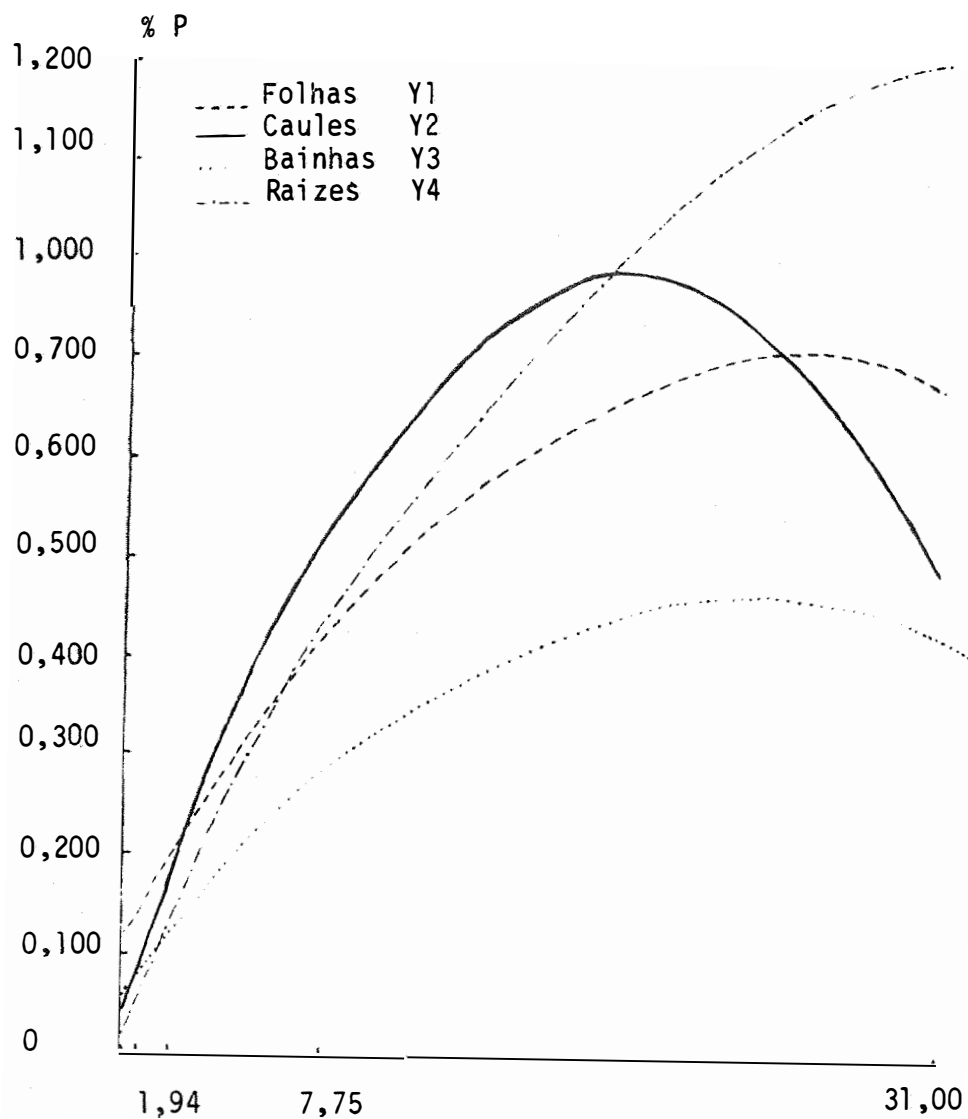
\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados obtidos permitem que se estabeleçam faixas de concentração, nas quais estariam os níveis críticos internos e externos de fósforo dessa espécie, sendo os valores do ponto de máxima produção uma aproximação desses níveis. A tabela 14 apresenta tais valores.

Tabela 14. Faixas de concentração e aproximações dos níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg/l de solução) de fósforo, em partes de *B. humidicola* Rendle

Partes da planta	Faixas de concentração dos níveis críticos externos (mg/l)	Aproximação dos níveis críticos externos (mg/l)	Faixas de concentração dos níveis críticos internos (% P na m.seca)	Aproximação dos níveis críticos internos (% na m. seca)
Folhas	1,94-7,75	3,90	0,19-0,43	0,28
Caules	1,94-7,75	3,52	0,18-0,52	0,29
Bainhas	1,94-7,75	3,72	0,12-0,28	0,17

A *Brachiaria humidicola* Rendle é uma espécie considerada promissora pelo Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Unido e pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (BELEM, 1979 e BRASÍLIA, 1976). No entanto, não foram encontrados na literatura, trabalhos que estudassem os efeitos de níveis de fósforo sobre a produção e concentração do elemento no tecido dessa espécie.



mg de fósforo/litro de solução

$$\begin{aligned}
 Y1 &= 0,1017 + 0,0488X - 0,0009X^2 & R^2 &= 93,51 \\
 Y2 &= 0,0312 + 0,0799X - 0,0021X^2 & R^2 &= 97,59 \\
 Y3 &= 0,0514 + 0,0363X - 0,0008X^2 & R^2 &= 98,82 \\
 Y4 &= 0,0098 + 0,0624X - 0,0009X^2 & R^2 &= 99,92
 \end{aligned}$$

Fig. 3. Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Brachia-ria humidicola* Rendle, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

### 4.3. *Digitaria decumbens* Stent

#### 4.3.1. Morfologia externa

As diferenças no desenvolvimento das plantas em função dos tratamentos começaram a ser observadas alguns dias após a instalação do experimento. O capim pangola (*Digitaria decumbens* Stent) teve seu crescimento, vigor, perfilhamento e desenvolvimento do sistema radicular condicionados à quantidade de fósforo na solução nutritiva.

As diferenças acentuaram-se com o tempo, especialmente quanto ao número de perfilhos. Aos 31 dias de idade as plantas cultivadas em solução nutritiva com 0,12 mg P/l não haviam perfilhado e as que cresciam em solução contendo 0,48 mg P/l apresentavam em média 3 perfilhos. Com 1,94 mg P/l solução o número de perfilhos elevava-se a 7 e com 7,75 mg P/l e ou 31 mg P/l a média era de 13 perfilhos por planta.

Por ocasião da colheita do experimento, os níveis 0,12; 0,48 e 1,94 mg P/l de solução apresentavam além do menor desenvolvimento, arroxamento e amarelecimento das folhas mais velhas.

#### 4.3.2. Produção de matéria seca

A tabela 15 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo. O acúmulo médio de matéria seca variou nas diversas partes da planta. Os caules acumularam 49,92% do peso médio total e 53,91% do peso médio da parte aérea. Seguiram-se

as folhas com 27,00% do peso médio total e 29,16% do peso médio da parte aérea. As bainhas representaram 15,68% do peso médio total e 16,93% do peso médio da parte aérea, e as raízes 7,40% do peso médio total.

Tabela 15. Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l de solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	0,28	0,54	0,18	0,23	1,23
0,48	0,52	1,36	0,50	0,63	3,01
1,94	2,65	6,45	1,51	1,04	11,65
7,75	5,31	8,93	2,97	1,11	18,32
31,00	5,60	9,27	3,18	0,92	18,97
C.V.%	54,75	50,17	55,46	41,01	
dms 5%	3,47	5,82	2,02	0,70	

A análise da variância dos dados é apresentada na tabela 16, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 16. Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Digitaria decumbens* Stent cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	4	25,6854**	68,4451**	7,5923**	0,5200**
Resíduo	15	2,4769	7,0975	0,8573	0,1042
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O peso da matéria seca das partes das plantas aumentou até aproximadamente 19,0 mg P/l solução, decrescendo em seguida segundo regressões de segundo grau e são apresentadas na tabela 17 e ilustradas na figura 4, juntamente com os pontos de máximo e os coeficientes de determinação.

Respostas positivas do fósforo sobre a produção de *Digitaria decumbens* Stent foram encontradas por WERNER *et alii* (1968) em experimento realizado em Nova Odessa, Brasil, aplicando 0,75 e 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha na forma de fosfatos solúveis e fosfatos naturais. PLUCKNETT e FOX (1965) trabalhando com essa espécie em Kanaï no Havaï, cultivaram-na em níveis crescentes de fósforo e em consorciação com *Desmodium intortum*. A resposta inicial do capim pangola foi marcante, passando a ser menos evidente com o tempo. A máxima produção de matéria seca no primeiro corte esteve associada a 148 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.



Tabela 17. Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Digitaria decumbens* Stent

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y = 0,4250 + 0,8190X - 0,0210X^{2**}$	19,46	8,39	97,29
Caulas	$Y = 1,4879 + 1,3189X - 0,0345X^{2**}$	19,12	14,10	87,27
Bainhas	$Y = 0,3406 + 0,4397X - 0,0112X^{2**}$	19,57	4,64	97,55
Raizes	$Y = 0,5099 + 0,1159X - 0,0033X^{2**}$	17,48	1,52	61,15

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

#### 4.3.3. Concentração de fósforo na planta

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca, em função dos níveis de fósforo são apresentados na tabela 18.

A parte das plantas que teve maior concentração de fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,22%. Seguiram-se as bainhas com 0,11%, os caules com 0,10% e as raízes com 0,09%.

Tabela 18. Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
0,12	0,049	0,016	0,023	0,049
0,48	0,072	0,021	0,038	0,045
1,96	0,065	0,016	0,034	0,021
7,75	0,291	0,067	0,129	0,083
31,00	0,643	0,382	0,362	0,276
C.V. %	23,58	31,07	28,99	20,19
dms 5%	0,115	0,068	0,074	0,042

A análise da variância dos dados da tabela 18 é apresentada na tabela 19. As concentrações de fósforo em folhas, caules, bainhas e raizes de *Digitaria decumbens* Stent variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 19. Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Digitaria decumbens* Stent, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	4	0,2588**	0,1006**	0,0822**	0,0431**
Resíduo	15	0,0027	0,0009	0,0011	0,0003
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo obedeceram regressões quadráticas para folhas e caules, e regressões lineares para bainhas e raízes (figura 5), aumentando com o aumento da concentração da solução. Tais resultados concordam com o observado por PLUCKNET e FOX (1965) isto é, que o teor de fósforo em *Digitaria decumbens* Stent estava claramente relacionado aos níveis de  $P_2O_5$  aplicados ao solo. Em cada data de corte, aplicações maiores que 148 kg/ha tiveram pequena influência adicional na concentração de fósforo na matéria seca.

A tabela 20 mostra as equações de regressão e coeficientes de determinação das concentrações de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo da solução.

