

ESGOTADO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA  
DEPARTAMENTO DE ASSUNTOS UNIVERSITÁRIOS  
ESCOLA DE AGRONOMIA DA AMAZÔNIA

BOLETIM N.º 4

- Experimento de adubação em arroz de sequeiro
- Bases fisiológicas da produtividade das culturas
- Variações de pH e da solubilidade do fósforo em solo de várzea inundado
- Método para determinação do fósforo orgânico em solos com alto teor de ferro livre

1971

BELÉM - PARÁ - BRASIL

# MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA

Ministro : Senador JARBAS GONÇALVES PASSARINHO

## DEPARTAMENTO DE ASSUNTOS UNIVERSITÁRIOS

Diretor : Prof. NEWTON SUCUPIRA

### ESCOLA DE AGRONOMIA DA AMAZÔNIA

Diretor : Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Elias Sefer

Vice-Diretor : Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Virgílio F. Libonati

#### DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA

##### Prof. Titulares

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Humberto Marinho Koury (Chefe) .....	Botânica Agrícola
" "	Batista Benito G. Calzavara .....	Horticultura
" "	Eurico Pinheiro .....	Agricultura Especial
" "	Eduardo F. da Ponte .....	Economia Rural e Extensão
" "	Rubens Rodrigues Lima .....	Agricultura Geral
" "	Virgílio F. Libonati .....	Genética Veg. e Estatístico

##### Prof. Assistentes

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Alda de Melo e Silva Monteiro .....	Botânica Agrícola
" "	Alvaro Augusto M. P. Pimentel .....	Horticultura
" "	Jorge Coelho de Andrade .....	Agricultura Especial

##### Auxiliares de Ensino

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Armando da Paz Puga Rebelo .....	Economia Rural e Extensão
" "	José Murilo Monteiro .....	Trab. Prat. de Agricultura
" "	Maria de Fátima Alves .....	Genética Veg. e Estatística
" "	Vicente Haroldo de F. Moraes .....	Agricultura Especial

#### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

##### Prof. Titulares

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Francisco Barreira Pereira (Chefe) .....	Física Agrícola
" "	Geraldo Delete P. de Lima .....	Matemática
" "	Geraldo Meira Freire Couceiro .....	Mecânica Agrícola
Eng <sup>o</sup> . Civil	Omir Correia Alves .....	Desenho

##### Prof. Assistentes

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	José de Souza Rodrigues .....	Física Agrícola
" "	José Ribamar F. dos Santos .....	Hidráulica e Const. Rurais

##### Auxiliares de Ensino

Eng <sup>o</sup> . Civil	Elson Gondim Pereira .....	Matemática
Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Frederico G. B. Mergulhão .....	Topografia
Eng <sup>o</sup> . Mec.	Sehio Gushi .....	Desenho

#### DEPARTAMENTO FITOSSANITÁRIO

##### Prof. Titulares

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Elias Sefer .....	Entomologia
---------------------------------------	-------------------	-------------

##### Prof. Assistentes

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Fernando C. de Albuquerque (Chefe) ..	Fitopatologia
" "	Miracy Garcia Rodrigues .....	Entomologia

##### Auxiliares de Ensino

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Maria de Lourdes Reis Duarte .....	Fitopatologia
---------------------------------------	------------------------------------	---------------

#### DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

##### Prof. Titulares

Quim. Ind.	Hilkias Bernardo de Souza (Chefe) .....	Química Analítica
Quim. Ind.	Alfonso Wieniewski .....	Química Org. e Tecnologia
Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Lúcia Salgado Vieira .....	Solos
" "	Natalina Tuma da Ponte .....	Química Agrícola

##### Prof. Assistentes

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Ítalo Cláudio Falesi .....	Solos
" "	Maria do Carmo Thomaz .....	Química Agrícola
" "	Walmir Hugo Pontes dos Santos .....	Solos

##### Auxiliares de Ensino

Quim. Ind.	Célio Francisco Marques de Melo .....	Química Org. e Tecnologia
Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Emanuel de Souza Cruz .....	Química Agrícola

#### DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

##### Prof. Titulares

Méd. Vet.	Mário Dias Teixeira (Chefe) .....	Zootecnia Geral
Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Abnor Curgel Gondim .....	Zootecnia Especial
" "	Carlos Alberto M. de Melo .....	Zoologia Agrícola

##### Prof. Assistentes

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	Maria da Glória C. Aguiar .....	Zoologia Agrícola
---------------------------------------	---------------------------------	-------------------

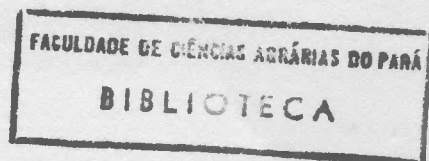
##### Auxiliares de Ensino

Eng <sup>o</sup> . Agr <sup>o</sup> .	João Paulo Pinheiro Coqueiro .....	Zootecnia Especial
" "	Luiz Magno Pinto Bastos .....	Zootecnia Especial

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA  
DEPARTAMENTO DE ASSUNTOS UNIVERSITÁRIOS  
ESCOLA DE AGRONOMIA DA AMAZÔNIA

BOLETIM N.º 4

- Experimento de adubação em arroz de sequeiro
- Bases fisiológicas da produtividade das culturas
- Variações de pH e da solubilidade do fósforo em solo de várzea inundado
- Método para determinação do fósforo orgânico em solos com alto teor de ferro livre



1971

BELÉM - PARÁ - BRASIL

## Í N D I C E

### **EXPERIMENTO DE ADUBAÇÃO EM ARROZ DE SEQUEIRO** *Pag.*

1. Introdução . . . . .	5
2. Material e método . . . . .	6
3. Análise e discussão dos resultados . . . . .	8
4. Conclusões . . . . .	12
5. Resumo . . . . .	13
Summary . . . . .	13
Literatura citada . . . . .	13

### **BASES FISIOLÓGICAS DA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS**

Introdução . . . . .	15
A importância da área foliar . . . . .	17
Taxa de assimilação efetiva . . . . .	19
Eficiência fotossintética . . . . .	21
Taxa de crescimento relativo e razão de área foliar . . . . .	22
Importância da arquitetura foliar . . . . .	22
Coordenação do crescimento . . . . .	25
Considerações finais . . . . .	27
Resumo . . . . .	28
Summary . . . . .	28
Referências bibliográficas . . . . .	28

### **VARIAÇÕES DE pH E DA SOLUBILIDADE DO FÓSFORO EM SOLO DE VARZEA INUNDADO**

Introdução . . . . .	33
Material e métodos . . . . .	35
Resultados . . . . .	36
Discussão . . . . .	36
Resumo . . . . .	38
Abstract . . . . .	39
Referências . . . . .	40

**MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DO FÓSFORO  
ORGÂNICO EM SOLOS COM ALTO TEOR DE FERRO  
LIVRE**

	<i>Pag.</i>
Introdução . . . . .	43
Material e métodos . . . . .	45
Resultados e discussão . . . . .	48
Summary . . . . .	48
Bibliografia . . . . .	49

## EXPERIMENTO DE ADUBAÇÃO EM ARROZ DE SEQUEIRO

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Natalina T. da Ponte (\*)

Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Maria do Carmo Thomaz (\*)

Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Virgílio F. Libonati (\*)

### 1. INTRODUÇÃO

O arroz é uma das culturas básicas na Região Amazônica, mantendo o Estado do Pará, há vários anos, a posição de maior produtor desse cereal, com cerca de 70% da produção regional (1).

A cultura é das mais importantes, não só do ponto de vista social, pois a ela se dedica grande parte da população, sendo fator de sobrevivência, como do ponto de vista econômico, pois é uma das que mais contribui à economia do Estado, bastando dizer que, em 1969, esta contribuição foi de Cr\$ 13.448.646,00 ocupando a 4ª colocação na produção agrícola (1).

Não obstante a posição de importância que tem no cenário agrícola do Estado, a produção média por hectare é baixa (960 kg), aquém da produtividade nacional. Tal fenômeno decorre, em parte, por ser a cultura realizada, em sua maior parte, em terrenos de Latosol Amarelo de baixa fertilidade.

Admitindo-se que uma das formas de aumentar a produção de uma cultura é através do uso de fertilizantes, tentou-se, mediante experimentação de campo, decidir, preliminarmente, sobre hipóteses formuladas quanto à utilização de tipos de adubação que forçassem a cultura a uma resposta econômica.

---

(\*) Professores da Escola de Agronomia da Amazônia

Para as condições de ambiente amazônico, escassas são as fontes de consulta que possam informar sobre processos tecnológicos de utilização de fertilizantes com a finalidade de determinar acréscimo econômico da produção. Não se desconhece que a bibliografia mundial sobre o assunto é vasta e variada. Não obstante, poucos são os trabalhos realizados com fertilizantes em cultura de arroz nas condições de clima e solo idênticas às da região. Alguns ensaios de adubação orgânica conduzidos na Índia (2), utilizando estêrco de gado curtido, na dosagem de 45,5 t/ha e torta de algodão em dose de 3,6 t/ha, mostraram que o primeiro tratamento suplantou o segundo.

Sabe-se que os solos de terra firme da região, do tipo Latosol Amarelo, que predominam, não são os mais indicados para o cultivo do arroz, uma vez que os levados a efeito em solo de várzea do estuário do Amazonas alcançam, em média, 4 t/ha em uma só colheita. Não obstante, grande parte da produção ainda se realiza na terra firme das zonas Bragançana, Salgado e Guajarina, no Estado do Pará, onde se concentra a maior densidade populacional do Estado. Assim, mesmo não sendo o tipo de solo mais indicado, não se pode esquecer que por muitos anos ainda naquelas zonas é que será realizado, em grande parte, o cultivo de arroz no Pará.

Levando em consideração o exposto, o presente trabalho tem a finalidade de divulgar os resultados alcançados em um experimento preliminar levado a efeito pelos Departamentos de Química e de Agricultura da Escola de Agronomia da Amazônia, em 1968, o qual teve como objetivo estudar a reação da produtividade do arroz a diversos tipos de adubação, tentando-se encontrar pelo menos um que conduza a cultura a uma melhor rentabilidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi instalado em solo característico da terra firme do estuário do Amazonas, classificado como Latosol Amarelo, já cultivado em anos anteriores sem adubação.

A análise do solo, realizada no laboratório do Setor de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte, acusou os seguintes resultados :

#### ANÁLISE MECÂNICA

Areia grossa .....	41%
Areia fina .....	32%
Limo .....	13%
Argila .....	14%

#### ANÁLISE QUÍMICA

Fósforo .....	3 ppm
Potássio .....	16 ppm
Cálcio + magnésio .....	0,2 ME/100 g
Alumínio .....	1,7 ME/100 g
pH .....	4,7

Os tratamentos submetidos à comparação foram quatro, a saber :

1. Testemunha (sem adubação)
2. Adubação orgânica com estêrco de curral
3. Adubação química NPK
4. Adubação orgânica e química, combinando os tratamentos 2 e 3.

A dosagem de estêrco, de curral foi a correspondente a 30t/ha, sendo aplicação superficialmente e incorporado ao solo.

