

ADUBAÇÃO FOSFATADA E ÉPOCAS DE COLHEITAS DO AMENDOIM. I. EFEITOS NAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS¹

KASAI, Francisco Seiiti^{2,3}

ATHAYDE, Manoel Luiz Ferreira⁴

GODOY, Ignácio José de⁵

RESUMO: O experimento foi conduzido durante dois anos em Adamantina, SP, para estudar efeitos de doses de P_2O_5 e épocas de colheita, em diferentes estádios de maturação das plantas, nas características produtivas do amendoim. Os tratamentos principais foram três doses de P_2O_5 e os secundários colheita em seis épocas, com três repetições em blocos ao acaso. Constatou-se variação entre anos quanto à melhor época de colheita que ocorreu aos 99 dias após a emergência no primeiro experimento e no segundo ano aos 79 dias após emergência. A maior produtividade de vagens foi relacionada positivamente ao maior número de vagens/planta e as temperaturas mais amenas nos 40 dias iniciais do ciclo. As diferentes doses de P_2O_5 não alteraram a produção de vagens, de grãos, o rendimento e número de vagens por planta nas duas safras.

Termos de indexação: amendoim, *Arachis hypogaea*, adubação fosfatada, épocas de colheitas, produção.

INTRODUÇÃO

A região de Adamantina, pertencente à DIRA de Presidente Prudente, no Estado de São Paulo, destaca-se como tradicional produtora de amendoim. Todavia, a atual produtividade não é das melhores,

¹ Extraído da dissertação do primeiro autor para obtenção do grau de Mestre em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- UNESP- Campus de Jaboticabal -SP.

² Estação Experimental de Agronomia da Alta Paulista, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 191, 17800-000, Adamantina- SP.

³ Com bolsa de mestrado da CAPES.

⁴ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Rodovia Carlos Tonnan km 5, 14870-000, Jaboticabal - SP.

⁵ Seção de Genética, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas -SP.

concorrendo para isto, principalmente, a baixa fertilidade do solo, especialmente em fósforo.

Universalmente, é mencionado que a disponibilidade do fósforo às plantas é pequena para a maioria dos solos e, particularmente no Brasil, este nutriente é considerado como um dos limitantes (MALAVOLTA, 1980). Acrescente-se, ainda, que a prática de adubar o amendoim é pequena em termos mundiais. Segundo GILLIER & SILVESTRE (1970), apenas 20% da área cultivada recebia a adubação fosfatada. Esta situação perdura atualmente.

A exigência do amendoim em fósforo é relativamente pequena, porém é o nutriente mais importante na nutrição, devendo este nunca faltar no cultivo do amendoim (ATHAYDE, 1986).

Respostas positivas da adubação fosfatada na cultura do amendoim foram observadas nos trabalhos de GILLIER & SILVESTRE (1970), NAKAGAWA et al. (1973) e NAKAGAWA et al. (1981b).

A adubação fosfatada no amendoim aumentou a produção de grãos (ACUNA & SANCHEZ, 1969; ANDERSON, 1970 e NAKAGAWA et al., 1981b).

Trabalho de SICHMANN (1972) mostrou que o rendimento de grãos não respondeu à adubação fosfatada, enquanto que BAYNES & WAMSLEY (1974) verificaram aumento no rendimento de grãos.

O amendoim deve ser arrancado quando o maior número de vagens estiver madura. A grande desuniformidade de maturação das vagens de amendoim na planta individual devido ao florescimento contínuo, aliado ao fato de as vagens serem subterrâneas, torna difícil a tomada de decisão do momento adequado do arrancamento das plantas para colheita. Diversos pesquisadores se preocuparam com o problema: MILLS & SAMPLES (1973), SMARTT (1964), COURT et al. (1984) que realizaram pesquisas com diferentes variedades da espécie *Arachis hypogaea* L.

MOZINGO et al. (1991) pesquisando épocas de plantio e de arranquio com quatro cultivares, observaram que nos anos em que as condições ambientais retardaram a maturidade, arranquios em épocas mais tardias resultaram em produções mais altas de vagens. Esses autores relatam ainda que nos anos em que as condições ambientais foram normais

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

observou-se aumento da produção até a quarta época de arranquio, declinando na quinta colheita.

O amendoim Tatu Vermelho deve ser colhido quando o ciclo estiver próximo dos 100-110 dias, quando as plantas apresentarem sinais de senescência, 60-80% de vagens desenvolvidas apresentarem na sua epiderme interna coloração escura, os grãos devem estar bem formados e sua película com coloração característica da variedade plantada (ATHAYDE, 1986).

COURT et al. (1984) verificaram efeito de estágio de colheita na produção de vagens que aumentou com o decorrer das colheitas, do primeiro para o quinto.

O presente trabalho objetivou avaliar efeitos de diferentes doses de fósforo e épocas de colheitas, nas características produtivas do amendoim.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Adamantina, SP nos anos agrícolas 1992/93 e 1993/94, em um solo classificado como Latossolo Vermelho Escuro de textura média. A amostra de solo retirada na camada 0-20 cm, antes da instalação do experimento apresentou os seguintes resultados de análise química de acordo com a metodologia de RAIJ & QUAGGIO (1983): P=4 mg.dm⁻³ (resina); M.O=10,0 g.dm⁻³; pH(CaCl₂)=5,1; K=0,12 cmol_c.dm⁻³ de terra; Ca=2,2 cmol_c.dm⁻³ de terra; Mg=0,6 cmol_c.dm⁻³ de terra; H + Al=1,5 cmol_c.dm⁻³ de terra; S=2,9 cmol_c.dm⁻³ T=4,4 cmol_c.dm⁻³; V= 66%.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com três repetições, sendo as três doses de P₂O₅ (0, 40 e 80 kg/ha) os tratamentos primários e os tratamentos secundários as seis colheitas em diferentes estádios de maturação. As parcelas primárias foram constituídas de 36 linhas de plantio de 6,0 metros de comprimento espaçadas de 0,6 m e as parcelas secundárias de 6 linhas, sendo as 4 centrais consideradas como área útil para efeito de avaliação, deixando-se 0,5 m em cada uma das extremidades dessas linhas como bordadura. A

área útil de cada subparcela foi de 12 m² , com um total de 54 subparcelas.

Como fonte de fósforo foi utilizado superfosfato com 39% de P₂O₅ solúvel em água e de potássio o cloreto de potássio com 60% de K₂O. Todos os tratamentos receberam 30kg/ha de K₂O de acordo com QUAGGIO & GODOY (1985). Os adubos foram aplicados nos sulcos com adubadeira manual. O primeiro experimento foi semeado em 06/11/92 e o segundo em 08/11/93, utilizando-se sementes do cultivar Tatu Vermelho, com semeadora de tração animal, distribuindo-se 25 sementes por metro de sulco. Foi realizado desbaste de uniformização do "stand" aos 21 e 15 dias após a semeadura, respectivamente para o primeiro e segundo ano de experimentos, deixando-se 15 plantas por metro de sulco

Foram realizadas pulverizações periódicas visando o controle de pragas e doenças utilizando-se de produtos recomendados para a cultura.

No primeiro ano de experimento as colheitas foram realizadas em 28/01/93, 04/02/93, 11/02/93, 18/02/93, 25/02/93 e 04/03/93 e no segundo ano em 31/01/94, 07/02/94, 14/02/94, 21/02/94, 28/02/94 e 07/03/94, correspondendo a primeira colheita a 78 e 79 dias após a emergência em 1992/93 e 1993/94, respectivamente.

Na colheita, inicialmente foi efetuado o corte das raízes a uma profundidade de 10cm utilizando-se de enxadão e em seguida as plantas foram colhidas manualmente e enleiradas com as vagens para cima, permanecendo desta forma até atingirem 12% de umidade para então serem trilhadas.

Na colheita amostraram-se 30 plantas ao acaso por subparcela para a determinação do peso de matéria seca de plantas, número de vagens por planta, rendimento de grãos (%) e peso de cem grãos.

Considerou-se o peso de vagens colhidas na área útil da subparcela para determinar a produção de vagens. Na determinação da produção de grãos foi considerada a produção de vagens/ha e o rendimento de grãos determinado na colheita.

As variáveis avaliadas no experimento foram submetidas à análise de variância de acordo com o modelo de parcelas subdivididas segundo STEEL & TORRIE (1987). Os dados de números de vagens foram

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

transformados para \sqrt{x} . Na colheita realizada aos 113 dias após emergência, o rendimento e o peso de cem grãos foi calculado por regra de três, a partir do material disponível para avaliação. A comparação de médias foi feita com a utilização do teste Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios dos efeitos das diferentes épocas de colheita e doses de P_2O_5 na produção de vagens e de grãos (kg/ha) e no rendimento (%) nas safras de 1992/93 e 1993/94.

A produção de vagens e de grãos nas colheitas realizadas aos 78 dias e aos 113 dias após a emergência foram as menores no experimento conduzido em 1992/93. Observou-se, neste ano tendência de aumento na produção de vagens e de grãos até aos 106 dias, com diminuição na colheita realizada aos 113 dias após emergência e verificando-se perdas na produção de vagens e de grãos, tanto na colheita precoce como na tardia.

O resultado de produção de vagens obtido no experimento de 1992/93 confirma os trabalhos de SMARTT (1964), COURT et al. (1984), NIMJE & GANDHI (1993) e a produção de grãos corrobora com o resultado de COURT et al. (1984).

No experimento de 1993/94 a produção de vagens e de grãos diminuiu da colheita realizada aos 79 dias para a de 114 dias após emergência, o que pode ser explicado pela ocorrência de poucas chuvas e temperatura média alta no referido período, em relação a 1992/93 (Figuras 1 e 2).

A cultura do amendoim das safras de 1992/93 e 1993/94 recebeu no período de colheita 106,2 e 285,9 mm de chuvas (Figura 3), respectivamente, que pode explicar a maior produção de vagens e de grãos em 1992/93.

A produção máxima de vagens, nos dois anos de experimento, foi alcançada antes que a porcentagem máxima de rendimento de grãos fosse obtida, estando estes resultados de acordo com os obtidos por SHEAR & MILLER (1959).

Tabela 1. Resultados médios dos efeitos das diferentes épocas de colheita e doses de P_2O_5 na produção de vagens e de grãos (kg/ha) e no rendimento (%). Safra 1992/93 e 1993/94.

Épocas de colheitas (dias)	1992/93			1993/94		
	Vagens	Grãos	%	Vagens	Grãos	%
78	1645b ⁽¹⁾	873b	53c	2226a	1463a	66b
85	2493a	1554a	62b	1936ab	1371ab	71a
92	2244a	1476b	66ab	1703b	1222ab	72a
99	2617a	1734a	66ab	1589b	1129b	71a
106	2545a	1752a	69a	763c	554c	71a
113	1180c	799b	68a	141d	101d	71a
Média	2121	1365	64	1393	973	70
Doses P_2O_5 kg/ha						
0	2158A	1393A	64A	1394A	968A	70A
40	2136A	1367A	64A	1450A	1007A	70A
80	2068A	1334A	64A	1335A	945A	70A
Média	2121	1365	64	1393	973	70
F doses de P_2O_5 (d)	0,47ns	0,34ns	0,01ns	2,11ns	1,11ns	1,63ns
F épocas colheita (e)	33,78**	39,03**	38,48**	66,70**	59,97**	18,41**
F (d x e)	0,68ns	0,77ns	0,73ns	2,53*	2,63	2,74*
CV% doses P_2O_5	5,59	6,40	2,53	4,94	5,24	0,84
CV% épocas de colheita	14,15	14,90	4,48	20,72	21,22	2,24
DMS dose P_2O_5	344,7	254,3	4,7	200,1	169,9	1,71
DMS épocas de colheita	430,2	291,5	4,1	413,4	296,1	2,75

⁽¹⁾ Médias seguidas das mesmas letras (minúsculas para estádios de colheita (arranquio) e maiúscula para doses de fósforo) não diferem entre si significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

* : Significativo ao nível de 5%

** : Significativo ao nível de 1%

ns: Não significativo

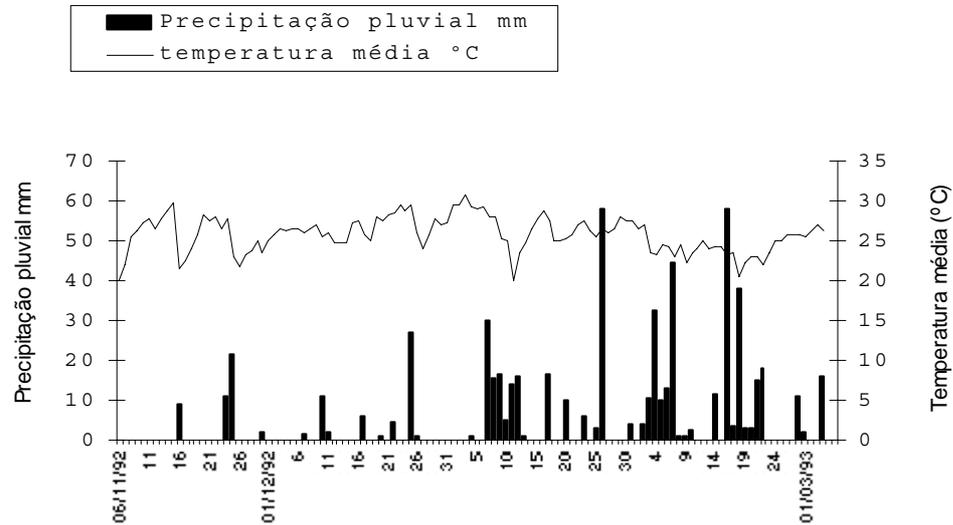


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) durante o experimento, no período de 6/11/92 a 4/3/93.

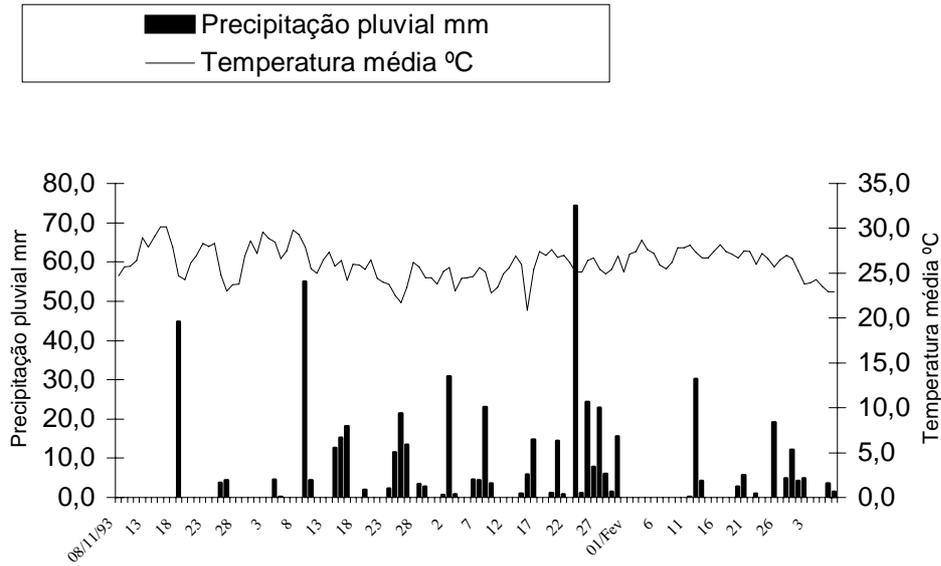


Figura 2. Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (°C) durante o experimento, no período de 8/11/93 a 7/3/94.

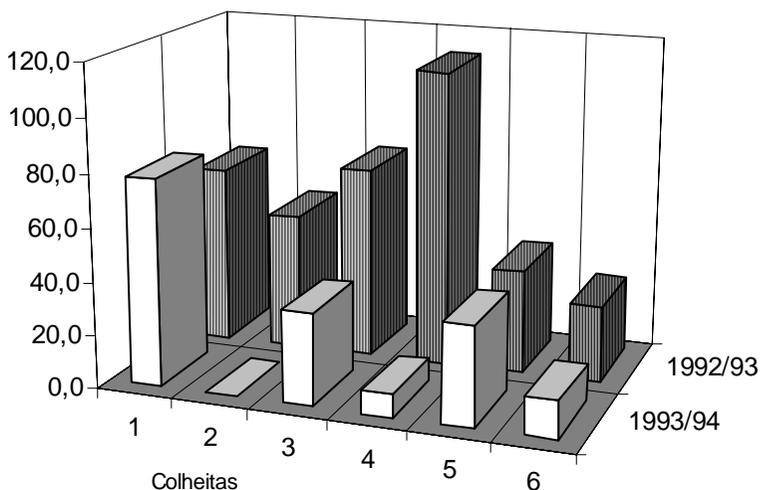


Figura 3. Precipitações pluviométricas ocorridas na colheita em 1992/93 e 1993/94

A produção média de vagens (Tabela 1) obtida nos diferentes estádios de maturação em 1993/94, foi menor do que em 1992/93, apesar do rendimento e o peso de cem grãos serem maiores.

Com relação ao rendimento de grãos, os resultados mostraram que em 1992/93, na colheita realizada mais cedo o rendimento foi menor, aumentando nas colheitas seguintes, corroborando com o resultado de MIXON & BRANCH (1985). Em 1993/94, o menor rendimento foi obtido na primeira colheita, realizada aos 79 dias após emergência, com o rendimento das épocas seguintes semelhantes estatisticamente, **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

confirmando resultado de NIMJE & GANDHI (1993).

O rendimento de 1992/93 e 1993/94, aumentou da primeira até a colheita realizada aos 92 e 86 dias após a emergência, respectivamente, constatando-se, também diferença no rendimento nos dois anos de experimento.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados médios dos efeitos das diferentes épocas de colheita e doses de P_2O_5 no número de vagens por planta, peso de matéria seca por planta (g) e o peso de cem grãos (g) nas safras de 1992/93 e 1993/94.

Os resultados na Tabela 2 indicam que o número de vagens por planta no ano de 1992/93 foi superior ao verificado no outro ano, em todas as colheitas. Mesmo que em 1993/94 o peso de 100 grãos tenha sido, em média, superior ao verificado em 1992/93, a característica agrônômica que proporcionou a maior produtividade de vagens em 1992/93 foi o número de vagens/planta, com valor médio de 9 nas diferentes colheitas, enquanto que em 1993/94 tal valor obtido foi somente 5 e produção de vagens também menor.

A menor produção de vagens/planta em 1993/94 e conseqüentemente menor produção de vagens (kg/ha) deve estar relacionada às temperaturas mais altas verificadas até os 40 dias do ciclo (Figura 2), as quais, certamente, teriam provocado diminuição do "pegamento" ou da fixação dos frutos nas plantas (BOLHUIS & GROOT, 1959), e como conseqüência, resultando em menor número de vagens/planta até o final do ciclo.

A temperatura média, por período de 10 dias, foi maior nos primeiros quarenta dias do ciclo da cultura, em 1993/94 (Figura 2) em relação ao outro experimento (Figura 1), revelando que as temperaturas médias de 1993/94 nessa fase estavam mais próximas da temperatura ótima para o menor ciclo do amendoim (BOLHUIS & GROOT, 1959) e conseqüentemente antecipando a colheita em relação a 1992/93. Também,

Tabela 2. Resultados médios dos efeitos das diferentes épocas de colheita e doses de P_2O_5 no número médio de vagens e peso de matéria seca por planta e peso de 100 grãos. Safra 1992/93 e 1993/94.

Épocas de colheitas (dias)	1992/93			1993/94		
	Nº vagens/planta	Peso da planta (g)	Peso de 100 grãos (g)	Nº vagens/planta	Peso da planta (g)	Peso de 100 grãos (g)
78	9a ⁽¹⁾	16a	19c	7a	14a	29,2b
85	11a	13a	28a	6a	13a	35,7a
92	10a	11a	25b	6a	11ab	35,4a
99	10a	11b	27ab	6a	8bc	37,2a
106	9a	10b	29a	3b	7c	39,1a
113	4b	10b	28a	1b	6c	37,8a
Média	9	12	26	5	10	35,7
kg/ha P_2O_5						
0	9A	12A	26A	5A	8B	34,7B
40	9A	11A	26A	4A	9B	37,1A
80	9A	12A	26A	5A	11A	35,4AB
Média	9	12	26	5	9	35,7
F doses de P_2O_5 (d)	0,11ns	0,21ns	1,45ns	0,35ns	19,32**	16,01**
F épocas colheita (e)	20,35**	7,95**	53,54**	28,53**	19,84**	12,12**
F (d x e)	0,26ns	1,76ns	2,03ns	0,65ns	1,09ns	1,38ns
CV% doses P_2O_5	3,39	8,15	1,65	6,02	3,36	1,49
CV% épocas de colheita	10,16	9,10	5,93	19,30	11,60	8,37
DMS doses P_2O_5	2,09	1,91	1,27	1,97	1,91	2,5
DMS épocas de colheita	2,34	3,33	2,21	2,39	3,34	4,3

⁽¹⁾ Médias seguidas das mesmas letras (minúsculas para estádios de colheita (arranquio) e maiúsculas para doses de fósforo) não diferem entre si significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey
 **: Significativo ao nível de 1%
 ns: Não significativo

COELHO & TELLA (1967a,b) estudando absorção de nutrientes pela planta do amendoim, na primavera e no outono, encontraram uma redução de vinte dias no ciclo vegetativo da planta, na cultura do outono, atribuído às condições climáticas favoráveis, segundo os autores.

O peso de matéria seca por planta diminuiu da primeira para a última colheita nos dois anos de estudo, explicados pela translocação de fotossintatos da parte aérea para os frutos.

A maior temperatura média nos primeiros 40 dias do ciclo da cultura e durante a colheita em 1993/94 (Figura 1), com menor quantidade de chuvas na colheita do que em 1992/93 (Figura 3) resultou em menor peso de plantas de amendoim, estando o resultado de acordo com KETRING (1984) que verificou que temperatura de 35°C mostrou efeito inibitório no crescimento do amendoim, mesmo sob condições de boa irrigação.

O peso de cem grãos aumentou da colheita aos 78 para 85 dias e de 79 para 86 dias após emergência em 1992/93 e 1993/94, respectivamente. O maior peso de cem grãos no final do ciclo nos dois anos de experimento confirma resultados de NAKAGAWA et al. (1986).

Verificou-se maior peso de matéria seca por planta e menor peso de cem grãos em 1992/93 do que em 1993/94.

Com relação a resposta à produção de vagens e de grãos verificou-se em 1992/93 (Tabela 1) tendência de diminuição com o aumento da dose de adubo fosfatado aplicado e em 1993/94 a resposta foi quadrática. A produção média de vagens e de grãos foi maior em 1992/93 do que em 1993/94.

O peso de vagens nos dois anos de experimento não respondeu à adubação fosfatada, concordando estes resultados com aqueles obtidos por NAKAGAWA et al. (1977b) e NAKAGAWA et al. (1981a).

A produção de grãos também não respondeu à adubação fosfatada nos dois anos de experimento, corroborando com os resultados de NAKAGAWA et al. (1977b), NAKAGAWA et al. (1981a). Por sua vez, ACUNA & SANCHEZ (1969), ANDERSON (1970), NAKAGAWA et al. (1977a), NAKAGAWA et al. (1981b), verificaram aumento na produção de grãos com a adubação fosfatada. Os resultados de 1992/93 mostraram

tendência de decréscimo na produção de vagens e de grãos à medida que se aumentou a dose aplicada de fósforo, embora não se observasse significância.

O rendimento em grãos também não respondeu à adubação fosfatada nos dois anos de experimento, que confirma o resultado de SICHMANN (1972), enquanto que NAKAGAWA et al.(1973) estudando efeito do fósforo verificaram aumento no rendimento de grãos no descascamento.

O peso de matéria seca e peso de cem grãos não mostrou qualquer efeito da adubação fosfatada em 1992/93. Em 1993/94, o peso de matéria seca da planta aumentou com a aplicação do adubo fosfatado, confirmando NAKAGAWA et al. (1981b), enquanto que o peso de cem grãos foi maior com a aplicação de 40 kg/ha de P_2O_5 , confirmando JANA et al. (1990). Também, uma possível explicação para a obtenção de maior peso de cem grãos em 1993/94 é a ocorrência de maior precipitação pluvial nos primeiros 80 dias do ciclo.

CONCLUSÕES

As diferentes doses de adubo fosfatado não alteraram a produção de vagens nem de grãos, o rendimento e número de vagens por planta nas duas safras.

Constatou-se variação entre anos quanto à melhor época de colheita, que ocorreu aos 99 dias no primeiro experimento e no segundo ano aos 79 dias após emergência.

A maior produtividade de vagens no primeiro ano de experimentação foi relacionada positivamente ao maior número de vagens/planta e às temperaturas mais amenas nos 40 dias iniciais do ciclo.

KASAI, F.S., ATHAYDE, M.L.F., GODOY, I.J. Phosphatic manuring and harvest time in peanut. I. Effect on yield characteristics **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

SUMMARY: Trial was carried out during two years in Adamantina, São Paulo State, Brazil, to study P_2O_5 doses and harvest in different time effects on peanut yield characteristics. The primary treatments were three doses of P_2O_5 and the secondary treatments were six harvest time with three replications in randomized blocks. It was evidenced difference between years as to harvest time that occurred in the first experiment at 99 days and 79 days after emergence in second year. The biggest pod productivity in the first year of experimentation was positively related to the larger number of pod/plant and to mild temperatures in the first 40 days of cycle. Different doses of P_2O_5 did not alter peanut pod and grain yield, shelling percentage and pod number per plant in two agricultural years.

Key words: peanut, *Arachis hypogaea*, phosphatic manuring, harvest time, peanut pod yield.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUNA, E.J., SANCHEZ, P.C. Resposta do amendoim à aplicação do nitrogênio, fósforo e potássio no solo franco-arenoso de Savana no estado de Monaga. *Fertilité*, Paris, v.35, p.3-9, 1969.

ANDERSON, G.D. Fertility studies on a sandy loam in semi-arid Tanzania II. Effects of phosphorus, potassium and lime on yields of groundnuts. *Expl. Agric.*, Grã Bretanha, v.6, p.213-22, 1970.

ATHAYDE, M.L.F. *Cultura do amendoim*. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 1986. 45p. (mimeografado).

BAYNES, R.A., WALMSLEY, D. Mineral nutrition of the St. Vicent groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Trop. Agric.*, Trinidad, v.51, n.1, p.227-35, 1974.

BOLHUIS, G.G., GROOT, W. de Observations on the effect of varying temperatures on the flowering and fruit set in three varieties of groundnut. *Neth. J. Agric. Sci.*, Wageningen, v.7, p.317-26, 1959.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

- COELHO, F.A.S., TELLA, R. Absorção de nutrientes por plantas de amendoim na cultura de outono. *Bragantia*, Campinas, v.26, p.235-52, 1967a.
- COELHO, F.A.S., TELLA, R. Absorção de nutrientes pela planta de amendoim em cultura de primavera. *Bragantia*, Campinas, v.26, p.393-408, 1967b.
- COURT, W.A., ROY, R.C., HENDER, J.G. Effect of harvest date on agronomic and chemical characteristics of Ontario peanuts. *Can. J. Plant. Sci.*, Ottawa, v.64, p.521-28, 1984.
- GILLIER, P., SILVESTRE, P. *El cacahuete*. Barcelona: Editorial Blume, 1970. 281 p.
- JANA, P.K. et al. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and yield attributes of rainfed groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v.60, n.1, p.49-51, 1990.
- KETRING, D.L. Temperature effects on vegetative and reproductive development of peanuts. *Crop Science*, Madison, v.24, p.877-82, 1984.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas: os elementos minerais*. São Paulo: Ceres, 1980. p.104-218.
- MILLS, W.T., SAMPLES, L.E. Harvesting practices. In: PEANUTS - culture and uses. Stillwater: American Peanut Research and Education Association/ Department of Agronomy/ Oklahoma State University, Oklahoma, 1973. p.495-508.
- MIXON, A.C., BRANCH, W.D. Agronomic performance of a Spanish and Runner cultivar harvested at six different digging intervals. *Peanut Science*, Raleigh, v.12, p.50-54, 1985.
- Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

- MOZINGO, R.W., COFFELT, T.A., WRIGHT, F.S. The influence of planting and digging dates on yield, value and grade of four Virginia type peanut cultivars. *Peanut Science*, Raleigh, v.18, p.55-62, 1991.
- NAKAGAWA, J., NAKAGAWA, J., BOARETO, A.E. Ensaio com doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.48, n.1, p.37-44, 1973.
- NAKAGAWA, J., ROSOLEM, C.A., ALMEIDA, R.M. Efeitos da maturação e dos métodos de secagem na qualidade de sementes de amendoim. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.8, p.3, p.83-98, 1986.
- NAKAGAWA, J., et al. Efeitos de doses crescentes de adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Experimento I. *Botucatu Científica Série A*, Botucatu, v.2, n.1, p.57-66, 1977a.
- NAKAGAWA, J., et al. Efeitos de doses crescentes de adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Experimento II. *Botucatu Cient. Série A*, Botucatu, v.2, n.2, p.129-36, 1977b.
- NAKAGAWA, J., et al. Efeitos de doses crescentes de adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Experimento V. *Rev. Bras. Ciência Solo*, Campinas, v.5, p.119-23, 1981a.
- NAKAGAWA, J., et al. Efeitos de doses crescentes de adubo fosfatado na cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Experimento IV. *Científica*, São Paulo, v.9, n.2, p.227-34, 1981b.
- NIMJE, P.M., GANDHI, A.P. Effect of stage of harvest on yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, v.63, n.3, p.177-80, 1993.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

- QUAGGIO, J.A., GODOY, I.J. Amendoim. In: RAIJ, B. van, et al. (eds.). RECOMENDAÇÕES de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico, 1985. p.25. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B., QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- SHEAR, G.M., MILLER, L.I. Influence of time of planting and digging on the jumbo Runner peanut. *Agronomy Journal*, v.51, n.1, p.30-2, 1959.
- SICHMAN, W. *Estudos sobre os efeitos do fósforo e do cálcio em amendoim (Arachis hypogaea L.), cultivar Tatu, conduzidos em solução nutritiva e em solos arenosos, com relação à produção de vagens e algumas características dos frutos*. Piracicaba, 1972. 113p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- SMARTT, J. Factors influencing yield and quality of groundnuts in Northern Rhodesia. *Empire Jour. of Exper. Agric.*, Oxford, v.32, n.128, p.343-51, 1964.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. Singapura: McGraw-Hill, 1987. 633p.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.01-17, 1996.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE EJETORES FUNCIONANDO COMO BOMBA DE VÁCUO

OLIVEIRA, Eduardo F.¹
BOTREL, Tarlei Aniel²
FRIZZONE, José Antônio²
PAZ, Vital Pedro da Silva³

RESUMO: A escorva de grandes bombas centrífugas, destinadas a condução ou elevação mecânica da água e instalações de sucção negativa, tem sido realizada com o emprego de ejtores, através da criação de vácuo na canalização de aspiração e na própria bomba. Nem sempre, porém, se emprega o ejtor adequado para a realização desse trabalho, em virtude da escassez de informações e dados técnicos a respeito. A fim de contribuir para a solução desse problema, procurou-se avaliar o desempenho de aparelhos a jato acionados hidráulicamente, realizando o trabalho de bomba de vácuo. Para tal, conduziram-se ensaios com dois tipos de ejtores, disponíveis no mercado, com parâmetros característicos $m=0,35$ e $m=0,52$, respectivamente, alimentados por uma bomba centrífuga, buscando conhecer os volumes de ar arrastados, os rendimentos e a relação vazão de sucção/pressão de sucção, para as diversas pressões e vazões de alimentação. Os resultados obtidos permitiram estabelecer conhecimentos técnicos esclarecedores a respeito do funcionamento de tais dispositivos, possibilitando uma escolha apropriada para os seus diferentes empregos, bem como, as condições ideais de operação. Concluiu-se que: 1) a vazão de sucção aumenta com a elevação da pressão absoluta de sucção; 2) os rendimentos dos ejtores aumentam com a elevação da pressão absoluta de sucção, respeitados os seus limites de operação; 3) o limite de operação dos ejtores variam de acordo com a pressão de alimentação.