Tabela 20. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg P/l) X, em partes de *Digitaria decumbens* Stent

Partes da planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0360 + 0,0356X - 0,0005X^2^{**}$	99,24
Caules	$Y = 0,0142 + 0,0048X + 0,0002X^2^*$	99,90
Bainhas	$Y = 0,0270 + 0,0109X^{**}$	99,31
Raizes	$Y = 0,0302 + 0,0078X^{**}$	97,50

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

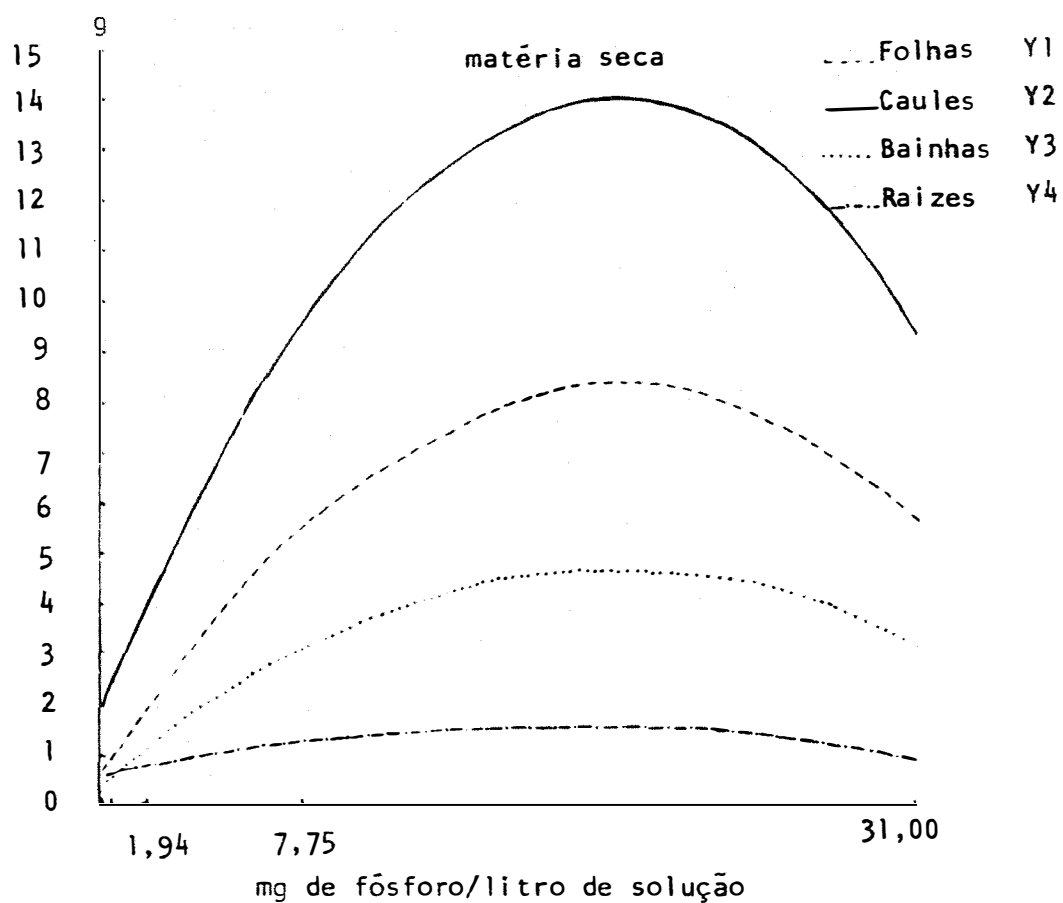
\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes da planta. A tabela 21 apresenta esses valores.

Tabela 21. Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l solução) de fósforo, em partes de *Digitaria decumbens* Stent

Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l solução	Níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	19,46	0,54
Caules	19,12	0,18
Bainhas	19,57	0,24
Raizes	17,48	0,17

Os níveis críticos externos estiveram entre 17,48 e 19,57 mg P/l de solução e os internos entre 0,17 e 0,54% de fósforo, variando nas diversas partes da planta. As folhas apresentaram um nível crítico interno de 0,54%, os caules 0,18%, as bainhas 0,24% e as raizes 0,17%. A média ponderada desses valores fornece níveis críticos médios de 0,29 para a planta toda e 0,38% para a parte aérea. O nível de 0,16% de fósforo na matéria seca encontrado por ANDREW e ROBINS (1971) é mais baixo, e concorda com a faixa de 0,16% a 0,11% de fósforo entre 4 e 36 semanas de idade encontrada por GOMIDE *et alii* (1969), e com a faixa de 0,22% a 0,18% entre 56 e 84 dias de idade encontrada por HAAG *et alii* (1967).



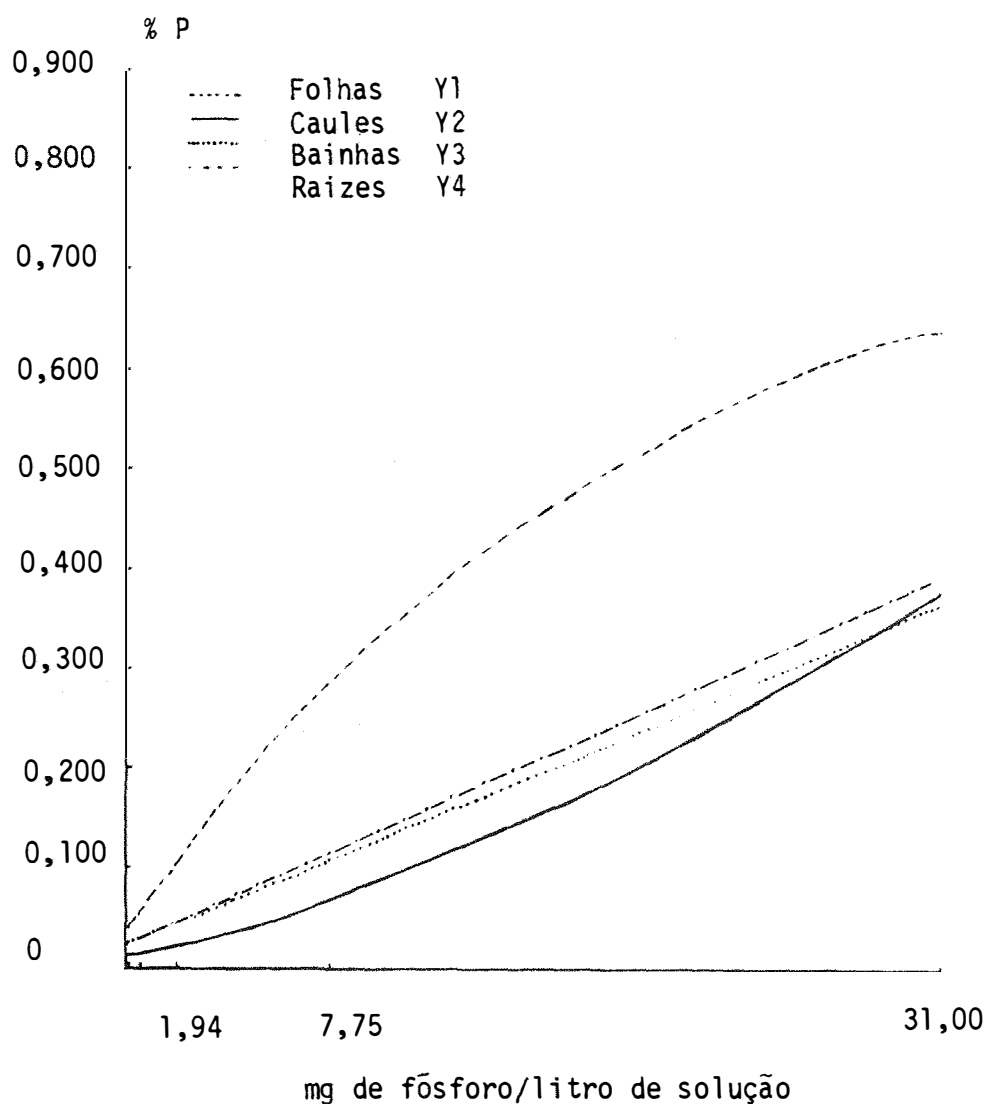
$$Y1 = 0,4250 + 0,8190X - 0,0210X^2 \quad R^2 = 97,29$$

$$Y2 = 1,4879 + 1,3189X - 0,0345X^2 \quad R^2 = 87,27$$

$$Y3 = 0,3406 + 0,4397X - 0,0112X^2 \quad R^2 = 97,55$$

$$Y4 = 0,5099 + 0,1159X - 0,0033X^2 \quad R^2 = 61,15$$

Fig. 4. Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) de partes de *Digitalaria decumbens* Stent, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.



$$\begin{array}{ll}
 Y1 = 0,0360 + 0,0356X - 0,0005X^2 & R^2 = 99,24 \\
 Y2 = 0,0142 + 0,0048X + 0,0002X^2 & R^2 = 99,90 \\
 Y3 = 0,0270 + 0,0109X & R^2 = 99,31 \\
 Y4 = 0,0302 + 0,0078X & R^2 = 97,50
 \end{array}$$

Fig. 5. Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Digitaria decumbens* Stent, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

#### 4.4. Hypharrhenia rufa Ness

##### 4.4.1. Morfologia externa

Houve diferenças no desenvolvimento das plantas em função dos tratamentos. O vigor, perfilhamento, altura das plantas e desenvolvimento radicular variaram com os níveis de fósforo da solução nutritiva. WERNER e HAAG (1972) observaram resultados semelhantes cultivando capim jaraguã em solução nutritiva contendo 2,5 ppm (2,5 mg/l) de fósforo na solução nutritiva.

Trinta e um dias após a instalação do experimento as pontas das folhas mais velhas mostravam arroxamento, além de amarelamento e morte, nos níveis 0,12 e 0,48 mg P/l solução.

Ao final do experimento havia um arroxamento acentuado das folhas mais velhas, que é uma característica natural da espécie, não podendo ser atribuída à deficiência de fósforo. As plantas do nível 0,12 mg P/l solução estavam mortas.

Por ocasião da colheita do experimento, os caules não haviam ainda se alongado, não sendo possível separar a planta em folhas, caules, bainhas e raízes. Chamou-se de caule à estrutura caulinar formada pelas bainhas das folhas, ficando a planta dividida em folhas, caules e raízes.



#### 4.4.2. Produção de matéria seca

A tabela 22 apresenta os dados de produção de matéria seca em partes de *Hypharrhenia rufo* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos que tiveram maior acúmulo de matéria seca foram as folhas, com 45,60% do total e 58,36% da parte aérea. Os caules tiveram 32,54% do total e 41,64% da parte aérea. As raízes representaram 21,86% do total da matéria seca.

Tabela 22. Peso da matéria seca (g/planta) em partes de *Hypharrhenia rufo* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l de solução). Médias de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Raízes	Total
0,12	-	-	-	-
0,48	0,35	0,20	0,42	0,97
1,94	2,08	1,59	1,68	5,35
7,75	2,57	1,79	0,85	5,21
31,00	2,67	1,89	0,71	5,27
C.V. %	54,62	55,46	36,16	
dms 5%	2,23	1,61	0,72	

A análise da variância dos dados é apresentada na tabela 23, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,05$ ) no peso da matéria seca nas partes do capim.

Tabela 23. Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Hypharrhenia rufo* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo

C.V.	G.L.	Q.M.		
		Folhas	Caules	Raízes
Tratamentos	3	4,6399*	2,4761*	1,1793**
Resíduo	11	1,1022	0,5751	0,1099
Total	14			

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Observa-se através da tabela 22 um aumento significativo da produção de matéria seca quando se elevou o teor de fósforo da solução de 0,48 mg P/l solução para 1,94 mg/l de solução. Acima desse valor, as produções médias de matéria seca não variaram significativamente. Os coeficientes de variação encontrados, da ordem de 55%, são muito elevados para trabalhos em casa de vegetação, e talvez tenham sido determinados pela alta variabilidade genética do material, uma vez que a produção de sementes forrageiras é relativamente recente no Brasil, e não há garantia de pureza varietal.