Como fonte de NPK foram usados o sulfato de amônio a 20% de N, na dosagem correspondente a 150 kg/ha; o superfosfato simples a 18% de  $P_2O_5$ , na base de 350 kg/ha; cloreto de potássio a 50% de  $K_2O$ , na dosagem de 100 kg/ha.

O sulfato de amônio e o cloreto de potássio foram parcelados em duas aplicações superficiais, sendo 50% um dia antes do plantio e o restante antes da floração.

O superfosfato simples foi aplicado de uma só vez, superficialmente, um dia antes do plantio e levemente incorporado.

Os tratamentos foram aplicados em unidades experimentais constantes de onze linhas de 3 m de comprimento, com:



espaçamento de 30 cm entre covas, em ambas as dimensões, contando com área útil de 7,29 m<sup>2</sup>. O delineamento experimental adotado foi "Blocos ao Acaso" com cinco repetições, totalizando assim vinte unidades experimentais.

Utilizou-se no experimento a variedade Canela de Ferro, até agora considerada das melhores para cultivo em condições de solo de terra firme e em verdade a mais cultivada pelos colonos. O plantio processou-se no início do período chuvoso, utilizando-se cinco sementes por cova, sem desbaste.

Os tratos culturais constaram de duas capinas à enxada, a primeira 15 dias após a germinação e a outra antes da aplicação da segunda dose do sulfato de amônio e do cloreto de potássio.

A colheita processou-se manualmente, sendo primeiro eliminada a bordadura e em seguida colhida a área útil. Os cariopses, após a degranação, foram colocados para secagem ao sol e em seguida pesados.

### 3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados de produção experimental, transformados em kg/ha, estão contidos na Tabela I e os resultados da análise da variância são apresentados na Tabela II.

TABELA I

*Produção Experimental em t/ha*

BLOCOS	TRATAMENTOS			
	Test.	N P K	Estêrco	Est. + NPK
I	1029	754	1756	1852
II	960	1523	1660	2195
III	1097	1099	1715	2346
IV	686	1235	1632	2442
V	892	837	1783	2263

**TABELA II**  
*Análise de variância*

ORIGEM DA VARIACAO	g. 1.	S. Q.	S. Q.	F
Tratamentos	3	5.255.707	1.751.902	37,78 ***
Blocos	4	147.499	36.875	0,79 n.s.
Resíduos	12	556.639	46.387	—
T O T A L	19	5.959.845	—	—

(\*\*\*) — significante no limite de 1% de probabilidade.  
(n.s.) — não significante para o limite de 5% de probabilidade.  
C.V. = 14,47%.

A análise da variância permite pois concluir que a hipótese da nulidade deve ser rejeitada, tendo em vista o valor altamente significante de F para tratamentos. Assim, deve-se aceitar que existe diferença entre as produções médias obtidas pelo efeito de cada tratamento. Por outro lado, o coeficiente de variação residual calculado em 14,47% permite classificar como boa a precisão experimental.

As produções médias experimentais, obtidas como efeito de cada tratamento, são apresentadas na Tabela III.

**TABELA III**  
*Produção média experimental*

TRATAMENTOS	P R O D U Ç Ã O	
	t/ha	índice
Testemunha . . . . .	933	100
N P K . . . . .	1.090	117
Estêrco . . . . .	1.709	183
Estêrco + NPK . . .	2.220	238

As diferenças mínimas significativas para análise de contrastes entre médias, calculadas para o teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade, são as seguintes :

$$D_2 = 296 \text{ kg/ha}$$

$$D_3 = 311 \text{ kg/ha}$$

$$D_4 = 320 \text{ kg/ha}$$

Na Tabela IV é estudada a significância dos contrastes entre médias.

TABELA IV

*Contrastes entre médias (kg/ha)*

TRATAMENTOS	N P K	ESTÊRÇO	Est. + NPK
Testemunha	157 n.s.	776 *	1287 *
N P K	0	619 *	1130 *
Estêrço	—	0	511 *

( \* ) — contraste significante

(n.s.) — contraste não significante.

É possível pois estabelecer a seguinte classificação para os tratamentos :

- 1º lugar ..... Estêrço de curral + NPK  
 2º lugar ..... Estêrço de curral  
 3º lugar ..... NPK e testemunha

A média geral do experimento foi calculada em 1.488 kg/ha, considerada boa se comparada com a produtividade do Estado. A contribuição percentual de cada tratamento para a média geral do experimento é apresentada na Tabela V.

**T A B E L A V**

*Contribuição dos tratamentos para a média geral*

T R A T A M E N T O S	%
Testemunha .....	16
N P K .....	18
Estêrco .....	29
Estêrco + NPK .....	37

Uma comparação em termos econômicos entre os diversos tratamentos, considerando apenas as despesas com aquisição de adubos, é apresentada na Tabela VI.

**T A B E L A VI**

T R A T A M E N T O S	RENDA BRUTA (Cr\$)	DESPESA COM ADUBO (Cr\$)	SALDO (Cr\$)	DEFICIT (Cr\$)
Testemunha ..	186,60	—	186,60	—
N P K .....	218,00	299,50	—	81,50
Estêrco de curral	341,80	1.200,00	—	858,20
Estêrco + NPK .	444,00	1.499,50	—	1.055,50

Os valores constantes da tabela em questão foram calculados para condições atuais de mercado (setembro de 1970), cotado o arroz com casca a Cr\$ 0,20/kg; cloreto de potássio a Cr\$ 0,50/kg; sulfato de amônio a Cr\$ 0,73/kg; superfosfato simples a Cr\$ 0,40/kg e estêrco de curral a Cr\$ 40,00 a tonelada.

Pela comparação realizada, conclui-se ser antieconômica a utilização dos adubos testados, nas condições do experimento e na época atual.

#### 4. CONCLUSÕES

- a) O experimento conduziu à obtenção de resultados numéricos de produção que, uma vez submetidos à análise estatística, possibilitam aceitar, preliminarmente, a hipótese de que nas condições atuais de cultivo de arroz em Latosolo Amarelo característico da terra firme do estuário do Amazonas, a cultura reage de forma marcante à adubação.
- b) Os tratamentos que mais se distinguiram foram a associação de estêrco de curral com adubação mineral, em 1º lugar, com produção média de 2.220 kg/ha e, em 2º lugar, somente estêrco de curral que determinou uma produção de 1.709 kg/ha, em grãos secos não beneficiados, correspondentes a 138% e 83% sobre a testemunha, respectivamente.
- c) Não obstante o acréscimo acentuado da produção dos tratamentos mencionados, comparativamente com a testemunha, se levadas em consideração as elevadas despesas decorrentes da adubação, conclui-se ser, na atualidade, anti-econômica tal prática nas formulações testadas, considerando-se os preços dos adubos e do produto nas condições atuais de mercado.
- d) É evidente a necessidade de adubação orgânica para o tipo de solo em questão. Convém no entanto ressaltar ter sido a utilização do estêrco de curral que acarretou maior despesa, pelo que se conclui ser necessário dispôr o agricultor de uma fonte de adubo orgânico independente de despesas de consignação. Talvez seja aconselhável, aos extensionistas, mostrar aos agricultores as vantagens da elaboração de "composto", ou da associação com criação de gado ou avicultura.
- e) O experimento em questão apenas tornou evidente que a fertilização do solo é uma das formas técnicas viável para o acréscimo da produção de arroz quando cultivado em condições de Latosol Amarelo da terra firme do estuário do Amazonas, mas ainda não econômica, tendo em vista as despesas de insumos que não possibilitam margem de lucro.

## 5. R E S U M O

No presente trabalho os autores divulgam os resultados obtidos em um experimento de adubação na cultura de arroz, levado a efeito na Escola de Agronomia da Amazônia, em condições de Latosolo Amarelo. Como melhores tratamentos destacaram-se o estêrco de curral associado à adubação mineral, em 1º lugar, e sòmente estêrco de curral, em 2º lugar, que atingiram produções de 2.220 kg/ha e 1.709 kg/ha, correspondentes a 138% e 83% sòbre a testemunha, respectivamente. Não obstante, levando em consideração as despêsas com insumos, concluíram ser, na atualidade e nas formulações testadas, antieconômica tal prática.

## S U M M A R Y

In the present work, the authors report the results obtained in a fertilizer experiment with rice, carried out at the Escola de Agronomia da Amazônia, in a yellow Latosol. The best treatments were farm manure with mineral fertilizers and farm manure alone which gone yield of 2.220 and 1709 kg/ha respectively, representing increases of 138% and 83% over the control. However, considering the cost of fertilizers, both treatments would be uneconomical under present conditions.

## L I T E R A T U R A C I T A D A

1. Brasil, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico, 1970. Guanabara, 1970.
2. Suíça, Institut International de la Potasse. Le Riz et sa fertilization. Berne, 1955.

## BASES FISIOLÓGICAS DA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS

MORAES, V.H.F. \*

### INTRODUÇÃO

Os presentes comentários não têm a intenção de deslocar pontos de vista já estabelecidos, mas introduzir e divulgar novos conceitos, que complementem e se integrem aos conhecimentos que formam normalmente o arcabouço de idéias básicas adquiridas no curso de agronomia.

É possível que, com as considerações aqui contidas, o técnico ou pesquisador encontre um novo instrumento de análise, capaz de contribuir para sua orientação, na complexa tarefa de diagnose de problemas das culturas no campo, ou elaboração de hipóteses de trabalho, para a elucidação de problemas específicos.

Notar-se-á que certas áreas de conhecimento, extremamente importantes para a produtividade vegetal, como a nutrição mineral, serão abordadas muito ligeiramente.

É que se trata de assunto com ampla literatura em português e estudado com suficiente detalhe no curso de agronomia da E.A.A.

Na realidade, o tema central a ser desenvolvido refere-se à fotossíntese, como a principal componente da produtividade vegetal, uma vez que o peso seco das plantas é constituído, geralmente, em mais de 90% de matéria orgânica proveniente da fixação de carbono (Blackman, 1966).

(\*) — Auxiliar de Ensino do Departamento de Agricultura da EAA.

Claro está que como técnicos engajados aos problemas de produção agrícola, interessa-nos discernir quais os fatores que influem com mais intensidade sobre produção de órgãos da planta de valor econômico.

No primeiro caso, em que se considera o aumento de peso seco da planta inteira, por unidade de área de solo, em determinado intervalo de tempo, temos a Produtividade Primária, ou Produtividade Biológica da cultura.

A Produtividade Agrícola depende da "Capacidade de Armazenamento", isto é, da fração da Produtividade Primária que é armazenada em determinados órgãos, como sementes, frutos, tubérculos, folhas ou caules.

No que se refere a esta fração, também vale a afirmativa de que o seu valor absoluto depende primariamente da fotossíntese, já que também é constituída predominantemente de produtos derivados da fixação de  $\text{CO}_2$ .

A diferença com relação à produção total de matéria seca é que, além de depender dos elementos plásticos provenientes da fotossíntese, a Capacidade de Armazenamento é também função dos fatores de correlação e coordenação do crescimento e desenvolvimento.

A essa altura vale perguntar porque tão poucas referências têm sido feitas a respeito do sistema fitossintetizante das plantas, relacionadas com os produtos de aumento da produtividade vegetal.

A nosso ver a resposta envolve dois aspectos principais.