Termos de indexação: ejtor, pressão de sucção, rendimento.

INTRODUÇÃO

A questão de como se proceder para transportar água à curtas, médias e longas distâncias e ou elevações, tem sido uma constante

¹ Mestre em Irrigação e Drenagem, Dep. Eng. Rural, ESALQ/USP, 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil.

² Prof. Doutor, Dep. Eng. Rural, ESALQ/USP, 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil.

³ Doutor em Irrigação e Drenagem, CNPq-ESALQ/DER, 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil.

preocupação do homem, o que deu origem aos estudos e construção de máquinas motrizes e elevatórias, de potências e rendimentos os mais variados.

Os ejetores são dispositivos apropriados para aspirar e recalcar um fluido (líquido, gás ou vapor) ou uma mistura fluido-sólido, por aplicação prática do fenômeno de Venturi.

Os aparelhos a jato são definidos, segundo TROSKOLANSKI (1977), como um dispositivo apropriado para, simultaneamente, aspirar e recalcar um fluido (líquido, gás ou vapor) ou uma mistura fluido-sólido, por aplicação prática do fenômeno de Venturi, utilizando um órgão de restrição seccional à passagem da corrente fluída, alimentado por um outro fluido qualquer, denominado fluido primário ou fluido motor. Ainda, segundo o autor, os aparelhos a jato se dividem, fundamentalmente, em dois grupos: ejetores e injetores. Os ejetores se prestam para aspirar um fluido de um local sob pressão qualquer e recalca-lo para outro local sujeito à pressão atmosférica ou ligeiramente superior. Os injetores, ao contrário, são empregados para recalcar um fluido para um local sujeito a uma pressão superior à pressão atmosférica.

O ejetor consta, em essência, de três segmentos seqüenciais de formas cônica-convergente, cilíndrica e cônica-divergente, sendo que na porção cilíndrica está inserido um tubo aspirador. O fluido motor que vai produzir a sucção desejada, ao atravessar o ejetor, no sentido bocal convergente para o divergente, atinge na seção cilíndrica, que é de menor área, velocidade máxima e, por conseguinte, em decorrência da conservação de energia, a pressão abaixa. Com esta redução de pressão é criada no tubo aspirador uma condição de pressão inferior à reinante externamente, provocando o arraste de fluido para o interior do ejetor.

Daniel Bernoulli, em 1738, formulou a lei principal do movimento dos líquidos, estabelecendo a equação fundamental, chamada de Equação de Bernoulli, que relaciona, entre si, as energias de velocidade, de pressão e de posição, evidenciando o princípio da conservação de energia. Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos por pesquisadores sobre o fenômeno de ejeção, buscando melhor compreensão das técnicas de

dimensionamento dos ejetores, principalmente, funcionando em série com bombas centrífugas.

PETERS (1959), explica o princípio de funcionamento de um ejetor utilizando-se da Figura 1, que representa a vazão da massa m_1 de fluido, de nível energético H_1 atravessando um bocal B, em regime de escoamento permanente. Parte da energia desse jato é cedida, principalmente, na câmara de mistura M à vazão de fluido m_2 que atravessa o bocal S, inicialmente num nível energético H_2 , mais baixo que H_1 . Na saída da câmara M, as duas massas misturadas (m_1+m_2) têm quase a mesma velocidade V'_3 sob o nível energético H'_3 . A velocidade V'_3 é reduzida no difusor D para o valor V_3 e, na saída do ejetor, a massa $m_3 = m_1 + m_2$ assume o nível energético H_3 .

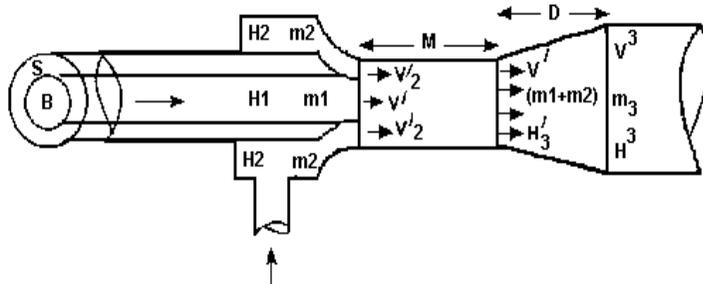


Figura 1. Esquema funcional de um ejetor.

CARLIER (1968) procurou demonstrar o princípio de funcionamento de um ejetor sob carga constante (Figura 2). O fluido motor (água) ao se deslocar do nível superior RS até o nível PQ, com desnível h e vazão Q_1 , produz a elevação H de uma vazão de água Q_2 , do nível inferior até aquele mesmo nível PQ. O funcionamento desses aparelhos a jato se baseia no fato de que a diminuição, mesmo turbulenta, de uma velocidade V_1 a uma velocidade V_x , produz, conseqüentemente, um aumento de pressão. Mas, enquanto que uma diminuição progressiva de velocidade

produzirá um aumento de pressão correspondente à totalidade da diferença das alturas representativas das velocidades ($V_1^2/2g - V_x^2/2g$), a diminuição turbulenta causará um aumento menor e a diferença é dissipada na massa líquida sob a forma de calor.

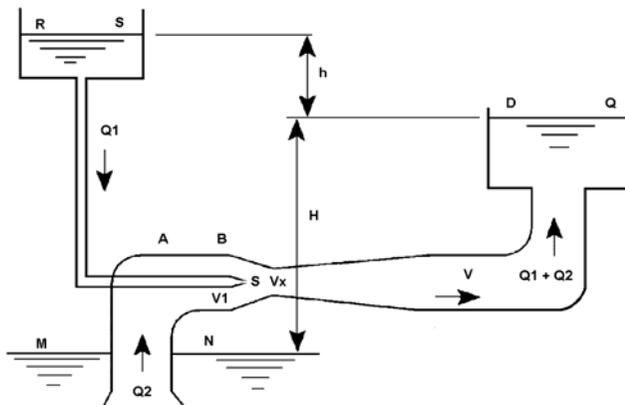


Figura 2. Princípio de funcionamento de um ejetor.

Para reduzir essas perdas adapta-se um bocal divergente, depois de B, no sentido da corrente fluída, a fim de restabelecer progressivamente a velocidade V_x para V e recuperar a pressão resultante dessa complementar diminuição de velocidade.

Nos perfis estudados o rendimento desse bocal jamais alcança o valor unitário e permanece compreendido entre 0,7 e 0,85.

Acrescenta ainda CARLIER (1968) que o rendimento global do ejetor, admitindo comuns os fluídos motor e o de sucção, é dado por:

$$\eta = \frac{Q_2 \cdot H}{Q_1 \cdot h} \quad (1)$$

em que,

Q_1 - vazão de água motriz;

Q_2 - vazão de água elevada;

H - altura de recalque;

h - carga motriz.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.19-31, 1996.

Para os casos dos ejetores, o rendimento depende não só das alturas de elevação e de queda, mas também da altura de aspiração. Geralmente estas alturas são expressas pelas pressões correspondentes, significando P_e a pressão da água motriz na entrada do ejetor, P_s a pressão imediatamente depois do ejetor e P_a a pressão reinante na câmara de aspiração.

Trabalhando com injetores do tipo Venturi, FERREIRA (1995) verificou que o rendimento aumentou com a redução da pressão de sucção e a vazão de sucção aumentou com o aumento do diferencial de pressão, mantendo-se constante a pressão de alimentação. A utilização deste dispositivo, para uma dada situação, tem como limitação a elevada perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação, podendo alcançar 30% da pressão de operação, segundo SHANI & SAPIR (1986).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de aparelhos a jato acionados hidráulicamente, realizando o trabalho de bomba de vácuo, caracterizando os rendimentos e a relação vazão/pressão, para diferentes pressões e vazões de alimentação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP. Para o controle da vazão e alturas manométricas requeridas no experimento, foram utilizadas duas bombas centrífugas, disponíveis no Laboratório de Hidráulica. Ensaíram-se dois tipos de ejetores de bombas para poços profundos, cujas dimensões estão apresentadas na Tabela 1 e Figura 3. O ejetor 1 foi submetido às pressões de alimentação de 100, 200, 300, 400 e 500 Kpa e o ejetor 2 submetido às pressões de 100, 200, 300, 400, 500, 600 e 700 Kpa.

Para medição da vazão de ar foi utilizado um medidor de gás "Lao", e a velocidade obtida com o auxílio de um anemômetro portátil Casela, instalado no interior da tubulação.

Tabela 1. Dimensões dos ejetores.

Parâmetro	Ejetor 1	Ejetor 2
D1	32	50
D2	39	47
D3	25,4	55
d1	8	12
d2	13,5	44
L1	48	-
L2	90	177
Furos em A1	1	7
A1	50,27	791,7
A2	143,14	1520,53
A1/A2 = m	0,35	0,52

Di, Li = mm; Ai = mm²

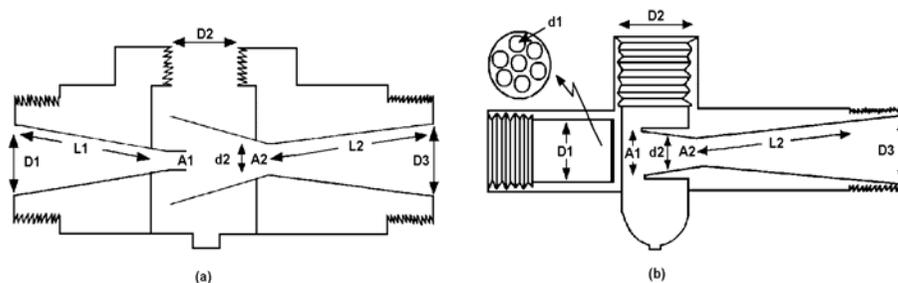


Figura 3. Corte longitudinal (a) do ejetor 1 e (b) do ejetor 2.

As medidas de pressão foram obtidas mediante um transdutor de pressão, acoplado a um indicador digital microprocessado, com precisão de 0,1%. Para medir a pressão de sucção foi utilizado um vacuômetro de coluna de mercúrio.

Parâmetros de Desempenho

Avaliou-se a relação entre a vazão de sucção e a pressão de sucção dos ejetores, para o caso de sucção de ar, cada um sob condição de pressão de alimentação constante. Com isso, para cada ejetor, ajustou-se através de análise de regressão equações do tipo:

$$q = K \cdot H^x \quad (2)$$

em que, q é a vazão da sucção; H é a pressão absoluta de sucção; K e x são constantes do ejetor.

Como a vazão de ar foi medida à pressão atmosférica, a correção para a pressão de operação é feita a partir da equação:

$$Q_{cor} = \frac{\rho_{atm} \cdot Q_{suc}}{\rho_{cor}} \quad (3)$$

em que,

Q_{cor} - vazão de sucção de ar à pressão de operação, m³/s;

Q_{suc} - vazão de sucção de ar à pressão atmosférica, m³/s;

ρ_{atm} - massa específica do ar à pressão atmosférica, kg/m³;

ρ_{cor} - massa específica do ar à pressão de operação, kg/m³.

Pela teoria dos gases, pode-se considerar: PV = NRT, em que: P é a pressão absoluta, Pa; N é o número de moles; R é a constante universal dos gases = 8,312 m.N/kg.mol.K.; e, T é a temperatura dos gases, K. Sendo N=m/M, em que, M é a massa molecular do ar (kg/mol), e, sendo a massa específica (ρ) igual a massa por unidade de volume, então:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} \quad (4)$$

Considerando a massa molecular do ar, à pressão atmosférica, igual a 29.10⁻³ kg/mol, e a temperatura T igual a 300 K, tem-se:

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.19-31, 1996.

$$\rho = 1,163 \cdot 10^{-5} \cdot P \quad (5)$$

que é a expressão que permite calcular a massa específica do ar à pressão considerada.

Para a avaliar o rendimento energético dos ejetores estudados, considerou-se a Lei de Conservação da Energia e processo isotérmico, os conceitos de energia cinética e energia piezométrica e a teoria dos gases, resultando na seguinte expressão:

$$\eta = \frac{\rho_2 \cdot \frac{Q_2^3}{2 \cdot A_2^2} + P_2 \cdot Q_2}{\rho_1 \cdot \frac{Q_1^3}{2 \cdot A_1^2} + P_1 \cdot Q_1} \quad (6)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ejetor 1

A Figura 4 mostra a relação entre a vazão de ar succionado e a pressão absoluta de sucção, para as pressões de sucção ensaiadas. Maiores volumes succionados ocorreram para as pressões de alimentação de 400 e 300 Kpa, com vantagem para a primeira que exigiu menor pressão absoluta de sucção, ou seja, 58,5 Kpa.

Menores vazões de sucção ocorreram para as pressões de alimentação de 100 e 700 Kpa. Para as pressões de alimentação ensaiadas, observou-se um aumento na vazão de sucção, a medida que se eleva a pressão absoluta de sucção, observados os limites encontrados nos ensaios.

Na pressão de sucção de ar ocorreu um valor limite, acima do qual o ejetor deixava de funcionar. Depreende-se que este valor limite depende da pressão de alimentação. O ajuste da vazão de ar succionado *versus* pressão absoluta de sucção, foi obtido com uma boa correlação pelo modelo proposto.

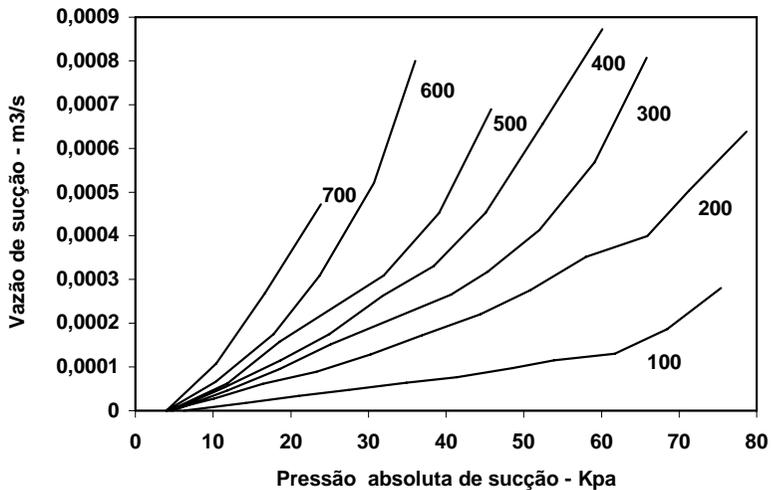


Figura 4. Vazão de sucção em relação à pressão absoluta de sucção, para o ejetor 1, sob diferentes pressões de alimentação.

A Figura 5 mostra o rendimento do Ejetor 1. Como pode ser observado, o rendimento do Ejetor 1 aumenta à medida que eleva-se a pressão absoluta de sucção, para as pressões de alimentação ensaiadas.

As curvas representativas do rendimento em função da pressão absoluta de sucção, para as pressões de alimentação de 200 a 700 Kpa, poucos diferem, ou seja, são muito próximas. É possível observar que quanto maior a pressão de alimentação, menor é o seu rendimento. O máximo rendimento obtido foi de 20,45%, para uma pressão de alimentação de 200 Kpa.

Para o Ejetor 1, a pressão de alimentação não deve ultrapassar 200 Kpa, pois, acima deste valor ocorre queda no rendimento, além de não se observar aumento acentuado na relação vazão de sucção versus pressão absoluta de sucção.

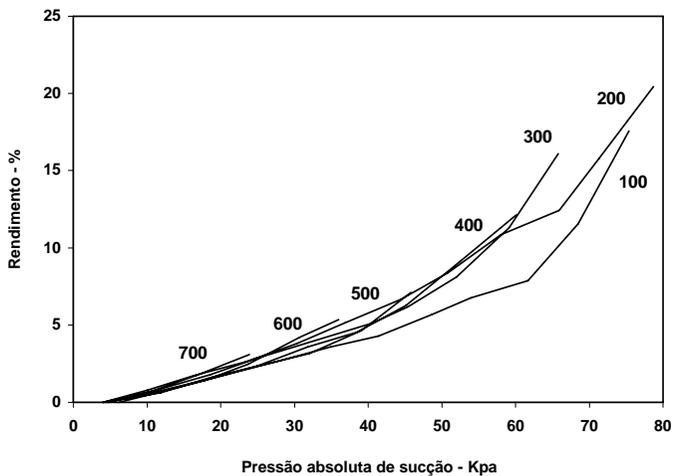


Figura 5. Rendimento em relação à pressão absoluta de sucção para o ejetor 1, sob diferentes pressões de alimentação.

Ejetor 2

A Figura 6 permite verificar-se a variação da vazão de ar succionado em relação à pressão absoluta de sucção, para as pressões ensaiadas (100 a 500 Kpa). Verifica-se um aumento crescente na relação vazão de sucção versus pressão absoluta de sucção, para as pressões de alimentação de 100 a 400 Kpa. Para pressões de 400 e 500 Kpa, as curvas são praticamente coincidentes nas extremidades e desiguais no intervalo de pressão compreendido entre 20 e 80 Kpa, com os valores de vazão de sucção superiores para a pressão de alimentação correspondente a 500 Kpa.

Os limites de operação do Ejetor 2 succionando ar, sob diferentes pressões de alimentação, ocorreram praticamente a uma mesma pressão absoluta de sucção, de valor próximo à pressão atmosférica.

O ajuste da vazão de ar succionado *versus* pressão absoluta de sucção, foi obtido com uma boa correlação pelo modelo proposto.

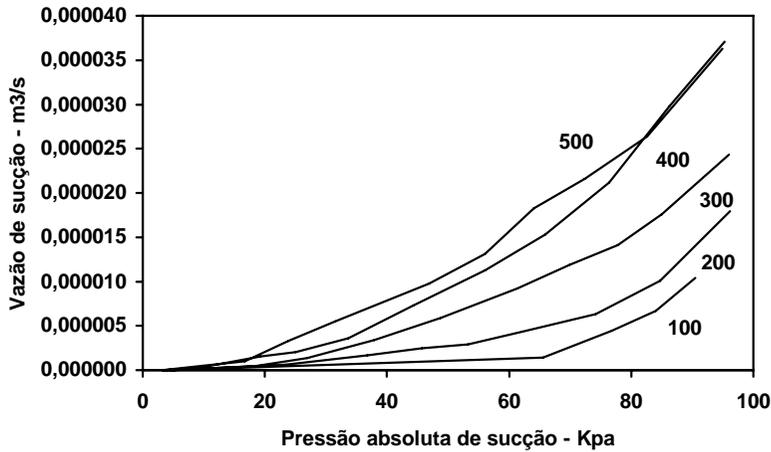


Figura 6. Vazão de sucção em relação à pressão absoluta de sucção, para o ejetor 2, sob diferentes pressões de alimentação.

Os rendimentos do Ejetor 2 em função da pressão absoluta de sucção estão representados na Figura 7. É possível observar um decréscimo acentuado do rendimento a medida que se eleva a pressão de alimentação. As curvas correspondentes às pressões de 300, 400 e 500 Kpa, são, praticamente, coincidentes até a pressão absoluta de sucção de 65 Kpa. O rendimento máximo observado foi de 65,38% para uma pressão de alimentação de 100 Kpa.

CONCLUSÕES

- 1) a vazão de sucção aumenta com a elevação da pressão absoluta de sucção, para ambos os ejetores;
- 2) elevações da pressão de alimentação acima de 200 m.c.a. não melhoraram a capacidade de sucção de ar dos ejetores;
- 3) a equação proposta mostrou-se adequada para calcular os rendimentos dos ejetores;

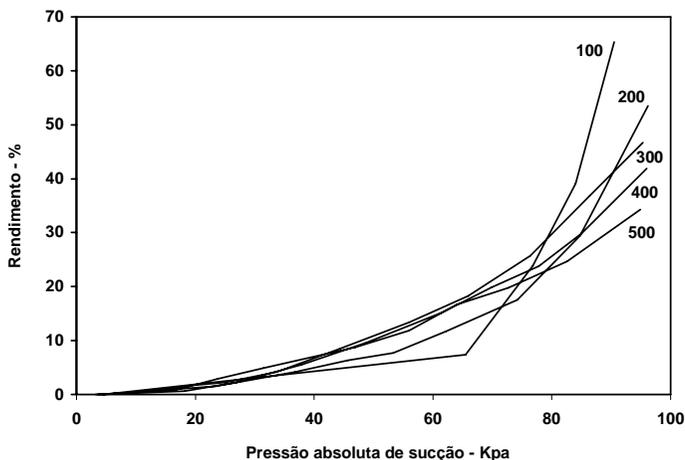


Figura 7. Rendimento em relação à pressão absoluta de sucção para o ejetor 2, sob diferentes pressões de alimentação.

4) os rendimentos dos ejetores aumentaram com a elevação da pressão absoluta de sucção, respeitados os seus limites de operação;

5) o limite de operação dos ejetores variaram de acordo com a pressão de alimentação.

OLIVEIRA, E.F., BOTREL; T.A., FRIZZONE, J.A., PAZ, V.P.S. Ejectors performance as a vacuum pump. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.19-31, 1996.

SUMMARY: The primer of big centrifugal pumps, designed to water conducting or water mechanical elevation and installed under conditions of negative suction has been accomplished with the use of ejectors through the creation of vacuum in the system of pipelines of suction stroke and in the pump itself. The adequate ejector is not always used in carrying out this work due the lack of information and technical data about it. In order to contribute to the solution of this problem it was evaluated the performance of jacto machines driven hydraulically and doing the work of the vacuum pump. For this purpose, tests were made with two types of hydro-ejectors available in the market with

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.19-31, 1996.

characteristic parameters $m=0,35$ and $m=0,52$ respectively, jed by a centrifugal pump seeking for the volumes of air, the efficiency of these ejectors, the relation suction flowing/suction pressure for several pressures and feeding flowing, previously established. The obtained results permit to establish clarifying technical knowledge about the performance of such devices and making possible an appropriate choice to their different applications as well as ideal operating conditions. With the results obtained, it was possible to conclude: 1) the suction flowing increased with the acrescence suction pressure; 2) the efficiency of these ejectors increased with the acrescence suction pressure; 3) the limit of operation of these ejectors changed with the pressure established.

Key words: ejectors, suction pressure, efficiency.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARLIER, M. *Machines hydrauliques*. Paris: Imprimerie Luis-Jean, 1968.
- FERREIRA, J.O.P. *Caracterização hidráulica de dois injetores de fertilizantes do tipo Venturi*. Piracicaba, 1994. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- HIRSCHMANN, R.J. Características de los distintos tipos de bombas. In: _____. *Bombas: características y aplicaciones*. Santiago de Chile: Universitária, 1958. c.4, p.85-139.
- PETERS, H. *Bombas injetoras*. In: ZAMBEL, A.R. (Ed.) *Manual de aparelhos de bombeamento de água*. São Carlos: EESC., 1969. p.1-22.
- SHANI, M., SAPIR, E. *Fertilization in irrigation*. Netanya: CINADCO, 1986. 44p.
- TROSKOLANSKI, A.T. *Les turbopompes: théoric, tráce at construction*. Paris, Editions Ey Rolles, 1977.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.19-31, 1996.

ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE PLANTAS DANINHAS. XIV. *Nicandra physaloides* (L.) Pers.

BIANCO, Silvano¹
PITELLI, Robinson Antonio¹
SILVA, Roseli Conceição²

RESUMO: Com o objetivo de obter uma equação que, através de parâmetros lineares dimensionais das folhas, permita a estimativa da área foliar de *Nicandra physaloides* (L.) Pers, estudaram-se correlações entre a área foliar real (**Sf**) e parâmetros dimensionais do limbo foliar como o comprimento ao longo da nervura principal (**C**) e a largura máxima (**L**), perpendicular à nervura principal. Todas as equações, exponenciais, geométricas ou lineares simples, permitiram boas estimativas da área foliar. Do ponto de vista prático, sugere-se optar pela equação linear simples envolvendo o produto **C x L**, considerando o coeficiente linear igual a zero. Desse modo, a estimativa da área foliar de *Nicandra physaloides* pode ser feita pela fórmula $Sf = 0,4796 \times (C \times L)$, ou seja, 47,96% do produto entre o comprimento ao longo da nervura principal e a largura máxima.

Termos para indexação: área foliar, balãozinho, joá-de-capote, *Nicandra physaloides*

INTRODUÇÃO

Nas pesquisas sobre o manejo integrado das comunidades infestantes em agroecossistemas, os estudos sobre a biologia das plantas daninhas têm grande importância. Entre estes, destacam-se os estudos fenológicos envolvendo o crescimento e desenvolvimento porque refletem, em partes, os potenciais de interferências das diferentes espécies das plantas daninhas sobre as plantas cultivadas. Neste tipo de estudo, o conhecimento da área foliar é fundamental.

A *Nicandra physaloides* (L.) Pers conhecida popularmente por joá-de-capote ou mesmo balãozinho é uma planta daninha bastante frequente, infestando principalmente lavouras anuais, pomares, beira-de-estradas e

¹ Docente do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária - FCAV - UNESP. 14.870.000. Jaboticabal-SP

² Técnica de Laboratório do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária - FCAV - UNESP. 14.870.000. Jaboticabal-SP

terrenos baldios. Apresenta preferência por solos argilosos e úmidos. É particularmente freqüente na região Sul do país onde vegeta principalmente durante o verão. Seus tecidos contém alcalóides tóxicos e deve ser considerada planta suspeita. Caracteriza-se por ser uma planta anual, herbácea, ereta, ramificada, caule glabro e fortemente sulcado, medindo 40-120 cm de altura, com reprodução por sementes. As folhas são alternas, pecioladas em ambas as faces, LORENZI (1982).

Em muitos estudos da biologia das plantas, como os de fenologia, análise de crescimento, susceptibilidade a herbicidas pós emergentes e utilização de pragas ou patógenos visando o controle biológico, a determinação da área foliar é de fundamental importância. Porém, a determinação direta da área foliar requer equipamentos sofisticados e caros ou utilizam de técnicas destrutivas, o que impede a comparação dos efeitos dentro de um mesmo indivíduo durante o seu desenvolvimento ou ciclo. Assim, prefere-se a estimativa utilizando-se de parâmetros dimensionais de folhas que apresentam correlações com a superfície foliar. Dentro desta filosofia, um dos métodos mais utilizados é a obtenção de equações de regressão entre a área foliar real (S_f) e parâmetros dimensionais lineares das folhas. Tais estudos já foram efetuados, no Brasil, para algumas plantas daninhas como *Euphorbia heterophylla* L. (RIBEIRO et al., 1977); *Wissadula subpeltata* (Kuntze) Fries (BIANCO et al., 1983); *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don e *I. acuminata* Roem et Sch (VELLINI, et al., 1983), *Cassia tora* L. (PERESSIN et al., 1984), *Amaranthus retroflexus* L. (BIANCO et al., 1995), entre outras.

O presente trabalho tem por objetivo estudar equações para estimativa da área foliar de *Nicandra physaloides* (L.) Pers a partir de dimensões lineares de seus limbos foliares.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados 100 limbos foliares de *Nicandra physaloides* (L.) Pers sujeitos às mais diversas condições ecológicas que a espécie é susceptível de ocorrer como infestante, considerando-se toda as folhas das plantas, desde que não apresentassem deformações oriundas de fatores

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.33-38, 1996.

externos como pragas, moléstias e granizo. No laboratório, foram determinados o comprimento do limbo foliar ao longo da nervura principal (**C**) e a largura máxima do limbo foliar (**L**) perpendicular à nervura principal. A seguir, as folhas foram desenhadas em papel homogêneo e suas áreas foliares reais (**Sf**) determinadas através do aparelho “Portable Area Meter” Licor Mod. L1 - 3000.

Para escolha de uma equação que possa representar a área foliar procederam-se estudos de regressão com as equações linear $Y = a + bx$; geométrica $Y = ax^b$ e exponencial $Y = ab^x$. O valor **Y** estima a área foliar do limbo foliar em função de **x**, cujos valores podem ser o comprimento (**C**), a largura (**L**) ou o produto (**C x L**). No caso de **x** igual ao (**C x L**), estimou-se também a equação linear passando pela origem, o que praticamente significa supor que a área é proporcional a um retângulo (**C x L**).

A melhor equação, no sentido de menor soma de quadrados do resíduo na escala real (sem transformação) e as que dela não diferem estatisticamente são indicadas por (*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações obtidas com os respectivos coeficientes de determinação estão na Tabela 1. Pode-se observar que todas as equações de regressão relacionando a área foliar real e os parâmetros dimensionais de comprimento, largura máxima e do produto entre o comprimento e a largura máxima podem permitir estimativas da área do limbo foliar desta espécie. No entanto, as melhores estimativas foram obtidas com o produto do comprimento pela largura, uma vez que os desvios devido a fatores não controlados foram sensivelmente menores e o coeficiente de determinação atingiu 0,9802, indicando que 98,02% da variação total observada pode ser explicada pelas equações determinadas.

Do ponto de vista prático, dessas melhores equações, a mais fácil de trabalhar é aquela que envolve o produto do comprimento pela largura

Tabela 1 - Equações de regressão entre a área foliar real (Sf) e parâmetros dimensionais lineares do limbo foliar de *Nicandra physaloides* (L.) Pers. (balãozinho). FCAV - UNESP. Jaboticabal/SP. 1995.

X ⁽¹⁾	Forma	Coefficiente de determinação	GL	S.Q. resíduo (sem transformação)	Equação ⁽²⁾
C	linear	0,9210	98	2142,91	Sf = -14,064+4,063C
L	linear	0,9603	98	1099,78	Sf = -23,535+9,906L
CL*	linear	0,9802	98	554,35	Sf = 3,838+0,427CL
CL(0,0)*	linear	0,9802	99	800,29	Sf = 0,4796 x CL
C	geométrica	0,9142	98	2119,13	Sf = 0,9223 x C ^{1,4472}
L	geométrica	0,9714	98	938,36	Sf = 1,4961 x L ^{1,7550}
C	exponencial	0,9714	98	2823,46	Sf = 6,6555 x 1,1409 ^C
L	exponencial	0,9726	98	1032,65	Sf = 4,6984 x 1,3985 ^L

⁽¹⁾ parâmetros dimensionais lineares

⁽²⁾ área foliar estimada

* não significativo (melhores equações não diferindo estatisticamente).

máxima do limbo foliar. Ainda observa-se que forçando a passagem da reta pela origem, não houve aumento sensível no valor da soma de quadrados de resíduos. A relação de equações para estimativa da área foliar podem ser visualizadas na Figura 1. Sugere-se portanto, que estimativas reais relativamente simples e precisas da área do limbo foliar de *Nicandra physaloides* (L.) Pers, podem ser obtidas pela equação **Sf = 0,4796 x (C x L)**, ou seja, 47,96% do produto entre o comprimento e a largura máxima do limbo foliar.