Embora a variabilidade dos dados possa ter afetado as diferenças mínimas significativas, os valores do peso da matéria seca de folhas e caules são bastante próximos nos níveis 1,94, 7,75 e 31,00 mg P/l de solução, sugerindo que seus níveis críticos externos de fósforo estejam entre 1,94 e 7,75 mg P/l de solução.

Os resultados observados concordam com os obtidos por WERNER e HAAG (1972), cultivando essa espécie nos níveis 2,5; 5,0; 10; 20 e 40 ppm (mg/l) de fósforo. Os autores verificaram que só ocorreu aumento na produção de matéria seca da parte aérea, do nível 2,5 ppm para o nível 5 ppm de fósforo na solução nutritiva. Os níveis 5,10 e 20 ppm tiveram produções de matéria seca equivalentes. No nível 40 ppm de fósforo na solução, houve queda na produção.

Do mesmo modo, FERREIRA e CARVALHO (1978) observaram respostas da produção de matéria seca do capim jaraguã, em um Latossol Vermelho Escuro fase cerrado de Sete Lagoas, Minas Gerais, à aplicação de até 300 kg  $P_2O_5$ /ha. Acima desse nível a produção de matéria seca decrescia.

A produção de matéria seca das raízes comportou-se de modo semelhante, entretanto, acima de 1,94 mg P/l de solução o peso da matéria seca começou a decrescer.

#### 4.4.3. Concentração de fósforo na planta

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo são apresentados na tabela 24.

Tabela 24. Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Hypharrhenia rufa* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l de solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta		
	Folhas	Caules	Raizes
0,12	-	-	-
0,48	0,051	0,052	0,058
1,94	0,124	0,091	0,088
7,75	0,605	0,519	0,346
31,00	1,348	1,076	0,835
C.V. %	16,42	11,09	10,60
dms 5%	0,186	0,103	0,076

A parte das plantas que apresentou maior teor médio de fósforo foram as folhas, com 0,53%, concordando com o observado por NASCIMENTO JUNIOR (1976). Seguiram-se os caules com 0,43% e as raízes com 0,33%.

A análise da variância dos dados da tabela 24 é apresentada na tabela 25. As concentrações de fósforo nas diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 25. Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Hypharrhenia rufo* Ness, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.		
		Folhas	Caules	Raizes
Tratamentos	3	1,4247**	0,9103**	0,5164**
Resíduo	11	0,0076	0,0023	0,0012
Total	14			

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo no tecido vegetal obedeceram regressões quadráticas para folhas, caules e raizes (figura 6), sendo sempre crescente com os teores de fósforo da solução nas raizes, e atingindo um ponto de máximo após o qual havia decréscimo, em folhas e caules. WERNER e HAAG (1972) encontraram concentrações de fósforo crescentes no tecido vegetal até 40 ppm (mg/l) de fósforo na solução nutritiva.

A tabela 26 mostra as equações de concentração de fósforo no tecido vegetal, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva.

Tabela 26. Equações de regressão, pontos de máximo e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *H. rufo* Ness

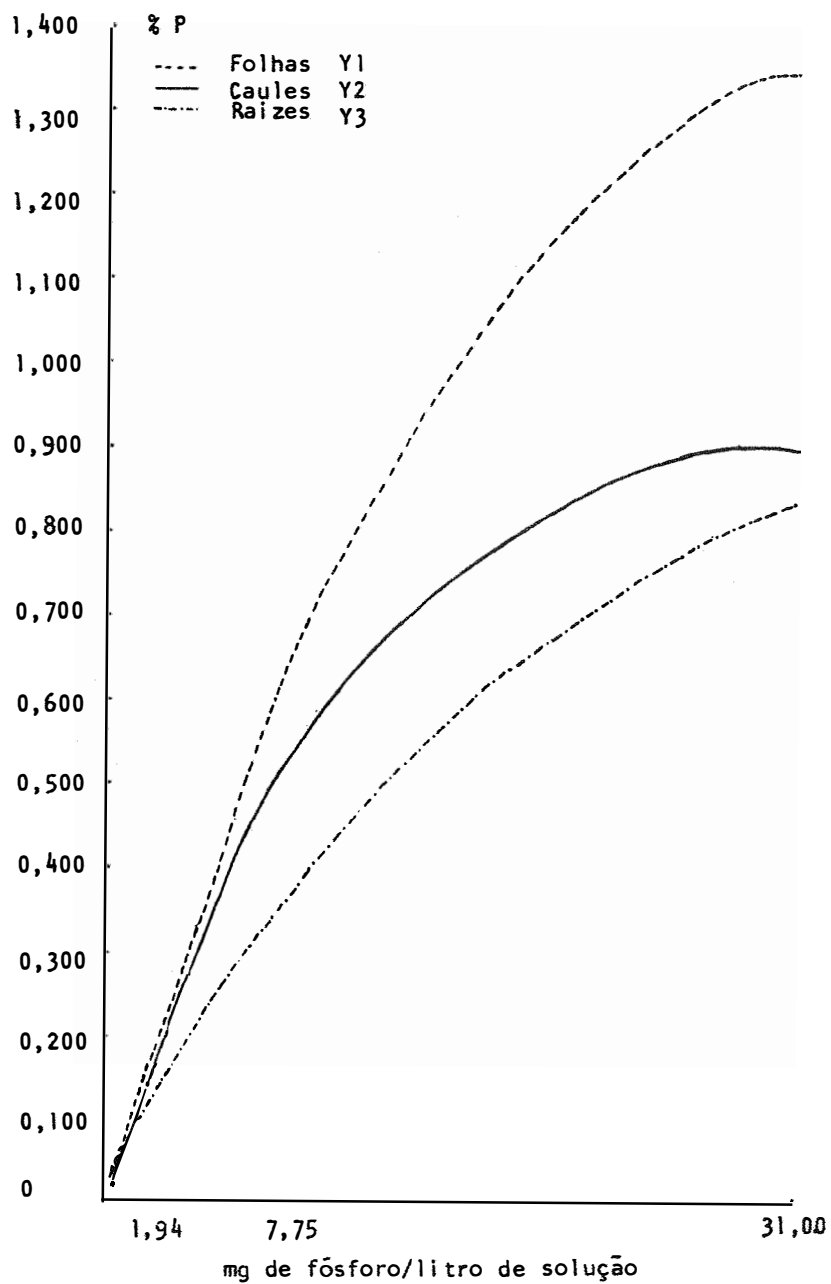
Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y = 0,0154 + 0,0908X - 0,0015X^2$ **	30,07	1,35	99,85
Caules	$Y = 0,0158 + 0,0785X - 0,0014X^2$	28,11	1,09	99,61
Raizes	$Y = 0,0209 + 0,0463X - 0,0006X^2$ **	-	-	99,82

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Com os resultados obtidos foram calculadas faixas de concentração, que estão na tabela 27.

Tabela 27. Faixas de concentração (% de fósforo na matéria seca e mg P/l de solução) dos níveis críticos internos e externos de fósforo, em partes de *H. rufo* Ness

Partes da planta	Valores limites para níveis críticos externos mg P/l solução	Valores limites para níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	1,94 - 7,75	0,19 - 0,63
Caules	1,94 - 7,75	0,16 - 0,54
Raizes	1,94 - 7,75	0,11 - 0,34



$$Y1 = 0,0154 + 0,0908X - 0,0015X^2 \quad R^2 = 99,85$$

$$Y2 = 0,0158 + 0,0785X - 0,0014X^2 \quad R^2 = 99,61$$

$$Y3 = 0,0209 + 0,0463X - 0,0006X^2 \quad R^2 = 99,82$$

Fig. 6. Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Hyphar-rhena rufa* Ness, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

Os valores da média ponderada dos resultados obtidos para a parte aérea são 0,18%, para plantas cultivadas em 1,94 e 0,59% de fósforo, para plantas cultivadas em 7,75 mg de fósforo/l de solução. Esses valores se assemelham aos encontrados por WERNER e HAAG (1972) ou seja 0,16% de fósforo para plantas cultivadas em 2,5 ppm (mg/l) de fósforo na solução nutritiva, e 0,41% para plantas cultivadas em 10,0ppm (mg/l).

#### 4.5. Melinis minutiflora Pal de Beauv

##### 4.5.1. Morfologia externa

Poucos dias após a instalação do experimento já começaram a surgir diferenças no desenvolvimento das plantas, em função das doses de fósforo recebidas. As diferenças na altura das plantas, número de perfilhos e desenvolvimento do sistema radicular começaram a acentuar-se cada vez mais, a partir do 13º dia após a instalação do experimento.

Aos 31 dias após a instalação do experimento, as plantas cultivadas em solução contendo 0,12 mg P/litro mediam aproximadamente 2 cm, as que receberam o nível 0,48 mg P/l mediam em média 9 cm, as que receberam os níveis 1,94 e 7,75 mg P/l mediam aproximadamente 27 cm e, finalmente, as que foram cultivadas em solução contendo 31 mg P/l mediam cerca de 32 cm de comprimento.

Ao final do experimento, as plantas de capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv) não apresentavam sintomas visuais de



deficiência. Os níveis 0,48 mg P/l solução e 1,94 mg P/l solução apresentavam menor desenvolvimento e vigor, e o nível 0,12 mg P/l solução tinha todas as repetições mortas.

Resultados semelhantes foram obtidos por WERNER e HAAG (1971) em experimento realizado em Piracicaba, S.Paulo, cultivando o capim gordura em níveis crescentes de fósforo. Os autores observaram um menor desenvolvimento das plantas cultivadas em solução nutritiva contendo 2,5 ppm (mg/l) de fósforo. As folhas intermediárias apresentavam avermelhamento e as mais velhas secamento e morte. O sistema radicular era pouco desenvolvido, com raízes alongadas e pouco ramificadas. Em concentrações maiores ou iguais a 5,0 ppm (mg/l) de fósforo na solução nutritiva, o desenvolvimento das plantas não era visivelmente afetado.

Quanto ao perfilhamento, WERNER e HAAG (1972) observaram um aumento de 58 para 128 perfilhos/planta, quando se elevou o teor de fósforo da solução nutritiva de 2,5 para 5,0 ppm (mg/l). Seus resultados concordam com os obtidos por WERNER e MATTOS (1972) em ensaio de subtração realizado em vasos contendo solo do tipo LVE orto, em que os tratamentos testemunha e adubação completa menos o fósforo não perfilharam.

#### 4.5.2. Produção de matéria seca

A tabela 28 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos que tiveram

maior acúmulo de matéria seca foram as folhas com 31,87% do peso total da matéria seca e 40,02% do peso da parte aérea. Seguiram-se os caules com 31,12% do peso total e 39,08% do peso da parte aérea e as bainhas com 16,63% do peso total e 20,90% do peso da parte aérea. As raízes representaram 20,38% do peso total da matéria seca das plantas.