Em primeiro lugar, os estudos iniciais sobre a fotossíntese visavam à elucidação do seu mecanismo e apesar dos notáveis progressos feitos nesse sentido, ainda não é possível vislumbrar-se uma aplicação desses conhecimentos para o aumento de produtividade, através do aumento da intensidade de área foliar, em folhas isoladas.

Os efeitos da fotossíntese sobre o crescimento não são tão evidentes como os da correção de carências de nutrientes, controle de pragas e doenças, irrigação ou melhoramento ge-



nético. A fotossíntese, em essência, age como a resultante da ação integrada de todos esses fatores. É natural que o interesse se focalizasse inicialmente sobre os componentes controláveis e não sobre a resultante de difícil interpretação.

Essas circunstâncias certamente têm obscurecido o fato central de que o *aproveitamento máximo da energia luminosa constitui a base fisiológica do alto rendimento das culturas.*

### A IMPORTÂNCIA DA ÁREA FOLIAR

Imaginemos um campo recém-semeado. Após a germinação, as folhas da cultura vão cobrindo progressivamente o terreno, aumentando a capacidade de área, de aproveitar a radiação solar. Na análise do crescimento das culturas é de grande importância, evidentemente, a relação entre a superfície total das folhas da cultura e a área de solo ocupada pela cultura. Tal relação é denominada Índice de Área Foliar — IAF. Um IAF igual a 4 significa que em um hectare do terreno (por exemplo) há 4 hectares de superfície de folhas.

Na figura 1 representamos o crescimento da área foliar, de uma determinada cultura, comparada às produtividades biológicas correspondentes a cada IAF.

O aumento do IAF é representado por uma sigmoide, já que representa o crescimento de um órgão de planta.

Com os aumentos iniciais do IAF verificam-se aumentos correspondentes e proporcionais na Produtividade Biológica até um certo ponto ótimo de IAF, que corresponde ao máximo de produtividade. A partir desse ponto, acréscimos posteriores de IAF acarretarão declínio de produtividade, em razão do autossombreamento, de modo que a intensidade luminosa que atinge as folhas inferiores pode estar abaixo do seu Ponto de Compensação. Essa redução pode chegar a anular posteriores acréscimos de biomassa, quando o IAF chegar a um ponto em que as folhas superiores produzem apenas o suficiente para o consumo das folhas inferiores e outros órgãos das plantas. Esse ponto corresponde ao estágio de climax.

Uma vegetação natural, com IAF máximo, acha-se em estado de climax.

Tendo em vista que em condições que excetuem a carência aguda, o efeito da adição de fertilizantes, com exceção do potássio (Moyer 1955), não interfere na intensidade fotosintética, pode-se concluir que, de um modo geral, o efeito dos fertilizantes no aumento da produtividade se faz sentir através do aumento da área foliar, principalmente quanto ao Fósforo e Nitrogênio.

O segredo da alta produtividade agrícola consiste em manter-se o IAF o mais próximo possível do ponto ótimo e em atingir o mais rapidamente esse ponto.

Pode-se interpretar os efeitos positivos de todos os tratos culturais como adubação, poda, tratos fitossanitários, irrigação, etc. como agindo através de alterações do IAF.

A afirmativa anterior pode não acrescentar nenhuma solução imediata para o problema da agricultura, mas constitui um potente instrumento de análise, um roteiro muito útil a ser considerado.

Pois se considerarmos que, quando os tratos culturais não se tornarem extremamente limitantes, maiores acréscimos de produtividade poderão ser conseguidos através do manejo adequado das variações da superfície foliar, seja pelo controle das adubações, principalmente da adubação nitrogenada, no caso dos cereais e outras culturas de ciclo curto, seja através das podas em culturas permanentes, ou das variações no espaçamento; se cada vez que estivermos pesquisando a influência desses ou de outros fatores, levarmos em conta que seus efeitos se faziam sentir através do IAF, é possível que cheguemos mais rapidamente à melhor compreensão dos efeitos isolados de cada fator e da melhor maneira de combiná-los.

O que se propõe é que se considere o desenvolvimento de uma planta como função de todo o ambiente e não apenas dos que se relacionam ao substrato sólido.

Como foi dito anteriormente, maior ênfase foi dado inicialmente ao estudo do mecanismo da fotossíntese. Esses estudos eram feitos em folhas isoladas, sem considerar a multiplicidade de diferentes condições de cada folha da planta em relação à luminosidade e outros fatores como concentração de CO<sub>2</sub>, umidade relativa do ar e turbulência da atmosfera.

Informações mais úteis para a agricultura têm sido obtidas pelo estudo da fotossíntese em plantas inteiras. Os procedimentos desse tipo de estudo denominam-se Análise de Crescimento.

A análise clássica do crescimento tem o mérito especial de separar os efeitos das mudanças na *eficiência* do sistema fotossintético, causados pelos fatores externos, das mudanças devidas ao *tamanho* do sistema associado com o crescimento e senescência (Watson, 1968).

Mede-se a fotossíntese durante maiores intervalos (no máximo 15 dias) e estas medidas são mais informativas que breves determinações intermitentes.

O objetivo prático da fisiologia das culturas é determinar que fatores da planta ou do ambiente controlam a produção de matéria seca útil e então ajustá-los para assegurar a produção máxima.

Os resultados da análise de crescimento, mostrando como a produção é restringida pelas condições ambientais ou por insuficiência de áreas foliar são de imediata relevância para esta finalidade (Watson, 1968).

Para isso, além do IAF, são determinados outros parâmetros focalizados a seguir.

### **TAXA DE ASSIMILAÇÃO EFETIVA**

Quando se mede a fotossíntese, seja pela determinação do CO<sub>2</sub> fixado, O<sub>2</sub> liberado, ou aumento de peso seco, estamos determinando a diferença entre a fotossíntese real e o consumo feito pela respiração ou seja, determinamos a fotossíntese aparente.

Na análise de crescimento, trabalhamos com uma população uniforme, da qual é feita uma amostragem significativa inicial, em que se determina o peso seco total, incluindo raízes e a área foliar. Após um determinado intervalo, tomamos nova amostra, realizando idênticas determinações :

Teremos então :

- $P_1$  = peso seco inicial
- $P_2$  = peso seco da 2ª amostra
- $P_2 - P_1$  = aumento de peso seco
- $A_1$  = área foliar inicial
- $A_2$  = área foliar da 2ª amostra
- $T_2 - T_1$  = tempo decorrido entre as amostragens.

A Taxa de Assimilação Efetiva é dada pela fórmula:

$$TAE = \frac{(P_2 - P_1) (\ln A_2 - \ln A_1)}{(A_2 - A_1) (T_2 - T_1)}$$

TAE nos dá um valor médio da produção de matéria seca por área de folha. É um valor médio porquê como vimos (fig. 1) dependendo das condições de iluminação, cada folha apresenta uma Intensidade Fotossintética diferente e as medidas são feitas durante um intervalo de tempo em que há acréscimo de IAF, por isso a introdução da função logarítmica.

Como a Taxa de Assimilação Efetiva é um valor médio por unidade de área foliar, o seu produto pelo IAF, que inclui a área do solo, nos dá a Produtividade Primária.

$$TAE \times IAF = PP$$

Esse valor é, logicamente, um valor diferencial para um determinado IAF em pequeno intervalo, há necessidade de integrá-lo para obter o número de matéria seca durante intervalos maiores.

Já nos referimos à importância do IAF e agora, com essa equação, mais fácil se torna compreender sua importância. já que a TAE para uma determinada variedade, é pouco influenciada pelo suprimento de nutrientes com exceção dos casos de carência aguda.

## EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA

A eficiência da conversão da energia radiante em energia química pode ser medida, registrando-se a natureza total incidente e calculando-se a fração da energia total, armazenada como energia química, pelo registro do aumento de peso seco.

Teremos :

$$EF = \frac{3,7 \times P.P.}{R \times 0,45} \times 100$$

EF = — Eficiência Fotossintética em %

PP — Produtividade Primária, ou  
Taxa de Produção de Material seca (TPMS)

R = Radiação total incidente

0,45 = Fração da faixa do visível, de radiação total

3,7 = 3/7 Kcal / g de carboidrato.

Em condições de campo verifica-se que a Eficiência Fotossintética é muito baixa, geralmente ao redor de 1%.

A figura 2 expressa em valores médios a partição de energia radiante incidente sobre uma área coberta por vegetação.

Verifica-se que pequena porcentagem de luz incidente é utilizada na fotossíntese, e desta fração, ainda uma pequena parte é convertida em carboidratos. Hoje os fisiologistas tendem a aceitar que são necessário 10 ftons para reduzir um mol de  $CO_2$  (Gaastra 1963) ou seja 10 Einsteins para um mol de  $CO_2$ , com o armazenamento portanto de 112 Kcal.

A energia contida nos 10 Einsteins necessários para reduzir um mol de  $CO_2$  vai depender do comprimento de onda da radiação. Portanto, o rendimento teórico máximo calculado irá variar de acordo com a natureza da luz utilizada nos experimentos com fins desse cálculo.

A luz solar direta, a eficiência de folhas com características médias de absorção é de 17,7% (Gaatra 1963), valor aproximado de 12,5% dado por Loomis (1963).

Vê-se portanto quão distante a eficiência das culturas em condições de campo (ao redor de 1%) está da eficiência fotossintética máxima, em folhas isoladas.

As considerações anteriores sobre a influência do I.A.F. já podem explicar em parte essa diferença, devendo ser acrescentada ainda a influência de fatores limitantes no campo, como luz, CO<sub>2</sub> e disponibilidade hídrica, no caso de solos de fertilidade mediana.

### **TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO E RAZÃO DE ÁREA FOLIAR**

Para correlação com fatores climáticos em épocas diferentes durante o período de crescimento, são necessárias medidas de crescimento independentes do tamanho das plantas (Watson, 1963).

São então usadas, em vez de TAE e IAF : A Taxa de Crescimento Relativo

$$\text{TCR} = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

e a Razão de Área Foliar

$$\text{RAF} = \frac{\text{Área Foliar}}{\text{Pêso sêco}}$$

### **IMPORTÂNCIA DA ARQUITETURA FOLIAR**

Voltando à significação dos fatos expressos pela figura 1 e considerando o exposto até este ponto, vamos dirigir a atenção para a influência da disposição especial e do formato das folhas sobre a produtividade.

É evidente que em condições de maior intensidade de radiação solar, as folhas inferiores receberão mais luz e portan-

to seria possível o desenvolvimento de um IAF mais elevado com correspondente aumento de produtividade.

Outra maneira pela qual o pico da produtividade máxima poderia ser elevado, seria pela menor intercepção da energia luminosa pelas folhas superiores.

No caso de gramíneas, por exemplo, as mais produtivas, como o capim Elefante ou a Canarana Ereta, possuem folhas eretas, que diminuem o autossombreamento. Leguminosas rastejantes apresentam produção de matéria seca sensivelmente inferior a das gramíneas de porte ereto ou leguminosas de caule ereto.

Para as espécies que desenvolvem naturalmente um IAF baixo, por outro lado, é mais vantajosa uma disposição horizontal das folhas. Entre as espécies nativas da floresta amazônica, o exemplo de *Parkia pendula* é típica da distribuição horizontal das folhas contribuindo para uma elevada taxa de crescimento. Outras espécies de crescimento rápido, como *Vochysia guianensis* que desenvolve um IAF elevado, as folhas tendem para a posição vertical.