CONCLUSÕES

Todas as equações obtidas no presente trabalho podem ser utilizadas para estimar a área foliar de *Nicandra physaloides* (L.) Pers. Porém, as estimativas mais precisas serão obtidas utilizando-se a equação **Sf = 0,4796 x (C x L)**, com um coeficiente de determinação da ordem de 0,9802.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.33-38, 1996.

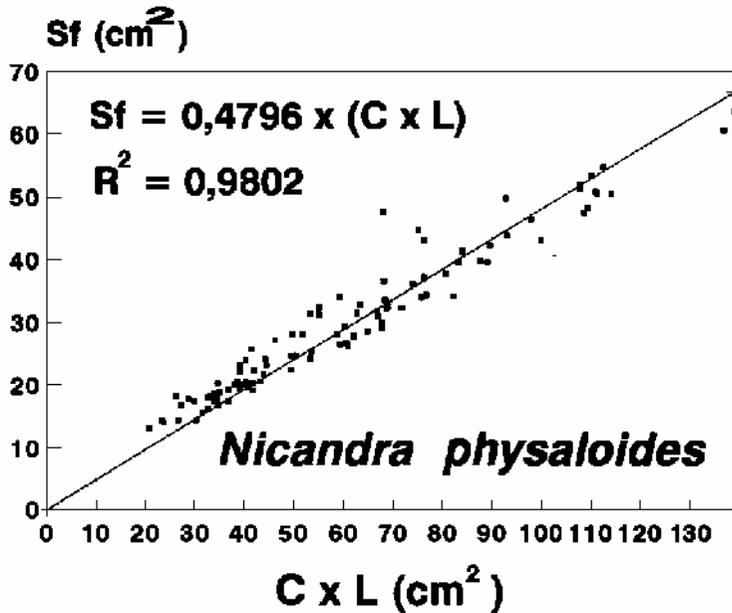


Figura 1. Valores observados do produto entre comprimento e largura máxima (C x L) e área foliar (Sf) de *Nicandra physaloides* L. e representação esquemática da equação de regressão obtida.

BIANCO, S., PITELLI, R.A., SILVA, R.C. Weed leaf area estimation. XIV. *Nicandra physaloides* L. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.33-38, 1996.

SUMMARY: In order to find an equation that make possible to estimate the leaf area of *Nicandra physaloides* (L.) Pers, were studied correlations between true leaf area and dimensional parameters of the blade leaf, as leaf length in the mid rib direction (C), and maximum leaf width (L), in the mid rib perpendicular direction. All equations, exponential, geometric and simple linear, permitted good leaf area estimatives. It is suggested to decide for simple linear equations involving the CxL, considering zero the linear coefficient. Thus, the leaf area (Sf) of the *Nicandra physaloides* can be estimated for

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.33-38, 1996.

the equation $Sf = 0,4796 \times (CxL)$, or else 47,96% of the multiplication between the leaf length in the mid rib direction and the maximum leaf width.

Key words: *Nicandra physaloides*, balãozinho, joá-de-capote, leaf area.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCO, S., PITELLI, R.A., PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 2. *Wissadula subpeltata* (Kuntze) Fries. *Planta Daninha*, v.6, n.1, p.21-4, 1983.

BIANCO, S. Estimativa de área foliar de plantas daninhas. XIII - *Amaranthus retroflexus* L. *Ecossistema*, v.20, p.5-9, 1995.

LORENZI, H. *Plantas daninhas do Brasil*. Piracicaba: Franciscana, 1982. 425p.

PERESSIN, V.A., PITELLI, R.A., PERECIN, D. Métodos para estimativa da área foliar de plantas daninhas. 4. *Cassia tora* L. *Planta Daninha*, v.7, n.2, p.48-52, 1984.

RIBEIRO, C.J., PITELLI, R.A., PERECIN, D. Comparação de métodos para estimativa da área foliar de *Euphorbia heterophylla* L. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 28, 1977, Belo Horizonte. *Resumos...* p.105.

VELLINI, E.D., et al. Estimativa da área foliar em plantas daninhas. 3. *Ipomoea acuminata* Roem et Sch. e *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K.) Don. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3, 1983, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: ACARESC, 1983. p.23.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.33-38, 1996.

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADUBAÇÃO EM GENÓTIPOS DE MILHO SOBRE A INCIDÊNCIA DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797), *Helicoverpa zea* (BODDIE, 1850) E *Sitophilus zeamais* MOTS., 1855.

BOIÇA JUNIOR, Arlindo Leal¹
LARA, Fernando Mesquita¹
LUCCIN, Luiz Marcelo²
COSTA, Glauberto Moderno²

RESUMO: O experimento foi conduzido na FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal-SP, no ano agrícola 1993/94, tendo-se por objetivo estudar a influência de diferentes associações de adubação de NPK (N, P, K, NP, NK, PK, NPK) em três genótipos de milho (C-125, C-505 e C-701) frente aos danos de *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa zea* e *Sitophilus zeamais*. Concluiu-se que: todos os genótipos mostraram-se suscetíveis ao ataque de *S. frugiperda*, *H. zea* e *S. zeamais*; a aplicação de P e K resultou num menor dano de *S. frugiperda* às plantas; o genótipo C-505 apresentou maior comprimento da ponta da espiga, maior diâmetro da espiga, menor compressão da palha e menor dano de *H. zea*; a presença de N e P favorece o ataque de *S. zeamais*.

Termos para indexação: *Zea mays*, nutrientes, danos, fertilizantes x genótipos.

INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais cultivados no mundo, superado apenas pelo trigo e o arroz, e constitui um dos principais produtos para o segmento produtivo, sendo utilizado com destaque no arraçamento de animais, em especial na suinocultura, bovinocultura de carne e leite, avicultura e na alimentação humana.

Para a condução da cultura muitos problemas são observados podendo ser relacionados a precária situação de renda dos agricultores,

¹Docente do Departamento de Entomologia e Nematologia, FCAV/UNESP, Rodovia Carlos Tonanni, km 5, 14870-000 Jaboticabal, SP. Bolsistas CNPq.

²Discente do Departamento de Entomologia e Nematologia, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.

disponibilidade de capital da agricultura, baixa tecnologia e a incidência de pragas, que causam danos variáveis de acordo com as condições climáticas vigentes. As pragas atacam a planta de milho praticamente em todas as fases do seu ciclo, com prejuízos de ordem quantitativa e qualitativa.

Preocupados em controlar estas pragas, vários pesquisadores têm dedicado seus estudos, visando um método de controle ou a associação de vários. Assim, CLAVIJO (1984), testando a adubação nitrogenada em relação a infestação da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) comprovou que a aplicação de 135 kg/ha de N parcelados em 3 vezes, na semeadura, na quarta e na sétima semana após a primeira, não apresenta influência significativa nos níveis de infestação de *S. frugiperda*.

BARBOSA et al. (1989), estudando os efeitos de esterco de curral, NPK e diferentes doses de sulfato de zinco, no desenvolvimento de larvas de *S. frugiperda*, concluíram que a dose de 5 kg/ha de sulfato de zinco reduziu o período pupal e aumentou quando aplicou-se esterco de curral.

Com relação a lagarta da espiga do milho, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera, Noctuidae), AYALA-OSUNA et al. (1981) selecionaram 55 progênies S1 do Composto Flint visando a resistência a essa praga. Desses materiais, selecionaram 22 progênies S1 com médias de danos da lagarta inferiores à média geral do experimento.

LARA et al. (1985), observando os danos de *H. zea* em 42 genótipos de milho, avaliaram algumas características da planta e relacionaram estas aos danos da lagarta, concluindo que os menos atacados foram AG 162, CMS 200N, CMS 203N, DK 604 e DINA 09.

Quanto ao gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleóptera, Curculionidae), NEGREIROS & VENDRAMIM (1987) estudaram o efeito de genótipos de milho na mortalidade de adultos deste inseto, criados em diferentes substratos alimentares, observando que a maior mortalidade dos adultos ocorreu nos genótipos BR-126 e CMS-43-T, enquanto que a maior sobrevivência foi registrada em ESALQ-VD2-SI.

GUIDI (1993) estudando o comportamento de genótipos de milho frente ao ataque deste inseto, concluiu que os menos atrativos foram C-701

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.39-50, 1996.

e C-505, enquanto que os genótipos C-525 e C-606 foram os mais atrativos. Os genótipos C-511, C-505, C-525 e C-125 proporcionaram a emergência de menor número de insetos e de grãos consumidos, quando comparados ao C-606, C-805, C-701 e C-135 com maiores valores.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da adubação em 3 genótipos de milho, em relação ao ataque de *S. frugiperda*, *H. zea* e *S. zeamais*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 1993/94, na Fazenda de Ensino e Pesquisa e no Laboratório de Resistência de Plantas à Insetos do Departamento de Entomologia e Nematologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal-UNESP.

Adotou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados, num esquema fatorial 3x2x2x2 (genótipos x N x P x K), com 4 repetições e 24 tratamentos. Utilizaram-se os genótipos C-125, C-505 e C-707, associados às adubações testemunha, N, P, K, NP, NK, PK e NPK (210 g de sulfato de amônio, 730g de superfosfato simples e 150g de cloreto de potássio por parcela). As parcelas corresponderam a 5m de largura e 5m de comprimento, num espaçamento de 1m entre linhas e 0,20 entre plantas.

Lagarta do cartucho do milho: Avaliou-se visualmente o ataque em 10 plantas/parcela, semanalmente, dos 7 aos 56 dias após a emergência das plantas, baseando-se na escala visual de notas: Nota zero - sem dano; Nota 1 - 1 a 10% de desfolha; Nota 2 - 11 a 20% de desfolha; Nota 3 - 21 a 30% de desfolha, e assim sucessivamente até nota 10 - 91 a 100% de desfolha.

Lagarta da espiga do milho: Quando as plantas atingiram a fase de maturação fisiológica foram colhidas 10 espigas/parcela, nas quais avaliaram-se os danos da lagarta da espiga em centímetros. Foram observados as medidas: diâmetro e comprimento da espiga, comprimento da ponta da espiga e compressão das palhas, segundo escala proposta por STARKS & McMILLIAN (1967).

Gorgulho do Milho: Foram coletadas 10 espigas por parcela, as quais foram debulhadas e as sementes misturadas; a seguir pesaram-se 40g de grãos, os quais permaneceram em caixas plásticas no laboratório, para a emergência dos insetos adultos. Outras 40g de sementes (4 repetições), de cada tratamento, foram conduzidos à estufa (60° C) para determinar o peso seco da alíquota. Avaliaram-se o número de insetos emergidos e o peso seco dos grãos atacados pelos gorgulhos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lagarta do Cartucho do Milho: Examinando-se a média das notas entre os genótipos testados e em relação à aplicação ou não de N P e K (Quadro 1) nota-se que no geral não foram constatadas diferenças estatísticas significativas. Tais resultados evidenciam que os genótipos são igualmente suscetíveis e que a adubação nas doses utilizadas não apresenta influência sobre o ataque da praga, uma vez que os dados se mostraram muito semelhantes, concordando com os relatos de CLAVIJO (1984), porém discordando daqueles relatados por ROSSI et al. (1987) em milho.

Diferenças estatísticas foram observadas apenas em relação a presença ou não de P aos 28, 35 e 49 dias após a emergência das plantas, verificando-se menores notas quando se aplicou o fósforo.

Quanto às interações, notam-se efeitos significativos apenas entre P versus K, ocorridas aos 35 e 49 dias. No Quadro 2, observam-se efeitos de adubação fosfatada dentro de potássica e vice-versa, onde o menor ataque ocorreu quando se aplicou P e K.

Lagarta da espiga do milho: Numa análise geral dos dados (Quadro 3), verifica-se que o genótipo C-505 apresentou um maior comprimento da ponta da espiga e diâmetro da espiga, com uma tendência de menor ataque de *H. zea*, evidenciando que estes fatores podem, de certa maneira, interferir positivamente. Fato divergente ocorreu com a compactação da palha, que segundo WILLIAMS et al. (1978) e LARA (1991), deveriam atuar reduzindo o ataque da praga, o que não correu para o C-505, onde apresentou uma compactação da palha relativamente pior.

Quadro 1. Média¹ de nota de danos de *S. frugiperda* em três genótipos de milho, submetidos à diferentes associações de adubação com NPK, em oito amostragens. Jaboticabal, SP. 1993/94.

GENÓTIPOS	Dias após a emergência das plantas							
	7	14	21	28	35	42	49	56
C-125	1,1069a	0,9278a	0,9372a	1,0984a	1,6072a	1,3953a	1,2150a	0,6588a
C-505	1,2119a	1,0078a	0,9556a	1,0044a	1,5419a	1,3028a	1,1563a	0,6613a
C-701	1,1328a	1,0863a	0,9691a	1,0519a	1,5772a	1,3356a	1,1281a	0,6688a
Teste F	1,61ns	1,70ns	0,39ns	2,01ns	0,55ns	1,18ns	2,54ns	0,06ns
D.M.S.	0,1463	0,2059	0,0873	0,1124	0,1500	0,1466	0,0942	0,0742
Nitrogênio	1,1556a	1,0215a	0,9477a	1,0569a	1,6158a	1,3781a	1,1500a	0,6583a
SEM N	1,1556a	1,0215a	0,9477a	1,0569a	1,6158a	1,3110a	1,1829a	0,6675a
COM N	1,1454a	0,9931a	0,9602a	1,0463a	1,5350a	1,3110a	1,1829a	0,6675a
Teste F	0,04ns	0,16ns	0,18ns	0,08ns	2,50ns	1,81ns	1,05ns	0,13ns
D.M.S.(5%)	0,0995	0,1400	0,0594	0,0764	0,1020	0,0996	0,0641	0,0504
Fósforo								
SEM P	1,1688a	1,0604a	0,9552a	1,0969a	1,6390a	1,3869a	1,2067a	0,6867a
COM P	1,1323a	0,9542a	0,9527a	1,0063 b	1,5113b	1,2023a	1,1262b	0,6392a
Teste F	0,54ns	2,29ns	0,01ns	5,60*	6,30*	2,87ns	6,28*	3,53ns
D.M.S. (5%)	0,0995	0,1400	0,0594	0,0764	0,1020	0,0996	0,0641	0,0504
Potássio								
SEM K	1,1469a	0,9581a	0,9571a	1,0448a	1,6019a	1,3669a	1,1671a	0,6623a
COM K	1,1542a	1,0565a	0,9508a	1,0583a	1,5490a	1,3223a	1,1658a	0,6635a
Teste F	0,02ns	1,97ns	0,04ns	0,12ns	1,07ns	0,80ns	0,003ns	0,003ns
D.M.S.(5%)	0,0995	0,1400	0,0594	0,0764	0,1020	0,0996	0,0641	0,0504
Interações								
Genótiposx N	1,33ns	0,59ns	1,88ns	1,05ns	0,83ns	0,94ns	1,22ns	2,77ns
Genótiposx P	0,89ns	0,26ns	1,82ns	0,04ns	0,60ns	0,44ns	0,65ns	1,43ns
Genótiposx K	1,22ns	0,16ns	0,11ns	0,10ns	1,04ns	1,45ns	0,09ns	1,35ns
N x P	0,11ns	0,23ns	0,88ns	0,87ns	0,69ns	1,21ns	2,00ns	0,74ns
N x K	0,27ns	1,06ns	1,19ns	0,87ns	0,69ns	1,21ns	2,00ns	0,01ns
P x K	1,07ns	0,21ns	3,63ns	0,16ns	4,74*	0,02ns	4,81*	0,88ns

1/ Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$, para os valores de 7 dias após a emergência das plantas e \sqrt{x} para o restante dos valores).

Quadro 2. Desdobramento¹ da interação P x K aos 35 e 49 dias após a emergência das plantas, referentes à nota de ataque de *S. frugiperda*. Jaboticabal, SP, 1993/94.

Adubação	35 dias após a emergência		
	SEM K	COM K	F Adubação (K)
SEM P	1,6104 Aa	1,6687 Aa	0,65ns
COM P	1,5933 Aa	1,4292 Bb	5,16*
F adubação(P)	0,06ns	10,99**	-
	49 dias após a emergência		
	SEM K	COM K	F Adubação (K)
SEM P	1,1721 Aa	1,2412 Aa	2,32ns
COM P	1,1621 Aa	1,0904 Ba	2,49ns
F adubação(P)	0,05ns	11,04**	-

^{1/} Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (dados transformados em \sqrt{x})

Com relação ao genótipo C-701, apresentou um menor comprimento da ponta da espiga e diâmetro, porém foi intermediário a compactação da palha e uma tendência intermediária de comprimento da galeria, sugerindo ser suscetível (Quadro 3).

Da mesma forma, para o C-125, com tendência de maior ataque de *H. zea*, apresentou comprimento da ponta e diâmetro da espiga intermediário e maior compactação da ponta, sugerindo ser suscetível, apesar do observado neste último parâmetro.

Com referência a aplicação ou não de N e K verificou-se diferença para o comprimento da espiga, onde a aplicação de N e a ausência de K proporcionaram índices maiores.

Gorgulho do milho: Pelas médias apresentadas no Quadro 4, não se constataram diferenças entre os genótipos testados e a aplicação ou não de N, P e K para número de insetos emergidos e peso seco consumido.

Quadro 3. Dados médios¹ de comprimento da espiga, comprimento da ponta da espiga, diâmetro da espiga, comprimento da galeria provocado por *H. zea* e nota de compressão das palhas, em três genótipos de milho, submetidos à diferentes associações de adubação com NPK. Jaboticabal, SP, 1993/94.

Genótipos	Comprimento da espiga (cm)	Comprimento da ponta da espiga (cm)	Diâmetro da espiga (cm)	Nota de compressão das palhas	Comprimento da galeria (cm)
C-125	14,6188a	5,8094ab	4,2831ab	2,9688 b	2,8969a
C-505	14,2625a	6,3375a	4,5562a	3,3125a	2,6563a
C-701	14,8000a	5,7281b	4,2563b	3,0313ab	2,8563a
Teste F	0,98ns	4,30*	4,11*	4,74*	0,96ns
D.M.S.(5%)	0,9773	0,5408	0,2782	0,2851	0,4450
Nitrogênio					
SEM N	13,8771b	6,0271a	4,3146a	3,0417a	2,8583a
COM N	15,2437a	5,8896a	4,4146a	3,1667a	2,7479a
Teste F	18,31**	0,56ns	1,11ns	1,66ns	0,53ns
D.M.S.(5%)	0,6372	0,3677	0,1892	0,1938	0,3025
Fósforo					
SEM P	14,5583a	6,0812a	4,3958a	3,1042a	2,7938a
COM P	14,5625a	5,8354a	4,3333a	3,1042a	2,8125a
Teste F	0,0ns	1,78ns	0,44ns	0,00ns	0,02ns
D.M.S. (5%)	0,6372	0,3677	0,1892	0,1938	0,3025
Potássio					
SEM K	14,9021a	5,8396a	4,3542a	3,0625a	2,7229a
COM K	14,2188b	6,0771a	4,3750a	3,1458a	2,8833a
Teste F	4,58*	1,66ns	0,05ns	0,74ns	1,12ns
D.M.S.(5%)	0,6372	0,3677	0,1892	0,1938	0,3025
Interações					
Genótipos x N	1,96ns	1,56ns	0,60ns	0,97ns	0,38ns
Genótipos x P	0,89ns	0,36ns	0,28ns	0,41ns	0,72ns
Genótipos x K	0,02ns	0,44ns	1,17ns	1,70ns	1,44ns
N x P	0,07ns	2,36ns	0,77ns	0,74ns	0,90ns
N x K	1,12ns	1,84ns	0,28ns	0,74ns	0,32ns
P x K	1,32ns	0,10ns	1,86ns	1,66ns	0,90ns

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. (Dados não transformados).

Quadro 4. Número médio¹ *S. zeamais* emergidos e peso seco consumido (g), em três genótipos de milho, submetidos à diferentes associações de adubação com NPK. Jaboticabal, SP, 1993/94.

Genótipos	Nº de insetos emergidos	Peso seco consumido(g)
C-125	0,4581a	0,3600a
C-505	0,3669a	0,3116a
C-701	0,4322a	0,3097a
Teste F	0,31ns	1,10ns
D.M.S.(5%)	0,2870	0,0920
Nitrogênio		
SEM N	0,4421a	0,3062a
COM N	0,3960a	0,3479a
Teste F	0,22ns	1,77ns
D.M.S.(5%)	0,1951	0,0625
Fósforo		
SEM P	0,4081a	0,3133a
COM P	0,4300a	0,3408a
Teste F	0,05ns	0,77ns
D.M.S. (5%)	0,1951	0,0625
Potássio		
SEM K	0,4810a	0,3510a
COM K	0,3571a	0,3031a
Teste F	1,61ns	2,34ns
D.M.S.(5%)	0,1951	0,0625
Interações		Teste F
Genótipos x N	1,02ns	3,06ns
Genótipos x P	4,46*	2,25ns
Genótipos x K	0,12ns	1,31ns
N x P	0,94ns	4,87*
N x K	0,25ns	0,89ns
P x K	0,08ns	0,89ns

¹Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (dados transformados em $\log(x+1,0)$).

Quanto à interação genótipo x P, para número de insetos emergidos, observam-se pelo Quadro 5, diferenças significativas apenas para o efeito de P dentro do genótipo C-701, em que a aplicação do elemento acarretou uma redução do número de insetos emergidos, sugerindo uma possível influência no desenvolvimento de *S. zeamais*.

Quadro 5. Desdobramento¹ da interação genótipos x P referente ao número de *S. zeamais* e entre N x P, referente ao peso seco consumido. Jaboticabal, SP, 1993/94.

Genótipos	Número de insetos emergidos		
	Abubação		
	SEM P	COM P	F adubação (P)
C 125	0,3238 Aa	0,5925 Aa	2,52ns
C 505	0,2744 Aa	0,4594 Aa	1,19ns
C 701	0,6263 Aa	0,2381 Ab	5,25*
F Genótipos	2,53ns	2,23ns	-
Peso seco consumido (g)			
Adubação	SEM P	COM P	F adubação (P)
SEM N	0,2579 Bb	0,3546 Aa	4,76*
COM N	0,3688 Aa	0,3271 Aa	0,88ns
F Adubação (N)	6,25*	0,39ns	-

¹Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (dados transformados em $\log(x + 1,0)$).

Para a interação N x P para peso seco do alimento consumido (Quadro 5), notam-se diferenças estatísticas onde na ausência de N, os menores pesos foram observados na ausência de P, sugerindo que o N e P podem alterar o ataque aos grãos, pela praga.

CONCLUSÕES

- Todos os genótipos mostraram-se suscetíveis ao ataque de *S. frugiperda*, *H. zea* e *S. zeamais*;
- A aplicação de P e K resultou num menor dano de *S. frugiperda* às plantas;
- O genótipo C-505 apresentou maior comprimento da ponta da espiga, maior diâmetro da espiga, menor compressão da palha e menor dano de *H. zea*;
- A presença de N e P favorece a ataque de *Z. zeamais*.

BOIÇA JUNIOR, A.L., LARA, F.M., LUCCIN L.M., COSTA, G.M. Avaliação of fertilization effects in genotypes of corn on *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797), *Helicoverpa zea* (BODDIE, 1850) e *Sitophilus zeamais* MOTS., 1855, incidence. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.39-50, 1996.

SUMMARY: This experiment was conducted at FCAV/UNESP - Campus of Jaboticabal, SP, in the agricultural year of 1993/94, having the objective of studying the influence of different association of manuring of NPK : N, P, K, NP, NK, PK, NPK) in three maize genotypes (C-125, C-505 and C-701), to damage of *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa zea* and *Sitophilus zeamais*. Concluded that: all genotypes showed to be susceptible to army-worm, eaworm and weevil attack; the application of P and K resulted into a lower damage of *S. frugiperda* to corn plants; the C-505 genotypes presented ligher indexes of ear tip length, ear diameter and straw compression grade, and lower damage to *H. zea*, and the weevil attack less when nitrogen and phosphorus were not utilized.

Key words: *Zea mays*, nutrient, damage, fertilization x genotypes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYALA-OSUNA, J., et al. Avaliação e seleção de progênes S1 do Composto Flint de milho, visando a resistência ou ataque de *Heliothis zea* (Boddie, 1850) (Coleoptera-Noctuidae). *An. Soc. Entomol. Bras.*, Viçosa, v.10, n.2, p.239-54, 1981.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.39-50, 1996.

- BARBOSA, L.J., et al. Efeito de zinco em milho (*Zea mays* L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797). *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v.14, p.142-9, 1989.
- CLAVIJO, S. Efectos de la fertilizacion con nitrogenio y de diferentes niveles de infestacion por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera-Noctuidae) sobre los rendimientos del maiz. *Rev. Fac. Agron.*, Maracay, v.13, n.1-4, p.73-8, 1984.
- GUIDI, F.P. *Resistencia de genótipos de milho (Zea mays L.) ao ataque de Sitophilus zeamais Mots. (Coleoptera, Curculionidae)*. Jaboticabal, 1993. 76p. (Trabalho de Graduação em Agronomia - FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP).
- LARA, F.M. *Princípios de resistência de plantas a insetos*. Piracicaba: Ícone, 1991. 279p.
- LARA, F.M. et al. Avaliação de genótipos de milho para características agronômicas e resistência à *Heliothis zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera-Noctuidae). *An. Soc. Entomol. Bras.*, Viçosa, v.14, n.1, p.111-9, 1985.
- NEGREIROS, J., VENDRAMIM, L.D. Efeito de genótipos de milho na mortalidade de adultos de *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Col., Curculionidae) criados em diferentes substratos alimentares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11, 1987. Campinas. *Resumos...* Campinas: SEB, 1987. p.442.
- ROSSI, C.E. et al. Influência de diferentes adubações em milho sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera-Noctuidae). *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, v.12, p.88-101, 1987.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.39-50, 1996.

STARKS, K.J., McMILLIAN, W.W. Resistance in corn to the corn earworm and fall armyworm. *J. Econ. Entomol.*, Lanham, v.60, n.4, p.920-3, 1967.

WILLIAMS, W.P., DAVIS, F.M., SCOTT, G.E. Resistance of corn to leaf feeding damage by the fall armyworm. *Crop. Sci.*, Madison, v.18, p.861-3, 1978.

EFEITO DA APLICAÇÃO DE CAL CÁRIO, DE LODO DE ESGOTO E DE VINHAÇA SOBRE AS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM SOLO CULTIVADO COM SORGO GRANÍFERO¹

DIAS, Fábio Luis Ferreira²
BELLINGIERI, Paulo Affonso³
SEKI, Luciana Thie⁴

RESUMO: Este experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, cultivando-se o sorgo granífero sobre Areia Quartzosa, com objetivo de verificar os efeitos de doses de lodo de esgoto (30 e 60 t.ha⁻¹), de vinhaça (30 e 60 t.ha⁻¹) e de calcário (0; 1,2 e 2,4 t.ha⁻¹), como fertilizantes e/ou corretivo. A amostragem de solo foi realizada após a coleta das plantas (aos 91 dias após incubação). Após análise e interpretação dos resultados obtidos concluiu-se que o calcário, o lodo de esgoto e a vinhaça favoreceram a elevação do pH, da Soma de Bases, da Capacidade de Troca Catiônica e da Saturação por Bases, e diminuíram os valores de H+Al, influenciando positivamente a produção de matéria seca. Os teores de metais pesados extraídos do solo foram baixos, mas com o uso seqüencial de lodo de esgoto, esses teores podem acumular, tornando-se um sério problema.

Termos para indexação: lodo de esgoto, vinhaça, metais pesados.

INTRODUÇÃO

O uso do calcário torna-se uma prática indispensável, tanto para o fornecimento de cálcio e magnésio como para a elevação do valor pH do solo, além de melhorar a disponibilidade de fósforo, de molibdênio e redução da toxidez de manganês e de alumínio na camada arável. A elevação do pH do solo pela calagem, determinando o aumento da sua capacidade de adsorção, tem sido usado como meio de diminuir a disponibilidade de metais pesados às plantas.

¹ Parte do trabalho apresentado pelo primeiro autor à FCAVJ/UNESP, para graduação em Agronomia.

² Ex-acadêmico do Curso de Agronomia da FCAVJ/UNESP.

³ Docente do Departamento de Tecnologia da FCAVJ/UNESP.

⁴ Acadêmica do curso de Zootecnia da FCAVJ/UNESP.

A elevação dos custos de fertilizantes inorgânicos e as pressões sociais, exercidas em função dos desequilíbrios ecológicos provocados pelo descarte de resíduos urbanos e industriais, especialmente em rios e locais públicos, têm exigido maior atenção da pesquisa, visando soluções para a utilização econômica desses resíduos.

A produção de resíduos é contínua nas aglomerações humanas e agroindustriais, e tende a aumentar com o crescimento da população. Essa idéia de inesgotabilidade, mostra o quanto é importante se ter um planejamento que vise não somente o seu descarte, com o intuito de minimizar os riscos de poluição do meio e comprometimento da saúde, como também numa tentativa de reaproveitar parte do material.

SABEY (1974) afirma que o lodo de esgoto, quando empregado como fertilizante, atua como fonte de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre.

BERTON et al. (1989) consideram a utilização agrícola do lodo de esgoto como a mais promissora, dada a importância da reciclagem de nutrientes embutida nesta prática.

Para AYUSO et al. (1992) o lodo de esgoto constitui-se em boa fonte de fósforo proveniente em grande parte de detergentes (polifosfatos).

MONTEIRO & STUPIELLO (1981) sugerem que a vinhaça, por possuir alto teor de matéria orgânica e efeito poluidor, se lançada aos cursos d'água, pode afetar adversamente os recursos do meio ambiente. Esta apesar de poluente, fornece às culturas o potássio em forma disponível, e outros nutrientes como cálcio e magnésio, tornando sua aplicação como fertilizante uma das formas mais viáveis para seu uso.

Dessa forma, considerando a necessidade de suplementação potássica, quando da aplicação de lodo de esgoto ao solo como fertilizante (ROS et al., 1990) e os elevados teores de potássio na composição da vinhaça, viu-se a necessidade de combinar estes fatores, juntamente com a aplicação de calcário, para verificar seus efeitos no solo como fertilizantes e/ou corretivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em condições de casa-de-vegetação, junto ao Departamento de Tecnologia da FCAVJ/UNESP, no período de 06/12/91 à 06/02/92.

A planta teste foi o sorgo granífero híbrido Contigrão 222, semeado em vasos plásticos com 6 litros de capacidade, empregando-se uma Areia Quartzosa, com análise química inicial: $P_{\text{resina}} = 17 \text{ mg.dm}^{-3}$; $\text{pH CaCl}_2 = 4,4$; $\text{M.O.} = 5,0 \text{ g.dm}^{-3}$ e, $\text{K} = 0,2$; $\text{Ca} = 8,0$; $\text{Mg} = 6,0$; $\text{H+Al} = 34,4$; $\text{SB} = 14,2$; $\text{T} = 48,6$, expressos em mmolc.dm^{-3} e $\text{V\%} = 29$.