Tabela 28. Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	-	-	-	-	
0,48	0,35	0,15	0,15	0,50	1,15
1,94	3,56	3,34	1,82	3,77	12,49
7,75	6,06	6,88	3,05	2,98	18,97
31,00	3,67	2,89	2,09	1,45	10,10
C.V. %	61,45	67,71	59,96	61,94	
dms 5%	4,40	4,74	2,24	2,83	

A análise da variância dos dados é apresentada na tabela 29, mostrando diferenças significativas ( $p = 0,05$  ou  $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 29. Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	3	21,9911*	30,5902**	5,8235*	8,6919*
Resíduo	12	4,3910	5,0872	1,1367	1,8173
Total	15				

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O peso da matéria seca da parte aérea das plantas aumentou até aproximadamente 17,0 mg P/l solução, decrescendo em seguida, segundo regressões de 2º grau, que são apresentadas na tabela 30, juntamente com os pontos de máximo e coeficientes de determinação, e são ilustradas na figura 7. Do mesmo modo, WERNER e HAAG (1972) observaram um grande aumento na produção de capim gordura, quando se elevou o teor de fósforo da solução nutritiva de 2,5 para 5,0 ppm (mg/l), com incrementos menores na produção elevando-se esse teor para 10,0 e 20 ppm (mg/l), e havendo decréscimo da produção no nível 40 ppm (mg/l).

O peso da matéria seca das raízes variou significativamente com os tratamentos ( $p = 0,05$ ), embora essa variação não tenha seguido uma equação matemática. Observando-se os dados da tabela 28, verifica-se que as médias dos pesos das raízes aumentaram com o aumento do

teor de fósforo na solução até o nível 1,94 mg P/l, decrescendo nos níveis subsequentes. As diferenças entre o nível 0,48 mg P/l e o nível 1,94 mg P/l são significativas, não o sendo entre os demais níveis. A observação dos dados sugere uma variação segundo uma função quadrática, o que talvez não tenha sido determinado estatisticamente devido ao alto coeficiente de variação (61,94%) encontrado.

Tabela 30. Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y = 0,7486 + 0,9302X - 0,0270X^{2**}$	17,24	8,77	87,82
Caules	$Y = 0,3476 + 1,1389X - 0,0341X^{2**}$	16,69	9,86	93,25
Bainhas	$Y = 0,3774 + 0,4669X - 0,0133X^{2**}$	17,57	4,48	86,94
Raizes	-	-	-	-

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

WERNER e MATTOS (1972) em ensaio de vasos, e WERNER e MONTEIRO (1974) em pasto já estabelecido de capim gordura e centrosema, obtiveram respostas da produção de matéria seca ao fósforo aplicado.

## 4.5.3. Concentração de fósforo na planta

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo são apresentados na tabela 31.

Tabela 31. Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
0,12	-	-	-	-
0,48	0,068	0,037	0,027	0,074
1,94	0,049	0,027	0,032	0,061
7,75	0,171	0,068	0,067	0,076
31,00	0,739	0,376	0,495	0,267
C.V. %	9,87	14,12	14,20	14,05
dms 5%	0,053	0,049	0,046	0,035

A parte das plantas que teve maior concentração de fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,26%. Seguiram-se as bainhas com 0,15%, os caules com 0,13% e as raizes com 0,12%.

A análise da variância dos dados da tabela 31 é apresentada na tabela 32. As concentrações de fósforo em folhas, caules, bainhas e raizes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, variaram signi-

ficativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução nutritiva, concordando com resultados de WERNER e HAAG (1972), ANDREW e ROBINS (1971), WERNER e MATTOS (1972) e WERNER e MONTEIRO (1974).

Tabela 32. Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	3	0,4249**	0,1114**	0,2062**	0,0389**
Resíduo	12	0,0006	0,0003	0,0004	0,0002
Total	15				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As concentrações de fósforo obedeceram regressões quadráticas para todas as partes em que foram divididas as plantas (figura 8), aumentando o teor no tecido com o aumento do teor na solução. A tabela 33 mostra tais equações, e seus coeficientes de determinação.

Tabela 33. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

Partes da planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0450 + 0,0133X + 0,0003X^{2**}$	99,74
Caules	$Y = 0,0293 + 0,0026X + 0,0003X^{2**}$	99,86
Bainhas	$Y = 0,0264 + 0,0020X + 0,0004X^{2**}$	99,99
Raizes	$Y = 0,0696 - 0,0013X + 0,0002X^{2**}$	99,71

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes da planta, sendo eles apresentados na tabela 34.

Os níveis críticos externos estiveram entre 15,57 e 17,24 mg P/l solução, e os internos entre 0,15 e 0,36% de fósforo, variando com as diversas partes da planta. As folhas apresentaram um nível crítico interno de 0,36%, os caules 0,16% e as bainhas 0,15%. A média ponderada desses valores foi de 0,24% de fósforo na parte aérea, um pouco mais alto que os 0,18% encontrados por ANDREW e ROBINS (1971).

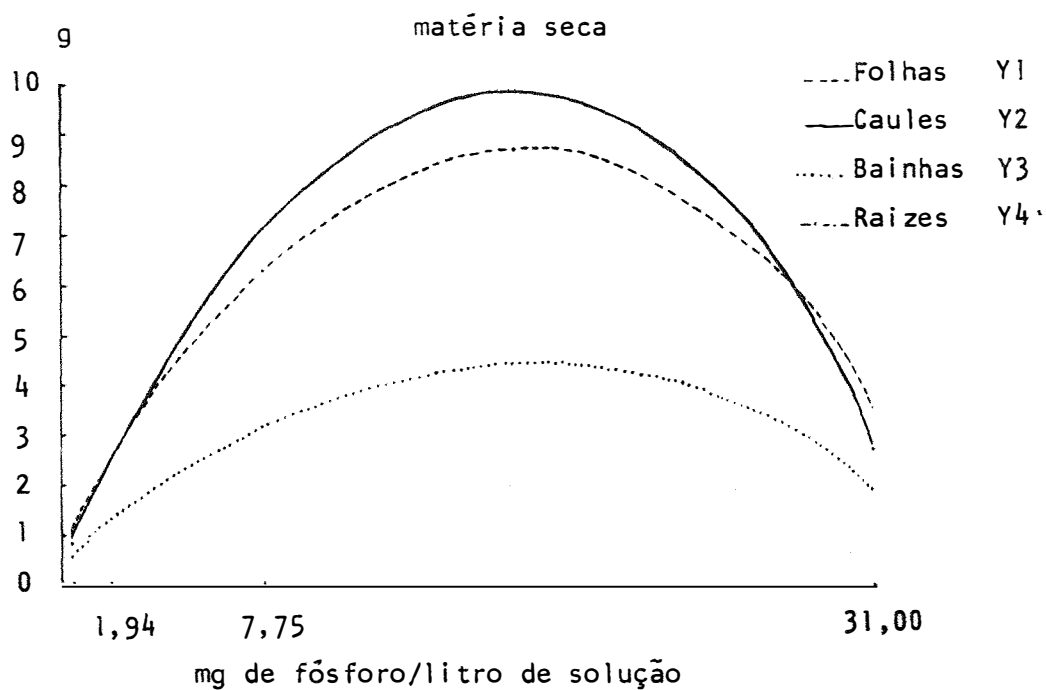
Tabela 34. Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l solução) de fósforo, em partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv

Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l solução	Níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	17,24	0,36
Caulos	16,69	0,16
Bainhas	15,57	0,16
Raizes	-	-

Os valores entre 0,20 e 0,24% de fósforo, obtidos por HAAG *et alii* (1967) para plantas entre 56 e 84 dias de idade, e de 0,20% para plantas com 84 dias de idade obtidos por GOMIDE *et alii* (1969), em solos corrigidos e adubados, são mais próximos do nível crítico de fósforo encontrado.

O valor 0,33% de fósforo obtido por WERNER e HAAG (1972) cultivando o capim gordura em 20 ppm (mg/l) de fósforo, é comparável ao nível crítico de 0,36% de fósforo obtido nas folhas, com 17,24 mg de fósforo/l solução, porém, um pouco mais alto que a média de 0,24% obtida para parte aérea.



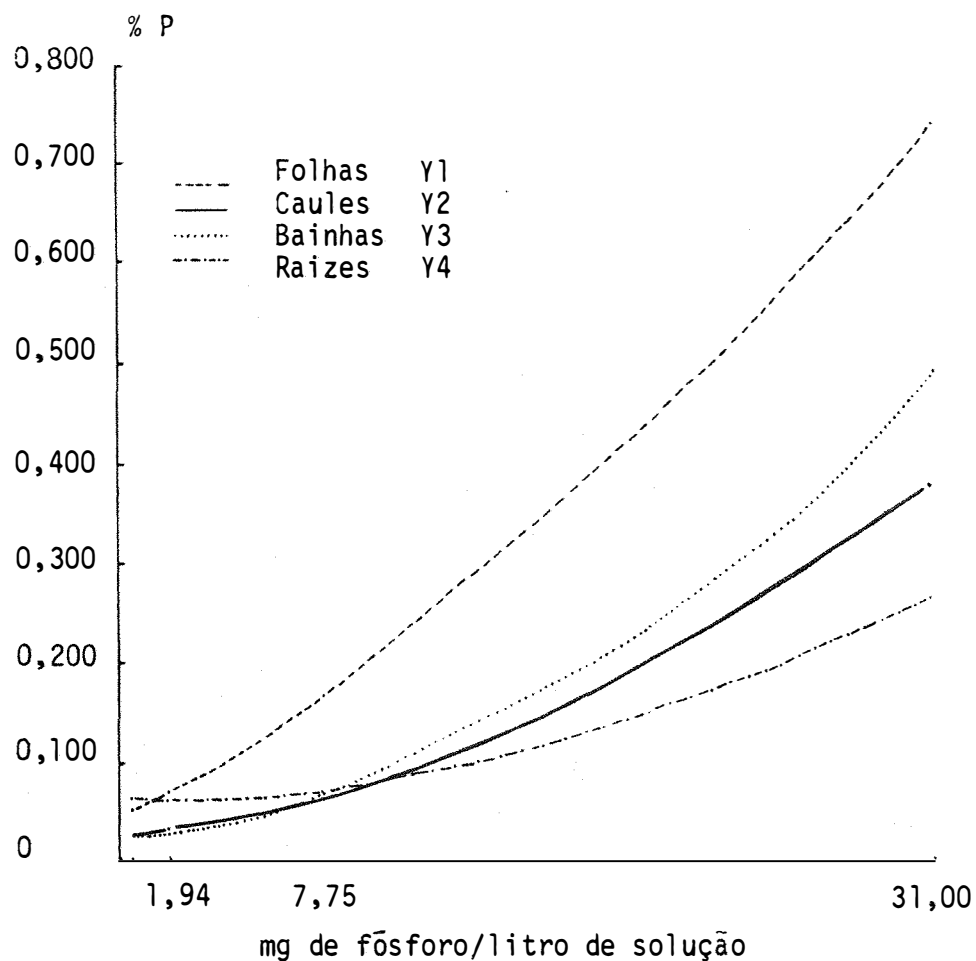


$$Y1 = 0,7486 + 0,9302X - 0,0270X^2 \quad R^2 = 87,82$$

$$Y2 = 0,3476 + 1,1389X - 0,0341X^2 \quad R^2 = 93,25$$

$$Y3 = 0,3774 + 0,4669X - 0,0133X^2 \quad R^2 = 86,94$$

Fig. 7. Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) e de partes de *Melinis minutiflora* Paí de Beauv, em função dos níveis de fósforo X) da solução nutritiva.



$$\begin{array}{ll}
 Y1 = 0,0450 + 0,0133X + 0,0003X^2 & R^2 = 99,74 \\
 Y2 = 0,0293 + 0,0026X + 0,0003X^2 & R^2 = 99,86 \\
 Y3 = 0,0264 + 0,0020X + 0,0004X^2 & R^2 = 99,99 \\
 Y4 = 0,0696 - 0,0013X + 0,0002X^2 & R^2 = 99,71
 \end{array}$$

Fig. 8. Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) de partes de *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

#### 4.6. *Panicum maximum* Jacq

##### 4.6.1. Morfologia externa

Houve diferenças marcantes no desenvolvimento das plantas em função dos diferentes níveis de fósforo da solução nutritiva, desde os estágios iniciais do experimento. Abaixo do nível 7,75 mg P/l de solução a altura, perfilhamento e vigor foram drasticamente reduzidas. Acima desse valor não havia diferenças visíveis.