O formato da copa também é importante não só por influir na disposição das folhas, mas pela sua própria configuração pode alterar a distribuição da luz.

Uma forma cônica, como a do jambeiro, é sempre mais vantajosa, no sentido da manutenção de um IAF mais elevado sem depressão sobre a produção. Em algumas plantas, como o cafeeiro, é possível formar uma copa cônica por meio de podas.

Entre as culturas tropicais, o arroz é uma das mais bem estudadas no que refere a análise do crescimento, e os dados obtidos nesses estudos têm fornecido informações seguras quanto ao controle do IAF por meio da adubação, permitindo o estabelecimento em bases racionais das dosagens parceladas de nitrogênio e época de aplicação.

Para a maioria das variedades, uma dose inicial excessiva de nitrogênio acarreta um IAF excessivo em detrimento da produção de grãos devido ao autossombreamento, em face do

IAF elevado e alteração do formato das folhas, que tendem a formar um ângulo mais aberto com a vertical e a dobrar as pontas para baixo.

Tsunoda (1959) estudando variedade altamente produtivas de batata doce, soja e arroz, verificou que as variedades adaptadas a adubação pesada tendem a ter folhas espessas, eretas, e com arranjo de folhas pouco disperso, ao passo que as variedades de menor produção, que sofrem efeito depressivo de doses maiores de fertilizantes, apresentam folhas finas, dispersas e tendendo para a posição horizontal.

Estudos feitos no International Rice Research Institute, nas Filipinas, levaram ao estabelecimento de um modelo de variedade de arroz adaptada a altos níveis de nitrogênio e correspondente produção elevada de grãos.

Um programa de melhoramento baseado na seleção para estas características produziu novas variedades, com rendimentos muito maiores. Entre estas, destaca-se o IR-8, que vem revolucionando a rizicultura no Oriente, com produções cêrca de duas vezes maiores que as das variedades anteriores. Infelizmente, essa variedade, introduzida em nossas condições, revelou-se suscetível ao ataque de bruzone e o tipo de grãos produzidos, com excesso de "barriga branca" não teria aceitação normal entre os consumidores ocidentais.

Trata-se no entanto de variedades com estrutura vegetativa ideal para alta produção e seria interessante o seu aproveitamento num programa local de melhoramento, visando a alterar o tipo de grão.

Um outro exemplo bem sucedido citado por Watson, (1968) refere-se aos resultados dos trabalhos feitos por L.H. Jones, em Colworth, com feijão francês e anão, em que êsse pesquisador, através da análise de crescimento, definiu o tipo de planta e os tratos culturais para produzir em uma única colheita o rendimento máximo de feijões verdes.

O estabelecimento de modelos de plantas mais produtivas indicou para o trabalho dos melhoristas nos Estados Unidos, uma brusca mudança no tipo de milho a ser desenvolvido. Procura-se atualmente obter plantas de porte baixo, com folhas curtas e eretas, de modo a manter-se um IAF mais



elevado, com espaçamentos menores. Haverá diminuição no tamanho das espigas, mas a produção de grãos por área de solo será significativamente aumentada. Isso acarretará mudanças total nos métodos atuais de cultivo e maquinaria agrícola utilizada (Prior, 1968).

Esses são alguns exemplos ilustrativos de aplicação dos conceitos da análise de crescimento ao problema de aumento de rendimento das culturas. Na realidade, o interesse pelo assunto vem se expandindo, com literatura disponível já bem significativa.

### COORDENAÇÃO DO CRESCIMENTO

Para uma determinada variedade, a produtividade biológica está correlacionada positivamente à produtividade agrícola dentro de certos limites do crescimento, impostos pelos fatos expressos na figura 1.

Porém, a capacidade de armazenamento está controlada por fatores que coordenam o desenvolvimento relativo de diferentes órgãos da planta, e agem independentemente dos fatores que controlam o aumento de matéria seca.

As plantas sensíveis ao fotoperíodo por exemplo, podem apresentar um desenvolvimento vegetativo luxuriante sem haver produção de flôres e frutos.

A Fisiologia do Desenvolvimento é um assunto extremamente complexo e extenso, com áreas de informações ainda muito fragmentárias de sorte que, mesmo um esboço esquemático estaria fora do escopo das presentes notas.

Pode-se visualizar o efeito dos fatores climáticos sobre o desenvolvimento, numa série de 3 etapas (Nitsch 1963) : 1) recepção do estímulo climático por um sistema específico, como o fotocromo no caso do fotoperiodismo, 2) transformação da mensagem climática em mensagem química, e 3) estímulo ou inibição de um determinado processo pela mensagem química.

Um dos objetivos visados pela fisiologia do desenvolvimento é a determinação da espécie de estímulo químico e seu ponto de atuação, de modo a controlar artificialmente o desenvolvimento.

O exemplo citado por Nitsch (1963) do controle de formação de bulbo em cebola é bastante ilustrativo. Dias longos e temperaturas noturnas amenas induzem a formação de bulbos.

Verificou-se que o nível de ácido indol acético aumentava, com transferência de dias curtos para dias longos e que a aplicação de A.I.A. em pequenos seedings sob condições de fotoperíodo não indutivo iniciava o entumescimento da base da folha.

No que se refere à floração de plantas de dias longos, tem-se verificado que dias longos, nessa classe de plantas, produzem um alto nível de auxinas, alto nível de giberelinas, alto nível de substâncias com ação sinérgica sobre as auxinas, alto nível de leuco-antocianinos e baixo nível de inibidores (Nitsch 1963).

A situação se inverte em condições de dias curtos.

Para plantas de dias curtos, até o presente, não foi encontrada correlação deste tipo.

Certas plantas com hábito de crescimento em roseta, como a alface e cenoura, floram com o tratamento com Giberelinas (Lang, 1957).

Ainda resta muito a descobrir sobre o mecanismo de ação dos fitoreguladores: auxinas, giberelinas, citocininas e inibidores, principalmente no que diz respeito ao locus de ação primária, ou seja o "mecanismo de detenção" da sequência de eventos metabólicos que conduzem à expressão visível do controle do crescimento de diferentes órgãos das plantas.

As perspectivas são, no entanto promissoras, sendo possível antever o emprego de fitoreguladores em campos mais extensos que os em que vêm sendo empregados atualmente, como o controle de enraizamento, da queda de flores e frutos jovens ou próximos à maturação, indução de frutos partenocárpicos, eliminação de certos tipos de autoincompatibilidade, solução dos problemas de armazenamento de frutos e tubérculos e controle da maturação de frutos colhidos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fixarmos nossa atenção sobre o problema da produtividade vegetal nos trópicos úmidos, em relação com as zonas temperadas, patenteia-se o fato de que os maiores rendimentos das culturas verificam-se em latitudes médias. Analisando essa questão, Alvim (1962) apresenta o argumento de que a própria produtividade primária elevada nos trópicos (fig. 3) constitui fator de entrave ao seu desenvolvimento, considerando-se que o extraordinário vigor da vida nos trópicos não se manifesta apenas através de plantas úteis para humanidade, mas também pelos vegetais e animais indesejáveis e, particularmente, pelos insetos e parasitas causadores de enfermidades.

Essa, sem dúvida, é uma conclusão bastante válida, mas o fato incontestável de que a pobreza de nutrientes dos solos tropicais é fator limitante do rendimento do cultivo constitui o outro ângulo da questão sobejamente comprovado pela experiência.

Há que levar em conta também o avanço da tecnologia da agricultura nos países de clima temperado, como manifestação do fenômeno global de desenvolvimento econômico.

Contornado o problema da carência de nutrientes, pela correção dos fatores limitantes, quer pela adição de fertilizantes, ou pela localização dos cultivos em áreas de maior fertilidade, como várzeas ou terras rãs, ou pelo estabelecimento de um equilíbrio biológico, como o das florestas, os dados da figura 3 correspondem perfeitamente à realidade.

O principal fator responsável pela maior produtividade primária nos trópicos é a radiação solar.

Parece-nos portanto lógico admitir, e alguns resultados o comprovam, que nos trópicos úmidos, os acréscimos na produtividade agrícola devem ser atingidos, levando-se em conta também a melhor maneira de "colher o sol", por intermédio das culturas.

Já que em nossas condições, a radiação solar apresenta-se em níveis mais elevados que nas regiões temperadas, os trabalhos em que se visa o aumento da produtividade das culturas devem explorar esse fator favorável.

## RESUMO

No trabalho em questão, que tem como tema central a fotossíntese, o autor tece considerações sobre produtividade primária, produtividade biológica e produtividade agrícola dos vegetais, dissertando ainda sobre a importância da área foliar, taxa de assimilação efetiva, eficiência fotossintética, taxa de crescimento relativo e razão de área foliar, importância da arquitetura foliar e coordenação do crescimento nas plantas, terminando por tecer comentários sobre produtividade nos trópicos.

## SUMMARY

The central theme of the present work is photosynthesis and the author takes into consideration the primary productivity, biological productivity, and agricultural productivity of plants. The importance of total leaf area, effective assimilation rate, photosynthetic efficiency, relative growth rate, leaf area ratio, leaf arrangement (Plant architecture) and coordination of plant growth, is taken into consideration in order to arrive at conclusions concerning productivity in the tropics.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvim, P. de T. (1962) Los Factores de la Productividad Agrícola. Curso Internacional de Bases de la Productividad Agrícola IICA Zona Andina, Lima, Peru.
- Blackman, G.E. (1966) The Analyses of the Factors which determine Limits of Productivity. Comunicacion al Coloquio "Aportacion d elas Investigaciones Ecológicas y Agrícolas a la Lucha del Mundo contra el Hambre. Madri.
- Gaastra, P. (1963) Climatic Control of Protosynthesis and Respiration. in Environmental Control of Plant Growth L. T. Evans. Ed. Acme. Press. N.Y. London: 113-138.
- Lang, A. (1957) The Effect of Gibberellin upon Flower Formation. Proc. Nat. Acad. Sci. 4: 709-717.

- Loomis, R.S. and Williams, W. A. (1963) Maximum Crop Productivity: an Estimate. *Crop Science* 3: 67.
- Mayer, D.T., (1955) Effect of Ecological Factors on Photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* v. 6: 135-156.
- Nitsch, J.P. (1963) The Mediation of Climatic Effect through Endogenous Regulating Substances, in Environmental Control of Plant Growth. L. T. Evans Acme Press. N.Y. London.
- Prior, C. L. (1968) Shaping the Corn Plant. *Crops and Soil*. Dec. 1968: 16-17.
- Tanoda, S. (1959) *Japan J. Breed.* 9: 237, citado em Toshiro Saeki (1963) Light Relations in Plant Communicaties. Environmental Control of Plant Growth. L. T. Evans Ed. Acme. Press N.Y. London.
- Watson, D.I. (1963) Climate, Weather, and Plant Yield. in Environmental Control of Plant Growth. L. T. Evans Ed. Acme. Pres. N.Y. London.
- Watson, D. J. (1968) Perspectives of Crop Physiology. *Ann. Appl. Biol.* 62: 1-9.