O lodo de esgoto, digerido e seco ao ar, em condições de ser empregado como fertilizante, inicialmente foi peneirado, visando a remoção de impurezas grosseiras, onde procedeu-se a retirada de uma amostra do material, o qual após homogeneizado foi submetido à digestão, conforme metodologia proposta por LOON (1985), e no extrato obtido, os elementos (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Ba, Cd, Pb, Ni, Sn e Cr) foram quantificados conforme metodologia proposta por GORANDER (1979), e os teores de P e S por fotocolorimetria e turbidimetria, respectivamente. Os teores de N_t , extraídos por digestão sulfúrica à quente, foram determinados através da metodologia descrita em AOAC (1970). Os resultados foram: $\text{Na} = 20,0$; $\text{N}_t = 5,5$; $\text{P} = 3,5$; $\text{K} = 3,8$; $\text{Ca} = 42,3$; $\text{Mg} = 7,1$ e $\text{S} = 7,0$; em g.kg^{-1} , $\text{Cu} = 625$, $\text{Fe} = 44450$, $\text{Mn} = 14$, $\text{Zn} = 1125$, $\text{Cd} = 8$, $\text{Pb} = 217$, $\text{Ni} = 346$ e $\text{Cr} = 579$, expressos em mg.Kg^{-1} .

Uma amostra representativa de vinhaça de mosto misto a ser utilizada, foi analisada após homogeneização, sendo a metodologia utilizada para a extração e quantificação igual a utilizada para o lodo de esgoto. Os resultados foram: $\text{N}_t = 3,2$; $\text{P} = 0,7$; $\text{K} = 60,8$; $\text{Ca} = 10,1$; $\text{Mg} = 6,5$; expressos em g.Kg^{-1} ; $\text{Cu} = 39$; $\text{Fe} = 4200$; $\text{Mn} = 66$; $\text{Zn} = 13$; $\text{Ni} = 1,40$; $\text{Cr} = 1,25$; $\text{Pb} = 0,40$ e $\text{Na} = 22,20$; expressos em mg.Kg^{-1} .

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, sendo distribuídos em esquema fatorial ($3 \times 2 \times 2$) + 2 tratamentos adicionais, com 3 repetições, totalizando 42 vasos. Os tratamentos aplicados foram os seguintes: solo sem calagem (C_0), solo com $1,2 \text{ t.ha}^{-1}$ (C_1) e $2,4 \text{ t.ha}^{-1}$ (C_2) de calcário dolomítico calcinado (38% de CaO , 20% de MgO e $\text{PRNT} = 104\%$), associados a duas doses de lodo de esgoto (30 e 60 t.ha^{-1}) e a duas doses de

vinhaça (30 e 60 t.ha⁻¹), além de dois tratamentos adicionais [calcário (2,4 t.ha⁻¹) + fertilizante mineral e a testemunha geral].

As doses de calcário, de lodo de esgoto, de vinhaça e a fertilização mineral recomendada, foram aplicadas uniformemente de forma manual no dia 06/12/91. Para a fertilização mineral foram utilizados o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, como fontes de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

A semeadura ocorreu em 06/01/92, distribuindo-se 10 sementes por vaso, decorridos 10 dias procedeu-se o desbaste deixando 3 plantas por vaso, 30 dias após a germinação foi aplicado por cobertura 20Kg N.ha⁻¹, em 06/03/92 as plantas foram cortadas rente ao solo, que após lavagem foram embaladas em saco de papel e em seguida submetidas à secagem em estufa de circulação e renovação forçada do ar à 60-70°C, até peso constante, onde procedeu-se a pesagem. Após a coleta das plantas, realizou-se a amostragem do solo, que após secagem à sombra e tamizado (2mm), foi submetido à análises de rotina para fins de fertilidade, segundo metodologia de FERREIRA et al. (1990), e à quantificação dos teores de metais pesados realizada por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com GORANDER (1979), mediante extração prévia com HCl 1N, de conformidade com a metodologia proposta por LAGERWERFF et al. (1977).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a análise de solo, realizada 91 dias após a incubação e/ou após o corte das plantas, são apresentados no Quadro 1.

Nota-se efeito do calcário nos teores de fósforo, mostrando que a solubilização do corretivo no solo aumenta a disponibilidade desse elemento, e que a dose de 1,2 t.ha⁻¹ de calcário foi a que apresentou os melhores resultados.

O emprego de lodo de esgoto apresenta efeitos significativos e positivos para os teores de fósforo e cálcio no solo, decorrentes dos altos

Quadro 1. Características químicas do solo, após a coleta das plantas de sorgo.

C	L	V	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P _{resina} mg.dm ⁻³	M.O. g.dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c .dm ⁻³	SB	T	V (%)
0	30	30	-	-	-	26	12,3	5,3	3,5	41,3	7,0	15,3	50,5	65,8	72
0	30	60	-	-	-	34	13,0	5,8	4,6	28,7	4,3	13,3	37,6	50,9	74
0	60	30	-	-	-	47	13,0	6,0	3,3	46,3	3,7	12,7	52,6	65,3	81
0	60	60	-	-	-	42	13,0	6,0	4,7	46,0	4,7	12,0	55,3	67,3	82
1,2	30	30	-	-	-	32	12,7	5,9	3,3	42,3	4,7	14,3	36,6	50,6	72
1,2	30	60	-	-	-	33	13,0	6,0	5,6	32,3	6,0	15,0	43,9	58,9	74
1,2	60	30	-	-	-	44	13,3	6,0	2,2	48,7	4,7	13,0	55,5	68,5	81
1,2	60	60	-	-	-	51	13,3	6,2	5,4	59,0	10,3	11,7	74,8	86,4	86
2,4	30	30	-	-	-	29	12,3	5,8	3,2	33,3	6,0	13,7	42,5	56,2	75
2,4	30	60	-	-	-	31	13,3	5,9	5,7	32,0	7,0	13,0	44,7	57,7	77
2,4	60	30	-	-	-	44	13,0	6,0	2,2	48,0	6,3	13,3	56,5	69,9	81
2,4	60	60	-	-	-	47	13,7	6,2	4,7	52,7	7,0	11,3	64,3	75,7	85
0	0	0(T1)	-	-	-	14	11,0	4,5	0,3	6,0	1,0	29,0	7,3	39,9	26
2,4	0	0(T2)	10	40	50	23	11,7	5,4	0,7	18,0	7,3	17,3	25,9	43,3	59
Estatística															
F (C)						5,01*	0,50 ^{NS}	4,15*	0,22 ^{NS}	0,95 ^{NS}	1,87 ^{NS}	0,87 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,96 ^{NS}
F (L)						282,87**	3,56 ^{NS}	26,75**	7,10*	22,95**	0,13 ^{NS}	17,20**	31,37**	26,62**	35,88**
F (V)						9,85**	3,56 ^{NS}	5,53*	101,83**	0,24 ^{NS}	2,27 ^{NS}	5,44*	2,06 ^{NS}	1,34 ^{NS}	4,41*
F (C x L)						0,05 ^{NS}	0,06 ^{NS}	1,23 ^{NS}	1,56 ^{NS}	0,40 ^{NS}	1,87 ^{NS}	0,87 ^{NS}	1,98 ^{NS}	2,03 ^{NS}	0,65 ^{NS}
F (C x V)						0,52 ^{NS}	0,72 ^{NS}	0,80 ^{NS}	4,83*	0,63 ^{NS}	2,65 ^{NS}	0,60 ^{NS}	3,00 ^{NS}	3,54*	0,14 ^{NS}
F (L x V)						1,58 ^{NS}	0,89 ^{NS}	0,43 ^{NS}	0,76 ^{NS}	4,16*	2,72 ^{NS}	0,60 ^{NS}	3,23 ^{NS}	2,93 ^{NS}	0,22 ^{NS}
F (C x L x V)						10,12**	0,06 ^{NS}	3,73*	0,48 ^{NS}	0,43 ^{NS}	0,88 ^{NS}	1,41 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,38 ^{NS}	0,12 ^{NS}
Desvio Padrão						2,66	0,07	0,18	0,07	0,95	0,23	0,13	0,92	0,90	4,28
CV (%)						7,48	5,54	3,07	18,49	24,78	40,68	8,78	19,89	14,71	5,85

C = doses de calcário (t.ha⁻¹); L = doses de lodo de esgoto (t.ha⁻¹); V = doses de vinhaça (t.ha⁻¹); FM = Fertilização Mineral (Kg.ha⁻¹)
recomendado.

* e ** - significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{NS} = não significativo.

teores destes elementos no resíduo orgânico que aplicado ao solo torna os mesmos prontamente disponíveis ao sistema solo-planta, onde verifica-se que a maior dose (60 t.ha^{-1}) proporcionou os maiores teores no solo e também as maiores produções de matéria seca (Figura 1).

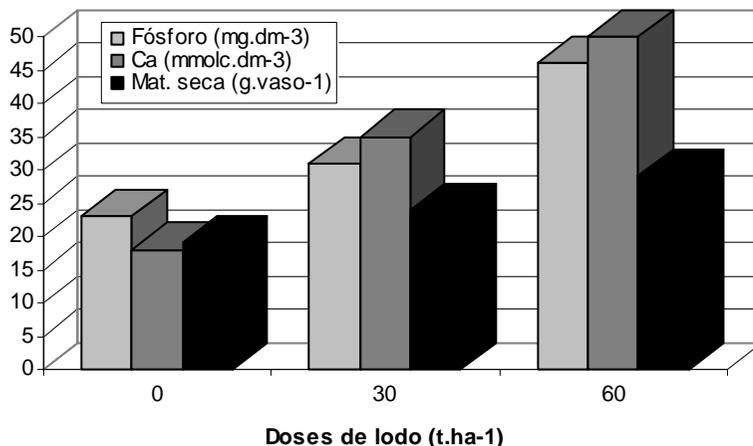


Figura 1. Teores médios de P e Ca, no solo e respectiva produção média de matéria seca, em função das doses de lodo de esgoto.

As doses de lodo de esgoto estudadas, apresentaram um sensível aumento nos valores pH e diminuição nos de H^+Al , isto garante que este resíduo orgânico interage nas propriedades químicas do solo e conseqüentemente com os íons H^+ retidos nos colóides do solo, tornando os nutrientes mais disponíveis às plantas, proporcionando aumentos na produção de matéria seca (Figura 2).

Mesmo ocorrendo efeito significativo para potássio com as doses de lodo de esgoto empregadas (Quadro 1), o mesmo não é acentuado, essa ocorrência é devida a sua alta solubilidade em água, pois o mesmo apresenta-se em baixa concentração no lodo de esgoto, sendo necessário a sua complementação mineral, quando empregado como fertilizante.

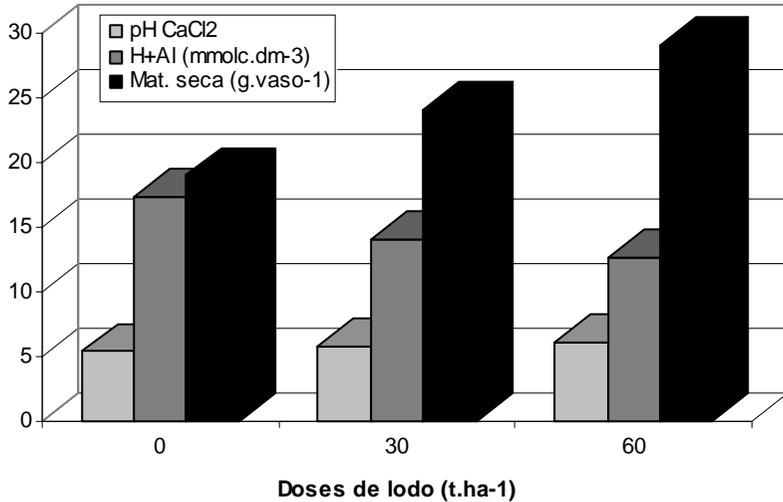


Figura 2. Valores médios de pH e H+Al no solo e respectiva produção média de matéria seca, em função das doses de lodo em esgoto.

Com a aplicação da vinhaça concentrada, 60,8 g.Kg⁻¹ de potássio, ocorre acréscimos nos valores do nutriente no solo, os quais refletem positivamente na produção de matéria seca (Figura 3), em função das doses mostrando que este resíduo pode ser fonte do elemento, sendo um possível substituto do fertilizante potássico.

O efeito das doses de vinhaça na elevação do V%, foi estatisticamente positivo, onde nota-se que este resíduo sendo uma excelente fonte de potássio, como também de cálcio e magnésio, altera os valores de V%, resultados concordantes com trabalhos de COLETI et al. (1983).

A interação Lodo (L) x Vinhaça (V) afetou os teores de cálcio do solo, sendo os teores deste elemento elevados no lodo (42,3 g.Kg⁻¹) e na vinhaça (10,1 g.Kg⁻¹), tornando os mesmos mais disponíveis na solução do solo para posterior absorção pelas plantas.

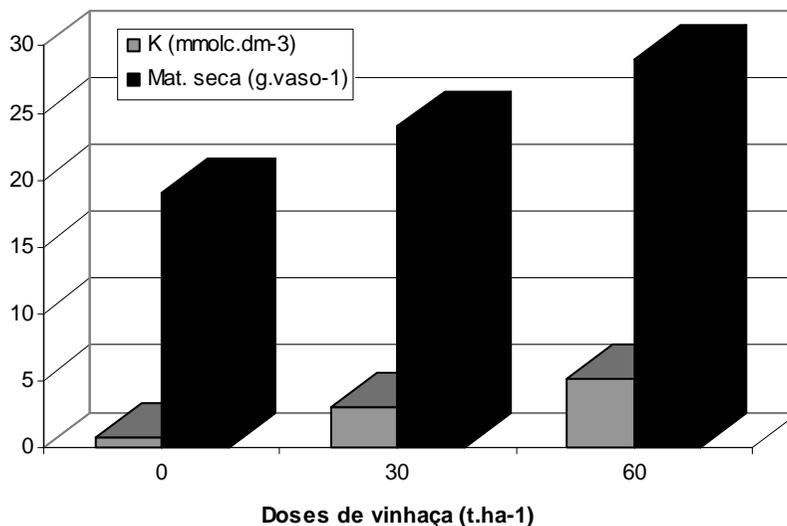


Figura 3. Teores médios de K no solo e respectiva produção média de matéria seca, em função das doses de vinhaça.

Comparando-se as testemunhas (T_1 e T_2), nota-se o efeito positivo da maior dose do corretivo com adubação mineral (T_2) nos parâmetros SB e V%, mostrando que a sua solubilização, fornecendo cálcio e magnésio, altera positivamente a SB e o V%, resultados estes concordantes com os apresentados por LOPES (1984). Este efeito mostra que a calagem promove melhorias nas propriedades do solo, mesmo após um curto período reacional do corretivo.

Os teores médios encontrados para metais pesados no solo são apresentados no Quadro 2.

Com a aplicação das doses de lodo de esgoto, nota-se efeito no aumento da disponibilidade dos metais níquel, chumbo e crômio, onde ocorrem acréscimos lineares em função das doses do resíduo orgânico empregadas.

Embora tenha-se encontrado baixos teores de níquel e chumbo, sabe-se que esses metais apresentam grande potencial para acúmulo nos solos, fato este, que pode tornar-se problema, quando da aplicação sequencial de lodo de esgoto por vários anos.

Quadro 2. Teores médios de alguns metais pesados no solo, após a colheita das plantas de sorgo granífero.

Tratamentos			FM			Ni	Pb	Cr	Cd
C	L	V	N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
-----µg.g ⁻¹ -----									
--									
0	30	30	-	-	-	1,02	1,31	1,87	0,03
0	30	60	-	-	-	1,09	1,45	1,90	0,04
0	60	30	-	-	-	1,99	2,31	3,33	0,09
0	60	60	-	-	-	2,07	2,17	3,03	0,08
1,2	30	30	-	-	-	0,97	1,47	1,76	0,05
1,2	30	60	-	-	-	1,07	1,17	1,48	0,04
1,2	60	30	-	-	-	2,26	2,41	3,54	0,09
1,2	60	60	-	-	-	2,11	2,49	3,32	0,09
2,4	30	30	-	-	-	0,83	1,02	1,58	0,03
2,4	30	60	-	-	-	1,04	0,80	1,87	0,04
2,4	60	30	-	-	-	1,99	1,89	3,36	0,10
2,4	60	60	-	-	-	2,30	2,51	3,71	0,09
0	0	0(T1)	-	-	-	0,08	0,44	0,08	0,01
2,4	0	0(T2)	10	40	50	0,03	0,68	0,12	0,00
Estatística									
F (C)						0,57 ^{NS}	4,58*	0,62 ^{NS}	0,89 ^{NS}
F (L)						447,95**	137,57**	355,92**	81,19**
F (V)						3,75 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,01 ^{NS}
F (C x L)						1,84 ^{NS}	1,79 ^{NS}	3,92*	1,25 ^{NS}
F (C x V)						2,46 ^{NS}	0,94 ^{NS}	4,02*	0,30 ^{NS}
F (L x V)						0,17 ^{NS}	2,80 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,48 ^{NS}
F (C x L x V)						0,92 ^{NS}	2,99 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,92 ^{NS}
Desvio Padrão						0,16	0,28	0,26	0,02
CV (%)						11,75	17,73	11,78	30,60

C = doses de calcário (t.ha⁻¹); L = doses de lodo de esgoto (t.ha⁻¹); V = doses de vinhaça (t.ha⁻¹); FM = Fertilização Mineral (Kg.ha⁻¹) recomendado.

* e ** - significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{NS} = não significativo.

CONCLUSÕES

Pelos dados apresentados, conclui-se que: o calcário, o lodo de esgoto e a vinhaça favoreceram a elevação do pH, Soma de Bases, Capacidade de Troca Catiônica e a Saturação por Bases, e diminuiu H + Al, influenciando positivamente a produção de matéria seca. Os teores de metais pesados extraídos do solo foram baixos, mas com aplicações sequenciais de lodo de esgoto ao solo, o teores destes elementos podem acumular-se, tornando um sério problema.

DIAS, F.L.F., BELLINGIERI, P.A., SEKI, L.T. Effect of the application the limestone, sludge sewage and vinace on chemical properties of the soil cultivated with grain sorghum. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.51-62, 1996.

SUMMARY: This work was carried out under greenhouse, cultivating the grain sorghum on quartz-phase, to objective of the verify the effects of the sewerage loam dosages (30 and 60 t.ha⁻¹), vinace (30 and 60 t.ha⁻¹) and limestone (0, 1,2 and 2,4 t.ha⁻¹), with fertilizer and/or limestone. The samples of the soil was carried after collective of the plants (at 91 days after incubation). After analysis and interpretation of the results finds conclusion of the limestone, the sewerage loam and the vinace allowing pH, some of the bases, cation exchange capacity and the bases saturation, and decreasing H+Al, influencing dry matter yield. The levels of heavy metals extracted from the soil after collective the plants were low, but with sequential use of sewerage loam, the levels of some could accumulate, became the serious problem.

Key works: sewage sludge, vinace, heavy metals.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*. 11.ed., Washington, 1970, 1075p.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.51-62, 1996.

- AYUSO, M., et al. Utilización de um lodo aerobio como substituto de fertilizantes fosforados inorgânicos. *Suelo y Planta*, v.2, p.291-80, 1992.
- BERTON, R.S., CAMARGO, O.A., VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto à cinco solos paulistas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Campinas, v.13, p.187-92, 1989.
- COLETI, J.T., et al. Efeito da aplicação de vinhaça nas propriedades dos solos da Usina São José - Macatuba. *STAB - Açúcar e Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.1, p.12-7, 1983.
- FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P., FERREIRA JR, M.E. *Avaliação da fertilidade empregando o sistema IAC de análises de solo*. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1990. 40p.
- GORANDER, L. *Método de análises* - Varian Techtron Pty. 1979. 229p. (Publication, 85.100317-00).
- LAGERWERFF, J.V., et al. Effects of incubation and liming on yield and heavy metal uptake by rye from sewage sludge soil. *J. Environ. Qual.*, Madison, v.6, p.429-31, 1977.
- LOON, J.C.V. *Selected methods of trace metal analysis: biological and environmental samples*. New York: J. Wiley, 1985. p.289-91.
- LOPES, A.S. *Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo*. Piracicaba: Potafós, 1984. 162p.
- MONTEIRO, H. & STUPIELLO, J.P. Emprego de vinhaça complementada com nitrogênio e fósforo em soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*). *Bras. Açucareiro*, Rio de Janeiro, v.97, n.4, p.22-7, 1981.
- ROS, C.O., CERETTA, C.A., FRIES, M.R. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante: Efeito imediato no milheto e residual na associação de **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.51-62, 1996.

aveia + ervilhaca. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 19, 1990, Santa Maria. *Resumos...* SBCS, 1990. p.20.

SABEY, B.R The use of sewage sludge as a fertilizer. *Environmental Engineering Series*, London, v.72, p.108-12, 1974.

MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO NA CULTURA DO ALHO (*Allium sativum* L), cv. ROXO PÉROLA DE CAÇADOR.

SENO, Shizuo¹
SALIBA, Gilberto G.²
KOGA, Paulo Sergio²
PAULA, Fernando José de²

RESUMO: Estudou-se em Ilha Solteira - SP, os efeitos de 5 doses de fósforo (0, 100, 200, 400 e 800 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato simples) e dois modos de aplicação do adubo: (a) no sulco de plantio a 10 cm de profundidade e (b) distribuído a lanço na superfície e incorporado com enxada rotativa a 10 cm de profundidade, na cultura de alho cv. Roxo Pérola de Caçador, com frigidificação pré-plantio a 4°C durante 60 dias. Os demais nutrientes (N, K, B e Zn), foram comum a todos os tratamentos. Avaliou-se o comprimento das plantas aos 30 e 60 dias após o plantio, o peso médio do bulbo, a produção comercial e as percentagens de bulbos graúdos, médios e miúdos. Não houve interação significativa entre doses e modo de aplicação de fósforo nas características avaliadas. Somente o comprimento da planta aos 30 dias foi influenciado significativamente pelos modos de aplicação, sendo maior com o modo a lanço. As análises dos desdobramentos em regressão polinomial para doses de fósforo, indicaram que: os dados de comprimento de plantas aos 30 dias ajustaram-se a uma função linear decrescente; a produção comercial (regressão cúbica), indicou dose máxima ao redor de 100kg/ha de P₂O₅; a maior percentagem de bulbos graúdos e a menor de bulbos miúdos (regressões quadráticas), foram obtidas com doses em torno de 200kg/ha de P₂O₅. As demais características não foram influenciadas pelos tratamentos.

Termo para indexação: alho, *Allium sativum*, fósforo, modo de aplicação, adubação.

INTRODUÇÃO

Segundo MASCARENHAS & MAKISHIMA (s/d), em horticultura, a quantidade e a qualidade da produção podem ser

¹ Departamento de Horticultura e Tecnologia de Alimentos, FE/UNESP. Ilha Solteira, SP.- C.P. 31 - 15.385-000.

² Engenheiro Agrônomo graduado pela FE/UNESP- Ilha Solteira, SP.

influenciadas por vários fatores, entre estes, a técnica da aplicação de adubos, que pode ser tão importante quanto a dose a ser utilizada. Os principais pontos a serem observados neste sentido são: maximizar o aproveitamento dos nutrientes pela planta e minimizar eventuais danos ao sistema radicular, ocasionados pela solução salina que se forma no solo. AMARAL (1971) verificou que as maiores produtividades foram obtidas quando os fertilizantes foram colocados 5 cm abaixo e ao lado dos bulbilhos de alho.

Na literatura, são bastante contraditórios os resultados envolvendo o elemento fósforo na produtividade da cultura do alho. Em solo com teor inferior a $5\mu\text{g}/\text{cm}^3$, CHENG et al. (1978) e BIASI et al. (1982) obtiveram maior produtividade de bulbos com 450 e 640kg/ha de P_2O_5 respectivamente, no entanto, YAMANISHI & CASTELLANE (1987), trabalhando em solo com $18\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P, verificaram que a maior produtividade foi obtida com a dose de 120kg/ha de P_2O_5 . Com $24\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P no solo, SENO et al. (1995) verificaram que doses de 0 a 450 kg/ha de P_2O_5 , induziram efeitos cúbicos no comprimento das plantas aos 60 dias após o plantio, peso médio do bulbo e produtividade comercial. Por outro lado, o fósforo não influenciou a produtividade dos bulbos em solos contendo: $16\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P (PEDROSA et al. 1988); $24\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (SENO, et al. 1994); $34\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (SUMI et al. 1986), e $104\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P (CASTELLANE et al. 1987).

O objetivo do presente ensaio foi verificar a dose de fósforo, e o modo de aplicação mais adequado para a cultura do alho frigorificado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Ilha Solteira-SP (latitude $20^{\circ}22'$ S, longitude $51^{\circ}22'$ W e altitude aproximada de 335m) em um solo Latossolo Vermelho Escuro, textura franco-arenosa, com as seguintes características químicas: P(resina)= $24\mu\text{g}/\text{cm}^3$; M.O.= 2,1%; $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ = 5,1; K= 0,44; Ca= 2,0; Mg= 1,0; H+Al= 2,2 emg/100 cm^3 e V%= 61.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.63-71, 1996.

Utilizou-se a cultivar Roxo Pérola de Caçador, frigorificada por 60 dias a 4°C, cujos bulbilhos com peso médio de 2,5g foram plantados no dia 04/05/1992, no espaçamento de 0,25x0,10m. O controle de ervas daninhas foi realizado com o herbicida Oxadiazon em pré - emergência e a suplementação hídrica foi pelo sistema de aspersão. A cultura foi conduzida sem cobertura morta e os tratamentos fitossanitários realizados foram os convencionais à cultura.

Os tratamentos estudados foram 5 doses de P₂O₅ (0; 100; 200; 400 e 800kg/ha), utilizando-se o adubo superfosfato simples, e dois modos de aplicação: (a) no sulco de plantio à 10 cm de profundidade e (b) distribuição na superfície do solo, incorporado com enxada rotativa a 10cm de profundidade). A adubação básica, comum a todos os tratamentos, foi constituída por 22,5kg de N (sulfato de amônio); 102,5kg de K₂O (cloreto de potássio); 2,5kg de B (bórax) e 4,5kg de Zn (sulfato de zinco) por hectare, e aplicada conjuntamente com o fósforo. Foram efetuadas duas adubações foliares com uréia a 1%, aos 40 e 60 dias após o plantio.

O delineamento foi em blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial, com parcelas de 4,0x1,0 metros, contendo 4 fileiras. Avaliaram-se o comprimento médio das plantas aos 30 e 60 dias após o plantio, a produção comercial, o peso médio do bulbo e classificação percentual dos bulbos graúdos (maior que 37mm), médios (32 a 37mm) e miúdos (25 a 32mm de diâmetro).

As médias das características dos tratamentos referentes ao modo de aplicação foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, e as referentes a doses de fósforo, analisadas através de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento, as médias das temperaturas máximas e mínimas mensais foram de 28,9 e 19,3°C; 29,2 e 18,4°C; 26,4 e 15,0°C e 28,3 e 16,6°C, respectivamente para os meses de maio, junho, julho e agosto. A colheita dos bulbos foi realizada no dia 12/08/1992, totalizando um ciclo de 102 dias.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.63-71, 1996.

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios das características estudadas, valores de F das regressões polinomiais, interações e coeficientes de variação

Não se verificaram interações significativas entre doses de fósforo e modos de aplicação de fósforo para as características analisadas.

O comprimento da planta aos 30 dias após o plantio foi significativamente menor quando o fósforo foi aplicado no sulco, bem como o aumento nas doses de fósforo também propiciaram uma redução linear no comprimento da planta (Figura 1). Isto se deve, provavelmente, à maior injúria ao sistema radicular da planta, provocada pelo aumento na concentração de sais, deficiência de zinco induzida pela maior concentração de fosfato, ou algum outro efeito capaz de alterar o aspecto nutricional da planta. Já aos 60 dias não se observou diferença significativa no comprimento médio da planta em função do modo de aplicação e dose de fósforo. O modo de aplicação do nutriente não influenciou a produção comercial, peso médio do bulbo e percentagem de bulbos graúdos, médios e miúdos.

Com relação as doses de fósforo, a produção comercial adequou-se a uma função cúbica (Figura 2), podendo-se observar uma maior produtividade com a utilização de aproximadamente 100kg/ha de P_2O_5 . Esse valor é inferior aos obtidos por BIASI et al., (1982), YAMANISHI & CASTELLANE (1987) e semelhantes aos obtidos por SENO et al. (1994). Esse resultado provavelmente se deve ao teor de fósforo original do solo em questão ($24\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P-resina). As regressões polinomiais não foram significativas para peso médio de bulbo e produção de bulbos médios.

As produções percentuais de bulbos graúdos e miúdos ajustaram-se a uma função quadrática (Figura 3), podendo-se observar que a dose de aproximadamente 200kg/ha de P_2O_5 , propiciou maior percentagem de bulbos graúdos e menor de bulbos miúdos.

Tabela 1. Comprimento da planta aos 30 e 60 dias após o plantio, produção comercial, peso médio do bulbo, e produção percentual de bulbos graúdo, médio e miúdo, em função do modo de aplicação e doses de fósforo. Ilha Solteira-SP.

		Altura da planta (cm)		Produção comercial (kg/ha)	Peso médio do bulbo (g)	% Bulbos graúdos >37mm	% Bulbos médios 32-37mm	% Bulbos miúdos 25-32mm
		----- 30 dias	60 dias					
Modo de aplicação	Lanço	40,04 a	58,56 a	6596,9 a	24,76 a	63,72 a	26,15 a	10,03 a
	Sulco	36,14 b	58,72 a	6634,9 a	24,44 a	67,00 a	23,69 a	9,07 a
Doses de P ₂ O ₅ (kg/ha)	0	40,42	57,71	6008,7	23,62	57,93	28,81	12,77
	100	37,51	57,91	6810,5	24,28	65,08	25,36	9,50
	200	38,80	59,87	6764,2	25,45	69,23	23,21	7,52
	400	37,40	58,58	6738,3	24,95	68,72	23,37	7,68
	800	36,31	59,12	6756,0	24,70	65,81	23,85	10,26
INT. M x D		0,070 ns	0,092 ns	1,48 ns	0,53 ns	1,57 ns	0,70 ns	2,42 ns
Valores de F e	RL	10,00 **	2,05 ns	4,03 ns	0,68 ns	1,20 ns	1,30 ns	0,32 ns
Reg. polinomial p/ doses de P ₂ O ₅	RQ	0,85 ns	1,45 ns	5,74 *	2,23 ns	4,34 *	1,78 ns	5,97 *
	RC	0,90 ns	2,03 ns	5,48 *	0,71 ns	0,97 ns	0,50 ns	0,80 ns
DMS (5%) para modo de aplicação		1,48	1,08	304,7	1,24	6,49	4,51	2,96
CV%		5,9	2,8	7,0	7,8	15,29	27,8	47,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

(* e **)- Significativo a 5 e 1% , respectivamente. (ns)- não significativo.

(RL; RQ e RC.) - Regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente.