As raízes apresentavam-se escassas e pouco ramificadas abaixo de 7,75 mg P/l solução, tornando-se progressivamente densas, vigorosas, bastante ramificadas e com muitos pelos absorventes à medida que vegetavam em níveis mais elevados de fósforo.

Por ocasião da colheita, aos 75 dias, as plantas cultivadas nos níveis baixos de fósforo (menor que 1,94 mg/l) não apresentavam sintomas visuais de deficiência, a não ser o amarelecimento e morte das folhas mais velhas.

Esses resultados concordam com o observado por WERNER e HAAG (1972) cultivando *Panicum maximum* Jacq. em níveis crescentes de fósforo em solução nutritiva. Observaram os autores uma redução acentuada no desenvolvimento das plantas com teores inferiores a 10 mg/l de fósforo na solução, além de acentuado amarelecimento e morte das folhas mais velhas.

## 4.6.2. Produção de matéria seca

A tabela 35 apresenta os dados de produção de matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Panicum maximum* Jacq, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Os órgãos de maior acúmulo de matéria seca foram as folhas, seguindo-se em ordem decrescente caules, bainhas e raízes. As folhas acumularam 43,9% do peso médio total e 49,7% do peso médio da parte aérea. Os caules acumularam 24,3% do peso médio total e 27,5% do peso médio da parte aérea. As bainhas 17,7% do total e 22,8% da parte aérea. As raízes representaram 14,1% do peso médio total.

Tabela 35. Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Panicum maximum* Jacq., cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg de P/l de solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	0,36	0,12	0,19	0,40	1,07
0,48	3,89	1,07	1,68	2,21	8,85
1,94	13,68	8,50	6,07	4,32	35,57
7,75	20,73	10,88	6,94	4,77	43,32
31,00	18,05	10,91	8,02	3,45	40,43
C.V. %	38,71	44,65	40,69	42,26	
dms 5%	9,59	6,14	4,07	2,80	

A análise da variância dos dados é apresentada na tabela 36, e mostra diferenças significativas ( $p = 0,01$ ), no peso da matéria seca de partes do capim.

Tabela 36. Análise da variância dos dados de peso da matéria seca (g/planta), em partes de *Panicum maximum* Jacq, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l de solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamento	4	314,6376**	112,5796**	47,2886**	13,4726**
Resíduo	15	19,2783	7,9034	3,4753	1,6421
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

O peso da matéria seca das plantas crescem com o aumento da dose de fósforo. De modo geral os maiores aumentos ocorreram entre os níveis 1,94 mg P/l de solução e 7,75 mg P/l solução.

Os resultados concordam com o obtido por vários autores, em ensaios de vasos com solos ou solução nutritiva e ensaios de campo. ANDREW e ROBINS (1971) verificaram boa resposta do capim colômbio aos níveis crescentes de fósforo, sendo a produção do menor nível (0,062 g fosfato monocálcico, 24,6% P/vaso) 2% da produção máxima. O mesmo efeito positivo do fósforo sobre a produção de matéria seca do capim colômbio foi obtido por FALADE (1975) em vasos com solo e WERNER e HAAG

(1972), em solução nutritiva. Por sua vez, WERNER *et alii* (1967a) verificaram uma produção quase nula em ensaio de adubação num pasto decadente de Andradina, São Paulo, quando se omitiu o fósforo. MONTEIRO e WERNER (1977) relataram um efeito altamente significativo de fósforo na produção de matéria seca de capim coloniã nos estágios iniciais do desenvolvimento, em ensaios de vasos e de campo com um LVA variedade Laras. No ensaio de vasos o efeito do fósforo foi notável, com ou sem a aplicação de nitrogênio, embora a resposta ao nitrogênio tenha sido subordinada à aplicação concomitante de fósforo, como o já verificado por WERNER *et alii* (1967b), em ensaio de vasos com solo da região de Sertãozinho, São Paulo.

Folhas, caules, bainhas e raízes de *Panicum maximum* Jacq, comportaram-se de modo semelhante quanto ao acúmulo de matéria seca nos diversos níveis de fósforo, seguindo funções quadráticas, que são apresentadas na tabela 37, juntamente com os respectivos pontos de máximo e coeficientes de determinação, e ilustradas na figura 9.

Tabela 37. Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Panicum maximum* Jacq

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y = 2,9783 + 3,1391X - 0,0856X^{2**}$	18,32	31,74	88,66
Caules	$Y = 1,5134 + 1,6959X - 0,0450X^{2**}$	18,85	17,50	82,07
Bainhas	$Y = 1,6086 + 0,9809X - 0,0250X^{2**}$	19,60	11,22	78,50
Raizes	$Y = 1,6789 + 0,5957X - 0,0174X^{2**}$	17,12	6,79	63,69

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

#### 4.6.3. Concentração de fósforo na planta

A tabela 38 apresenta os valores médios das concentrações de fósforo, na matéria seca de partes de *Panicum maximum* Jacq., em função dos níveis crescentes de fósforo da solução nutritiva. A parte das plantas que mais acumulou fósforo foram as folhas, com uma concentração média de 0,15%. A seguir, encontraram-se valores médios de 0,12% em bainhas, 0,09% em caules e 0,07% em raizes.

Tabela 38. Concentração média de fósforo na matéria seca (%) de partes de *Panicum maximum* Jacq., cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
0,12	0,034	0,062	0,022	0,034
0,48	0,046	0,047	0,018	0,044
1,94	0,051	0,035	0,021	0,035
7,75	0,162	0,080	0,117	0,060
31,00	0,464	0,208	0,436	0,174
C.V. %	44,92	41,61	53,66	38,88
dms 5%	0,149	0,079	0,144	0,059

A análise da variância dos dados da tabela 38, é mostrada na tabela 39. As concentrações de fósforo das diversas partes em que foram divididas as plantas, variaram significativamente com os níveis crescentes de fósforo da solução nutritiva.

As concentrações de fósforo nas diversas partes das plantas cresceram linearmente. A tabela 40 apresenta as equações obtidas, e seus coeficientes de determinação, e a figura 10 ilustra o ocorrido. O teor de fósforo no tecido, esteve entre 0,022% no nível 0,12 e 0,464% no nível 31 mg P/l de solução. Os dados concordam com os observados por ANDREW (1971), WERNER e HAAG (1972) e FALADE (1975).



Tabela 39. Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Panicum maximum* Jacq., cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	4	0,1328**	0,0195**	0,1296**	0,0140**
Resíduo	15	0,0460	0,0012	0,0043	0,0007
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 40. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (g/litro) X, em partes de *Panicum maximum* Jacq

Partes da planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0367 + 0,0139X^{**}$	99,61
Caules	$Y = 0,0431 + 0,0052X^{**}$	96,47
Bainhas	$Y = 0,0092 + 0,0137X^{**}$	99,72
Raizes	$Y = 0,0328 + 0,0045X^{**}$	98,67

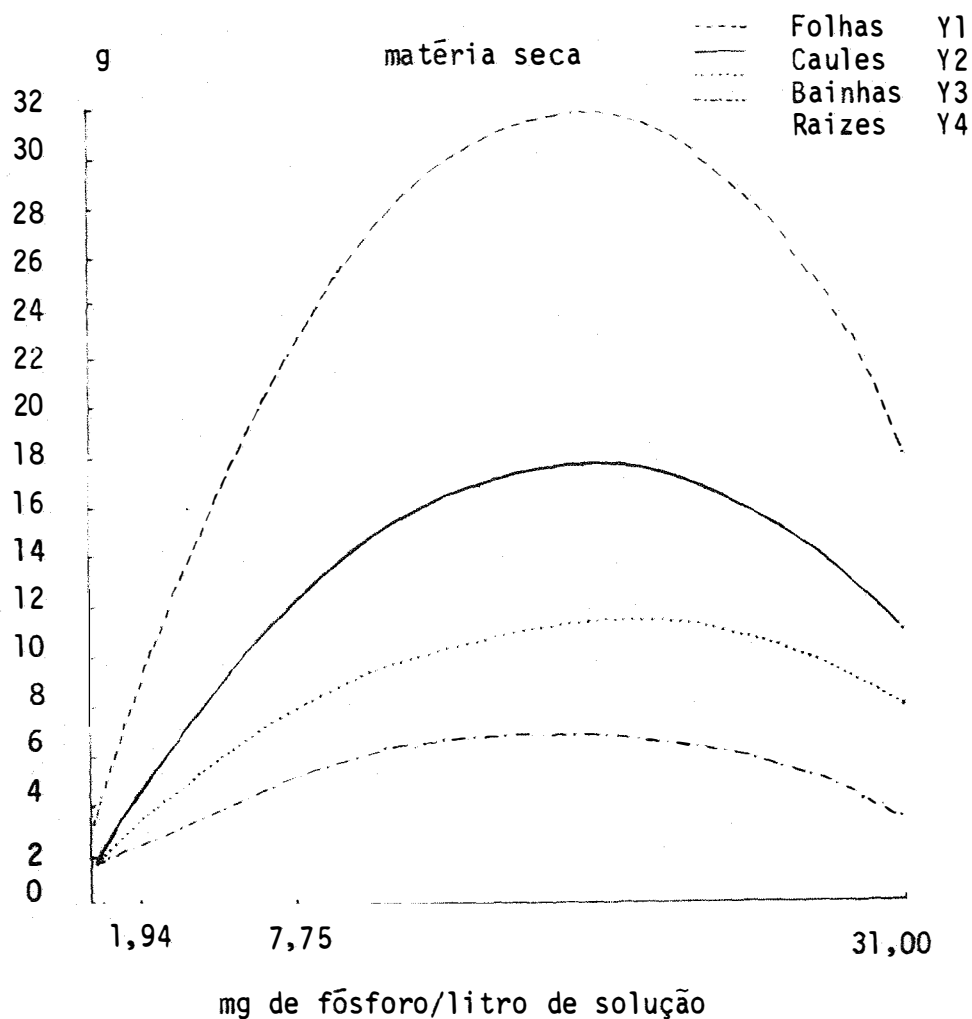
\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes das plantas, que são apresentados na tabela 41.