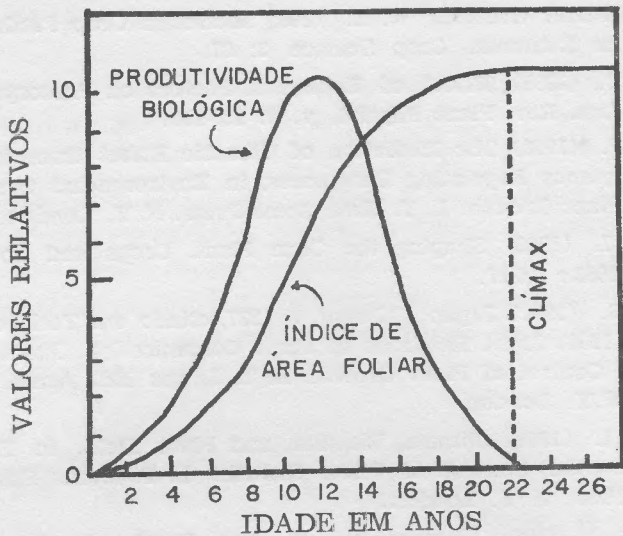


Fig. 1 — Produtividade em função do IAF

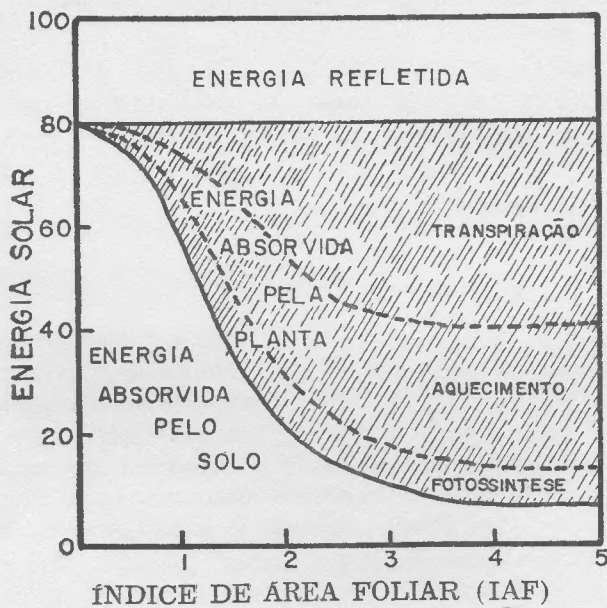


Fig. 2 — Distribuição da radiação solar incidente sobre uma área coberta por vegetação.

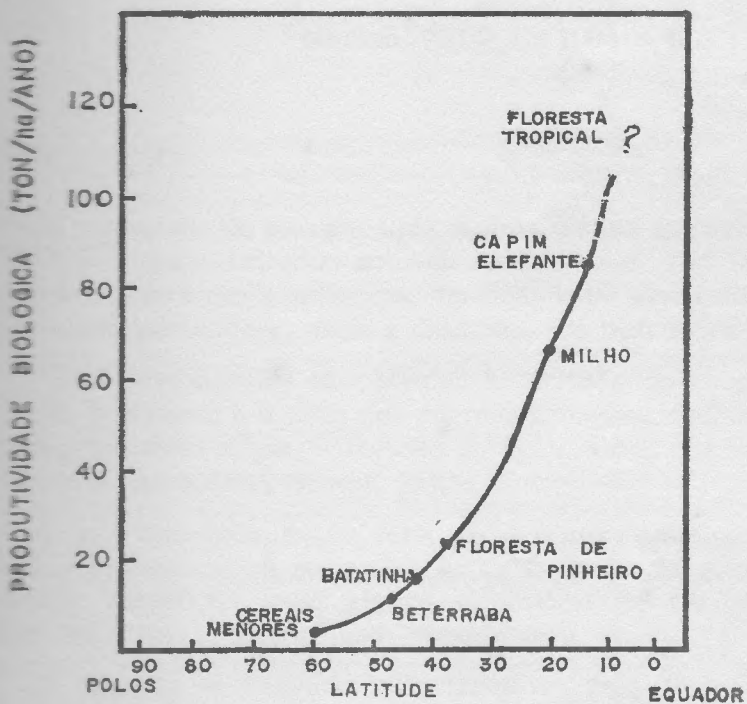


Fig. 3 — Produtividade biológica de distintos e diferentes latitudes.

## VARIAÇÕES DE pH E DA SOLUBILIDADE DO FÓSFORO EM SOLO DE VÁRZEA INUNDADO <sup>1</sup>

MORAES, V.H.F. <sup>2</sup> E BASTOS, J.B. <sup>3</sup>

### INTRODUÇÃO

A submersão do solo por uma lâmina d'água em cultura de arroz irrigado, introduz notáveis modificações nas suas propriedades físicas e químicas, verificando-se assim condições muito particulares, para a dinâmica dos nutrientes.

Essas modificações são devidas à exclusão do oxigênio no solo submerso, e à ação dos microorganismos, ocorrendo mesmo nos solos apenas saturados de água, ainda que com drenagem satisfatória (Taylor, 1949).

O solo inundado, no entanto, não é uniformemente desprovido de oxigênio. A concentração de  $O_2$  pode ser alta na camada superficial, com alguns milímetros de espessura (Martimer, 1941; De Gee, 1950; Mitsui, 1955).

A camada de oxidação caracteriza-se pela coloração amarelo escuro e pela presença de ions oxidados, como  $Fe^{+3}$ ,  $Mn^{+4}$ ,  $NO_3^-$  e  $SO_4^-$  e microorganismos aeróbicos. Abaixo dessa fina camada, situa-se a camada cinza, de redução, com os ions na forma reduzida, como  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $NH_4^+$  e  $S^-$ , e microorganismos anaeróbicos.

- 1 — Entregue para publicação em 6 de novembro de 1970
- 2 — Auxiliar de Ensino do Departamento de Agricultura da Escola de Agronomia da Amazônia e Pesquisador em Agricultura do Setor de Botânica do IPEAN. Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas T. C. nº 10.952.
- 3 — Pesquisador Químico do Setor de Solos do IPEAN.



Na camada de oxidação o potencial redox situa-se em torno de 300 milivolts, decrescendo para cêrca de — 300 milivolts na camada de redução ,após a estabilização, que se dá com a redução dos nitratos para nitrogênio elementar inicialmente, seguindo-se a redução do manganês e posteriormente a do ferro. (Ponnamperuma, 1964).

A transformação química mais importante que ocorre nos solos inundados é a redução do ferro e conseqüente aumento de solubilidade dêste elemento. Com a redução dos fosfatos férricos para fosfatos ferrosos, mais solúveis, há um aumento da disponibilidade do fósforo (Eriksson, 1952) e aumento do pH devido ao acréscimo de  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ .

Eiensele (1936) foi o primeiro autor a registrar aumento da solubilidade do fósforo em lamas do fundo de lagos.

O aumento da solubilidade do fósforo é também atribuída ao deslocamento do anion  $\text{PO}_4^{--}$  do fosfato férrico e do fosfato de alumínio, por ions orgânicos (Bradley and Sieling, 1953).

Além do fósforo, tem sido constatado o aumento de solubilidade do silício, pelo mesmo mecanismo de liberação dos fosfatos (Ponnamperuma, 1964) e do potássio, por deslocamento dêsse elemento da rêde cristalina do complexo de argila pelo  $\text{Fe} + 2$  (Clark and Resnicky, 1956).

Apesar do grande número de estudos feitos sôbre o aumento da solubilidade do fósforo com a inundação, são escassas as informações sôbre as variações de concentração do fósforo na solução do solo com o decorrer do tempo após a submersão (Ponnamperuma, 1964).

Por outro lado a potencialidade dos solos de várzea do estuário para cultura de arroz, Lima (1956), que dependendo da comprovação de rentabilidade econômica, poderão ser utilizados na cultura irrigada, e as informações a respeito da baixa disponibilidade de fósforo em solo de várzea não irrigado (Alvim e Santana, 1967) estimularam a realização do presente trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram colhidas em várzea do Rio Guamá até a profundidade de 20 cm, secas ao ar, pulverizadas, peneiradas e homogeneizadas.

Foram colhidas amostras em solo de várzea alta sob floresta original e em área de várzea alta cultivada sem adubação, com diferentes culturas, como arroz, milho e juta.

Em vasos de Mittscherlich, com capacidade para 5kg de solo, cobertos internamente com plástico, foram colocados 3 kg de solo, e feita a submersão após completa embebição.

As amostras para análise não foram simplesmente retiradas de áreas de arroz irrigado devido a possíveis desuniformidade no teor de matéria orgânica nas quadras de plantio.

As latas foram colocadas em casa de vegetação.

No solo de mata foram feitas 4 séries, com lâminas d'água de 4, 8, 12 e 16 cm de profundidade.

No solo cultivado a lâmina d'água foi mantida com 8cm de profundidade.

Semanalmente eram feitas coletas de amostras para análise, retirando-se a água dos vasos e separando-se a camada superficial até cerca de 5cm.

Após a coleta de amostra para análise, retirada da camada abaixo dos 5 cm, o solo superficial era reposto uniformemente e colocado novamente a mesma água de cada vaso.

As análises foram feitas no laboratório do Setor de Solos do IPEAN, pelos métodos adotados neste Setor (Guimarães et al. 1970) tendo sido feitas determinações de pH, de fósforos e de potássio.

As amostras para análise foram medidas no laboratório em base volumétrica, referindo-se os resultados para o solo seco, com base em determinação prévia do peso seco em estufa a 105°C, de igual volume do solo seco ao ar e do solo encharcado.

## RESULTADOS

No Gráfico 1 estão contidos os resultados obtidos sobre a variação de P, em p. p. m. do solo analisado.

O teor de fósforo trocável no solo sêco, da amostra retirada sob a mata, foi de 14 ppm, muito mais elevado que o da amostra colhida de solo cultivado, de 6 ppm. Com o decorrer da inundação, as diferenças tornam-se ainda bem mais acentuadas.

No solo cultivado o teor de fósforo trocável elevou-se até cerca de 25 dias após o início da submersão, estabilizando-se em torno de 49 p. p. m de P, enquanto que no solo sob a mata, a elevação do teor de fósforo solúvel continua até cerca de 45 dias, estabilizando-se em torno de 98 p. p. m.

Não foram encontradas diferenças sensíveis de fósforo solúvel entre as diferentes profundidades de lâmina d'água, razão pela qual no solo cultivado foi empregada apenas a submersão com lâmina d'água de 8 cm.

Tanto no solo sob mata, como no solo cultivado, o pH estabilizou-se com cerca de 20 dias após o início da submersão (Gráfico 2), elevando-se de 4,6 no solo cultivado sêco, para 6,9 e de 5,4 no solo sob a mata, para 7,3.

O teor de K trocável manteve-se constante durante todo o período das observações, em torno de 45 ppm para o solo sob mata e de 62 ppm para o solo cultivado.

## DISCUSSÃO

Os fatos que emergem dos gráficos 1 e 2 podem trazer implicações com reflexos na escolha de práticas a serem adotadas na cultura de arroz irrigado.