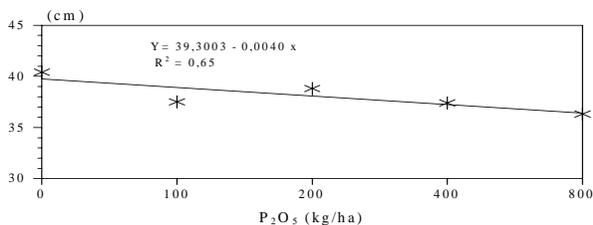


Figura 1. Efeito do fósforo no comprimento da planta de alho, cv. Roxo Pérola de Caçador, aos 30 dias após o plantio. Ilha Solteira - SP.

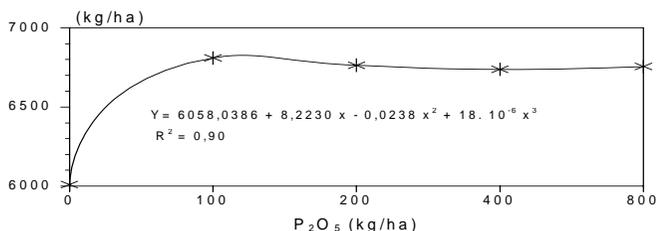


Figura 2. Efeito do fósforo na produção comercial de bulbos de alho, cv. Roxo Pérola de Caçador. Ilha Solteira - SP.

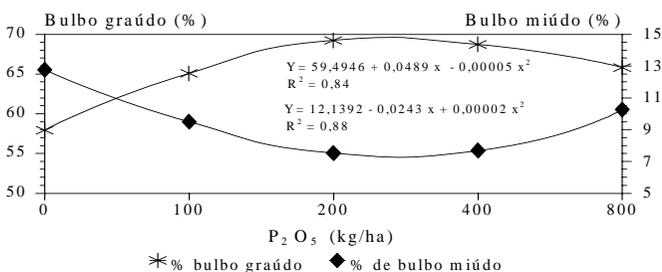


Figura 3. Efeito do fósforo na produção percentual de bulbo graúdo e miúdo de alho cv. Roxo Pérola de Caçador. Ilha Solteira - SP.

CONCLUSÕES

Para as condições edafoclimáticas em questão, podemos concluir que: os modos de aplicação do adubo superfosfato simples (no sulco de plantio ou à lanço com incorporação) não influenciaram as produções qualitativa ou quantitativa de bulbos de alho. As doses de aproximadamente 100 e 200 kg de P_2O_5 por hectare, propiciaram respectivamente, maior produção comercial e percentual de bulbos graúdos de alho, da cultivar Roxo Pérola de Caçador.

SENO, S.; SALIBA, G.G.; KOGA, P.S; PAULA, F.J. Types of application and doses of phosphorus in garlic crop (*Allium sativum* L.), cv. Roxo Pérola de Caçador. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.63-71, 1996.

SUMMARY: Five doses of phosphorus (0, 100, 200, 400 and 800 kg P_2O_5 /ha as simple superphosphate) and 2 types of application of this fertilizer (in line at 10cm depth or spread over the soil with incorporation at 10 cm depth) were investigated on garlic crop cultivar Roxo Pérola de Caçador, stored for 60 days at 4°C before planting. The remaining nutrients (N, K,B and Zn) were standard in all treatments. The length of plants at 30 and 60 days after planting, the mean weight of the bulbs, the commercial production and the percentage of large, medium and small bulbs were evaluated. Under the evaluated characteristics there were no significant interactions between the doses and the types of phosphorus application. Only the plant length at day 30 was significantly influenced by the types of application, with the best results observed for fertilizer applied through spreading over. The polynomial regression analysis for doses of phosphorus, showed: data of plant length at day 30 adjusted to a linear decrescent function; the commercial production (cubic regression), indicated maximum doses at 100 kg/ha P_2O_5 ; The highest percentage of large and the lowest of small bulbs (quadratic regression) were obtained with doses of approximately 200 kg/ha P_2O_5 . The remaining characteristics were not influenced by any treatments.

Key words: Garlic, *Allium sativum* L., phosphorus, types of application, fertilization.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.63-71, 1996.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, F.A.L. et al. Localização de fertilizantes na cultura do alho (*Allium sativum* L.). *Revista Experientiae*, Viçosa, v.11, p.209-37, 1971.
- BIASI, J., MACHADO, M.O., VIZZOTTO, V.J. Adubação do alho: doses de fósforo, ano 1979. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 22, 1982, Vitória. *Resumos...* Vitória: SOB, 1982. p.300.
- CASTELLANE, P.D. et al. Efeitos de doses de superfosfato simples e de cobertura morta na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cvs. Hito, Quitéria e Roxo Pérola de Caçador. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, v.5, n.1, p.51, 1987.
- CHENG, S.; PEDROSA, J.F.; FERREIRA, F.A. *Efeito da adubação fosfatada e calagem na produção de alho (*Allium sativum* L.)*. Belo Horizonte: EPAMIG /ESAL /UFMG /UFV, 1978. p.25-7. (Projeto Olericultura. Relatório Anual 75/76).
- MASCARENHAS, H.A.A., MAKISHIMA, N. *Métodos de aplicação de adubos em olericultura*. Campinas: Fundação Cargill, s/d.
- PEDROSA, J.F., FERREIRA, F.A., AGUIAR, J.L. Efeitos da adubação fosfatada e calagem na cultura do alho cv. Amarante. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, v.5, n.2 (supl.), p.32, 1988.
- SENO, S., et al. Efeitos do fósforo e húmus de minhoca na cultura do alho (*Allium sativum* L.), cv. Roxo Pérola de Caçador. *Cultura Agronômica*, Ilha Solteira, v.3, n.1, p.27-31, 1994.
- SENO, S., et al. Utilização de fósforo e esterco de curral na cultura do alho. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, v.13, n.2, p.196-9, 1995.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.63-71, 1996.

SUMI, S., et al. Cobertura morta e doses de superfosfato simples na cultura do alho. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, v.4, n.1, p.32-4, 1986.

YAMANISHI, R.A., CASTELLANE, P.D. Efeitos da adição de fósforo, boro e zinco na cultura do alho “Quitéria”, 1985. *Revista Horticultura Brasileira*, Brasília, v.5, n.2, p.38, 1987.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.63-71, 1996.

PESOS BI-MENSAIS DO NASCIMENTO AOS 24 MESES DE IDADE EM ANIMAIS DA RAÇA GUZERÁ. HERDABILIDADES, CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS¹

OLIVEIRA, João Ademir²
BASTOS, João F. Pereira³

RESUMO: Estimaram-se correlações genéticas entre pesos tomados a cada dois meses, do nascimento aos 24 meses de idade, bem como a herdabilidade dos mesmos, em um rebanho da raça Guzerá, para fins de se determinar a idade mais conveniente, na qual se deve basear a seleção para aumento de peso no referido rebanho. Os dados, colhidos entre 1978 a 1990, foram obtidos dos registros do controle zootécnico da Fazenda de Ensino e Pesquisa do Câmpus de Ilha Solteira, UNESP, e referem-se a 1151 animais, dos quais 553 são machos e 598 fêmeas, progênes de 25 touros, cada um com um número mínimo de 6 filhos. A análise estatística foi efetuada pelo método dos quadrados mínimos, usando um modelo misto que incluiu o efeito aleatório de touro e os efeitos fixos de sexo, estação e ano de nascimento do animal e classe de idade da mãe ao parto. Os efeitos de sexo, estação e ano de nascimento foram estatisticamente significativos em, praticamente, todos os pesos. O efeito da idade da vaca ao parto, ao contrário do esperado, foi menor nos pesos no período de pré-desmama do que nos pesos pós-desmama até os 14 meses de idade, inclusive. As estimativas dos coeficientes de herdabilidades obtidas para os pesos estudados foram baixas ($\leq 0,23$), sendo que as maiores ocorreram para os pesos aos 6 e 8 meses de idade. As estimativas das correlações genéticas entre os pesos às várias idades cresceram à medida que os intervalos entre as idades diminuíram e, em geral, foram altas e positivas. Uma consideração geral da eficiência relativa da seleção direta versus a indireta, baseada nas informações obtidas neste estudo, levou-nos à conclusão de que a seleção indireta no peso aos 8 meses pode ser mais eficiente, em termos de ganho genético nos pesos em idades posteriores, do que a própria seleção direta nestes pesos.

Termos para indexação: pesos, herdabilidade, correlação genética, seleção direta, seleção indireta

¹ Projeto desenvolvido com o apoio do CNPq

² Departamento de Ciências Exatas - FCAV/UNESP - Jaboticabal/SP - Rod. Carlos Tonnani, Km 5, s/n - CEP 14870-000

³ Departamento de Zootecnia - FE/UNESP - Ilha Solteira/SP - Cx.P. 31, CEP 15385-000

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento ponderal é um critério de seleção importante em gado de corte, não só pela facilidade na quantificação, mas também por sua evidente relação com a eficiência ou economia da produção.

O melhoramento das características de importância econômica, nas várias espécies de animais domésticos, depende do uso adequado da variação genética. Deste modo, o conhecimento das herdabilidades das características de crescimento, em gado de corte, e das correlações genéticas entre elas, é necessário para que a variação genética seja utilizada eficientemente em um programa de seleção visando aumento de peso.

Resultados de pesquisas mostram que o peso ao nascer apresenta correlações genéticas positivas de baixa magnitude com outros pesos à diferentes idades-padrão, enquanto que esses pesos, ou seja à desmama, aos 365, 550 e 730 dias são altamente correlacionados entre si e possuem coeficientes de herdabilidade de médios a altos, segundo revisão elaborada por OLIVEIRA (1979). Isto indica que a seleção para peso em idades posteriores pode ser realizada precocemente, o que resulta num encurtamento do intervalo entre gerações, contribuindo para maximizar o ganho genético.

O objetivo do presente trabalho foi estimar as correlações genéticas entre os pesos tomados a cada dois meses, do nascimento aos 24 meses de idade, bem como a herdabilidade dos mesmos, em um rebanho da raça Guzerá, para fins de se determinar a idade mais conveniente na qual se deve basear a seleção para aumento de peso no referido rebanho.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Os dados referem-se a animais nascidos e criados no rebanho Guzerá da Fazenda de Ensino e Pesquisa do Câmpus de Ilha Solteira, UNESP, situada no município de Selvíria, MS. A classificação climática

AW permite enquadrar a região onde se localiza a fazenda, como tropical de inverno seco, que é característico das zonas de cerrado.

O rebanho é criado em regime de pasto e por ocasião da seca, recebe uma suplementação de volumoso (silagem de milho), além de sal mineralizado o ano inteiro. As fêmeas lactantes permanecem nas pastagens a maior parte do tempo, sendo recolhidas ao estábulo para arraçamento.

Diversas forrageiras são utilizadas nas pastagens, predominando, no entanto, várias espécies de Braquiária (*Brachiaria* sp).

A inseminação artificial e a monta natural controlada são utilizados como métodos de reprodução. Na monta natural, o sistema de acasalamento é o da escolha sem critério preferencial de um lote de 20 a 30 vacas para cada reprodutor, com rodízio dos touros. Vacas com problemas de reprodução ou que falham dois anos consecutivos são descartadas. Os touros são selecionados segundo três critérios: características raciais, desenvolvimento ponderal e produção de leite da mãe.

As vacas em lactação são ordenhadas uma vez ao dia com o bezerro ao pé, sendo que a cada quinze dias é efetuado o controle da produção de leite. Após a ordenha, os bezerros mamam o leite residual ou deixa-se um teto sem a retirada do leite, destinado ao bezerro e, posteriormente, são separados da mãe e conduzidos a piquetes. A ordenha das vacas ocorre por um período de no máximo sete meses, sendo que a desmama dos bezerros é feita em lotes a uma idade aproximada de nove meses.

Os bezerros são pesados ao nascer e daí, em geral, a cada dois meses, entre os dois últimos dias do mês findo e os dois primeiros dias do mês seguinte. Os nascidos até o dia 15 inclusive, são considerados como tendo um mês de idade no dia 28 do mesmo mês e os nascidos depois do dia 15, no dia 28 do mês posterior. Os machos são pesados até a idade de 36 meses e as fêmeas até atingirem o peso requerido para reprodução (320 kg de peso vivo).

Um arquivo de informações foi montado a partir de registros sobre os animais, como identificação, sexo, data do nascimento, filiação, data de nascimento da mãe, pesagens, etc., colhidos junto ao banco de dados zootécnicos da fazenda, implantado no Pólo Computacional do Câmpus de

Ilha Solteira. Estas informações referem-se a 2400 animais nascidos no período de 1977 a 1992.

Métodos

As características analisadas, com seus símbolos entre parêntesis, são as seguintes: peso ao nascer (PN), pesos aos 2 (P2), 4 (P4), 6 (P6), 8 (P8), 10 (P10), 12 (P12), 14 (P14), 16 (P16), 18 (P18), 20 (P20), 22 (P22) e 24 (P24) meses de idade.

Na ausência de quaisquer desses pesos, em função do critério de pesagens regulares de dois em dois ou, eventualmente, mais meses adotado na fazenda, os mesmos foram obtidos através do método de interpolação linear.

Foi adotada restrição no sentido de se eliminar animais com informações incompletas e animais filhos de touros com menos de seis filhos. Este limite mínimo foi escolhido de modo a não reduzir acentuadamente a amostra.

Com a restrição adotada, a amostra então disponível englobou 1151 animais, dos quais 553 eram machos e 598 fêmeas, filhos de 25 touros, nascidos no período de 1978 a 1990.

Além do cálculo de médias para os pesos às várias idades, diversas distribuições de frequência, a partir de análises preliminares, foram feitas e verificado se os dados estavam adequadamente distribuídos dentro de sexo, estação e ano de nascimento do animal, idade da mãe ao parto (classe), com o objetivo de diminuir-se a probabilidade de eventuais confundimentos.

As idades das mães ao parto foram agrupadas nas seguintes classes: vacas com menos de três anos, vacas de três até menos de quatro anos e assim por diante, até vacas com dez anos ou mais, representadas como 1, 2, ..., 9, respectivamente.

A estação de nascimento compreendeu quatro períodos distintos, ou seja de janeiro a março, de abril a junho, de julho a setembro e de outubro a dezembro.

As análises estatísticas dos pesos às idades em estudo foram realizadas pelo método dos quadrados mínimos utilizando o programa

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.73-88, 1996.

computacional Mixed Model Least-Squares and Maximum Likelihood Computer Program para microcomputadores, descrito por HARVEY (1990). Foi adotado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + s_i + F_k + e_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} = peso ao nascimento, aos 2, 4, 6, 8, ..., 24 meses;

μ = média geral;

s_i = efeito aleatório do $i^{\text{ésimo}}$ touro;

F_k = conjunto de efeitos fixos (sexo, estação e ano do nascimento do animal classe de idade da mãe ao parto);

e_{ijk} = erro aleatório, normalmente distribuído com média zero e variância σ^2 .

Os coeficientes de herdabilidade foram estimados pela correlação intra-classe entre meio-irmãos paternos, com erros padrão calculados pela fórmula de SWIGER et al. (1964).

As correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente foram estimadas segundo as fórmulas descritas por FALCONER (1981).

A determinação da idade do animal, na qual a seleção para peso se deve basear, foi feita levando-se em conta a eficiência relativa da seleção indireta comparada com a seleção direta, em termos de ganho genético, a qual corresponde, segundo TURNER e YOUNG (1969), ao quociente:

$$\frac{\Delta_{yx}}{\Delta_{yx}} = \frac{\text{Ganho genético em y sob seleção para x}}{\text{Ganho genético em y sob seleção para y}} = r_G(xy) \sqrt{\frac{h_x^2}{h_y^2}}$$

onde: $r_G(x,y)$ = correlação genética entre os pesos às idades x e y;

h_x^2 e h_y^2 = herdabilidades dos pesos às idades x e y, respectivamente,

se o diferencial de seleção padronizado for o mesmo nos dois casos.

Este quociente é uma medida conveniente do ganho genético relativo, de modo que se for maior do que um, a seleção indireta é a mais eficiente. Caso contrário, a mais eficiente é a seleção direta.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.73-88, 1996.

RESULTADOS

As médias observadas e respectivos desvios padrões e as estimadas por quadrados mínimos, com seus respectivos erros padrões, das distribuições de todos os pesos, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Médias observadas e respectivos desvios padrões e médias estimadas e seus erros padrões, dos pesos às diversas idades.

Características	Médias (kg)		
	Observadas	Desvios Padrões	Estimadas \pm Erros padrões
PN	27,5	3,5	27,6 \pm 0,3
P2	58,1	10,9	58,0 \pm 0,9
P4	88,4	17,5	88,2 \pm 1,2
P6	119,4	22,8	120,5 \pm 2,1
P8	147,7	27,3	151,2 \pm 2,3
P10	168,6	31,0	173,9 \pm 2,0
P12	184,7	33,5	189,5 \pm 2,0
P14	199,8	35,9	203,2 \pm 1,8
P16	217,4	39,0	220,5 \pm 2,1
P18	235,6	41,7	239,6 \pm 2,6
P20	252,4	44,3	259,2 \pm 3,2
P22	269,5	46,5	280,0 \pm 3,2
P24	289,7	49,3	297,5 \pm 4,0

Desde que é reconhecida a influência de certos fatores circunstanciais sobre as características de crescimento, algumas fontes identificáveis de variação foram incluídas no modelo matemático. Os resumos das análises de variância por quadrados mínimos referentes a tal modelo são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Resumo das análises de variância pelo método dos quadrados mínimos para PN, P2, P4, P6, P8, P10 e P12.

Fontes de Variação	G. L.	Quadrados Médios						
		PN	P2	P4	P6	P8	P10	P12
Touro	24	27**	237**	509**	1297**	1667**	1451**	1509*
Sexo	1	70**	3032**	8163**	15058**	32521**	64609**	113480**
Idade da vaca	8	22*	121	394	666	1040	1700*	2422*
Estação nasc.	3	14	520**	3160**	7355**	1422**	14781*	5583**
Ano de nasc.	12	11	1273**	3162**	5506**	6381**	8764*	9890**
Resíduo	1102	11	97	238	387	560	735	862

* = $P \leq 0,05$ ** = $P \leq 0,01$

Tabela 3. Resumo das análises de variância pelo método dos quadrados mínimos para P14, P16, P18, P20, P22 e P24.

Fontes de Variação	G. L.	Quadrados Médios					
		P14	P16	P18	P20	P22	P24
Touro	24	1339	1672	2663**	3354**	3455**	4894
Sexo	1	145725**	182734**	224485**	273144**	362804**	434423**
Idade da vaca	8	2159*	1661	1746	2274	1515	1576
Estação nasc.	3	2155	16675**	36859**	36287**	32150**	32049**
Ano de nasc.	12	12632**	12476**	13673**	17159**	19144**	20533**
Resíduo	1102	985	1121	1218	1362	1491	1652

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade e de correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente são apresentadas na Tabela 4. Usando estas estimativas foram calculadas as eficiências relativas da seleção indireta comparativamente à seleção direta, em um processo de seleção simultânea para duas características, as quais encontram-se na Tabela 5.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os efeitos de sexo, ano e estação de nascimento foram estatisticamente significativos em, praticamente, todos os pesos. Quanto ao efeito da idade da vaca ao parto, ao contrário do esperado, foi menor nos pesos no período de pré-desmama, isto é, aos 2, 4, 6 e 8 meses de idade, do que nos pesos pós-desmama (até os 14 meses de idade, inclusive).

A ordenha das vacas, que ocorre no rebanho por um período de no máximo 210 dias, tende a padronizar a quantidade de leite deixado para o bezerro mamar, o que deve ter levado à eliminação parcial do efeito da idade da vaca sobre os pesos no período de pré-desmama. Por outro lado, como o bezerro, após o término do período de ordenha, permanece com a vaca, mamando à vontade até a sua desmama, isto é, por um período não inferior a 2 meses, o efeito da idade da vaca, refletindo a variação da produção de leite da vaca com sua idade, então se manifestou significativamente em relação à P10, P12 e P14.

As estimativas de herdabilidade obtidas foram relativamente baixas quando comparadas com a maioria das citações da literatura em raças zebuínas (AMARAL, 1986, PIMENTA FILHO, 1986, MAZZA et al., 1990, LÔBO, 1992). Contudo, são aceitáveis, levando-se em conta que a herdabilidade é um valor intrínseco de cada raça e/ou rebanho.

Destas estimativas se deduz que, se estiverem próximas dos verdadeiros valores do parâmetro, então, pouca resposta deve ser esperada no rebanho à partir da seleção massal. Desse modo, métodos alternativos de seleção devem ser explorados, onde o valor fenotípico do indivíduo não deve ser isoladamente indicador de seu valor genético, devendo-se dar atenção à seus ancestrais, aos seus colaterais e à sua progênie.

Tabela 4. Estimativas de herdabilidade (na diagonal) e correlações genéticas (acima da diagonal), fenotípicas e de ambiente (abaixo da diagonal) entre pesos.

	P N	P 2	P4	P6	P8	P10	P12	P14	P16	P18	P20	P22	P24
PN	0,1	0,2	0,23±0,1	0,41±0,28	0,58±0,25	0,51±0,32	0,39±0,37	0,68±0,45	0,69±0,38	0,67±0,29	0,59±0,27	0,62±0,26	0,58±0,25
P2	0	0	0,82±0,12	0,70±0,16	0,67±0,18	0,65±0,23	0,50±0,30	0,65±0,37	0,50±0,37	0,41±0,32	0,37±0,30	0,31±0,32	0,35±0,29
	3	1											
	3	4											
		±											
		0											
		,											
		0											
		6											
	0												
	,												
	3												
	4												
P4	0	0	0,11±0,06	0,93±0,06	0,92±0,09	0,80±0,18	0,62±0,28	0,66±0,37	0,65±0,33	0,59±0,28	0,58±0,26	0,50±0,29	0,47±0,28
	,	,											
	2	8											
	2	3											
	0	0											
	,	,											
	2	8											
	2	3											
P6	0	0	0,86	0,23±0,08	0,94±0,02	0,90±0,10	0,68±0,21	0,75±0,30	0,86±0,22	0,83±0,16	0,86±0,12	0,80±0,15	0,73±0,16
	,	,											
	2	7											
	1	3											
	0	0	0,86										
	,	,											
	1	7											
	6	4											
P8	0	0	0,72	0,86	0,19±0,08	0,96±0,05	0,72±0,19	0,90±0,26	0,91±0,20	0,81±0,16	0,84±0,12	0,88±0,12	0,87±0,11
	,	,											
	2	6											
	0	2											
	0	0	0,69	0,83									
	,	,											
	1	6											
	3	1											

P10	0 0	0,61	0,73	0,86	0,10±0,05	0,85±0,12	0,88±0,20	0,76±0,24	0,60±0,26	0,64±0,22	0,79±0,17	0,91±0,13
	, ,											
	1 5											
	9 5											
	0 0	0,58	0,71	0,85								
	, ,											
	1 5											
	4 4											
P12	0 0	0,55	0,64	0,72	0,88	0,08±0,05	0,86±0,15	0,62±0,30	0,47±0,32	0,42±0,32	0,62±0,25	0,82±0,16
	, ,											
	1 5											
	7 0											
	0 0	0,54	0,65	0,74	0,89							
	, ,											
	1 5											
	5 1											
P14	0 0	0,50	0,58	0,65	0,77	0,91	0,04±0,04	0,92±0,11	0,72±0,26	0,65±0,29	0,91±0,21	1,00±0,25
	, ,											
	1 4											
	7 5											
	0 0	0,49	0,60	0,65	0,77	0,91						
	, ,											
	1 4											
	4 5											
P16	0 0	0,47	0,57	0,63	0,71	0,81	0,91	0,05±0,04	0,90±0,10	0,81±0,17	1,00±0,12	1,00±0,16
	, ,											
	1 4											
	8 1											
	0 0	0,46	0,56	0,62	0,71	0,82	0,91					
	, ,											
	1 4											
	4 1											
P18	0 0	0,46	0,57	0,63	0,70	0,76	0,82	0,92	0,09±0,05	0,95±0,05	0,99±0,05	0,94±0,08
	, ,											
	1 4											
	9 1											
	0 0	0,44	0,54	0,61	0,71	0,78	0,84	0,93				
	, ,											
	1 4											
	3 1											
P20	0 0	0,44	0,54	0,61	0,66	0,70	0,75	0,82	0,92	0,15±0,06	0,96±0,03	0,89±0,08
	, ,											
	2 3											
	1 9											
	0 0	0,42	0,47	0,56	0,67	0,74	0,77	0,84	0,92			
	, ,											
	1 3											
	4 9											

P22	0	0	0,41	0,50	0,57	0,65	0,70	0,74	0,78	0,84	0,92	0,13±0,06	0,97±0,03
	,	,											
	2	3											
	2	7											
	0	0	0,40	0,45	0,51	0,63	0,71	0,74	0,77	0,83	0,91		
	,	,											
	1	3											
	6	8											
P24	0	0	0,39	0,48	0,53	0,60	0,68	0,73	0,75	0,79	0,83	0,91	0,19±0,08
	,	,											
	2	3											
	3	6											
	0	0	0,38	0,41	0,45	0,60	0,67	0,72	0,74	0,77	0,82	0,90	
	,	,											
	1	3											
	7	6											

Tabela 5. Eficiência relativa da seleção indireta (ganho genético no peso y sob seleção para o peso x), comparada com a seleção direta (ganho genético em y sob seleção para y).

Y X	PN	P2	P4	P6	P8	P10	P12	P14	P16	P18	P20	P22	P24
PN		0,234	0,249	0,322	0,490	0,608	0,528	1,327	1,161	0,813	0,575	0,641	0,495
P2	0,239		0,914	0,557	0,577	0,780	0,691	1,272	0,841	0,503	0,365	0,325	0,299
P4	0,203	0,729		0,657	0,703	0,866	0,759	1,153	0,983	0,649	0,513	0,463	0,362
P6	0,525	0,888	1,314		1,080	1,365	1,183	1,859	1,830	1,293	1,083	1,059	0,799
P8	0,675	0,778	1,191	0,915		1,353	1,147	2,046	1,780	1,154	0,973	1,065	0,872
P10	0,426	0,535	0,745	0,587	0,687		0,964	1,426	1,058	0,615	0,525	0,679	0,648
P12	0,287	0,367	0,506	0,394	0,452	0,748		1,225	0,763	0,424	0,300	0,468	0,515
P14	0,351	0,329	0,374	0,302	0,392	0,538	0,597		0,790	0,452	0,328	0,486	0,439
P16	0,415	0,294	0,431	0,401	0,461	0,540	0,502	1,067		0,656	0,474	0,618	0,510
P18	0,546	0,331	0,535	0,533	0,562	0,590	0,524	1,149	1,233		0,761	0,841	0,660
P20	0,595	0,370	0,652	0,689	0,731	0,776	0,573	1,285	1,374	1,174		1,011	0,846
P22	0,600	0,298	0,532	0,609	0,723	0,908	0,807	1,720	1,619	1,172	0,913		0,804
P24	0,679	0,401	0,610	0,673	0,868	1,270	1,302	2,278	1,960	1,348	1,022	1,178	

As estimativas das correlações genéticas entre os pesos às várias idades cresceram à medida que os intervalos entre as idades diminuíram e, em geral, foram altas e positivas. Estas correlações, se reais, indicam que a seleção com base em um dos pesos poderá proporcionar progresso genético nos demais. Mas, como as estimativas de herdabilidade dos pesos às idades estudadas foram baixas, a resposta correlacionada em um peso sob seleção praticada em outro, será, provavelmente, pequena.

O ganho relativo sob seleção indireta e direta foi discutido por Turner e em detalhes por Searle, citados por YOUNG et al. (1965), que tabulou valores de correlação genética e da razão de herdabilidade que dariam ganhos genéticos maiores sob seleção indireta do que sob seleção direta. A Figura 1 apresenta esta informação de uma forma simples, onde x representa o peso em uma determinada idade e y , a mesma característica em outra idade. Nesta figura, o eixo horizontal indica os níveis de correlação genética entre x e y , enquanto que o da vertical dá a razão $\Delta_{yx} / \Delta_{yy}$, para uma série de valores de h_x^2 / h_y^2 . Por simplicidade, foi utilizada a razão de herdabilidades, em vez da raiz quadrada da mesma.

A Figura 1 mostra, por exemplo, que, com uma correlação genética de 0,9, o ganho genético devido à seleção indireta será maior do que com base na seleção direta, contanto que h_x^2 / h_y^2 seja maior do que aproximadamente 1,25. Por outro lado, se a correlação for igual a 0,5, a razão h_x^2 / h_y^2 deve ser maior do que 4,0 para que a eficiência da seleção indireta seja maior do que da direta.

A ocorrência, tal como pode ser observado na Tabela 4, de estimativas de herdabilidade mais altas para os pesos aos 6 e 8 meses de idade do que para os demais pesos, associado ao fato que as estimativas das correlações genéticas entre os referidos pesos e os demais serem também altas, levou-nos, em função do exposto anteriormente, a considerar aqui apenas a eficiência relativa, em termos de ganho genético, da seleção com base nos pesos em tais idades.

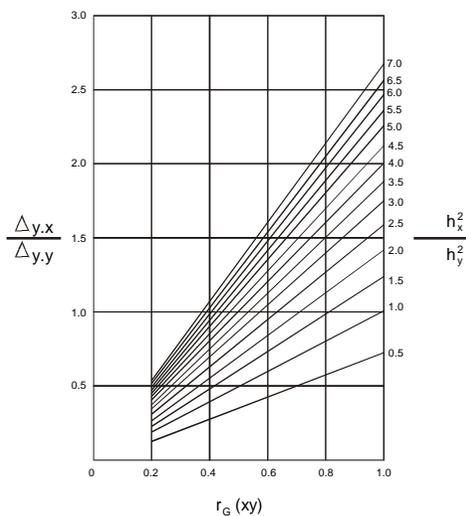


Figura 1. Razão entre o ganho genético na característica y sob seleção em x e ganho genético em y sob seleção em y , para vários valores de h_x^2/h_y^2 , h_y^2 e $r_G(xy)$, onde: h_x^2 e h_y^2 são as herdabilidades de x e y , respectivamente e $r_G(xy)$ é a correlação genética entre x e y (Fonte: YOUNG et al., 1965)

Pode-se verificar na Tabela 5 que a seleção indireta nos pesos aos 6 ou 8 meses de idade é mais eficiente em termos de ganho genético nos pesos dos 10 aos 22 meses de idade, do que a própria seleção direta nestes pesos. Assim, por exemplo, havendo maior interesse no peso aos 18 meses do que em P6 ou P8, como critério de seleção, deve-se comparar a seleção direta aos 18 meses (y) com a seleção indireta aos 6 ou 8 meses de idade (x). Usando herdabilidades de 0,193 e 0,094 para os pesos aos 8 e 18 meses, respectivamente, com correlação genética entre eles de 0,805, têm-se:

$$\Delta_{y,x} / \Delta_{y,y} = r_G(xy) \sqrt{h_x^2 / h_y^2} = 0,805 \sqrt{0,193 / 0,094} = 1,15$$

e, desse modo, a seleção indireta é mais eficiente que a seleção direta e, por conseqüência, a indireta deve ser a preferida em detrimento à outra.