Tabela 41. Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l solução) de fósforo, em partes de *Panicum maximum*, Jacq.

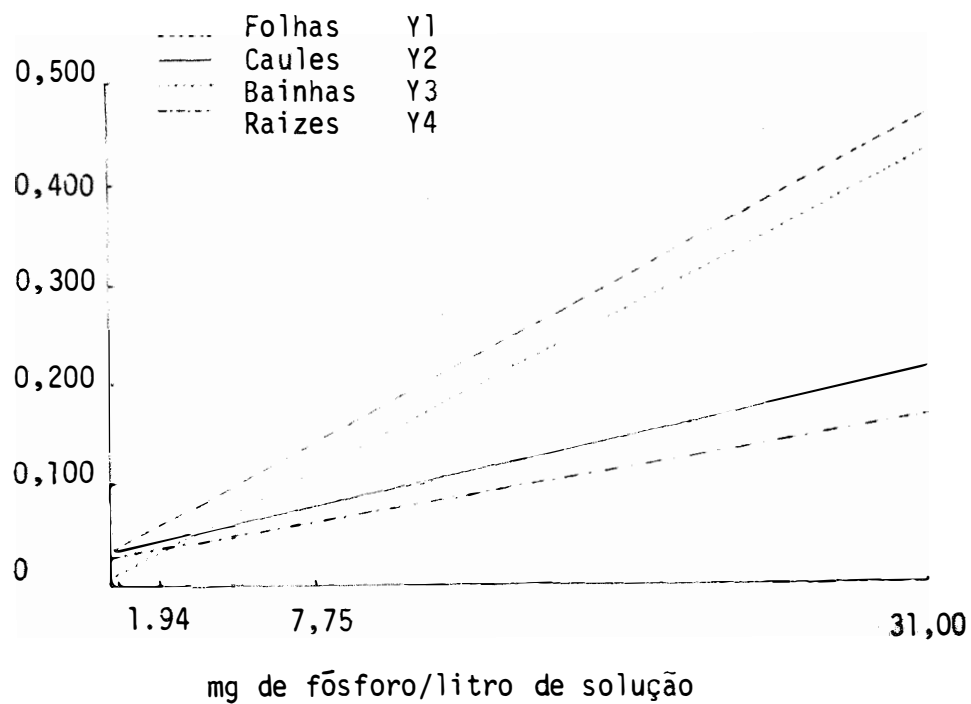
Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l	Níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	18,32	0,29
Caules	18,85	0,14
Bainhas	19,60	0,28
Raizes	17,12	0,11

Os níveis críticos internos estiveram entre 17,12 e 19,60 mg P/l de solução, e os externos entre 0,11% e 0,29% de fósforo, variando nas diversas partes da planta. Folhas, caules, bainhas e raizes tiveram níveis críticos de 0,29%; 0,14%; 0,28% e 0,11% respectivamente. A média ponderada desses valores fornece valores de 0,23% para a planta toda e 0,24% para a parte aérea. O valor 0,24% é levemente mais alto que os valores 0,185% encontrado por FALADE (1975), e 0,19% no 1º corte aos 57 dias de idade, encontrado por ANDREW e ROBINS (1971), mas concorda com os valores encontrados por HAAG *et alii* (1967) ao determinar a marcha de absorção, ou seja, entre 0,20% e 0,24% no período de 56 a 84 dias de idade.



$$\begin{array}{ll}
 Y1 = 2,9783 + 3,1391X - 0,0856X^2 & R^2 = 88,66 \\
 Y2 = 1,5134 + 1,6959X - 0,0450X^2 & R^2 = 82,07 \\
 Y3 = 1,6086 + 0,9809X - 0,0250X^2 & R^2 = 78,50 \\
 Y4 = 1,6789 + 0,5957X - 0,0174X^2 & R^2 = 63,69
 \end{array}$$

Fig. 9. Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) em partes de *Panicum maximum* Jacq., em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.



$Y1 = 0,0367 + 0,0139X$	$R^2 = 99,61$
$Y2 = 0,0431 + 0,0052X$	$R^2 = 96,47$
$Y3 = 0,0092 + 0,0137X$	$R^2 = 99,72$
$Y4 = 0,0328 + 0,0045X$	$R^2 = 08,67$

Fig. 10. Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y) em partes de *Panicum maximum* Jacq., em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

#### 4.7. Pennisetum purpureum Schum

##### 4.7.1. Morfologia externa

Alguns dias após a instalação do experimento começaram a observar-se diferenças na altura das plantas, vigor e desenvolvimento radicular em função dos teores de fósforo da solução nutritiva. Tais diferenças acentuaram-se a partir de 15 dias. Nessa ocasião as plantas iniciaram o perfilhamento, que foi também afetado pelos níveis de fósforo.

Aos 31 dias após a instalação do experimento as plantas do nível 0,12 mg P/l solução mostravam amarelecimento e morte das folhas mais velhas, medindo cerca de 10 cm, enquanto que as plantas dos níveis 7,75 mg P/l solução e 31,00 mg P/l solução mediam aproximadamente 35 cm. O sistema radicular nos tratamentos 0,12 e 0,48 mg P/l solução, era pouco desenvolvido, pouco ramificado e com pequeno número de pelos absorventes. Nessa ocasião os tratamentos 31,00 e 7,75 ml P/l de solução apresentavam em média 4 perfilhos, o tratamento 1,94 mg P/l em média 3 perfilhos, o tratamento 0,48 mg P/l solução 2 perfilhos e o tratamento 0,12 mg P/l solução não havia perfilhado.

Ao final do experimento as diferenças descritas acima haviam se acentuado, e o amarelecimento e morte das folhas mais velhas atingia todas as plantas cultivadas em níveis de fósforo menores de 7,75 mg P/l solução.

WERNER e HAAG (1972) cultivaram capim napier em solução nutritiva contendo 0; 5; 25 e 125 mg/l de solução. Observaram um pequeno

desenvolvimento e aspecto raquítico das plantas cultivadas com 0 mg/l de fósforo. As folhas inferiores apresentavam-se totalmente secas, as intermediárias apresentavam arroxamento das pontas e nervuras e algumas das mais novas arroxamento das pontas. Plantas do tratamento com 5 mg/l de solução apresentavam basicamente os mesmos sintomas, porém menos acentuados. As plantas cultivadas em solução nutritiva contendo 25 ou 125 mg P/l eram bem desenvolvidas.

As plantas do tratamento com 0 mg P/l solução apresentaram em média 3 perfilhos, aumentando para 11 perfilhos com 5 mg P/l. Com 25 mg P/l de solução foram produzidos em média 18 perfilhos, e com 125 mg P/l solução 17.

As raízes também tiveram seu desenvolvimento afetado pelo teor de fósforo da solução, sendo as do tratamento com 0 mg P/l solução menos desenvolvidas, com raízes delgadas e poucos pelos absorventes.

Embora no presente trabalho não se tenham observado sintomas de arroxamento das folhas, os resultados observados concordam com os descritos por WERNER *et alii* (1971).

#### 4.7.2. Produção de matéria seca

A tabela 42 apresenta os dados de produção de matéria seca em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo. O peso médio da matéria seca das folhas representou 41,53% do total, e 48,26% do peso da matéria seca da parte aérea. Os

caules acumularam 32,68% do peso médio total da matéria seca, e 37,98% do peso da parte aérea. As bainhas tiveram peso médio da ordem de 11,84% do peso total da matéria seca, e 13,76% do peso da matéria seca da parte aérea. As raízes, por sua vez, tiveram um peso médio de 13,95% do peso total da matéria seca.

Tabela 42. Peso da matéria seca (g/planta) de partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução). Média de quatro repetições

Níveis de fósforo	Partes da planta				
	Folhas	Caules	Bainhas	Raízes	Total
0,12	1,94	1,20	0,55	1,65	5,34
0,48	4,13	3,10	1,33	3,48	12,04
1,94	12,65	11,54	3,71	4,46	32,36
7,75	24,06	22,38	7,34	6,00	59,78
31,00	27,16	16,81	7,03	7,88	58,88
C.V.%	53,70	65,40	63,43	38,52	
dms 5%	16,41	15,73	5,54	3,95	

A análise da variância dos dados é apresentada na tabela 43, mostrando diferenças significativas ( $p = 0,01$ ) no peso da matéria seca de folhas, caules, bainhas e raízes de *Pennisetum purpureum* Schum.

Tabela 43. Análise da variância dos dados do peso da matéria seca (g/planta) em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg P/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	4	519,0353**	322,0466**	39,3994**	22,6872**
Resíduo	15	56,4408	51,8087	6,4232	3,2735
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Para folhas, caules e bainhas o peso da matéria seca aumentou até cerca de 19 mg P/litro de solução nutritiva, decrescendo em seguida, de acordo com as funções quadráticas apresentadas na tabela 44 e ilustradas na figura 11. WERNER e HAAG (1972) verificaram que o capim napier necessitou de doses elevadas de fósforo, em relação às outras espécies por eles estudadas, sendo a produção de matéria seca de sua parte aérea crescente entre 0 e 125 mg P/l solução nutritiva. FALADE (1975), verificou respostas diferenciais do capim napier à aplicação de fósforo. O autor conduziu, na Nigéria, um experimento com níveis crescentes de fósforo em vasos contendo solo, encontrando diferenças na necessidade de fósforo para obter uma produção máxima, entre o *P. purpureum* Green e o *P. purpureum* Purple. Embora ambos tenham tido produções da mesma ordem, o *P. purpureum* Green teve sua produção máxima com 15 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/vaso e o *P. purpureum* Purple com 120.



O peso da matéria seca das raízes foi sempre crescente, de acordo com uma função linear concordando com o obtido por WERNER e HAAG (1972), ou seja, peso sempre crescente para matéria seca das raízes até o nível 125 mg P/l solução.

Tabela 44. Equações de regressão, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e pontos de máximo da quantidade de matéria seca (g/planta) Y, em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva (mg/l) X, em partes de *Pennisetum purpureum* Schum

Partes da planta	Equações	Pontos de máximo		$R^2$
		X	Y	
Folhas	$Y = 3,1219 + 3,4951X - 0,0878X^{2**}$	19,90	37,91	97,44
Caules	$Y = 2,2133 + 3,4582X - 0,0964X^{2**}$	17,93	33,22	96,22
Bainhas	$Y = 0,9136 + 1,0814X - 0,0285X^{2**}$	18,95	11,16	97,56
Raízes	$Y = 3,3993 + 0,1572X^{**}$	-	-	74,52

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

#### 4.7.3. Concentração de fósforo na matéria seca

Os valores médios da concentração de fósforo na matéria seca em função dos níveis de fósforo da solução nutritiva são apresentados na tabela 45.