Os resultados parecem indicar que o semeio direto em solo sêco deve ser o melhor método para o plantio nas condições dos solos estudados, principalmente levando-se em conta os dados de Nagai (1962) e Kazai et Asada (1964), em que se verifica maior contribuição para a produção de grãos, pelo fósforo absorvido até 40 dias após o transplante, embora a fase de maior absorção de fósforo se situe após esse período (Ishizuka, 1964).

O plantio, semeio direto ou transplantio, feito em solo inundado com antecedência, além de beneficiar-se com maior disponibilidade de fósforo e provavelmente de outros nutrientes, inclusive o silício, permite melhor controle de ervas daninhas, que seriam enterradas com o último nivelamento, feito às vésperas do plantio.

Ainda no caso de incorporação de adubo verde, com leguminosas ou vegetação natural, é vantajosa a inundação logo após a incorporação. Com a decomposição aeróbica de matéria orgânica em solo não inundado, a nitrificação condicionará perdas elevadas de nitrogênio por volatilização, após a inundação (Williams, 1962).

Os dados estabelecem ainda, com segurança, ser desnecessária a calagem para o arroz irrigado, nas condições dos solos estudados.

Resta determinar se o nível de fósforo solúvel, muito mais alto no solo de mata após a inundação, é devido o maior teor de matéria orgânica no solo de mata.

Outro aspecto que merece destaque prende-se ao fato de não se haver verificado decréscimo do nível de fósforo solúvel, mesmo com 120 dias após o início de inundação. Nos dois tipos de solo, o teor de fósforo solúvel manteve-se estável após atingir um máximo.

Nos dados apresentados por Ponnampertuma (1964), o teor de fósforo solúvel atinge um máximo, com 20 dias após o início de inundação, passando a decrescer, para estabilizar-se a um nível ligeiramente superior ao do solo sêco, com cerca de 50 dias.

A diminuição do fósforo solúvel a partir dos 20 dias é explicada pela readsorção do fósforo pela argila ou hidróxido de alumínio e/ou destruição por ação microbiana, dos complexos orgânicos solúveis, formados no início da inundação.

Nas condições de pH verificadas neste trabalho, a baixa solubilidade de alumínio não teria condições de atuar sensivelmente na insolubilização do fósforo. Quanto à destinação de complexos orgânicos, é possível que no caso dos solos de várzea do Guamá, a maior parte do fósforo tornado solúvel seja devido à redução do ferro.

Vieira (1966) estudando esses mesmos solos verificou que o fósforo inorgânico total está ao redor de 200 ppm, com cerca de 30% correspondendo a fosfato férrico. Portanto, os níveis encontrados para o fósforo solúvel podem ser representados principalmente pela redução do fosfato férrico.

Outro aspecto que merece posteriores estudos refere-se à dúvida suscitada por Ponnampertuma (1964) de que os fosfatos solubilizados poderiam novamente tornar-se insolúveis, em contato com a rizosfera, de arroz, onde o potencial redox é mais alto.

Há diversas evidências de que os fosfatos solubilizados com a inundação são facilmente absorvidos pelo arroz (Schofield, 1955), porém esse é um fato que exige comprovação experimental, nas condições dos solos de várzea do estuário amazônico.

Merece destaque o fato de não se haver verificado o decréscimo dos teores de fósforo solúvel, com o decorrer da inundação, encontrado por Ponnampertuma (1964), de modo que o fósforo liberado, se realmente assimilável, pode permanecer disponível durante todo o ciclo da cultura.

Tão logo haja condições para análise dos elementos, será interessante verificar, a esse respeito, o comportamento do silício, do manganês e do próprio ferro.

## R E S U M O

Em amostras colhidas em solo de várzea alta sob mata e em solo de várzea alta, cultivado por um período indeterminado, foram medidas as variações de pH, de fósforo trocável e de potássio trocável após a submersão.

No solo sob mata, o fósforo trocável elevou-se de 14 ppm de P até 98 ppm, com cerca de 40 dias após o início da submersão. O pH do solo seco foi de 5,4; passando para 7,3 após cerca de 25 dias de submersão.

No solo cultivado, o fósforo trocável aumentou de 6 ppm, para cerca de 49 ppm, dentro de 25 dias, enquanto que o pH elevou-se de 4,6 para 6,9, em igual período.

As observações foram estendidas até 120 dias, verificando-se a manutenção do pH e dos teores de fósforo, estabilizados nos valores máximos citados. Não foram verificadas variações sensíveis nos teores de potássio trocável após a submersão.

São avaliados esses resultados em termos de orientação da pesquisa sobre adubação e adoção de métodos de preparo de área para arroz irrigado.

#### ABSTRACT

The increase in solubility of soil phosphorus and potassium, and the rise in pH, after being flooded with water, was determined in lowland soils (várzea soils) of Guamá river, Belém, Pará, Brazil, in a period of 120 days.

In a soil sample taken under forest, it was found a rise from 14 ppm  $P_2O_5$  in dry soil, to 98 ppm, within 40 days.

The same kind of soil, under cultivation, showed a rise from 6 ppm, to 49 ppm, within 25 days.

After reaching a peak, there was no decrease in solubility of phosphorus, until 120 day of submergence.

The pH raised from 4.6 to 6.9 in the soil under cultivation, after 25 days elapsed since flooding was started. In the same period, the pH of forest soil raised from 5.4 to 7.3.

After reaching a peak pH remained practically unchanged too.

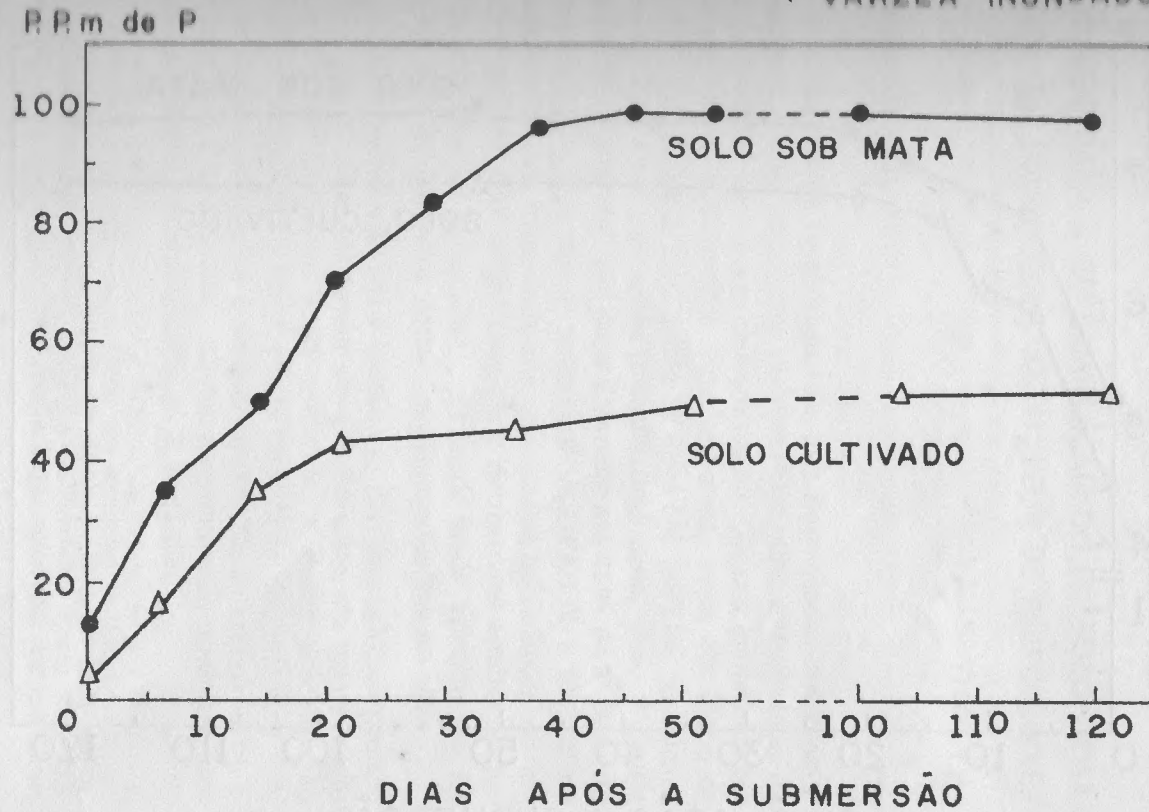
The stabilization in a high level of soluble phosphorus after a long time submergence is not in agreement with Ponnemperuma's findings (Ponnemperuma, 1964)

No change has been detected in potassium solubility after flooding.