Desde que a estimativa da correlação genética tem erro padrão alto, é interessante que se examine o nível de correlação no qual a seleção indireta torna-se menos eficiente que a direta. A partir da Figura 1 e considerando a razão de herdabilidades anterior, $h_x^2/h_y^2 = 2,05$, pode-se verificar que a linha correspondente à razão de herdabilidades dessa ordem interceptará a linha horizontal de razão de ganho genético ($\Delta_{yx} / \Delta_{yy}$) igual a um, quando $r_G(xy)$ for aproximadamente 0,7. Deste modo, a seleção direta será mais eficiente que a indireta quando a correlação genética for inferior a aproximadamente 22/25 do valor estimado, ou seja $22/25 \cdot 0,805 = 0,70$. Por outro lado, se a correlação genética for realmente 0,8, então a razão de herdabilidades deve ser superior a aproximadamente 1,6, para que a seleção indireta seja mais eficiente que a seleção direta.

Parece razoável propor, portanto, que no rebanho estudado, a seleção deve se basear no peso aos 8 meses quando o objetivo desejado é que os animais apresentem em idades posteriores, por exemplo aos 18 meses, pesos mais altos. A partir desta proposição e usando uma reserva de 10% dos machos e 80% das fêmeas mais pesados aos 8 meses de idade, seria esperado, com base no uso da tabela da distribuição normal, um diferencial de seleção (i) de 1,76 para os machos e de 0,35 para as fêmeas ou, em média 1,06. O reflexo dessa seleção sobre P18, considerando um desvio padrão de 41,7 kg para P18, herdabilidades de 0,19 e 0,09 para os pesos aos 8 e 18 meses de idade, respectivamente, e 0,81 como a estimativa da correlação genética entre eles, pode ser avaliado por meio da resposta correlacionada em P18, a qual seria aproximadamente 4,7 kg/geração. Deste modo, os dados sugerem uma apreciável resposta correlacionada em P18, quando a seleção é em P8.

É importante assinalar, no entanto, que, embora os dados tenham mostrado uma possível resposta correlacionada em P18, quando P8 está sob seleção, erros podem ter ocorrido nas estimativas dos parâmetros genéticos, o que introduz um elemento de dúvida na magnitude da referida resposta. A despeito disso, o presente estudo permite concluir que no rebanho Guzerá analisado, a seleção indireta aos 8 meses de idade pode ser

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.73-88, 1996.

mais eficiente, em termos de ganho genético no peso aos 18 meses, do que a própria seleção direta em P18. Recomenda-se, pois, a idade de 8 meses como a mais conveniente, na qual se deve basear a seleção para peso no referido rebanho, sendo que isto se justifica pelo fato de que informações sobre o desempenho de animais em relação a pesos durante o aleitamento, permite selecioná-los ainda jovens, o que redundaria em economia de tempo e espaço.

Quando o interesse for outro que não P18, as informações complementares poderão ser obtidas a partir da já descrita Tabela 5, que de forma similar informa sobre a eficiência relativa da seleção indireta versus seleção direta, envolvendo os pesos em todas as idades estudadas. Mas, uma análise global da mesma sugere que a idade de 8 meses parece realmente ser a mais indicada no rebanho para seleção precoce do peso.

OLIVEIRA, J.A; BASTOS, J.F.P. Bi-monthly weights from birth to 24 months old in Guzera cattle. Heritabilities, genetic and phenotypic correlations. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.73-88, 1996.

SUMMARY: It was estimated the genetic correlations among weights data collected at each two months from the birth date to 24 months of age, as well as the heritability of such data for a Guzera cattle herd in order to determine the most convenient age to base the selection for the increase of the weight in the reported herd. The data were collected from 1978 till 1990 was obtained from the registers of the Animal Husbandry Control of Teaching and Research Farm of Ilha Solteira, State University of São Paulo (UNESP), and refereed to 1151 animals, been 558 males and 598 females, offspring of 25 sires, each one with a minimum of 6 offsprings. The statistical analyses were done by the Least-Squares method, using a mixed model that included the random effect of sire and the fixed effects of sex, birth season, animal birth year and cow age class at parturition. The sex, birth season and birth year were statistically significatives for all weight in general. The cow age at parturition effect, to opposed that of expected value, was smaller on weights in the pre-weaning period, from that of post-weaning weights until the 14 months of age, inclusive. The heritability estimates obtained at the studied weights were small ($\leq 0,23$) and the highest occurred at the weights of 6 and 8 months of age. The genetic correlation estimates among the weights at several ages increased in the mesure as the interval between the age decreased and, in general, were high and positive. A general

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.73-88, 1996.

consideration of the relative efficiency of direct versus indirect selection, based on the information obtained in this study, leads to the conclusion that the indirect selection, in term of genetic gain than the weight in later ages, rather than that of the direct selection to those weights.

Key words: weights, heritability, genetic correlation, direct selection, indirect selection

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C.D. *Efeito da endogamia sobre a reprodução e crescimento de bovinos da raça Nelore*. Ribeirão Preto, 1986. 114p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. 2.ed., London: Longman, 1981. 340p.

HARVEY, W.R. *User's guide for LSMLMW and MIXMDL PC-2 version*. Ohio: Ohio State University, 1990. 90p.

LÔBO, R.B. *Programa de melhoramento genético da raça Nelore*. Ribeirão Preto: USP/Faculdade de Medicina/Departamento de Genética, 1992. 58p.

MAZZA, M.C.M. Influências maternas sobre o crescimento até um ano de idade em bovinos Guzerá. II. Herdabilidades e correlações genéticas sobre efeitos diretos e maternos. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.25, n.9, p.1311-5, 1990.

OLIVEIRA, J.A. *Estudo genético-quantitativo do desenvolvimento ponderal do gado Canchim*. Ribeirão Preto, 1979. 146p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.73-88, 1996.

PIMENTA FILHO, E.C. *Mudança genética no peso aos 365 dias de idade de bovinos Nelore no estado de São Paulo*. Ribeirão Preto, 1986. 61p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

SWIGER, L.A. et al. The variance of intraclass correlation involving groups with one observation. *Biometrics*, v.20, p.818-26, 1964.

TURNER, H.N. & YOUNG, S.S.Y. *Quantitative genetics in sheep breeding*. New York: Cornell University Press, 1969. 332p.

YOUNG, S.S.Y., et al. Genetic and phenotypic parameters for body weight and greasy fleece weight at weaning in Australian Merino sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, v.16, p.997-1009, 1965.

Revisão Bibliográfica

POLÍMEROS NO TRATAMENTO DE SOLOS

MARINHO, Jean Richard Dasnoy¹

RESUMO: É apresentada uma revisão bibliográfica sobre o condicionamento de solos empregando-se polímeros sintéticos e naturais. São abordados os vários fatores que contribuem para a estabilização do solo, empregando-se materiais poliméricos, e os mecanismos que atuam nesse condicionamento. São discutidas, também, a influência de diferentes tipos de polímeros e suas propriedades, na estabilização de solos e controle da erosão. É altamente recomendável o emprego de polímeros no condicionamento de solos assim como maior ênfase aos estudos em campo.

Termos de indexação: estabilização de solos, polímeros, controle de erosão

INTRODUÇÃO

O emprego de polímeros como agregadores do solo vem sendo utilizado há décadas com objetivos visando principalmente a engenharia civil e o aspecto erosivo/produutivo dos solos cultivados.

Na engenharia, empregam-se soluções ou emulsões poliméricas ou resinas polimerizadas “in loco”, para estabilização de leitos de rodovias e ferrovias^{21,64,106,133,138,145}, reforço, estabilização e impermeabilização de fundações^{64,108,148,151,169,176,209}, escavações de minas²⁷ e canais e redes de esgoto⁴⁶.

No tratamento do leito de rodovias, o emprego de resinas ureicas com betume¹⁰⁶ produziu uma superfície rígida que fraturou a tensões superiores a 66kg/cm^2 , enquanto que a mistura de resina anilina-furfural com CaCO_3 ²¹ e uréia-fenol-formol¹⁴⁵, em solos arenosos, foi mais eficiente na estabilização do solo à água e tensões fraturantes.

A impermeabilização e reforço de fundações e outras estruturas tem sido feita com resinas ureicas, fenólicas, furfurúlicas¹⁶⁹ ou carbamídicas¹⁴⁸,

¹Professor do Departamento de Física e Química - FE/UNESP - Ilha Solteira/SP - CP.31 - CEP. 15385-000.

poliuretanos¹⁷⁶, copolímeros acrílicos, vinílicos, estirênicos e maleicos⁶⁴, compósitos de cimento e acrilamida ou acrilato de metila com iniciador de oxirredução²⁷, polímeros de acrilamida e metileno-*bis*-acrilamida⁴⁶ e poliestireno¹⁰⁸.

Com emprego agrícola, encontra-se um vasto leque de produtos poliméricos, utilizados para estudar a recuperação de solos erodidos e solos arenosos desérticos, a estabilização dos agregados à água da chuva ou irrigação e ventos, e o nível de troca aniônica e catiônica com as mais variadas culturas. Na sua grande maioria, os trabalhos limitam-se ao estudo da camada edafológica do solo ($\approx 20\text{cm}$ de profundidade).

Entre os polímeros empregados, encontram-se o poli(ácido acrílico)^{100,124} ou seu sal de cálcio^{6,62,72}, ou de amônio¹¹; poli(ácido metacrílico)⁸ seus sais de sódio, cálcio⁴⁸, cobalto, níquel, zinco, cobre¹⁰⁷ ou seu éster metílico^{30,166}, a poliacrilonitrila^{76,96,119,134,141,157,167,180,212}, poliacrilonitrila composta com bentonita⁹¹, poliacrilonitrila hidrolisada [também conhecida como K-4 ou poli(acrilonitrila-ácido acrílico)]^{6,17,32,50,54,66,76-7,94,97,109,118,121-2,129,132,134,142-3,156-7,164,169-70,210,213-4} e poliacrilonitrila saponificada com silicato de sódio (conhecida como K-6)^{9,10,121}, poli(álcool vinílico) puro^{20,30,37,39,50-1,55,101,115,122,154,172,179-80,183,201,208} ou composto com bentonita^{83,93}; poliacrilamida na forma neutra, catiônica ou aniônica^{3,6,23-4,28,32,42,45,50,53,56,59,66-7,76,85,89,92,96-7,103,113-5,117,119,121-2,134,141-4,149,152,156,165,173,178-181,186-8,190-99,211} ou composta com bentonita ou CaCO_3 ⁵⁷⁻⁸; poli(acetato de vinila)^{33,37,39,62,155,166}, polietileno⁵¹, polimetacrilamida¹⁰⁷, poli(propionato de vinila)¹⁴⁶, poli(vinilpirrolidona)^{37,154}. Outros compostos, referidos na literatura tendo emprego agrícola são os copolímeros, sintetizados com os mais variados tipos de monômeros^{5,6,10,12,43-5,48,72,74,76,77,81,109,121,126-7,132,139,150,156,161,163-5,179,215,218}, resinas^{31,36,43,48,61-2,68-71,73,82,87-8,95,99,110,118,123,125,131,135-7,140,170,177,182,207,217}, compostos de celulose^{15,29,37,47,162,218}, polissacarídeos hidrossolúveis^{24,44,58,75,94,105,112,168,185-6,188-90,196,198-9,203,211}, polissacarídeos complexados com metais¹¹², polissacarídeos graftizados com monômeros vinílicos^{52,103,201,204-6}, poliuretanos^{50,166}, fibra de Nitron saponificada com NaOH (conhecida como K-9)^{9,10,94,121-2,132}, gelatina⁴⁹, ácido húmico⁷⁵,

látices^{7,16,25-6,38,60,84,90,128-9,146,153,160,166,171} e, por fim, uma composição de poli(álcool vinílico) com resina (uréia-melamina-formol) sulfonada¹⁰².

INFLUÊNCIA DO POLÍMERO SOBRE O SOLO

Os efeitos observados no comportamento do solo na presença de polímeros dependem, primeiramente, da forma com que o material é adicionado ao solo. No início da década de 50, a Monsanto lançou um produto a base de poli(acetato de vinila-ácido maleico) com a poliacrilonitrila hidrolisada, sob o nome de Kirilium¹⁷⁵, para ser aplicado sob a forma de pó, sobre o solo, com subsequente manejo e irrigação. Essa prática foi aplicada e incentivada para praticamente todos os condicionadores sintéticos, no início das investigações¹⁴⁷ mas, como as quantidades empregadas eram grandes (>400kg/ha), o tratamento tornou-se caro e, portanto, permaneceu praticamente esquecido, no ocidente, por uns vinte anos, enquanto que os trabalhos prosseguiram na antiga União Soviética.

A maioria dos experimentos estiveram, e ainda estão, em nível de laboratório, ou de estufas, e a extrapolação para o campo é complicada, pois nem sempre as condições “in vitro” simulam as condições “in vivo”. Foram mencionados problemas de heterogeneidade na distribuição do polímero no solo¹⁵⁸, custo^{65,79,158} e falta de técnicas de campo apropriadas^{65,216}.

Recentemente, foi demonstrado que soluções aquosas e emulsões são mais baratas, menos poluentes e mais fáceis de aplicar que o polímero em pó, e gasta-se menos material por hectare de terra^{166,188}. Além disso, para uma mesma quantidade de polímero, o produto em solução foi mais eficiente^{45,117} e conseguiu-se altas taxas de permeabilidade do solo aplicando-se baixas quantidades (5,5 a 22kg/ha) de uma mistura de um poliânion com um polissacarídeo^{190,195}. Enquanto que dosagens ótimas para polímeros em pó situam-se entre 200 a 1.000kg/ha^{4,56,97,141-2,178,188}, o uso de soluções não emprega mais do que 60 quilos de polímero por hectare de solo^{188,190,195}. No entanto, deve ser observado qual o efeito desejado pois, emulsões de polímeros que não são hidrossolúveis

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

geralmente induzem hidrofobia na superfície do solo³⁷, enquanto que soluções produzem uma distribuição mais homogênea do polímero, tanto na superfície quanto na camada arável do solo, levando a uma penetração maior da água¹⁹⁵.

Outros fatores que afetam o condicionamento do solo são: peso molecular do polímero^{80,159}, grupos funcionais ligados à cadeia principal e grau de hidrólise do polímero¹¹⁶, quantidade de polímero adsorvida^{116,154}, força iônica do meio^{39,63}, pH⁶³ e adição de cátions polivalentes⁷⁸.

Estes fatores serão abordados à medida que forem sendo discutidos os vários efeitos observados no solo.

Agregação do solo

Na grande maioria dos casos, os solos tratados continham frações de argila ou eram essencialmente arenosos e, grande parte deles situava-se em regiões de baixo índice pluviométrico. Em praticamente todos os tratamentos, foi observado um aumento no diâmetro dos grãos na fração arável do solo, associada à uma estabilidade desses agregados à água, como p.e., nos solos do Uzbequistão⁶ e solos florestais cinzentos¹⁸¹, onde os efeitos perduraram por três anos. Em alguns casos, observou-se uma rápida lixiviação do polímero¹⁷² ou após um ano^{48,165}, devido a estes efeitos dependerem do tipo de interação polímero/solo.

Neste sentido, solos argilo-arenosos tiveram seus agregados estabilizados e a permeabilidade à água aumentada com K-4, K-9 e poli(acrilamida), enquanto que o poli(álcool vinílico) pouco afetou a estabilidade, embora aumentasse a permeabilidade¹⁷⁹. As margas argilosas interagiram muito mais com polímeros acrílicos que areia ou argila somente, pois estes absorveram tanta solução polimérica que resultou em pouca aglutinação e, conseqüentemente, agregados fracos¹⁸⁴ e os solos ricos em humus necessitaram de maior quantidade de poli(acrilato de cálcio), enquanto que solos pantanosos não responderam a este polímero⁵².

De modo geral, os solos arenosos apresentaram a maior lixiviação de polímeros hidrossolúveis ($\approx 90\%$), seguido dos solos siltosos (50 a 60%) e, fixando-se mais nas frações coloidais dos solos basálticos, aluviais e argilosos^{40,57,98}.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

bentonita^{60,91,93} ou CaCO_3 ⁵⁸ melhorou a capacidade agregativa dos polímeros. Além disso, verificou-se que a eficiência na agregação dependeu do grau de polimerização e da razão polímero/solo aplicada³ e a profundidade e diâmetro dos agregados dependeu do seu tamanho inicial, da umidade do solo, da velocidade de fluxo na aplicação, da concentração da solução e do volume total aplicado¹⁶³.

Os polímeros estabilizam agregados já existentes, mas o preparo do solo pode ser mais benéfico. Solos inicialmente com agregados grandes produziram maior diâmetro dos agregados e maior profundidade de condicionamento¹⁶³.

Os polímeros que possuem grupos polares costumam interagir melhor com o solo e a formação dos agregados estáveis à água está relacionada com o aumento da viscosidade do polímero (peso molecular)¹⁵⁴ e com a rigidez dos segmentos de cadeia contendo os grupos polares¹². A chave para um condicionamento eficiente parece ser a distribuição do polieletrólito em pontos de ligação entre os agregados. Dois mecanismos foram considerados responsáveis pela distribuição do polímero no solo: *i*) fluxo de massa (convectivo), controlando tanto seu deslocamento no perfil (condicionando a profundidade) quanto a penetração nos agregados e *ii*) difusão, contribuindo para sua distribuição entre os agregados¹⁶³.

Em solos da antiga Iugoslávia, a estabilização dependeu, também, da estação do ano, devido às mudanças climáticas alterarem as interações polímero/solo. O inverno foi o que trouxe menos estabilidade e o poli(metacrilato de metila) foi o que manteve maior regularidade ao longo do ano³⁰.

Permeabilidade do solo

Paralelamente à agregação, observou-se um aumento da permeabilidade do solo ao ar²³ e à água^{11,23,26,37,59,76,85,112-4,121,2,126,132,141,144,154,165,178,192,196}, com menor perda por evaporação^{3,23,27,42,129,141,149-5-,170}, sem formação de crosta²³ ou com sua redução^{42,45,111,178,189,202} e com aumento da atividade biológica^{1,2}.

A permeabilidade variou em função do tipo de solo. Solos margo-arenosos (loam-sand) responderam ao K-4, K-9, poli(ácido acrílico-acetato de vinila) e poli(acrilamida), enquanto que os solos arenosos responderam melhor ao K-4, K-9 e poli(acrilonitrila-vinil pirrolidona)¹²¹. Em solos argilosos, a adição de poli(acrilamida aniônica aumentou a taxa de infiltração de água mas, ao final do experimento, a velocidade e a água total não aumentaram, o que indica que, nestes solos, a incrustação não foi fator limitante à permeabilidade¹¹⁷.

Em alguns casos, observou-se queda na permeabilidade à água com o aumento da concentração do polímero no solo¹⁶⁸ ou independente da razão polímero/solo, atribuída ao grau de reticulação, quando são aplicadas resinas que reticulam “in loco”^{72,139} ou então à textura compactada do solo⁹³ antes da aplicação.

Com vistas à impermeabilização, foram obtidos bons resultados aplicando-se goma guar em areias de regiões desérticas, prevenindo a perda por evaporação¹⁶⁸.

Resistência à erosão do solo

Associadas à agregação das partículas do solo e sua estabilização, estão a menor erosão tanto hídrica quanto eólica, o que foi observado com os mais variados tipos de solo e de polímeros^{22,26,32,49,53,55-6,84,89,97,100,105,120,128-9,141,150,153,155,160,166,171,178,192,206,208,215}. Para o caso de solos arenosos, onde a agregação é fraca, obtiveram-se bons resultados empregando-se polímeros acrílicos^{56,100,120,166,215}, resinas reticuladas “in loco”^{18,22,73}, bentonita⁸³, e polímeros hidrofóbicos como borrachas^{84,104,166,171}. Polímeros graftizados em matrizes insolúveis¹⁴⁻⁵, combinados com bentonita ou CaCO_3 ⁷⁵⁻⁸, ou resinas combinadas com poli(álcool vinílico), praticamente eliminaram o problema da lixiviação do polímero.

Bons resultados também foram obtidos em solos argilo-arenosos com poli(acrilamida)⁸⁹ e solos áridos, semi-áridos e desérticos da Índia, empregando-se gelatina⁴⁹. Nos solos do Ceilão, a aplicação de látex de borracha natural não deu resultados satisfatórios⁹⁰, possivelmente por problemas na formulação do látex, o que foi superado no controle da

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

erosão em solos da Malásia, onde houve proteção do solo, sem perda de porosidade, com aumento da infiltração de água e redução da enxurrada^{16,180}.

No controle da erosão, vários fatores associam-se para dar resultados positivos ou não. Dependendo do tipo de solo, as interações polímero/solo desempenham um papel importante pois, deseja-se agregados estáveis e baixa lixiviação do polímero, no caso de ser hidrossolúvel. Com a poliacrilamida, p.e., a eficácia do tratamento variou, dependendo da concentração da solução aplicada e do tempo de exposição à irrigação¹⁰³, do peso molecular do polímero⁵⁶ e da estação do ano¹⁰³. Os polímeros acrílicos hidrossolúveis resistem pouco à ação da erosão hídrica, enquanto que os polímeros vinílicos, não sendo solúveis em água, não apresentam esse problema embora possuam fraca adesão¹⁶⁶.

Propriedade físicas e mecânicas do solo

As propriedades físicas estudadas, neste tipo de pesquisa, são as que interferem diretamente no aspecto produtivo dos solos, como a estabilidade e durabilidade dos agregados e tamanho dos grãos, taxa de infiltração de água e perda por evaporação, mobilidade iônica e etc.

As propriedades mecânicas estão mais relacionadas aos estudos de engenharia e ao controle da erosão. Entre elas podemos citar a resistência ao impacto de ventos e água da chuva e resistência à compressão sendo, esta última, a mais examinada na literatura. Observou-se aumento nesta propriedade em solos arenosos, empregando-se resinas^{4,123,137}, celulose²⁹ e copolímeros acrílicos³⁴, solos salinos¹⁸², siltosos, margosos e argilosos¹²³, solo branco da Armênia⁸⁷ e solos formados por rochas carbonatadas¹³⁵, com emprego de resinas. Foi observado, no entanto, que a resistência à compressão dos solos arenosos, com resinas, decresce com o aumento da umidade do solo³⁶.

A literatura fornece trabalhos onde são realizados e propostos vários testes físicos e mecânicos empregados nestes estudos^{56,102,123,144,163,166,200}.

FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO DO POLÍMERO

Estrutura do polímero

O tipo de polímero, assim como o tipo de solo, exercem profundas diferenças nos efeitos observados. No início deste trabalho de revisão, pode-se observar a enorme variedade de compostos empregados. Tal fato tem sua razão de ser pois, assim como existem inúmeras variedades de solo, as diferentes estruturas poliméricas vão determinar o tipo de interação que prevalecerá com as partículas do solo.

Dentre as diversas propriedades que podem ser modificadas, podemos citar a rigidez da estrutura da cadeia, que pode afetar a morfologia e a solubilidade do polímero; a natureza polar do polímero, podendo induzir a hidrofobia na superfície do solo ou aumentar a hidrofília das partículas do solo e a interação polímero/solo; a introdução de cátions e ânions nos grupos polares, ligados à cadeia principal, para aumentar a mobilidade hidráulica e a nutrição das plantas; o peso molecular do polímero, que afeta diretamente a agregação das partículas do solo; a obtenção de copolímeros, que introduz propriedades diversas daquelas observadas com homopolímeros, como p.e., a diminuição da solubilidade de um polímero, através de sua copolimerização com monômeros hidrofóbicos, ou a presença de rigidez e resistência ao impacto, na combinação de polímeros vítreos com elastoméricos e a reticulação das estruturas poliméricas, que diminuem a lixiviação do polímero e aumentam a resistência mecânica do solo.

Geralmente, polímeros carregados (polieletrólitos), são mais eficientes do que o polímero neutro⁴¹, embora o efeito dependa do tipo de solo¹⁸⁹ pois, os policátions tendem a interagir eletrostaticamente com argilas negativamente carregadas, proporcionando agregados mais estáveis e tornando o solo mais hidrofílico^{24,37}, enquanto que os poliânions se combinam com cátions polivalentes, adsorvidos na superfície da argila^{24,41}. Observou-se que o aumento da concentração de eletrólitos no solo melhorou a eficiência dos poliânions na argila, enquanto que o efeito foi contrário com os policátions²⁴. A irrigação com soluções de poliânions permeou até a fronteira de umidade e aumentou a estabilidade dos

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

agregados¹⁶³ e para polímeros que possuíam grupos carboxílicos, foi observada maior eficiência em pH entre 7,5 e 8,5, na presença de LiOH e NaOH¹²⁷

Os polissacarídeos, como fonte barata, de fácil modificação química, manuseio e biodegradabilidade, também foram bastante estudados. Dependendo do tipo, os efeitos foram diversos. Goma karaya e o polissacarídeo do *Chromobacterium violaceum*, aumentaram tanto a agregação quanto a condutividade hidráulica. Os polissacarídeos dos *Azobacter indicus* e *Arthobacter viscoeus*, aumentaram a agregação mas não afetaram a condutividade hidráulica e o polissacarídeo do *Azotobacter chroococcum* comportou-se ao contrário¹¹². Comparado à poli(acrilamida), o polissacarídeo de guar não é tão durável nem tão eficiente¹⁸⁵, pois sofre mais lixiviação e produz agregados menores¹⁰⁵.

Os polissacarídeos apresentam o problema de lixiviação, mas sua graftização com monômeros vinílicos reduz esse efeito e aumenta a durabilidade e a eficiência agregativa do polímero^{204,206}.

A combinação de polímeros ou polímero/adubo, pode ser benéfica pela ocorrência de efeitos aditivos ou sinérgicos. Em solos arenosos, o uso de resinas reticuladas “in loco”, aumentou a resistência à compressão^{36,131}, mas não afetou a erodibilidade do solo, enquanto que o poli(álcool vinílico) agiu ao contrário. A combinação de ambos eliminou a erosão e aumentou em três vezes a resistência do solo. Explica-se este efeito pelo recobrimento, pela resina aniônica, do grão de areia, carregando-o negativamente e conduzindo à reorganização da matriz inorgânica em agregados maiores, sendo responsável pelo aumento do módulo de compressão, enquanto que o poli(álcool vinílico) atua como aglutinante entre os agregados, tornando-os mais resistentes à erosão¹⁰².

Observou-se, também, efeito aditivo e sinérgico na composição de poli(acrilamida) com goma guar, em solos calcáreos e solos sódicos. Os solos ácidos somente respondem à combinação dos polímeros em pH=7¹⁹⁹. A composição de poli(acrilamida) com matéria orgânica (adubo), também surtiu os mesmos efeitos na estabilização, dependendo do tipo de solo e da composição do adubo¹⁹¹.

Peso molecular do polímero

O peso molecular do polímero é um dos diversos fatores que contribuem para a melhoria do solo.

Altos pesos moleculares são mais efetivos nos mais diversos aspectos¹⁸⁹. A eficiência na estabilização de dunas atingiu um máximo com o aumento do peso molecular da poliacrilamida. Cadeias curtas não foram eficientes como pontes entre as partículas ou agregados, e cadeias muito longas deram soluções tão viscosas, que penetraram pouco no solo⁵⁶ e na combinação de resinas com poli(álcool vinílico), o aumento do peso molecular deste último implicou em melhores resultados no controle da erosão¹⁰² e na estabilidade dos agregados¹⁵⁴. Condicionadores aniônicos de alto peso molecular (>75.000), apresentaram um baixo coeficiente de difusão, dentro dos agregados, e tiveram seu fluxo controlado, principalmente, por convecção e, geralmente, penetram mais profundamente no solo. Os polímeros de menor peso molecular penetram mais facilmente no interior do agregado, correndo mais lentamente que a fronteira úmida, permanecendo nas camadas superiores, condicionando-as mais eficientemente¹⁶³. Este efeito é similar ao observado em cromatografia por exclusão de tamanho.

O aumento do peso molecular melhora a estabilidade do solo e a capacidade floculante. Embora a maioria dos polímeros flocule partículas dispersas, a estabilidade desses flocos está diretamente relacionada tanto com o peso molecular quanto com a natureza das interações polímero/partícula.

Natureza das culturas estudadas

Do ponto de vista econômico, o uso de soluções ou látices de polímeros acelerou a emergência e melhorou o rendimento das plantas. Verificou-se este fato, no uso de látices de SBR²⁵, poliacrilamida^{141,168-8} e poliacrilamida com goma guar^{188,198}. Praticamente todas as culturas estudadas tiveram seus rendimentos melhorados, observadas as doses mais eficientes, como p.e., nas culturas do algodão^{6,23,76,118,123,134,181,188}, alface^{156,185,188}, beterraba^{146,161}, batata^{17,156}, cevada^{2,142,149}, feijão¹⁴⁹,

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

milho^{22,32,45,141-2}, repolho^{42,146}, soja¹⁹⁷, sorgo²³, tomate^{186-9,191,196,198} e trigo^{3,142-3,172,191,194}.

A presença de agregados estáveis com alta porosidade e maior disponibilidade de água, nas camadas imediatamente inferiores ao leito superficial, promoveram o crescimento rápido das plantas com melhor distribuição do sistema radicular, o que explica um maior rendimento nas culturas. Aliada a isto, a presença de polieletrólitos no solo permite melhor troca iônica, sem ocorrer lixiviação dos macro e micronutrientes do solo para regiões mais profundas e a adição dos sais desses polieletrólitos concorre para um aumento do pH do solo¹⁶⁷ e uma sensível melhoria no rendimento das culturas, pois observou-se maior teor de macro e micronutrientes nas plantas ao se aplicar, ao solo, sais de polieletrólitos contendo cálcio^{108,174}, cobalto, zinco, níquel e cobre¹⁰⁸.

Evidentemente, a presença de grupos polares nas cadeias poliméricas e a mudança no “status” físico-químico do solo, afetam a mobilidade iônica e a absorção de macro e micronutrientes pelas plantas. Com poli(acetato de vinila-ácido maleico) houve uma redução no crescimento e clorose foliar na beterraba, com a dosagem máxima do polímero, possivelmente devido à queda na absorção de zinco e ferro, havendo, também, queda na absorção de nitrogênio e fósforo¹⁶¹, enquanto que a poli(acrilamida aniônica) aumentou a aeração e a mobilidade da água em solo calcário, fazendo decrescer a clorose foliar na soja¹⁹⁷.

Empregando-se o K-4, observou-se a manutenção de seus efeitos por quatro anos¹⁴³ e a alteração na mobilidade iônica do cobre, zinco e manganês⁵⁴. Em solos sierozem, takyry e limo-argiloso, houve queda na mobilidade iônica do cobre, com o aumento da concentração do polímero, e um máximo nas mobilidades de zinco e manganês a baixas concentrações do polímero, decrescendo com o aumento desta concentração⁵⁴.

A degradação do polímero pode também contribuir para a melhoria do rendimento da colheita, como no caso do nitrogênio adicional, liberado gradativamente pela decomposição da poli(acrilamida)¹⁸¹ ou de K-4¹⁴³.

Em cultura hidropônica, os efeitos da poli(acrilamida aniônica) e do guar foram de pouca monta e o polication diminuiu o rendimento da cultura de tomate¹⁸⁶.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

CONCLUSÕES

Os materiais poliméricos mostraram sua eficiência, tanto na recuperação de solos erodidos, quanto na melhoria das propriedades físico-químicas dos solos para cultivo. A diminuição dos custos, através da sua aplicação em solução ou na forma de látex, torna-se mais um incentivo para as pesquisas nesse campo.