Tabela 45. Porcentagem média de fósforo na matéria seca de partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo. Média de quatro repetições

Níveis de fósforo em mg/l	Partes da planta			
	Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
0,12	0,044	0,043	0,037	0,039
0,48	0,050	0,036	0,030	0,052
1,94	0,068	0,040	0,041	0,077
7,75	0,141	0,064	0,102	0,120
31,00	0,349	0,326	0,364	0,157
C.V.%	17,02	26,32	17,63	25,77
dms 5%	0,048	0,058	0,044	0,050

As folhas apresentaram o maior teor de fósforo, com 0,13%, bainhas, caules e raizes apresentaram respectivamente 0,11%, 0,10% e 0,09% de fósforo.

A análise da variância dos dados da tabela 45 é apresentada na tabela 46. As concentrações de fósforo nas diversas partes em que foram divididas as plantas variaram significativamente ( $p = 0,01$ ) com os níveis de fósforo da solução.

Tabela 46. Análise da variância dos dados de concentração de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

C.V.	G.L.	Q.M.			
		Folhas	Caules	Bainhas	Raizes
Tratamentos	4	0,0656**	0,0631**	0,0808**	0,0095**
Resíduo	15	0,0004	0,0007	0,0004	0,0005
Total	19				

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

As concentrações de fósforo no tecido aumentaram com o aumento do teor na solução, concordando com o verificado por WERNER *et alii* (1971) e FALADE (1975). Para folhas e bainhas esse comportamento foi expresso por regressões lineares, e para caules e raizes por regressões quadráticas. A tabela 47 apresenta essas equações e seus coeficientes de determinação, e a figura 12 ilustra tais resultados.

Foram determinados os níveis críticos internos e externos de fósforo para as diversas partes da planta, sendo eles apresentados na tabela 48.

Tabela 47. Equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ), das concentrações de fósforo na matéria seca (%), em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, cultivado em níveis crescentes de fósforo (mg/l solução)

Partes da planta	Equações	$R^2$
Folhas	$Y = 0,0498 + 0,0098X^{**}$	99,48
Caules	$Y = 0,0386 + 0,0011X + 0,0003X^{2*}$	99,96
Bainhas	$Y = 0,0252 + 0,0109X^{**}$	99,75
Raizes	$Y = 0,0459 + 0,0120X - 0,0003X^{2**}$	98,43

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 48. Níveis críticos internos (% de P na matéria seca) e externos (mg P/l solução) de fósforo, em partes de *Pennisetum purpureum* Schum

Partes da planta	Níveis críticos externos mg P/l solução	Níveis críticos internos % P na matéria seca
Folhas	19,90	0,24
Caules	17,93	0,15
Bainhas	18,95	0,23
Raizes	-	-

Os níveis críticos externos estiveram entre 17,93 e 19,90 mg P/l solução e os internos entre 0,15% e 0,24% de fósforo no tecido. As folhas apresentaram um nível crítico de 0,24%, os caules 0,15% e as bainhas 0,23% de fósforo. A média ponderada para a parte aérea foi de 0,20% de fósforo, muito próximo do nível 0,215% determinado por FALADE (1975) para *P. purpureum* Green e comparável ao nível 0,248% encontrado pelo mesmo autor para *P. purpureum* Purple. Esses resultados concordam ainda com os valores entre 0,24 e 0,20% entre 56 e 84 dias de idade determinados por HAAG *et alii* (1967) na marcha de absorção.

GOMIDE *et alii* (1969) e PROSPERO e PEIXOTO (1972), estudando a variação do teor de fósforo com a idade do capim em ensaios de campo convenientemente adubados, obtiveram concentrações de fósforo mais baixas na matéria seca do capim napier. GOMIDE *et alii* (1969), obtiveram um valor de 0,15% de fósforo na matéria seca, para plantas com 84 dias de idade, e PROSPERO e PEIXOTO (1972) obtiveram uma concentração de 0,12% de fósforo em plantas com 75 dias de idade.

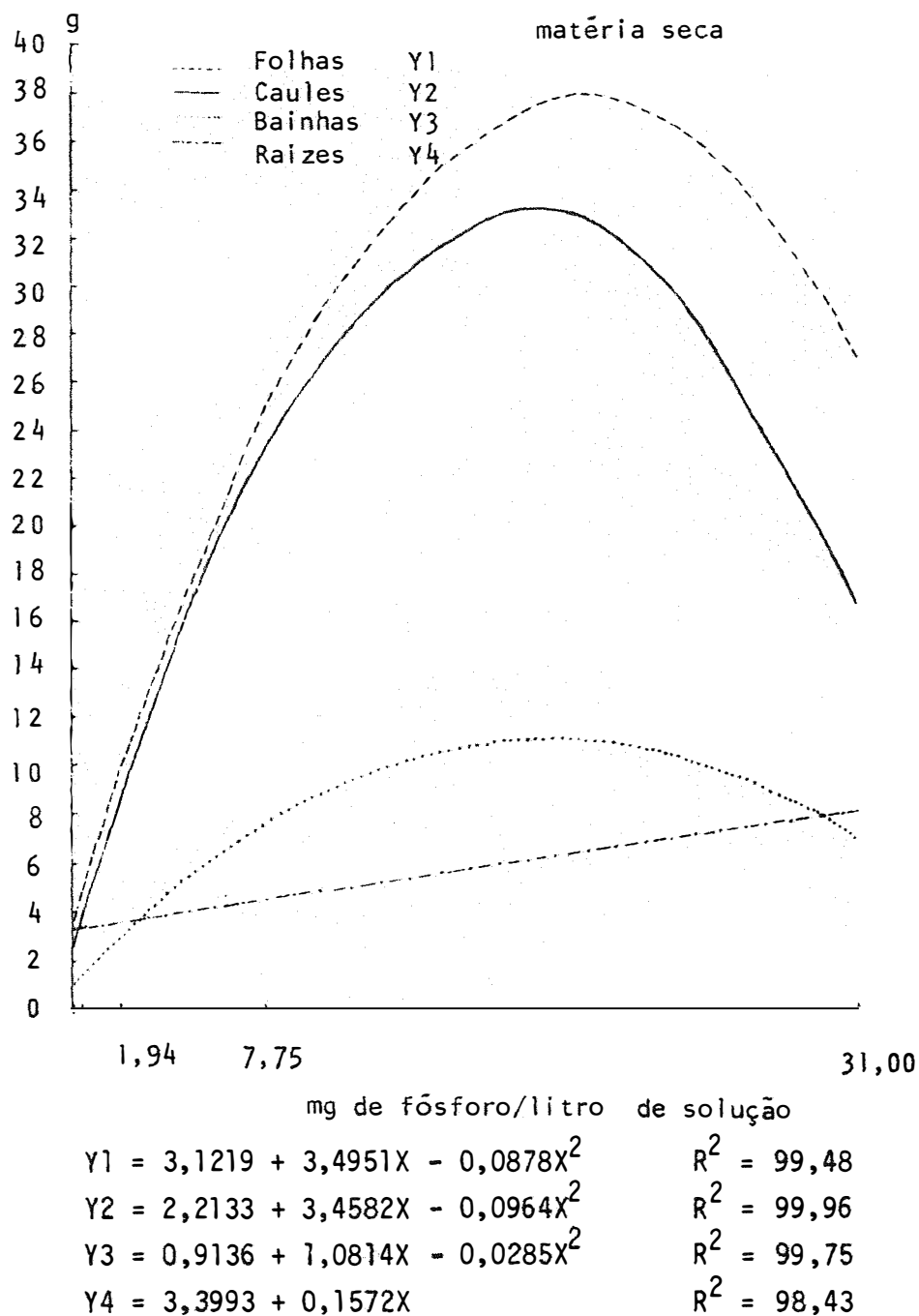
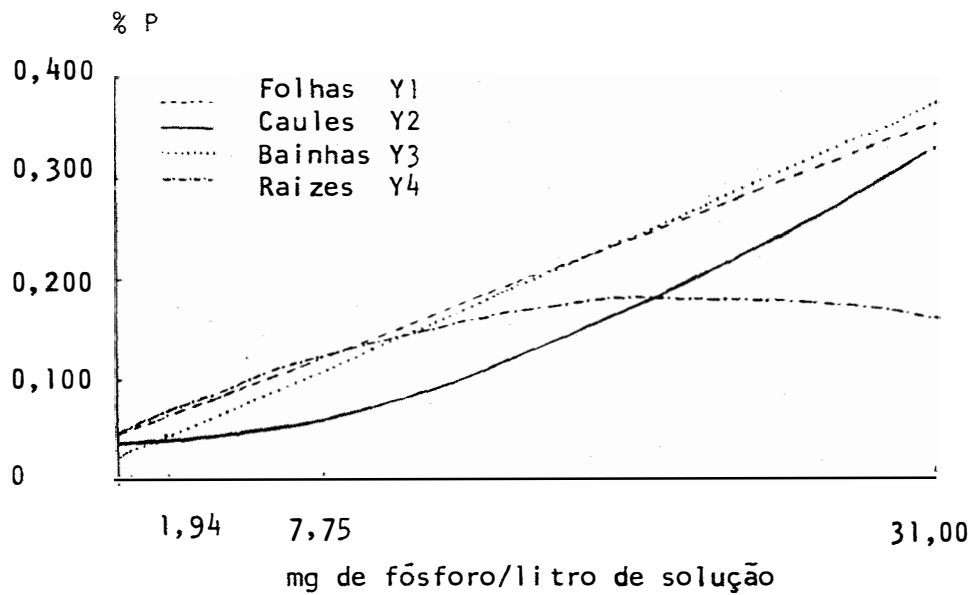


Fig. 11. Curvas e equações de regressão do peso da matéria seca (Y) em partes de *Pennisetum purpureum* Schum, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.



$$\begin{array}{ll}
 Y1 = 0,0496 + 0,0098X & R^2 = 99,48 \\
 Y2 = 0,0386 + 0,0011X + 0,0003X^2 & R^2 = 99,96 \\
 Y3 = 0,0252 + 0,0109X & R^2 = 97,75 \\
 Y4 = 0,0459 + 0,0120X - 0,0003X^2 & R^2 = 98,43
 \end{array}$$

Fig. 12. Curvas e equações de regressão da concentração de fósforo na matéria seca (Y), de partes de *Pennisetum purpureum* Schum, em função dos níveis de fósforo (X) da solução nutritiva.

#### 4.8. Observações gerais

Plantas eficientes na absorção de fósforo são aquelas que conseguem retirá-lo do meio, mesmo quando se apresentar em baixas concentrações contribuindo para uma produção alta de matéria seca.

São consideradas plantas eficientes na utilização do fósforo aquelas que necessitam quantidades pequenas do elemento por unidade de matéria seca produzida.

Estes fenômenos serão observados na tabela 49. Assim, *B. humidicola* apresenta um nível crítico externo bem baixo, associado a sua produção máxima. Para as demais gramíneas com exceção da *H. rufo* os valores são aproximadamente idênticos.

O nível crítico interno não apresenta grandes variações entre as gramíneas, com exceção para *H. rufo* onde a oscilação apresentada é bastante ampla.

O fator de concentração, isto é, o quociente entre a concentração do elemento na planta e a concentração de fósforo na solução nutritiva no máximo da produção de matéria seca, atesta a eficiência da utilização do fósforo pela gramínea. Observa-se que a *H. rufo* e *Brachiaria humidicola* são as gramíneas que apresentam maior capacidade, isto é, conseguem utilizar de melhor forma o fósforo disponível. A gramínea *P. purpureum* é que apresenta a menor capacidade de utilização do fósforo.