## REFERÊNCIAS

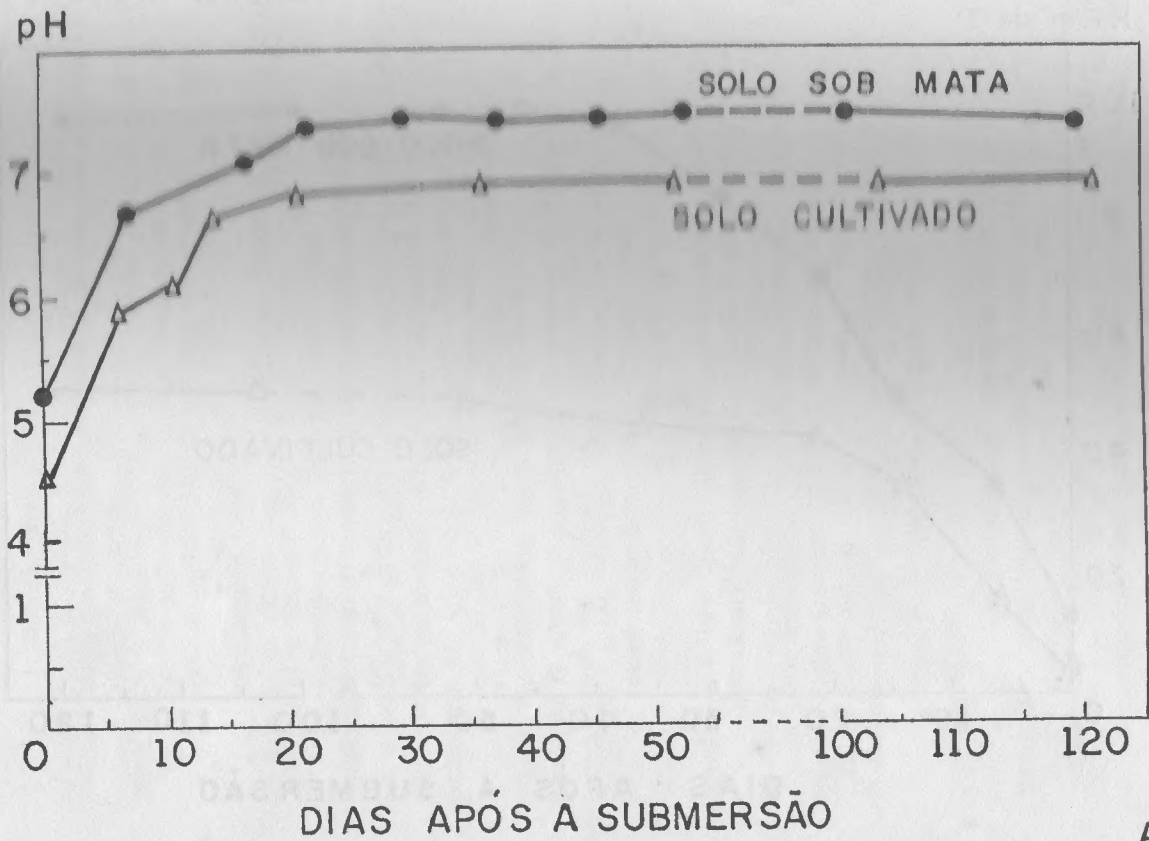
- Alvim P. de T. e Santana, C. J. L. (1967) Diagnóstico das deficiências minerais em solos da região amazônica pelo método das microparcelas. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica 1 (Geociências): 69-73.
- Bradley, D. B. & Sieling, D. H. (1953) Effect of organic anions and sugar in phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. Soil Sci. 76 (3): 175-79.
- Clark, F. E. & Resnicky, J. W. (1956) Some mineral elements levels in the soil solution of a submerged soil in relation to the rate of organic matter addition and length of flooding. Sixt Intern. Congres. Soil Sci. Paris R: 545-48. Citado em Ponnamperuma (1964)
- De Gee, J. C. (1950) Preliminary oxidation potencial determinations in a "Sawah" profile near Bogor (java) Trans Fourt Internat. Congre. Soil Sci. 1:300 — 303
- Erikson, E (1952) Physico-chemical mehaviour of nutrients in soil. J. Soil. Sci. 3 (2): 238-50
- Einsele, W. (1936) Ueber die besiehung des eisen kreislauf im eutrophen. See. Arch. Hydrobiol. 29, 664-86.
- Guimarães, G. A., Bastos, J. B. e Lopes, E. de C. (1970) Métodos de análise física, química e instrumental de solos. Série Química de Solos, Inst. de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte. Vol. 1, nº 1.
- Lima, R. R. (1956) A agricultura nas várzeas do estuário do Amazonas. Bol. Tec. do Inst. Agron. do Norte. Nº 33.
- Kasai, Z. e Asada, K. (1964) Translocation of mineral nutrients and other substances within the rice plant. In the Mineral Nutrition of the rice plant. The Jons Hopkins Press. Baltimore, Maryland. 295-328.
- Moratimer, C. H (1941) The exchange of dissolved substâncias between mud and water in lakes. J. Ecol. 29 (2): 280-329.
- Mitsui, S (1955) Inorganic nutrition fertilization and soil amelioration for lowland rice. 2a. ed. Yokendo Press. 107 p.
- Nagai, I (1962) Japonica Rice its breeding and culture. Yokendo Ltd. Tokyo, 843 pgs., 132 figs., 98 tabs: 557-58
- Ponnamperuma, F. N. (1964) Dynamic aspects of flooded soil and the nutrition of the rice plant. In The Mineral Nutrition of the Rice Plant. The John Hopkins Press. Baltimore, Maryland: 295-328.
- Schofield, R.R. (1955) Can a precise meaning be given to "available" soil phosphorus? Soils and Fertã 18 (5): 373-75
- Taylor, S.A. (1949) Oxygen diffusion in porous media as a measure of soil aeration. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 14:55-61
- Vieira, L. S. (1966) Ocorrência e forma de fósforo em solos da Amazônia. Tese de M. S. apresentada ao Conselho da Escola de Graduados do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas. Turrialba, Costa Rica
- Williams, W. A. & Finrock, D. C. (1962) Effect of placement and time of incorporatopn of vetch on rice fields. Agron. J. 54: 547-62.

GRAF. I - VARIACÃO DA SOLUBILIDADE DO FÓSFORO EM BOLOS DE  
VÁRZEA INUNDADO





GRAF.2 - VARIAÇÃO DE pH EM SOLO DE VÁRZEA INUNDADO



A.S.

# MÉTODO PARA A DETERMINAÇÃO DO FÓSFORO ORGÂNICO EM SOLOS COM ALTO TEOR DE FERRO LIVRE<sup>1</sup>

L. S. VIEIRA (2)

## INTRODUÇÃO

O estudo do fósforo do solo tem despertado, nos pesquisadores, grande interesse ultimamente, daí a variedade da metodologia para a sua determinação. O seu conteúdo, por exemplo, na maioria dos solos minerais, varia em torno de 0,05% (6), de onde uma parte se deve aos fosfatos complexos de Al, Fe e Ca e outra aos fosfatos orgânicos, que, segundo BLACK e GORING (5), pode alcançar até 75% do P total ou mesmo 80%, segundo os trabalhos de AWAN (4) e FRIEND e BIRCH (7) em solos tropicais. Foi desta necessidade de conhecimentos que surgiu uma série de métodos analíticos que visaram sempre determinar, de modo mais aproximado do real, os conteúdos das várias frações do fósforo do solo.

A determinação do P orgânico, por exemplo, se pratica já a uns 75 anos (6) apesar de que hoje em dia segue sendo sempre um problema a ser resolvido. A maior preocupação está em serem indiretos a quase totalidade dos métodos, isto é, o fósforo orgânico é considerado como a diferença entre o P total e o P inorgânico. Como consequência, qualquer erro irá se refletir na quantidade de P orgânico.

- 1 Trabalho executado com a ajuda das seguintes instituições: U. S. Atomic Energy, baixo contrato AT (30-1) — 2043, no Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas — Turrialba, Costa Rica; CA PES; e do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte (1967).
- 2 Professor Titular da Escola de Agronomia da Amazônia e da Universidade Federal do Pará, bolsista do IDESP.

Os métodos atualmente em uso para a determinação do P orgânico podem ser classificados em quatro grupos principais (6): 1) método da ignição; 2) técnica de diferentes extrações; 3) uso de água oxigenada; e 4) determinações diretas empregando carvão ativado como absorvente.

No método da ignição usa-se aquecer a amostra do solo à temperatura bastante elevada, de modo que haja desprendimento de P orgânico das moléculas nas quais se encontra. A temperatura usada pela maioria dos autores está entre 500 e 550° C (8, 9, 17, 20), o suficientemente elevada para que haja a destruição de toda a matéria orgânica. Apesar desta predominância do uso de temperatura bastante alta, LEGG e BLACK (14) só empregaram a temperatura até 240°C, pois supõem que temperaturas bastante elevadas, da ordem de 500 a 600°C causam êrros devido à solubilização do P inorgânico.

Outro método seria o de SAUNDER e WILLIAMS (17), além do de DAHNKE et al (9) que usa ignição com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a 500°C.

A grande aceitação do método da ignição se deve a simplicidade e a rapidez de como se maneja e obtem-se os dados que possa afetar, no transcurso da extração do P mineral, a hidrólise do P orgânico.

Para a extração temos métodos como o de MEHTA et al (16), cujos resultados foram comparados por BLACK e GORRING (5) e VIEIRA (19), principalmente e que recentemente foi modificado por ANDERSON (3).

Outros métodos foram o de SAUNDER e WILLIAMS (17) por exemplo, que usam, além da ignição uma extração com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2 N, o de DORMAAR e WEBSTER (10) e o de MAC LEAN (15) que emprega  $\text{NAHCO}_3$  como extrator.

Finalmente temos os métodos que usam  $\text{H}_2\text{O}_2$  (5,18) e aqueles chamados de determinação direta, como o de GORRING (12), o de ANDERSON e BLACK (2) e o de ANDERSON (1), que emprega cromatografia de coluna.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo do fósforo em solos com alto teor de ferro livre, foi escolhido o método de MEHTA et al (16) por nos parecer que era o que tinha possibilidade de extrair maior quantidade de P orgânico. Entretanto, como o método só permite uma baixa concentração de ferro como não interferindo na determinação do P, verificamos que o seu emprêgo não poderia ser feito normalmente para os solos amazônicos, uma vez que estes possuem em média 10% de ferro livre. Foi observado que, em condições normais da metodologia de MEHTA et al (16), a coloração desenvolvida era bastante instável quando foram usados solos com alta concentração de ferro, como poderá ser visto nos Quadros 1 e 2.

Para resolver este problema e eliminar a fonte de interferência, usou-se uma coluna de resina cambiadora de cátion, através da qual se fez passar as extrações que obedecem a metodologia como seguem e como poderá ser visto na Figura 1.

**Método** — Tomar em um tubo de vidro para centrifuga, 0,5 g de solo peneirado a 0,25 mm de diâmetro e adicionar 5 ml de HCl concentrado. Após aquecer em banho maria, com temperatura em volta de 70°C, por 10 minutos, adicionar mais 5 ml de HCl concentrado e deixar em repouso por uma hora. Adicionar 25 ml de água destilada, agitar e centrifugar. Passar o sôbrenadante para um balão aferido de 100 ml. Em seguida, à amostra de solo, adicionar 15 ml de NaOH 0,5 N e deixar em repouso por uma hora, depois de que centrifugar e colocar o sôbrenadante no frasco de 100 ml onde foi colocada a primeira extração. Feito isto, adicionar agora 30 ml de NaOH 0,5 N, ao tubo de centrifuga contendo o solo, cobrindo-o com um copo de 50 ml e levar a estufa a 90°C por 8 horas. Esfriado o tubo, centrifugar a solução e adicionar o sobrenadante ao frasco de 100 ml contendo os extratos.

Diluir a solução a volume para então serem retiradas as alíquotas para as determinações do P total e da fração inorgânica. O P orgânico é dado por diferença.

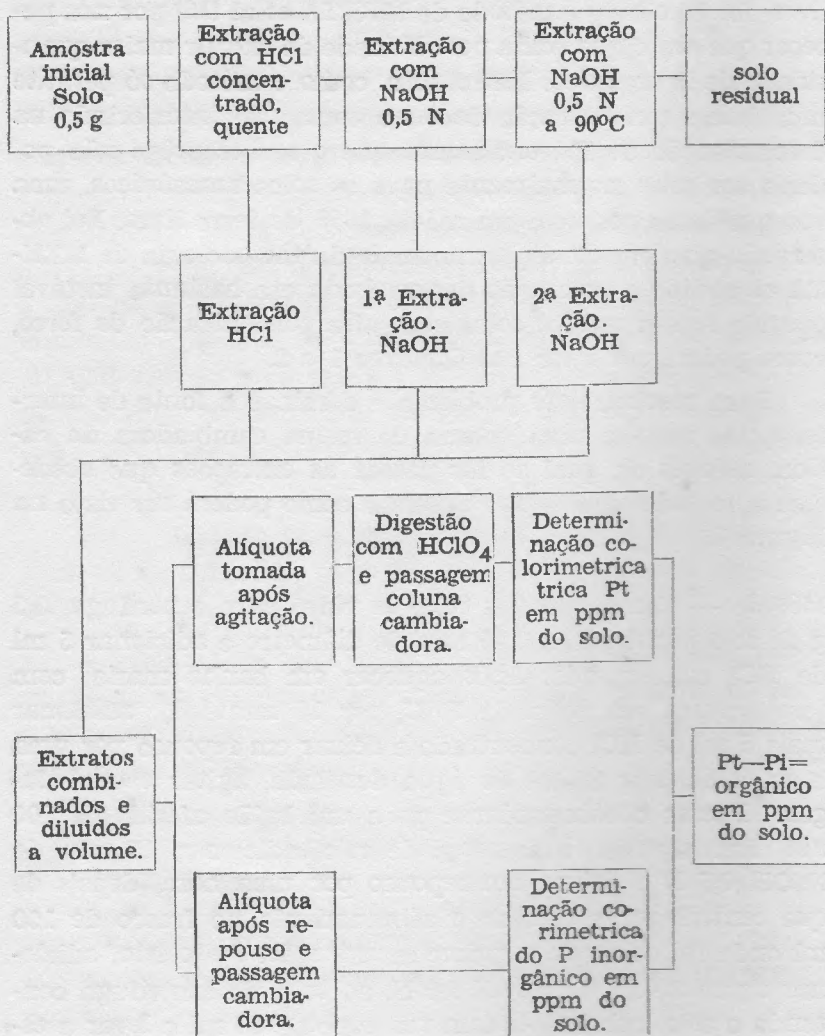


Fig. 1 Esquema para a determinação do P orgânico no solo pelo método de Mehta et al modificado.