Ainda na relação custo/benefício, deve-se procurar fontes baratas desses materiais e, neste caso, países produtores de matéria prima natural, como a borracha e os polissacarídeos, podem levar vantagem nesse campo. A preferência pela matéria prima natural deve-se não somente ao custo, mas também pelo menor impacto ambiental que estes polímeros apresentam, se comparados com os polímeros sintéticos.

Embora a grande maioria dos trabalhos limite-se a ensaios “in vitro” e haja dificuldade para extrapolar-se os resultados para o campo, ainda não se conhecem todos os fatores relacionados com a natureza das interações polímero/solo, e os avanços nestas pesquisas, associadas à práticas específicas de manejo do solo, talvez possam solucionar o problema da experimentação em campo.

O Brasil, como produtor de matéria prima natural, com uma vasta área territorial e problemas sérios de erosão hídrica, praticamente não possui trabalhos na área de polímeros em solos. Frente ao exposto neste trabalho de revisão, o tema merece a atenção conjunta de pesquisadores da área química e agrônômica.

MARINHO, J.R.D. Polimers as soil traitment. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

SUMMARY: A review on soil conditioning using synthetic and natural polymers is presented. The elements controlling soil stabilisation using polymeric materials and the mechanism involved in this conditioning are discussed. The influence of different types of polymers and its properties in the stabilization of soils and soil erosion control is also examined. The use of polymers in soil conditioning as well as na emphasis in field experimentation is recommended.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

Key words: Soil stabilisation, soil erosion control, polymers

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

001. ABROSIMOVA, L.N. Biological evaluation of lignin-based structure-improving agents. *Nauchno-Tekh. Byull. Agron. Fiz.*, v.53, p.42-5, 1983. (Ch.Abs.101:229218d)
002. ABROSIMOVA, L.N., ULL'YANOVA, E.I. Effect of acrylate-lignosulfonate soil structure-forming agent on soil metabolism and germination of barley seeds. *Nauchno-Tekh. Byull. Agron. Fiz.*, v.53, p.45-9, 1983. (Ch.Abs.101:229219e)
003. AGAFONOV, O.A. Study of artificial aggregation of soils. *Nauchno-Tekh. Byull. Agron. Fiz.*, v.53, p.34-8, 1983. (Ch.Abs.101:229217c)
004. AGARWAL, K.B., RAM, B.S. Sand stabilization by use of urea-formaldehyde resin binder. *Trans. Indian Soc. Desert Technol.*, v.6, n.2, p.61-5, 1981. (Ch.Abs.97:56821p)
005. AIDAROVA, S.B., MUSABEKOV, K.B. Surface activity and aggregating ability of diphilic polyelectrolytes. *Khim. Khim. Tekhnol.*, v.22, p.89-93, 1977. (Ch.Abs.92:129477g)
006. AKHMEDOV, K.S., ZAINUTDINOV, S., POGORELS'KII, K.V. New soil amendments. *Sb. Tr. Agron. Fiz.*, v.10, p.171-7, 1962. (Ch.Abs.66:75398g)
007. AKKULOVA, Z.G., et al. Modification of urea-formaldehyde resins. *Deposited Doc.*, VINITI, 3079-8, 1978. 10p. (Ch.Abs.92:7322q)
008. ANDREOPOULOS, A.G. Hydrophylic polymer networks for agricultural uses. *Eur. Polym. J.*, v.25, n.9, p.977-9, 1989.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

009. ARAZMURADOV, M., ARIPOV, E.A. Structure formation in aqueous solutions of polyelectrolytes which are fixing agents for loose sands. *Depposited Doc.*, VINITI, 3868-78, 1978. 18p. (Ch.Abs.93:209254a)
010. ARAZMURADOV, M., NURYEV, B.N., ARIPOV, E.A. Effect of polyelectrolytes on the plastic strength of clays and sand. *Izv. Akad. Nauk. Turkm. SSR, Ser. Fiz.-Tekh., Khim. Geol. Nauk.*, v.3, p.64-7, 1980. (Ch.Abs.94:35403b)
011. ARTYKOV, F.A., ZAINUTDINOV, S.A., AKHMEDOV, K.S. Study of the structure formation of soil suspensions in the presence of polyelectrolytes. *Dokl. Akad. Nauk. Uzb. SSR*, v.31, n.9, p.43-4, 1974. (Ch.Abs.84:88547b)
012. ASANOV, A., et al. Effect of the pH of the medium and the type of accompanying anions on the viscosity and network-forming ability of acrylic acid-allyl alcohol copolymer polyelectrolyte. *Dokl. Akad. Nauk Uzb. SSR*, v.7, p.37-8, 1982. (Ch.Abs.98:126962g)
013. AZAR, D., LANNEAU, K.P. Composition for earth compacting. *U.S.*, 3,912,678 (Cl. 260-28.5AS; C08L), 14 Oct. 1975. 3p. (Ch.Abs.84:110623x)
014. AZZAM, R., EL-HADY, O.A. Sand-RAPG combination simulating fertile clayey soil. II. Structure stability and maintenance. *Isot. Rad. Tech. Soil Phys. Irrig. Stud.*, v.321, p.330-5, 1983. (Ch.Abs.101:169835r)
015. AZZAM, R., EL-HADY, O.A. Sand-RAPG combination simulating fertile clayey soil. III. Water preservation. *Isot. Rad. Tech. Soil Phys. Irrig. Stud.*, v.321, p.336-42, 1983. (Ch.Abs.101:169835r)
016. BACHIK, A.T., et al. New formulations and recommendations in the use of natural rubber for soil stabilization and erosion control. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

Proc. Int. Rubber Conf. (Kuala Lumpur), v.2, p.701-9, 1985.
(Ch.Abs.107:175026t)

017. BALASHEV, N.N., KEVKHAYANTS, N.N. The effect of humus fertilizers and polymer soil conditioners on the development and the yield of potatoes. *Guminovye i Polimernye Preparaty v Sel'sk, Khoz., Akad. Nauk Uz. SSR, Inst. Khim.*, p.161-5, 1961. (Ch.Abs.58:13081h)
018. BAREISHA, V.I. Possible use of local soil materials treated with a furfural-aniline resin for preparing infired drais tiles. *Tr. Beloruss. Sel'skokhoz. Akad.*, v.50, p.100-8, 1967. (Ch.Abs.70:107185m)
019. BARRACLOUGH, D., NYE, P.H. The effects of molecular size on diffusion characteristics in soil. *J. Soil Sci.*, v.30, p.29-42, 1979.
020. BAYLES, F.D., DUDLEY, M.A. Development of water-soluble seed sheets. *Am. Chem. Soc., Div. Org. Coat. Plast. Chem., Pap.*, v.34, n.1, p.678-83, 1974.
021. BEINISOVICH, B.S., SMOLINA, L.B. Effect of synthetic resins, bitumens, and a bitumen-petroleum emulsion on the fixing of Barkhan sand. *Vzaimodeistvie Vodorastvorimykh Polielektrolitov Dispers-Vnymi Sist.*, p.90-4, 1970. (Ch.Abs.75:132588f)
022. BELEVITINA, N.Sh. Urea resin-based compound for strengthening sands. *Mater 6 [Shestomu] Vses. Soveshch. Zakreplenyu Uplotneniyu Gruntov*, p.406-7, 1968. (Ch.Abs.72:22359n)
023. BELYAKOVA, L.P., VARNAVSKAYA, N.V. Soil structure and methods for structure formation. *Sel'sk Khoz. Tadzhikistana*, v.1, p.18-22, 1962. (Ch.Abs.58:8376g)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

024. BEN-HUR, M., et al. Adsorption of polymers on clays as affected by clay charge and structure, polymer properties and water quality. *Soil Sci.*, v.153, n.5, p.349-56, 1992.
025. BENNETT, D.A. Soil treatment with rubber latex. *U.S.*, 3,310,909 (Cl. 47-9), March 28, 1967. 3p. (Ch.Abs.67:21184m)
026. BENNETT, D.A. Consolidation of the surfaces of earth formations and slopes. *Ger.*, Offen. 1,903,616 (Cl. E 02d), 04 Sep 1969. 11p. (Ch.Abs.71:100938w)
027. BERES, J., et al. Surface hardening and sealing of mine excavations and building structures. *Pol.*, PL 120,865 (Cl. E02D3/14), 30 Nov 1983. 3p. (Ch.Abs.100:161117s)
028. BIRECKI, M., ZIMNIAK, Z. Effect of some synthetic structure-forming substances on two kinds of soils. *Roczniki Glebozbowezy*, v.13, p.281-8, 1963. (Ch.Abs.63:15498e)
029. BISHOP, R.T. Soil treatment method. *U.S.*, 4,072.020 (Cl. 61-36C; E 04D3/12), 07 Feb 1978. 3p. (Ch.Abs.88:135610m)
030. BISIC-HAJRO, D. Effect of some soil conditioners on structuring process. *Zemljiste Biljka*, v.30, n.3, p.393-8, 1981. (Ch.Abs.97:54673t)
031. BELESKINA, N.A., GORLOV, V.S. Method for preparing stable gelling urea resin solutions. *Zakreplenie Uplotnenie Gruntov Stroit., Mater. Vses. Soveshch.*, 8th, p.165-8, 1974. (Ch.Abs.85:165669t)
032. BOIKO, R.D. Use of polyacrylamide for erosion prevention in soils of the steppe zone of the Chernovtsy region. *Materialy. XIX*

(*Devyatnadtsatoi Nauchn. Sessii Chernovitsk. Univ., Srkts. Geogr. Nauk, Chernovtsy, Sb.*, p.15-6, 1963. (Ch.Abs.63:2351b)

033. BOROWIECK, J., POMIAN, J. Making stabilized soil monoliths. *Rocz. Glebozn.*, v.19, n.2, p.437-57, 1968. (Ch.Abs.71:6322u)
034. BUTENKO, L.I., OGNEVA, N.E., KORSHAK, V.V. Use os acrylic copolymers for the strengthening of soil materials. *Plast. Massy*, v.4, p.67, 1976. (Ch.Abs.85:165668s)
035. BUTENKO, L.I., OGNEVA, N.E., KORSHAK, V.V. Optimization of the conditions of synthesis of a methylenebis(acrylamide)-methacrylic acid copolymer. *Mosk. Khim.-Tekhnol. Inst.*, v.86, p.160-3, 1975. (Ch.Abs.85:178243z)
036. BUTUFEI, O., GEORGESCU, M., BAIANU, L. Consolidation of soils by synthetic resins. *Mater. Plast.*, v.14, n.3, p.176-9, 1977. (Ch.Abs.89:75782c)
037. CALLEBAUT, F., GABRIELS, D., DE BOODT, M. The effect of polymer structure on soil physicochemical properties and soil water evaporation. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, v.29, n.12, p.723-9, 1979. (Ch.Abs.92:162715p)
038. CALLEBAUT, F., GABRIELS, D., DE BOODT, M. Erodofix, a polystyrene-butadyene copolymer emulsion, used as soil conditioner. *Meded. Fac. Landbouwwet., Rijksuniv. Gent*, v.49, n.1, p.53-61, 1984. (Ch.Abs.101:169901j)
039. CARR, C.E., GREENLAND, D.J. Potential application of poly(vinyl acetate) and poly(vinyl alcohol) in structural improvement of sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am.*, n.7, p.47-63, 1975.
040. CASPO-M., I., et al. Plastic materials for soil stabilization. *Lucrari Stiint. Inst. Agron.*, v.19, p.17-25, 1964. (Ch.Abs.62:1798b)
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

041. CHAMBERLAIN, P. Polymers as soil conditioners. *Chem. Br.*, v.24, n.2, p.144-6, 1988. (Ch.Abs.109:37164b)
042. CHEREDNICHENKO, I.N. Effect of polymers on the physical properties of soil. *Khim. Sel'sk. Khoz.*, v.9, p.45-6, 1987. (Ch.Abs.107:216654s)
043. CHUVELEV, V.K. Formation of insoluble protective films on accessible surfaces of carbonate soils during treatment with resin. *Mater 6 [Shestomu] Vses. Soveshch. Zakrepleniyu Uplotneniyu Gruntov*, p.480-2, 1968. (Ch.Abs.72:15467t)
044. CLAPP, C.E., EMERSON, W.W. Reactions between calcium-montmorillonite and polysaccharides. *Soil Sci.*, v.114, n.3, p.210-6, 1972.
045. COOK, D.F., NELSON, S.D. Effect of polyacrylamide on seeding emergence in crust-forming soils. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.328-33, 1986.
046. CSANDA, F., et al. Increasing the solidity and watertightness of granular materials and/or solid bodies, especially underground channels. *Ger.*, (East) DD 202,327 (Cl. E02 D3/12), 07 Sep 1983. 19p. (Ch.Abs.100:69571n)
047. DAMINOVA, M., et al. Physico-chemical properties of the water-soluble polymer preparation KMTs-5. *Vzaimodeistvie Vodorastvorimykh Polielektrolitov Dispersnyimi Sist.*, p.87-90, 1970. (Ch.Abs.75:132587e)
048. DASBERG, S., MORIN, J., HAGIN, J. The soil conditioning effect. *Israel J. Agr. Res.*, v.12, p.141-4, 1962.

049. DE, S.K., CHANDRA, S., ALI, S. Effect of protein on soil erosion by water. *J. Indian Chem. Soc.*, v.52, n.10, p.953-5, 1976.
050. DE BOODT, M.F.L.P. Artificial soil stabilization of backfill in field drainage. *J. Sci. Food Agric.*, v.29, n.5, p.417-22, 1978.
051. DE WINTER, J.G. Buoyant composite structure for combating coastal erosion and the like. *U.S.*, 3,590,585 (Cl. 61/3; E02b, D02g), 06 Jul 1971. 5p. (Ch.Abs.75:110858s)
052. DOANE, W.M. Starch-based polymers for agricultural applicatons. *Polym. Prep.*, v.28, n.2, p.103-4, 1987.
053. DOBRZANSKI, B., et al. Suitability of some soil conditioners and waste substances for decreasing soil susceptibility to erosion. *Pol. J. Soil Sci.*, v.15, n.2, p.161-6, 1984. (Ch.Abs.102:184252n)
054. DUSMUKHAMEDOV, A., ARIPOV, E.A. Effect of a water-soluble K-4 polyelectrolyte on the mobility if trace elements in soils. *Deposited Doc.*, VINITI, 3373-74, 1974. 7p. (Ch.Abs.86:138617p)
055. EL-ASSAWAD, R.M., GROENEVELT, P.H., NICKLING, W.G. Effects of poly(vinyl alcohol) on the threshold shear velocity and soil loss due to wind. *Soil Sci.*, v.141, n.2, p.178-84, 1986.
056. EL-HADY, O.A., MOUSTAFA, A.B., ABDEL HADY, B.M. The influence of molecular weight of polyacrylamide on dune sand stabilization. *Egypt. J. Soil Sci.*, v.26, n.3, p.189-204, 1986.
057. EL-HADY, O.A., ABD EL HADY, B.M., MOUSTAFA, A.B. Studies on the adsorption of PAM on bentonite and its relation to sandy soils structuralization and stabilization. *Egypt. J. Soil Sci.*, v.27, n.3, p.329-48, 1987.

058. EL-HADY, O.A., et al. Interaction between calcium carbonate and polyacrylamide on sandy soil structuralization and stabilization. *Egypt. J. Soil Sci.*, v.27, n.1, p.75-90, 1987.
059. EL-MORSY, E.A., MALIK, M., LETEY, J. Polymer effects on the hydraulic conductivity of saline and sodic soil conditions. *Soil Sci.*, v.151, n.6, p.430-5, 1991.
060. ERIKSON, C.R. TEDESCHI, V. Latex composition for control of soil erosion. *U.S.*, 3,174,942 (Cl. 260-27), March 23, 1965. 3p. (Ch.Abs.62:14916e)
061. FARKAS, G., REBELEANU, V. Consolidation of aquiferous sand with synthetic resins. I. Kinetics of the reaction and the achieved mechanical strength. *Mater. Plast.*, v.18, n.1, p.27-30, 1981. (Ch.Abs.96:10837z)
062. FIEDLER, H.J., CZERNY, P. Soil stabilization with artificial resins. *Z. Landwirtsch. Versuchs-Untersuchungsw.*, v.9, n.4-5, p.427-43, 1963. (Ch.Abs.60:8591h)
063. FLAIG, W. Contribution of biochemistry of soil organic matter to soil conditioning. *Proc. 3rd Intl. Symp. Soil Conditioning* (Ghent), p.23-40, 1976.
064. FUKUDA, Y., et al. . Material for ground-scaling and solidifying. *Ger. Offen.*, 1,902,464 (Cl. E02d), 28 Aug 1969. 16p. (Ch.Abs.71:102846p)
065. GABRIELS, D. Response of different soil conditioners to soils. In: SYMP. FUNDAMENTALS SOIL CONDITIONING, 1972. *Proceeding...* 1972. p.1014-34.
066. GALEVA, V. Effect of different polymers on soil structure. *Pochvozn. Agrokhim.*, v.3, n.6, p.3-10, 1968. (Ch.Abs.71:29631h)
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

067. GALEVA, V., PULIEVA-GERASIMOVA, N. Structure of soils and the effect of polyacrylamide on its improvement. *Pochvozn. Agrokhim*, v.4, n.5, p.37-45, 1969. (Ch.Abs.72:131491v)
068. GNATOWSKI, M. Modified urea-formaldehyde resins for injection strengthening and sealing soil. *Polimery*, v.22, n.7, p.234-6, 1977. (Ch.Abs.88:54314r)
069. GNATOWSKI, M. Aging of urea-formaldehyde resins used for soil stabilization. Part I. *Polimery*, v.23, n.2, p.55-9, 1978. (Ch.Abs.89:79252c)
070. GNATOWSKI, M. Aging of soil-stabilizing urea-formaldehyde resins. II. *Polimery*, v.24, n.10, p.357-61, 1979. (Ch.Abs.92:46414r)
071. GNATOWSKI, M. Aging of soil-stabilizing urea-formaldehyde resins. III. *Polimery*, v.25, n.11, p.404-7, 1980. (Ch.Abs.95:85150h)
072. GOGUADZE, Ts.A., et al. Steric acrylic copolymers for stabilization of soils. *Tr. Mosk. Khim.-Tekhnol. Inst.*, v.42, p.151-9, 1963. (Ch.Abs.61:16237g)
073. GOPAL, R., SINGH, J., DAS, G. Chemical stabilization of sand comparative studies on urea-formaldehyde resins as dune sand stabilizer and effect of compaction on strength. Part IV. *Trans. Indian Soc. Desert Technol. Univ. Cent. Desert Stud.*, v.8, n.2, p.13-9, 1983. (Ch.Abs.101:42615p)
074. GOUREVITCH, M., BARBEDETTE, R. Acrylamide polymers useful as soil stabilizers. *Fr.*, 1,566,481 (Cl. C08f. E02d), 09 May 1969. 3p. (Ch.Abs.71:113654a)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

075. GU, B., DONER, H.E. Dispersion and aggregation of soils as influenced by organic and inorganic polymers. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.57, n.3, p.709-16, 1993.
076. GUSSAK, V.B. Effect of humus and polymer preparations on the physical properties of soil. *Guminovye i Polimern. Preparaty v Sel'sk. Khoz. Sb.*, p.52-76, 1961. (Ch.Abs.58:13076h)
077. GUZMAN, G.M., ARRANZ, F. Synthetic polyelectrolytes. IV. Applications of linear and graft copolymers to the stabilization of agricultural soils. *Anales Real Soc. Espan. Fis. Quim., Ser. B.*, v.59, n.6, p.471-82, 1963. (Ch.Abs.60:13838c)
078. HALLSWORTH, M.G. Theory of soil conditions. In: INTL. SYMP. SOIL CONDITIONING, 3, 1976. *Proceeding...* 1976. p.3-11.
079. HARTMAN, R., VERPLANCKE, H., DE BOODT, M. Influence of soil structure on infiltration and subsequent evaporation under simulated laboratory conditions. *Soil Till. Res.*, v.1, p.351-9, 1981.
080. HEALY, T.W., VICTOR, K.L.A MER. The adsorption flocculation reactions of a polymer with an anaqueous colloidal dispersion. *J. Phys. Chem.*, v.66, p.1835-8, 1962.
081. HEDRICK, R.M., MOWRY, D.T. Method of conditioning soils. *U.S.*, 2,625,529, 13 Jan 1953.
082. HEITNER, A. Injection of Synthetic resins in a water current. *Stud. Geotecnica. Fundatii Constr. Hidroteh.*, v.17, p.205-22, 1972. (Ch.Abs.80:81342q)
083. HOSODA, K., TAKATA, H. Improvement of sand dune soils. I. Effect of soil conditioners, poly(vinyl alcohol)-bentonite

- mixtures, on sand dune soils. *Tottori Nogakkaiho*, v.17, p.31-9, 1964. (Ch.Abs.62:16913d)
084. INTERNATIONAL SYNTHETIC RUBBER COMPANY LTD. Stabilization of soils. *Belg.*, 643,304, Aug. 3, 1964. 19p. (Ch.Abs.63:2352g)
085. IONAVICIUS, A., MASLENKOVA, G.L. Effect of some chemical reactants on the structure and hydrophysical regime of soils. *Agrokhiymya*, v.5, p.82-91, 1965. (Ch.Abs.63:18983a)
086. JONES, R.A. Treating particulate material especially soil. *S. African*, ZA 80 03,255 (Cl. C08L), 24 Jun 1981. 10p. (Ch.Abs.96:33942u)
087. KAKHANTS, M.A. Chemical strengthening of sagging belozems (white earths) of Armenia. *Zakreplenie Uplotnenie Gruntov Stroit., Mater. Vses. Soveshch.*, 8th, p.189-92, 1974. (Ch.Abs.85:161383x)
088. KAPLAN, D.L., MARTENSTEIN, R., SUTTER, J. Biodegradation of polystyrene, poly (methyl methacrylate), and phenol formaldehyde. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.38, n.3, p.551-3, 1979.
089. KARPENKO, P.P. Changes in soil properties on ravine slopes caused by polyacrylamide under conditions of the Slovechansko-Ovruch forest area. *Nauk. Pr., Ukr. Sil's'kogospod. Akad.*, v.119, p.146-8, 1975. (Ch.Abs.84:3610u)
090. KARUNARATNE, S.W., JOHN, R.S., PIYADASA, K.A. Use of natural rubber latex to improve seepage resistance of soils. *Rubber Res. Inst. Ceylon, Quart. J.*, v.47, n.3-4, p.51-8, 1971. (Ch.Abs.76:152498a)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

091. KAWAGUCI, K., KITO, D., MORI, H. New soil conditioner poly(vinyl alcohol)-bentonite mixture. I. Aggregate formation of volcanic ash soils. *Nippon Dojo-Hiryogaku Zasshi*, v.34, n.1, p.7-12, 1963. (Ch.Abs.60:12626c)
092. KHOLODOVA, Yu. D. Ionic derivatives of polyacrilamide for use in agriculture. *Fiziol.-Biokhim. Osnovi. Pidvishchennyya Produktivnosti Roslin. Sb.*, p.411-4, 1963. (Ch.Abs.61:2010a)
093. KITO, D., MORI, H., KAWAGUCHI, K. Soil conditioner polycinyl alcohol bentonite mixtures. II. Effect in control of excessive permeability of soils. *Nippon Dojo-Hiryogaku Zasshi*, v.34, n.4, p.119-24, 1963. (Ch.Abs.60:15095c)
094. KOFF, G.L., MOSOLOVA, A.I., UTKAEVA, V.F. Study of the change in microporosity during conditioning of soils with polymers. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 17: Pochvoved.*, v.4, p.13-7, 1977. (Ch.Abs.88:140811g)
095. KORZHENKO, L.I., MULYUKOV, E.I., POLAK, A.F. Strwnghening of soil with urea-formaldehyde resin M-60 in the Bashkir ASSR. *Mater 6, [Shestomu] Vses. Soveshch. Zakreplenyu Uplotnenyu Gruntov*, p.424-8, 1968. (Ch.Abs.72:22360f)
096. KOSHELENKO, V.D. Effect of polymers on the water stability of typical Takyr soils. *Dokl. Vses. Akad. Sel'skokhoz. Nauk*, v.8, p.44-5, 1972. (Ch.Abs.77:163480k)
097. KOZIN, V.K. Agrotechnical solutions for the control of soil compaction. *Subtrop. Kul't.*, v.2, p.121-5, 1987. (Ch.Abs.107:153407r)
098. KRETZ, R., VOELKER, Th. Soil conditioners based on methacrylic acid. An investigation with C-labeled polyelectrolytes. *Landwirtsch. Forsch.*, v.17, p.83-92, 1964. (Ch.Abs.62:3367g)
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

99. KULEEV, M.T., ZGADZAI, L.K. Strengthening of clay soils using epoxy-phenol compositions. *Zakreplenie Uplotnenie Gruntov Stroit., Mater. Vses. Soveshch.*, 8th, p.203-5, 1974. (Ch.Abs.85:148203u)
100. KUTSENKO, E.V. Use of polycomplexes for fixation of moving sands and wind erosion control of light soils. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 17: Pochvoved.*, v.2, p.58-61, 1981. (Ch.Abs.95:66788f)
101. KUZNETSOVA, L.E., SERB-SERBINA, N.N., REBINDER, P.A. Some principles in the stabilization of clay soils with synthetic additives of structure-forming and cation-active hydrophobic substances. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, v.154, n.4, p.933-5, 1964. (Ch.Abs.60:13836h)
102. LAHALIH, S.M., HOVAKEEMIAN, G. Development of novel polymeric soil stabilizers. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v.27, n.10, p.1806-10, 1988.
103. LENZ, R.D., et al. Preventing irrigation furrow erosion with small applications of polymers. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.56, n.6, p.1926-32, 1992.
104. LERNER, O., LERNER, F., SHEPELEV, M. Compositions for treatment of soil on the basis of synthetic latex. Proc. Int. Rubber Conf. (Milan), p.195-200, 1979. (Ch.Abs.92:98537c)
105. LEVY, G.J., et al. Polymers' effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkles irrigations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.56, n.3, p.902-7, 1992.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

106. LUKAMINA, T.M. Strengthening of clay soils with polymer materials. *Mater 6 [Shestomu] Vses. Soveshch. Zakreplenyu Uplotnenyu Gruntov*, p.158-62, 1968. (Ch.Abs.72:15468u)
107. MAGDINETS, V.V., RYABETS, N.D. Synthesis and use of copolymers of acrylamide with methacrylic acid. *Fiziol. Biokhim. Osnovi Pidvishcheniya Produktivnosti. Roslin*, p.394-7, 1963. (Ch.Abs.61:9599h)
108. MAGNAN, J.P., SOYEZ, B. Principles of lightweight fills: restrictions on the use of polystyrene. *Bull. Liaison Lab. Ponts Chaussees*, v.136, p.9-13, 1985.
109. MAKHAMOV, A.K., ZAINUTDINOV, S.A. AKHMEDOV, K.S. Physicochemical study of products of the hydrolysis of polyacrylonitrile in solutions of potassium and lithium hydroxides. *Vzaimodeistvie Vodorastvorimyykh Polielektrolitov Dispersnyimi Sist.*, p.109-12, 1970. (Ch.Abs.75:132586d)
110. MARCHENKO, A.I., SKORODUMOVA, L.N., KOCHUROVA, I.I. Improvement in soil structure by polymers. *Uch. Zap. Leningrad. Gos. Pedagog. Inst.*, p.123-31, 1966. (Ch.Abs.66:75397f)
111. MARTIN, W.P. Status report on soil conditioning chemicals: 1. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v.17, p.1-9, 1953.
112. MARTIN, J.P., RICHARDS, S.J. Influence of the copper, zinc, iron, and aluminium salts of some microbial and plant polysaccharides on aggregation and hydraulic conductivity of Ramona sandy loam. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v.33, n.3, p.421-3, 1969.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

113. MASLENKOVA, G.L. REVUT, I.B. ROMANOV, I.A. Polymer application - a promising trend in agricultural chemistry. *Agrokimiya*, v.12, p.97-104, 1966. (Ch.Abs. 66:36936m)
114. MASLENKOVA, G.L. REVUT, I.B. RUSAKOVA, G.N. Influence of exchangeable cations on the processes occurring in soil minerals during the formation of the artificial soil structure. *Pochvovedenie*, v.6, p.73-9, 1965. (Ch.Abs.63:11187a)
115. MASLENKOVA, G.L. RUSAKOVA, G.N. Role of the specific surface in cohering processes in soils. *Sb. Tr. Agron. Fiz.*, n.19, p.107-15, 1969. (Ch.Abs.72:110384x)
116. MICHAELS, A.S. Aggregation of suspensions by polyelectrolytes. *Ind. Eng. Chem.*, v.46, p.1485-90, 1954.
117. MITCHELL, A.R. Polyacrylamide application in irrigation on water to increase infiltration. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.353-8, 1986.
118. MITKEVICH, G.P., GOLOVANYUK, V.I. Use of the water-soluble polymer K-4 as a soil conditioner in cotton plantings. *Khim. Sel. Khoz.*, v.6, n.10, p.744-5, 1968. (Ch.Abs.70:56807f)
119. MITSUBISHI RAYON CO., LTD. Acrylamide soil stabilizers. *Fr.*, 1,567,390 (Cl. C08f, E02d), 16 May 1969. 17p. (Ch.Abs.71:113711s)
120. MORRISON, W.R. Chemical stabilization of soils. Laboratory and field evaluation of several petrochemical liquids for soil stabilization. *U.S. Nat. Tech. Inform. Serv., PB Rep.*, n.2058008, 1971. p.49. (Ch.Abs.77:20947g)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

121. MOSOLOVA, A.I., UTKAEVA, V.F. Use of polymer materials for improving soil filtration. *Vestn. Mosk. Univ., Biol. Pochvoved.*, v.31, n.6, p.109-15, 1976. (Ch.Abs.86:169823g)
122. MOSOLOVA, A.I., UTKAEVA, V.F. Effect of polymers on the micro aggregate compositions of soils during artificial fixation of drainage fillings. *Biol. Nauki*, v.5, p.122-6, 1978. (Ch.Abs.89:145671s)
123. MOUSTAFA, A.B., BAZARAA, A.B., NOUR EL DIN, A.R. Soil stabilization by polymeric materials. *Angew. Makromol. Chem.*, v.97, n.1, p.1-12, 1981.
124. MUKOL'YANTS, V.M. Effectiveness of the artificial structuring of soils under cotton. *Tr. Tashkent. Sel'skokhoz. Inst.*, n.20, p.165-70, 1968. (Ch.Abs.71:37947f)
125. MULYUKOV, E.I. Use of urea-formaldehyde resin M-60 for soil consolidation. *Tr., Bashkir. Nauch.-Issled. Inst. Stroit.*, n.8, p.156-61, 1968. (Ch.Abs.71:37946e)
126. MUTALOVA, S.N., ASANOV, A., SHPILEVSKAYA, I.N. Study of the effect of water soluble copolymers on structure formation of soils. *Sb. Nauchn. Tr.-Tashk. Gos. Univ. im V.I. Lenina*, v.622, p.93-97, 1980. (Ch.Abs.95:149105g)
127. MUTALOVA, S.N., ASANOV, A., AKHMEDOV, K.S. Effect of pH of the medium and type of cations on carboxyl groups of polyelectrolyte on the structure formation of soils. *Dokl. Akad. Nauk Uzb. SSR*, v.6, p.41-2, 1980. (Ch.Abs.97:59962w)
128. NASCHBERGER, S. Facilitating vegetation. *Eur., Pat. Appl. EP 121, 493 (Cl. C05F11/08)*, 10 Oct 1984. 11p. (Ch.Abs.101:229358z)