Tabela 49. Níveis críticos internos e externos, fator de concentração em *B. decumbens*, *B. humidicola*, *D. decumbens*, *H. rufo*, *M. minutiflora*, *P. maximum* e *P. purpureum*

Espécies	Nível crítico externo* (mg/l)	Nível crítico interno* (% na MS)	Fator de concentração de P
<i>B. decumbens</i>	16,94	0,32	188,90
<i>B. humidicola</i>	3,72**	0,29 **	698,92
<i>D. decumbens</i>	19,16	0,29	151,36
<i>H. rufo</i>	1,94-7,75	0,16-0,53	683,87-824,74
<i>M. minutiflora</i>	17,09**	0,24**	140,43
<i>P. maximum</i>	18,50	0,23	124,32
<i>P. purpureum</i>	19,02**	0,20**	105,15

\* Valores médios para a planta toda

\*\* Valores médios para a parte aérea.

Através da tabela 50 observa-se que a produção relativa (%) das gramíneas varia em função dos níveis de fósforo disponível. No nível baixo de fósforo (0,12 mg P/l) a produção relativa mais elevada foi obtida pela *B. humidicola* (18,63%), seguida pela *P. purpureum* (8,93%) e pela *D. decumbens* (6,48%). As demais gramíneas não conseguiram produzir matéria seca neste nível baixo de fósforo. No nível de 0,48 mg P/l a gramínea *B. humidicola* atingiu a produção relativa de 77,72%, atestando a sua capacidade de sobreviver e produzir em níveis baixos de fósforo. No nível de 1,94 mg P/l a gramínea *B. humidicola* atingiu 100% de produção relativa no que foi acompanhada pela *H. rufo* e seguida de perto pela *P. maximum* com 82,10%. No nível mais elevado de 7,75 mg P/l foi prejudicial para a *B. humidicola* mas benéfico para as demais espécies utilizadas. O nível de 31,00 mg P/l foi benéfico para *D. decumbens* (100%), *P. maximum* (93,32%), *P. purpureum* (98,49%) e *H. rufo* (98,50%), sendo prejudicial para as demais gramíneas.

Considerando que os solos brasileiros em geral são pobres em fósforo disponível, os capins que melhor se adaptaram a estas condições são *B. humidicola* e *H. rufo* seguido pelo *P. maximum*.

Tabela 50. Produção relativa (%) em função do fornecimento de fósforo

Níveis de fósforo em mg/l	<i>B. decumbens</i> %	<i>B. humidicola</i> %	<i>D. decumbens</i> %	<i>M. minutiflora</i> %	<i>P. maximum</i> %	<i>P. purpureum</i> %	<i>H. ruga</i> %
0,12	-	18,63	6,48	-	2,46	8,93	-
0,48	9,53	77,72	15,86	6,06	20,42	20,14	18,13
1,94	61,25	100,00	61,41	65,84	82,10	54,13	100,00
7,75	100,00	40,75	96,57	100,00	100,00	100,00	98,38
31,00	55,93	63,17	100,00	53,24	93,32	98,49	98,50

De modo geral pode se classificar as gramíneas quanto ao comportamento em frente aos níveis de fósforo:

1. *Brachiaria humidicola* e *Hypharrhenia rufa* foram as es  
pécies mais eficientes na absorção e utilização do fósforo.

2. *Melinis minutiflora*, *Digitaria decumbens*, *Panicum ma*  
*ximum*, *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria decumbens*, apresentam uma bai  
xa eficiência na absorção e utilização do fósforo.

## 5. CONCLUSÕES

As concentrações de fósforo na solução nutritiva (nível crítico e externo) que propiciaram maior acúmulo de matéria seca foram 3,72 mg P/l para *Brachiaria humidicola*, entre 1,94 e 7,75 mg P/l para *Hypharrhenia rufa*, 16,94 mg P/l para *Brachiaria decumbens*, 17,09 mg P/l para *Melinis minutiflora*, 18,50 mg P/l para *Panicum maximum*, 19,02 mg P/l para *Pennisetum purpureum* e 19,16 mg P/l para *Digitaria decumbens*.

Os níveis críticos internos foram: 0,32% de fósforo para *Brachiaria decumbens*; 0,29% de fósforo para *Digitaria decumbens*; 0,26% de fósforo para *Brachiaria humidicola*; 0,24% de fósforo para *Melinis minutiflora*; 0,23% de fósforo para *Panicum maximum* 0,20% de fósforo para *Pennisetum purpureum*, e entre 0,16 e 0,53% para a *H. rufa*.

As espécies mais eficientes na utilização do fósforo foram *Brachiaria humidicola* e *Hypharrhenia rufa*. Seguiram-se em ordem decrescente *Brachiaria decumbens*, *Digitaria decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum*.

## LITERATURA CITADA

ANDREW, C.S., 1960. Effect of Phosphorus, Potassium, and Calcium on the Growth, Chemical Composition and Simptoms of Deficiency of White Clover in a Subtropical Environment. Aust.J.Agric.Res. Melbourne, 11:149-161.

ANDREW, C.S. e M.F. ROBINS, 1969a. The Effect of Phosphorus on Growth and Chemical Composition of Some Tropical Pasture Legumes. I. Growth and Critical Percentages of Phosphorus. Aust.J.Agric.Res. Melbourne, 20:665-674.

ANDREW, C.S. e M.F. ROBINS, 1969b. The Effect of Potassium on Growth and Chemical Composition of Some Tropical Pasture Legumes. II. Growth and Critical Percentages of Phosphorus. Aust.J.Agric.Res. Melbourne, 20:999-1007.

ANDREW, C.S. e M.F. ROBINS, 1971. The Effect of Phosphorus on the Growth, Chemical Composition, and Critical Phosphorus Percentages of Some Tropical Pasture Grasses. Ajust.J.Agric.Res. Belbourne, 22: 693-706.

BELEM. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Trópi-co Úmido 1977. 178 p.

BRASILIA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1976. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1976-1976. 154 p.

CAMPO GRANDE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1979. Re-latório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte 1976-1978. 120 p.

CLARKSON, D.T., 1967. Phosphorus Supply and Growth Rate in Species of Agrostis L. Jour.Ecology. London, 55:111-118.

FALADE, J.A., 1975. The Effect of Phosphorus on the Growth and Mineral Composition of Five Tropical Grasses. E.A.Agric.For.J. Nairobi, 40:342-350.

FENSTER, H.E. e L.A.LEON, 1978. Management of Phosphorus Fertilization in Establishing and Mantaining Improved Pasture on Acid, Infertile Soil of Tropical America. In: SANCHEZ, P.A. e L. E. TERGAS, Ed. Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Cali, Stelia Sardi de Salcedo, p.109-122.

FERREIRA, J.G. e M.M.CARVALHO, 1978. Efeito dos Níveis de Fósforo e Calagem Sobre o Estabelecimento e Produção de *Hypharrhenia rufo* Ness. Relatório da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais 1974-76. Belo Horizonte, 56-57.

FOY, C.D., 1976. Differential Aluminum and Manganese Tolerances of Plant Species and Varieties in Acid Soils. Ciência e Cultura. São Paulo, 28:150-155.

GOMIDE, J.A., C.H.NOLLER, G.O.MOTT, J.H.CONRAD e D.L. HILL, 1969. Mineral Composition of Six Tropical Grasses as Influenced by Plant Age and Nitrogen Fertilization. Agronomy Journal. Madison, 61: 120-123.

HAAG, H.P., M.L.V.BOSE, R.G.ANDRADE, 1967. Absorção dos Macronutrientes pelos Capins Colonião, Gordura, Jaraguã, Napier e Pangola. Anais da E.S.A."Luiz de Queiroz". Piracicaba, 24:120-123.



- MONTEIRO, F.A. e J.C. WERNER, 1977. Efeito das Adubações Nitrogenada e Fosfatada em Capim Colonião, na Formação e em Pasto Estabelecido. B.Ind.anim., Nova Odessa, 34:91-101.
- NASCIMENTO JUNIOR, D., J.F.C.da SILVA e J.da S.PINHEIRO, 1976. Teores de alguns minerais no capim jaraguã (*Hypharrhenia rufa*(Ness) Stapf) em várias idades de corte. Rev.Soc.Bras.Zootec., Viçosa, 5:48-55.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, 1974. Annual Report 1973. North Carolina, USA. 60 p.
- NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, 1976. Annual Report 1975. North Carolina, USA. 75 p.
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. Curso de Estatística Experimental. 7a. Edição. Piracicaba, Livraria Nobel S.A., 430 p.
- PLUCKNETT, D.L. e R.L.FOX, 1965. Effects of Phosphorus Fertilization on Yields and Composition of Pangola Grass and *Desmodium intortum*. In: L.R.QUINN, Cood. Anais do IXº Congresso Internacional de Pastagens. São Paulo, Departamento da Produção Animal, Secretaria da Agricultura, p. 1525-1529.
- PROSPERO, A.O. e A.M.PEIXOTO, 1972. Composição Mineral do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) Variedade Napier em Diferentes Estádios de Desenvolvimento. O Solo. Piracicaba, 64:45-51.

- SALINAS, J.G. e P.A.SANCHEZ, 1976. Soil Plant Relationships Affecting Varietal and Species Differences in Tolerance to how Available soil Phosphorus. Ciência e Cultura. São Paulo, 28:156-168.
- SANCHEZ, P.A., 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. New York, Wiley Interscience Publications. 618 p.
- SARRUGE, J.R. e H.P.HAAG, 1974. Análises Químicas em Plantas. Piracicaba, Departamento de Química, ESALQ/USP. 56 p.
- SARRUGE, J.R., 1966. Soluções Nutritivas - Nota Técnica. Summa Phytopathologica. Piracicaba, 1:231-233.
- WERNER, J.C., J.L.QUAGLIATO e D.MARTINELLI, 1967a. Ensaio de Fertilização do Colômbio com Solo da "Noroeste". B.Industr.anim. Nova Odessa, 24:159-167.
- WERNER, J.C., J.V.S.PEDREIRA e J.L.QUAGLIATO, 1967b. Ensaio Exploratório de capim colômbio com Solo de Sertãozinho. B.Industr. anim. Nova Odessa, 24:155-158.
- WERNER, J.C., E.B.KALIL, F.PIMENTEL GOMES, J.V.S.PEDREIRA, G.L. ROCHA e H.J.SARTINI, 1968. Competição de Adubos Fosfatados. B.Industr. anim. Nova Odessa, 25:139-149.

WERNER, J.C. e H.P.HAAG, 1972. Estudos Sobre a Nutrição Mineral de Alguns Capins Tropicais. B.Industr.anim. Nova Odessa, 29:191-245.

WERNER, J.C. e H.B.MATTOS, 1972. Estudo da Nutrição do Capim Gordura (*Melinis minutiflora*). B.Industr.anim., Nova Odessa, 29:175-184.

WERNER, J.C. e F.A.MONTEIRO, 1974. Efeitos das Adubações Fosfatada e Potássica na Produção de um Pasto Consorciado de Gordura com Centrosema. B.Industr.anim., Nova Odessa, 31:301-312.