### Determinação do P total

Do frasco de 100 ml contendo os extratos, retirar uma alíquota de 25 ml e passar a um copo de 100 ml. A seguir adicionar 2 ml de  $\text{HClO}_4$  a 72% e evaporar a resíduo de  $\text{HClO}_4$  (a temperatura abaixo de  $100^\circ\text{C}$  é mais conveniente). Cobrir o copo com vidro de relógio para reduzir a perda de ácido e continuar a digestão até que o material possua uma cor clara permanente. Não se deve aquecer à secura. Quando o copo estiver frio, adicionar 15 ml de ácido acético a 1% e usando um policial de borracha, passar para uma coluna de 9 cm de comprimento por 2 cm de diâmetro, contendo resina cambiadora de cation fortemente ácida e submeter a sucção de — 10 10l/pul2 o que dará uma percolação total em aproximadamente 15 minutos. Lavar o copo que continha a amostra, duas vezes com 5 ml de ácido acético a 1%, passando a solução pela coluna cambiadora. Em seguida, lavar a coluna duas vezes com 5 ml de água destilada, com a finalidade de lavar o restante do fosfato que possa estar entre as partículas da resina.

Após este procedimento, completar o volume do percolado a 50 ml e retirar a alíquota de 25 ml para a determinação do P total. Tomada a alíquota em um balão aferido de 50 ml, adicionar uma gota de p-nitrofenol a 0,5% e ajustar o pH a 3,0, usando  $\text{NH}_4\text{OH}$  1:1 ou  $\text{HCL}_2\text{N}$ , gota a gota, até a descoloração do indicador. A seguir adicionar 5 ml de ácido cloromolibdico, agitar e acrescentar 33 gotas de  $\text{SnCl}_2$  a 4%, para desenvolver a cor. A leitura é feita em fotocolorímetro a 660 mu, de 5 a 15 minutos após a adição do cloreto estanhoso. Fazer uma curva padrão empregando  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  contendo de 0,0 a 0,8 ppm de P.

### Determinação do P inorgânico

Após ser tomada uma alíquota para a determinação do P total, deixar em repouso a fim de flocular a matéria orgânica em suspensão. Pipetar uma alíquota de 25 ml, fazendo passar através da coluna cambiadora de cation. Tendo percolado a solução e lavado a resina três vezes com 5 ml de água

destilada, completar o volume a 50 ml e tomar uma alíquota de 25 ml para proceder a determinação do P inorgânico. Nesta determinação, adicionar uma gota de p-nitrofenol a 0,5%, ajustar o pH a 3,0 com HCl 2N e NH<sub>4</sub>OH 1:1, acrescentar 5 ml de ácido cloromolibdico e três gotas de cloreto estanhoso a 4%. Fazer a leitura a 660 mu. Fazer também uma curva com solução padrão de 0,0 a 0,8 ppm de P.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 2 apresenta o incremento que tem o resultado do P quando se usa o método da resina em comparação com o método normal de determinação. Isto se deve que a eliminação do ferro, dissolvido durante a extração do fósforo, elimina também a interferência que ocorria quando o ferro estava presente na solução. Os resultados apresentados, onde se pode ver valores bem mais altos de P total e P inorgânico, são uma decorrência da nova metodologia que trabalha somente com anions presentes na solução.

O Quadro 3 mostra a ação da coluna cambiadora quando se usa uma solução sem e com ferro livre. Os dados demonstram que a presença do ferro interfere na determinação do fósforo, com relação ao método usado e que também a passagem da solução contendo fósforo através da coluna de resina, não afeta a concentração do mesmo.

Baseado nestes dados, podemos dizer que o método apresentado torna-se aconselhável para a determinação das frações de fósforo em solos que tenha alta concentração de ferro dissolvido durante o processo de extração.

## SUMMARY

The purpose of this work was to find out a method for determining total, inorganic, and organic phosphorus content in soils containing a high content in free iron, as it commonly occurs in Amazonian soils.

It was followed the method used by MEHTA et al, with a modification consisting in the elimination of cations

through a changing resin strongly acid the washing of the extracting column with a 1% acetic acid solution, in order to separate the phosphorus retained by the resin particles and adsorbed in silica from the sample, in the upper part of the column.

## BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, C. A. Quantitative Chromatographic separation of total organic phosphorus from soil extracts. Ph. D. Dissertation. Ames, Iowa State University, 1962. 166 p.
2. ————— e BLACK, C. A. Separation of organic and inorganic phosphorus in soil extracts by mechanical and chromatographic filtration. Soil Science Society of America, Proceeding 29 (3); 255-259. 1965.
3. ANDERSON, G. Factores affecting the estimation of phosphate esters in soils. Journal of Science Food and Agriculture 11 (9): 497-503. 1960.
4. AWAN, A. B. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. Soil Science Society of America, Proceedings 28 (5): 672-673. 1964.
5. BLACK, C. A. e GORING, C. A. I. Organic Phosphorus in soils. In Soil and Fertilizer Phosphorus. Pierre, W. H. e Norman, A. G., ed. New York. Academic Press, 1955. pp 123-152.
6. BORNEISZA, E. El fósforo orgánico en suelos tropicales. Turrialba (Costa Rica) 16 (1): 33-38. 1966.
7. BRAY, R. H. e KURTZ, L. T. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59 (1): 39-45. 1945.
8. CATANI, R. A. NASCIMENTO, A. C. e GALLO, J. R. Formas de ocorrência do fósforo nos solos do Estado de São Paulo. Revista de Agricultura (Piracicaba) 32 (3): 147-163. 1957.
9. DAHNKE, W., MALCOM, J. L. e MENENDEZ, M. E. Phosphorus fractions in selected soil profiles of El Salvador as related to their development. Soil Science 98 (1): 33-38. 1964.
10. DORMAAR, J. F. e WEBSTER, G. R. Determination of total organic phosphorus in soils by extraction method. Canadian Journal of Soil Science 43 (1): 35-43. 1963.
11. FRIEND, M. T. e BIRCH, H. F. Phosphate responses in relation to soil tests and organic phosphorus. Journal of Agricultural Science 54:341-347. 1960.



12. GORING, C. A. Biological transformation of phosphorus in soil. I. Theory and method. *Plant and Soil* 6 (1): 17-25. 1925.
13. HARRAP, F. E. G. Use of  $\text{Na}_2$  — EDTA in depermination of soil orgânico phosphorus. *Plant and Soil* 14 (1): 82-87. 1963.
14. LEGG, J. O. e BLACK, C. A. Determination of organic phosphorus in soils. II. Ignition method. *Soil Science Society of America, Proceedings* 19 (2): 139-143. 1955.
15. MAC LEAN, A. A. Extraction of organic phosphorus from soils with sodium bicarbonato. *Journal of Soil Science* 45 (2): 165-170. 1965.
16. Mehta, N. C. et al. Determination of organic phosphorus in soil. I. Extraction method. *Soil Science Society of America Proceedings* 18 (4): 443-449. 1954.
17. SAUNDER, W. M. H. e WILLIAMS, E. G. Observation on determination of total organic phosphorus in soil. *Journal of Soil Science* 6 (2): 254-267. 1955.
18. SEM GRUPTA, M. B. e CORNFIELD, A. H. Phosphorus in calcareous soils. II. Determination of organic phosphorus content of calcareous soils and its relation to soil calcium carbonate. *Journal of Science, Food and Agriculture* 13 (12): 115-123. 1963.
19. VIEIRA, L. S. Ocorrência e forma de fósforo em solos da Amazônia, Brasil, Tese de M. S. Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, 1966. 110 p.
20. WALKER, T. W. e ADAMS, A. F. R. Studies on soil organic matter. I. Influence of phosphorus content of parent materials on an accumulation of carbon, nitrogen, sulfur and organic phosphorus in grassland soils, *Soil Science* 85 (6): 307-318. 1968.

**Quadro 1** — Variação da densidade ótica em função do tempo, devido a interferência do ferro extraído pelo método de Mehta *et al.*

Tempo em minuto		1	2	3	4	5	6	8	10	13	15
CL	3046	—	—	0,060	—	0,042	—	0,038	0,030	0,026	0,020
	3047	—	—	0,120	—	0,103	—	—	0,083	—	—
CL	2828	—	—	—	0,043	—	0,044	—	0,033	—	—
	3049	—	—	—	0,055	—	0,028	—	0,025	—	—
	2829	—	—	0,059	—	0,050	—	0,045	0,036	0,032	0,026
	2831	—	—	0,100	—	0,080	—	0,047	0,090	—	—
LBA	3318	0,141	0,130	0,120	0,118	0,105	—	—	0,090	—	—

CL = Concrecionário Laterítico; LBA = Laterítico Bruno Avermelhado

Quadro 2 — Fósforo Total, inorgânico e orgânico determinados com e sem a eliminação do ferro.

Solos	Hor.	P sem tratamento (ppm)			P sem tratamento (ppm)			
		Pt	Pi	Po	Pt	Pi	Po	
LA p	2591	Ap	100	76	24	198	171	27
	2592	A <sub>3</sub>	104	16	88	120	105	15
	2593	B <sub>21</sub>	85	37	48	135	122	13
	2594	B <sub>22</sub>	70	33	37	124	110	14
	2595	B <sub>23</sub>	47	28	19	107	96	11
CL	3046	A <sub>1</sub>	92	83	9	475	255	220
	3047	A <sub>3</sub>	73	52	21	443	230	213
	3048	B <sub>2cn</sub>	88	44	44	370	202	168
LR	3318	Ap	176	53	123	522	202	320
	3319	A <sub>3</sub>	138	44	94	353	182	171
	3321	B <sub>21</sub>	110	36	74	312	202	110
	3322	B <sub>22</sub>	114	49	65	366	280	86

LA p = Latosol Amarelo, textura pesada; CL — Concrecionário Laterítico.

LR = Latosol Roxo.

Quadro 3 — Quantidade de P recolhido de uma solução padrão com e sem ferro, passada através de uma coluna de resina fortemente ácida, cambiadora de cation.

P ppm	Fe Adic. ppm	Concent. P em ppm		P % sem remoção Fe
		Fe removido	Sem tratamento	
0,20	—	0,20	0,20	100
0,40	—	0,40	0,39	97
0,60	—	0,60	0,59	98
0,20	1000	0,19	0,09	47
0,40	1000	0,38	0,16	42
0,60	1000	0,60	0,21	35

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ  
BIBLIOTECA

FALANGOLA  
imprimiu