129. NURYEV, B.N., ARIPOV, E.A., AKHMEDOV, K.S. Fixation of active sand by clay suspensions. *Probl. Osvoeniya Pustyn*, n.5, p.84-7, 1969. (Ch.Abs.72:122505a)
130. NYE, P.H. Diffusion of ions and uncharged solutes in soils and soil clays. *Adv. Agron.*, v.31, p.225-72, 1979.
131. OGORODNIKOVA, E.N., VORONKEVICH, S.D. Interaction of phenol-formaldehyde resins with sandy soils during their strengthening. *Vop. Inzh. Geol. Gruntoved.*, v.3, p.417-42, 1973. (Ch.Abs.80:73755m)
132. OLODOVSKII, P.P., et al. Role of water-soluble polymers and electrolytes in the formation of filtration properties of heavy clay soils and grounds. *Inzh.-Fiz. Zh.*, v.34, n.2, p.236-42, 1978. (Ch.Abs.88:151262e)
133. OSHITA, T., TERAMURA, T., KITANO, M. Dynamic characteristics of soil solidified with hydrophobic polyisocyanate-type grout. *Zairyo*, v.31, n.341, p.151-6, 1982. (Ch.Abs.96:222304y)
134. PAGANYAS, K.P. The application of polymeric and humic preparations to soils planted in cotton. *Kholokovodstvo*, v.13, n.2, p.22-4, 1963. (Ch.Abs.59:2126c)
135. PASHKOV, D.N., TARANENKO, S.K. Use of solutions of urea and phenol resins for the strengthening of soil materials. *Plast. Massy*, v.4, p.66-7, 1976. (Ch.Abs.85:148193r)
136. PERSHIN, M.N., et al. Strengthening waterlogged soils by furfural-aniline resin with urea derivative additives. *Mater 6 [Shestomu] Vses. Soveshch., Zakreplenyu Uplotnenyu Gruntov*, p.178-81, 1968. (Ch.Abs.15466s)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

137. PERSHIN, M.N., PLATONOV, A.P., PUTSEIKO, L.K. Strengthening of soils with formalin and urea. *Zakreplenyé Uplotnenye Gruntov Stroit., Mater. Vses. Soveshch*, 8th, p.211-2, 1974. (Ch.Abs.85:161384y)
138. PETROV, A.I., et al. Polymeric systems for stabilization of sandy soil. *Khim. Sel'sk. Khoz.*, v.4, p.57-8, 1988. (Ch.Abs.109:53871k)
139. POGOSYAN, G.M., ZAPLISHNYI, V.N., ZAKOYAN, S.L. Three-dimensional acrylamide copolymers as soil stabilizers. *Prom-st. Arm.*, v.6, p.36-8, 1983. (Ch.Abs.99:159550v)
140. POKONOVA, Yu.v., KOVAL'CHUK, G.A., MATVEEVA, N.P. Strengthening of soil materials with phenol alcohols. *Zh. Prikl. Khim.*, v.46, n.10, p.2240-4, 1973. (Ch.Abs.80:63219a)
141. POLYAKOVA, E.Yu. Polymers which improve the fertility of eroded soils. *Zemledelie*, v.5, p.34-5, 1978. (Ch.Abs.89:145664s)
142. POLYAKOVA, E.Yu. Use of polymers for soil erosion control. *Visn. Sil's'kogospod. Nauki*, v.5, p.45-51, 1978. (Ch.Abs.89:94167x)
143. POLYAKOVA, E.Yu. Aftereffect of polymers as agents of aggregation. *Agrokimiya*, v.3, p.93-6, 1980. (Ch.Abs.93:6765v)
144. POTAPOV, B.I. Physical properties of soils with an artificial macrostructure. *Sb. Tr. Agron. Fiz.*, n.19, p.104-6, 1969. (Ch.Abs.72:110383w)
145. PRAKASH, A., KAPOOR, R.C. Urea-phenol-formaldehyde copolymer resin as dune sand stabilizer. *Trans. Indian Soc. Desert Technol. Univ., Cent. Desert. Stud.*, v.6, n.2, p.116-9, 1981. (Ch.Abs.97:56822q)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

146. PRUEN, H. Effect of poly(vinyl propionate) and butadiene-styrene copolymers on the soil stabilization of beet, lettuce and vegetable seedlings. *Landwirt. Forsch., Sonderh.*, v.28, n.1, p.288-96, 1973. (Ch.Abs.80:121956b)
147. QUASTEL, J.H. Soil conditioners (in Symposium on Improvement of Soil Structure). *Annu. Rev. Plant Physiol.*, v.5, p.75-92, 1954.
148. REGELE, Z. Soil grouting with resins. *Muanyang Gumi*, v.6, n.7, p.276-80, 1969. (Ch.Abs.71:102739f)
149. REVUT, I.B., JONAVICIUS, A., MASLENKOVA, G.L. Trends in the use of polymers in agriculture. *Sb. Tr. Agron. Fiz.*, n.19, p.95-103, 1969. (Ch.Abs.72:110382v)
150. REVUT, I.B., et al. Use of latexes and their mixtures with an emulsion of mineral oil to combat erosion. *Sb. Tr. Agron. Fiz.*, n.19, p.116-27, 1969. (Ch.Abs.72:110385y)
151. RICHTER, J., et al. Waterproof reinforcing textiles for soil strengthening. *Czech.*, CS 217,073 (Cl. D04H1/58), 01 Jul 1984. 5p. (Ch.Abs.102:31012j)
152. ROMANOV, I.A. Use of polyacrylamide to improve the physical properties of soil. *Byul. Nauchn.-Tekhn. Inform. po Agron. Fiz.*, n.8-9, p.74-8, 1960. (Ch.Abs.58:11913e)
153. ROSTLER, F.S. Soil-treating emulsion comprising a styrene-butadiene block copolymer, a coumarone-indene resin, and aromatic and polar solvents. *U.S.*, 3,592,788 (Cl. 260-28.5; C08f), 13 Jul 1971. 3p. (Ch.Abs.75:110867u)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

154. SADONES, M., BERNAERT, E., SCHAMP, N. The effect of synthetic polymers on the water stability of soil aggregates. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.*, v.6, p.641-7, 1975. (Ch.Abs.84:75255v)
155. SAKATA, T., NAKABAYASHI, M. Consolidation of surface soil with high polymers. *Kobunshi Kako*, v.18, n.9, p.549-55, 1969. (Ch.Abs.72:47009m)
156. SAVITSKAYA, M.N. Synthesis of new polyelectrolites. *Primenenie Mikroelementov, Polimerov i Radioaktivn. Izotopov v Sel'sk. Khoz., Ukr., Nauchn.-Issled. Inst. Fiziol. Rast., Tr. Koordinats., Soveshch.*, v.2, p.236-40, 1961. (Ch.Abs.60:3115b)
157. SAVITSKAYA, M.N., KHOLODOVA, Yu.D., BELETSKAYA, V.Ya. Synthesis of polymeric stabilizers of soil structure. *Nauchn. Tr., Ukr. Nauchn.-Issled. Inst. Fiziol. Rast., Ukr. Akad. Sel'skokhoz. Nauk*, n.23, p.200-4, 1962. (Ch.Abs.59:814c)
158. SCHAMP, N. Chemicals used in soil conditioning. In: INTL. SYMP. SOIL CONDITIONING, 3, 1976. *Proceeding...* 1976. p.13-18. 1976.
159. SCHAMP, N., HUYLEBROECK, J., SADONES, M. Adhesion and absorption phenomena in soil conditioning. *Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, p.13-23, 1975.
160. SENG, Y.C., et al. Uses of rubber. *Brit.*, 1,508,304 (Cl. C05F11/00), 19 Apr 1978. 12p. (Ch.Abs.89:164768v)
161. SEPASKHAH, A.R., MOOSAVI, S.A.A., KASHIRAD, A. Growth and nutrient uptake of sugar beet influenced by application of a soil conditioner. *Agron. J.*, v.72, n.3, p.480-2, 1980.

162. SHAKIROV, A.A., et al. Effect of an aqueous carboxymethylcellulose (KMTs-600) solution on water drainage in the ground. *Dokl. Akad. Nauk Uz. SSR*, v.12, p.14-5, 1986. (Ch.Abs.108:26319j)
163. SHAVIV, A., RAVINA, I., ZASLAVSKY, D. Application of soil conditioner solutions to soil columns to increase water stability of aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.51, n.2, p.431-6, 1987.
164. SHERWOOD, L.V., ENGIBOUS, J.C. Status report on soil conditioning chemicals. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, v.17, p.9-16, 1953.
165. SHTATNOV, V.I., SHCHERBAKOVA, N.I. Polyacrylamide and copolymer-8 as artificial soil conditioners and nitrogen fertilizers. *Pochvovedenie*, v.10, p.79-88, 1964. (Ch.Abs.62:2211f)
166. SIDDIQUI, R.A., MOORE, J.C. Polymer stabilization of sandy soils for erosion control. *Transp. Res. Rec.*, v.827, p.30-4, 1981.
167. SIDOROVA, T.M., AKHMEDOV, K.S. Production of artificial structures in soil with the aid of polymer preparations. *Guminovye i Polimern. Preparaty v Sel'sk. Khoz. Sb.*, p.77-88, 1981. (Ch.Abs.58:13077b)
168. SINGH, A., OHRI, A.L., ASUDANI, C.L. Use of guar gum in reducing permeability of dune sand. *Trans. Indian Soc. Desert Technol. Univ. Cent. Desert Stud.*, v.5, n.2, p.83-7, 1980. (Ch.Abs.96:222302w)
169. SOKOLOVICH, V.E. Fixing soil materials with polymers. *Plast. Massy*, v.3, p.55-7, 1971. (Ch.Abs.75:6956m)

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

170. SOKOLOVSKAYA, N.A., GRUDKO, I.G. Effect of structure-improving lignin preparations on the physical properties of sod-podzolic soils. *Nauchno-Tekh. Byull. Agron. Fiz.*, v.53, p.27-9, 1983. (Ch.Abs.101:229216b)
171. STEERS, J.A. The ISR Method. *Report Int. Synth. Rub. Co.*, sect. 4, p.41-85, 1963.
172. STEFANSON, R.C. Soil stabilization by poly(vinyl alcohol) and its effect on the growth of wheat. *Aust. J. Soil Res.*, v.12, n.1, p.59-62, 1974.
173. SUMIMOTO CHEMICAL Co., LTD. Stabilizing soil. *Neth., Appl.* 6,410, 311 (Cl. E02d), 8 March 1965. 12p. (Ch.Abs.63:4903e)
174. SYKORA, V., et al. Use of synthetic ion exchangers as adsorbants of plant nutrients. II. Influence of some ion exchangers on the germinative power and growth of plants. *Ustav Vedeckotech. Inform. MZLVH, Rostlinna Vyroba*, v.9, n.11, p.1235-46, 1963. (Ch.Abs.60:13837h)
175. SYMPOSIUM ON IMPROVEMENT OF SOIL STRUCTURE. *J. Soil Sci.*, v.73, p.419, 1952.
176. TAKENAKA KOMUTEN Co., LTD. Formation of water barrier in soil foundation. *Jpn.*, Tokkyo Koho JP 60 18,709 [8518,709] (Cl. C09K17/00), 11 May 1985. 7p. (Ch.Abs.104:94268j)
177. TAYEL, M.Y., GHAZY, A. Effect of surface application of bitumen and urea formaldehyde on aggregation. *Egypt J. Soil Sci.*, v.26, n.3, p.269-74, 1986.

178. TERRY, R.E., NELSON, S.D. Effects of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.317-20, 1986.
179. UTKAEVA, V.F. Effect of polymers on the water resistance and filtration of ground. *Deposited Doc.*, VINITI, 3942-77, p.99-102, 1977. (Ch.ABs.90:102510s)
180. UTKAEVA, V.F., BARBASHEV, G.P., MOSOLOVA, A.I. Model experiments for studying the filtration of textured polymer drainage packing and foam-plastic filters. *Biol. Nauki*, v.1, p.90-4, 1979. (Ch.ABs.91:40510b)
181. VARNAVSKAYA, N.V., ILOVAISKAYA, N.N., MOLDAVANOVA, E.Kh. Experiments with artificial soil structure-forming agents. *Pochvovedenie*, v.5, p.35-41, 1967. (Ch.ABs.67:72850h)
182. VOLOBUEV, S.N. Use of urea resins for strengthening strongly saline soils and rocks. *Zakreplenyje Uplotnenye Gruntov Stroit., Mater. Vses. Soveshch.*, 8th, p.173-5, 1974. (Ch.ABs.85:165670m)
183. VORONKEVICH, S.D., ZGADZAI, L.K., KULEEV, M.T. Use of modified poly(vinyl alcohol) for the stabilisation of clay soils. *Plast. Massy*, v.7, p.64-6, 1973. (Ch.ABs.80:18803a)
184. VVEDENSKAYA, V.A., et al. Strengthening of water-logged soils by copolymers of guanidine acrylate and methacryloguanidineurea hydrochloride with some alkylidene bisacrylamides. *Plast. Massy*, v.7, p.50-2, 1971. (Ch.ABs.75:121000g)
185. WALLACE, A. A polysaccharide (guar) as a soil conditioner. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.371-3, 1986.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

186. WALLACE, A. Effect of polymers in solution culture on growth and mineral composition of tomatoes. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.395-6, 1986.
 187. WALLACE, A., ABOUZAMZAM, A.M. Interactions of soil conditioner with other limiting factors to achieve high crop yields. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.343-5, 1986.
 188. WALLACE, A., WALLACE, G.A. Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lettuce seedlings. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.313-6, 1986.
 189. WALLACE, A., WALLACE, G.A. Effect of polymeric soil conditioners on emergence of tomato seedlings. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.321-3, 1986.
 190. WALLACE, A., WALLACE, G.A. Effects of very low rates of synthetic soil conditioners on soils. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.324-7, 1986.
 191. WALLACE, A., WALLACE, G.A. Additive and synergistic effects on plant growth from polymers and organic matter applied to soil simultaneously. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.334-2, 1986.
 192. WALLACE, A., WALLACE, G.A. Control of erosion by polymeric soil conditioners. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.363-7, 1986.
 193. WALLACE, A., WALLACE, G.A. Enhancement of the effect of coal fly ash by a polyacrylamide soil conditioner on growth of wheat. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.387-9, 1986.
 194. WALLACE, A., WALLACE, G.A. Possible use of high-molecular-weight polymers to flocculate soil in testing soils for available nutrients. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.397, 1986.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

195. WALLACE, A., WALLACE, G.A., ABOUZAMZAM, A.M. Effects of soil conditioners on water relationships in soils. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.346-52, 1986.
 196. WALLACE, A., WALLACE, G.A., ABOUZAMZAM, A.M. Amelioration of sodic soils with polymers. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.359-62, 1986.
 197. WALLACE, A., et al. Effects of polyacrylamide soil conditioner on the iron status of soybean plants. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.368-70, 1986.
 198. WALLACE, A., ABOUZAMZAM, A.M., CHA, J.W. Interactions between a polyacrylamide and a polysaccharide as soil conditioners when applied simultaneously. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.374-8, 1986.
 199. WALLACE, A., WALLACE, G.A., CHA, J.W. Mechanisms involved in soil conditioning by polymers. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.381-6, 1986.
 200. WALLACE, A., et al. Soil tests to determine application rates for polymeric soil conditioners. *Soil Sci.*, v.141, n.5, p.390-4, 1986.
 201. WANG, JUNG; CHEN, TSEN-TUO. Studies on aggregate stability. *Chung-Kuo Nung Yeh Hua Hsueh Hui Chih*, v.14, n.3-4, p.175-86, 1976. (Ch.Abs.86:138161n)
 202. WEAVER, M.O. Stabilization of soil particles to water: effect of cations. *Starch/Staerke*, v.36, n.10, p.356-8, 1984.
 203. WEAVER, M.O. Starch ethers for stabilizing soil particles in water. *J. Polym. Mat.*, v.3, n.2, p.121-8, 1986.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.89-128, 1996.

204. WEAVER, M.O. Cationic starch graft copolymer latexes for stabilizing soil to water erosion: cationic charge on starch vs. cationic charge on grafted branches. *J. Polym. Mat.*, v.5, n.2, p.109-13, 1988.
205. WEAVER, M.O., FANTA, G.F. Cationic starch graft copolymer latexes as soil stabilizers. *J. Polym. Mat.*, v.4, n.1, p.51-65, 1987.
206. WEAVER, M.O., OTEY, F.H., DOANE, W.M. Effect of some anionic starches on the stability of soil particles in water. *Starch/Staerke*, v.36, n.2, p.56-60, 1984.
207. WELLS, C.B. Resin impregnation of soil samples. *Nature*, v.193, n.4817, p.804, 1962.
208. WOOD, J.D., OSTER, J.D. The effect of cellulose xanthate and poly(vinyl alcohol) on infiltration, erosion, and crusting at different sodium levels. *Soil Sci.*, v.139, n.3, p.243-9, 1985.
209. WRIGLEY, N.E. Durability and long-term performance of Tensar polymer grids for soil reinforcement. *Mater. Sci. Technol.*, v.3, n.3, p.161-70, 1987.
210. YUNUSHKADZIEVA, M.T., NICHIPORENKO, S.P., PANASEVICH, A.A. Structure formation in hydromica quartz aqueous dispersions modified by additives of water soluble K-4 polymer. *Uzb. Khim. Zh.*, v.17, n.4, p.46-8, 1973.
211. ZAHOW, M.F., AMRHEIN, C. Reclamation of a saline sodic soil using synthetic polymers and gypsum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.56, n.4, p.1257-60, 1992.

212. ZAINUTDINOV, S., AKHMEDOV, K.S. Preparation of the synthetic structure-forming, water-soluble polymer, K-6. *Issled. Mineral'n. i. Rast. Syr'ya Uzbekistana, Akad. Nauk. Uz. SSR, Inst. Khim.*, p.63-6, 1962. (Ch.Abs.59:8090h)
213. ZAINUTDINOV, S., AKHMEDOV, K.S. Polymer-analogous reaction of polyacrylonitrile in aqueous solutions of sodium hydroxide and its interaction with soil dispersions. *Vzaimodeistvie Vodorastvorimykh Polielektrolitov Dispersnymi Sist.*, p.101-5, 1970. (Ch.Abs.75:132585c)
214. ZAINUTDINOV, S., BEGLOV, V.M., AKHMEDOV, K.S. Production of K-4 soil conditioner on a pilot-plant scale. *Dokl. Akad. Nauk. Uzb SSR*, v.23, n.11, p.26-8, 1966. (Ch.Abs.67:22534n)
215. ZASLAVSKY, D., ROZENBERG, L.V. Stabilization of soil aggregates. *U.S.*, 4,303,438 (Cl. 71-27; C05G3/04), 01 Dec 1981. 10p. (Ch.Abs.96:103106a)
216. ZASLAVSKY, D., ROZENBERG, L.V., SHAVIV, A. *Soil conditioners for agriculture and engineering*. Fac. Agr. Eng., Technion, Haifa, Israel, 1980. (Publ. n° 310)
217. ZGADZAI, L.K. Physicomechanical properties of loess soils strengthened with epoxy-phenol mixtures. *Mater 6 [Shestomu] Vses. Soveshch. Zakreplenyu Uplotnenyu Gruntov*, p.327-30, 1968. (Ch.Abs.72:22361g)
218. ZURABISHVILI, Ts.I., et al. Use of methacrylic acid salts for strengthening water-logged soil materials. *Plast. Massy*, v.15, n.12, p.54-5, 1973.

Revisão Bibliográfica

OCORRÊNCIA E MORFOLOGIA DE PLANTAS LATICÍFERAS, ESTRUTURA E BIOSÍNTESE DA BORRACHA NATURAL

DASNOY MARINHO, Jean Richard¹
MANO, Eloisa Biasotto²

Resumo: É feita uma revisão bibliográfica envolvendo aspectos morfológicos das árvores e das células laticíferas assim como da ocorrência do látex no reino vegetal e da estrutura e biossíntese do *cis*-poli-isopreno em látices vegetais.

Termos para indexação: borracha natural, poli-isopreno, *Hevea brasiliensis*.

INTRODUÇÃO

As plantas superiores sintetizam, em maior ou menor quantidade, compostos isoprenóides. Das 400.000 espécies conhecidas, 12.500 (3%) contém látex, mas somente 2.000 espécies (0,5%) de *Dicotyledoneae*, restritas a sete grandes famílias (*Apocynaceae*, *Moraceae*, *Asclepiadaceae*, *Euphorbiaceae*, *Compositae*, *Sapotaceae* e *Gutiferae*), produzem quantidades apreciáveis de borracha. Além dessas espécies botânicas, também em cogumelos foi detectado látex (STEWART et al. 1955; ARCHER & AUDLEY, 1967 e 1987).

Todos os látices vegetais apresentam substâncias isoprenóides. Nem todos, porém, contêm *cis*-poli-isopreno. Algumas espécies, como a gutapercha (*Palaquium oblongifolium*, da família *Sapotaceae*) (MORTON, 1966), produzem o *trans*-poli-isopreno, que não possui características elastoméricas. Em outras, os látices apresentam compostos isoprenóides não poliméricos, como no caso do guatambu (*Aspidosperma* sp., família

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Ilha Solteira, CP 31, CEP 15.385-000, Ilha Solteira, SP.

² Instituto de Macromoléculas “Eloisa Biasotto Mano” - Universidade Federal do Rio de Janeiro, CP68.525, CEP 21.945-970, Rio de Janeiro, RJ.

Apocynaceae) (MARINHO, 1987). A grande maioria, porém, sintetiza os poliprenóis, compostos oligoméricos de poli-isopreno com pesos moleculares na faixa entre 400 a 1.000 g/mol, que participam da síntese de açúcares nos organismos vivos (BURGOS et al., 1963; WELLBURN & HEMMING, 1966, 1966a; STONE et al., 1967; DUNPHY et al., 1967; SUGA et al., 1975; SUZUKI et al., 1983; IBATA et al., 1984).

Existem muitas árvores que podem fornecer *cis*-poli-isopreno comercialmente mas, atualmente, praticamente toda a borracha natural consumida no mundo é fornecida pela *Hevea brasiliensis* (seringueira). A Tabela 1 relaciona algumas espécies laticíferas existentes no Brasil, entre árvores, arbustos e plantas rasteiras (FERRI, 1969; GENTCHÚJNICOV, 1976; JOLY, 1977; BARROSO, 1978; CRONQUIST, 1981; BARROSO, 1984; CORREA, 1984; BARROSO, 1986; LORENZI, 1986 e 1991).

Verifica-se nesta tabela, que a quase totalidade das 178 espécies relacionadas, pertencem à classe *Magnoliopsidae*, constando apenas 4 espécies na classe *Liliopsidae*. Dentre as famílias botânicas, destacam-se como principais: *Euphorbiaceae*, em que se incluem 45 espécies laticíferas, inclusive a *Hevea brasiliensis* e a *Manihot glaziovii* (maniçoba); *Apocynaceae*, com 34 espécies listadas, onde estão a *Couma guianensis* (sorveira) e a *Hancornia speciosa* (mangabeira); *Moraceae*, com 33 espécies entre as quais a *Castilloa elastica* e a *C. ulei* (cauchos); e *Sapotaceae*, com 21, englobando o *Chrysophyllum eximium* e diversas espécies do gênero *Manilkara* (maçarandubas).

A classificação das plantas laticíferas, tal como se encontra na tabela, é adotada por muitos autores; há, entretanto, divergências na literatura sobre a inclusão de muitas outras espécies.

Como se verá a seguir, é fornecida uma visão geral sobre a ocorrência, biossíntese e estrutura do poli-isopreno e este estudo, ao longo de um século, foi calcado principalmente no látex da *Hevea brasiliensis* (*Euphorbiaceae*). Somente a partir da década de 80, começou-se a verificar que a verdadeira estrutura do poli-isopreno natural não era realmente o que se supunha e foram determinadas as estruturas desse polímero para espécies arbustivas da família *Asteraceae* (TANAKA et al., 1995) e para cogumelos

TABELA 1. Espécies lactescentes encontradas no Brasil

ESPÉCIE	NOME VULGAR	FAMÍLIA
<i>Dieffenbachia picta</i> Schott	aninga-pára, comigo-ninguém-pode	ARACEAE
<i>D. seguine</i> (Joaquim) Schott	aninga-pára, comigo-ninguém-pode	
<i>Montrichardia linifera</i> (Arruda) Schott	aninga-açú	
<i>Philodendron speciosum</i> Schott	aninga	
<i>Allamanda Schottii</i> Poll	alamanda-de-flor-pequena	APOCYNACEAE
<i>A. cathartica</i> L.	alamanda-jacobina	
<i>Ambelania grandiflora</i> Hub.	molongó	
<i>Aspidosperma australe</i> Muell. Arg.	guatambú	
<i>A. camporum</i> Muell. Arg.	pequiá	
<i>A. pyricollum</i> Muell. Arg.	peroba-vermelha	
<i>Condylocarpon isthmicum</i> (Vell.) A. DC.	cipó-de-leite	
<i>Couma guyanensis</i> Aubl.	sorveira	
<i>C. rigida</i> Muell. Arg.	mugugê	
<i>C. utilis</i> (Mart.) Muell. Arg.	cumahy, sorveira	
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	boa-tarde	
<i>Forsteronia leptocarpa</i> (Hook et Arn.) DC.	cipó-de-leite	
<i>F. Thyrsoides</i> (Vell.) Muell. Arg.	cipó-de-leite	
<i>Hancornia speciosa</i> Gomez	mangabeira	
<i>Macrosiphonia longiflora</i> (Desf.) Muell. Arg.	flor-de-babado, jalapa-branca	
<i>M. petrea</i> (St.-Hil.) E. Sch.	flor-de-babado, jalapa-branca	
<i>M. velame</i> (St.-Hil.) Muell. Arg.	flor-de-babado, jalapa-branca	
<i>M. virescens</i> (St.-Hil.) Muell. Arg.	flor-de-babado, jalapa-branca	
<i>Mandevila erecta</i> (Vell.) Woods	jalapa-do-campo	
<i>M. velutina</i> (Mart.) Woods	jalapa-do-campo	
<i>Nerium oleander</i> L.	espirradeira	
<i>Peschiera australis</i> (Muell. Arg.) Miers	leiteira-dois-irmãos	
<i>P. fuchsiiflora</i> (A. DC.) Miers	leiteiro	
<i>P. peltastes</i> (Vell.) Woods	cipó-benção	
<i>Plumeria alba</i> L.	jasmim-manga, pau-de-leite	
<i>P. rubra</i> L.	jasmim-de-caiena, jasmim-manga	
<i>Prestonia coalita</i> (Vell.) Woods	cipó-de-paina	
<i>Rauwolfia sellowii</i> Muell. Arg.	jasmim-grande	
<i>Rhabdadenia pohlii</i> Muell. Arg.	jalapa-do-brejo	
<i>Temnadenia stelarlis</i> (Lindl.) Miers	cipó-de-leite	
<i>Thevetia ahouai</i> (L.) Woods	agahy, cascadeira	
<i>T. peruviana</i> K. Sch.	ahoay-guassu, chapéu-de-	

<i>T. amazonica</i> Ducke	napoleão louro-rosa-amarelo, mama-de- cachorra	
<i>Trachelospermum jasminoides</i> (Lindl.) Lem.	jasmim	
<i>Asclepias curassavica</i> L. <i>A. mellodora</i> St.-Hil. <i>Calotropis procera</i> (Ait.) Ait. f. <i>Ditassa banksii</i> Schult. <i>D. megapotamica</i> (Spreng.) Malme <i>D. taxifolia</i> Decne <i>Funastrum clausum</i> (Jacq.) Decne. <i>Gomphocarpus fruticosus</i> (L.) Alt. <i>Gonolobus rostratus</i> (Vahl.) Schult. <i>Oxipetalum alpinum</i> (Vell.) Font. et Schw. <i>O. arachnoideum</i> Fourn. <i>O. balansae</i> Malme <i>O. erianthum</i> Decne. <i>O. pannosum</i> Decne. <i>O. tomentosum</i> Hook et Arn. <i>Schubertia multiflora</i> Mart.	oficial-de-salão, cega-olho cega-olho queimadeira, algodão-de-seda cipó-de-leite cipó-de-leite leiteira-brava leuterinho paineirinha, paina-de-seda paineira-de-leite cipó-de-leite, leite-de-cachorro cipó-de-leite, leite-de-cachorro cipó-de-leite, leite-de-cachorro cipó-de-leite, leite-de-cachorro cipó-de-leite, leite-de-cachorro cipó-de-leite, leite-de-cachorro angélica-de-rama, mata-cão	ASCLEPIADACEAE
<i>Cichorium intibus</i> L. <i>Lactuca sativa</i> L. <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill. <i>S. oleraceus</i> L. <i>Taraxacum officinale</i> Web.	chicória-amarga, almeirão alface serralha-espinhenta serralha-lisa dente-de-leão	ASTERACEAE (COMPOSITAE)
<i>Lobelia exaltata</i> Pohl	arrebenta-cavalos	CAMPANULACEAE
<i>Carica microcarpa</i> Jacq. <i>C. papaya</i> L. <i>C. quercifolia</i> (St.-Hil.) Hier. <i>Jacaratia heptaphylla</i> (Vell.) DC. <i>J. spinosa</i> (Aubl.) DC.	mamoeiro-de-fruto-pequeno mamoeiro mamãozinho, barrigudo, umbuzeiro jacarati mamão-se-veado, jacarati, barrigudo	CARICACEAE
<i>Clusia fragrans</i> Gardn. <i>Kielmeiera coryacea</i> Mart.	magnólia-do-mato saco-de-boi, pau-de-santo	CLUSIACEAE (GUTIFERAE)
<i>Ipomoema batatae</i> (L.) Lam. (raro em algumas variedades) <i>I. glaziovii</i> Damm. <i>I. jalapa</i> Coxé <i>I. operculata</i> Mart. <i>I. stolonifera</i> (Cyrill.) Gmelin <i>Colliguaja brasiliensis</i> Klotz. ex Baill.	batata-doce flor-de-madeira jalapa-verdadeira batata-de-purga campainha-branca ibiracambi	CONVOLVULACEAE

<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	ayapana, assacu, maleiteira
<i>E. heterophylla</i> L.	leiteira, amendoim-bravo, parece-mas-não-é folha-de-leite
<i>E. hirtella</i> Boiss.	erva-de-santa-luzia, erva- andorinha,
<i>E. hyssopifolia</i> L.	burra-leiteira dois-irmãos maleiteira, leiteiro
<i>E. milii</i> Desm.	caá-cambuh, erva-de-cobre coroa-de-cristo
<i>E. papilosa</i> St.-Hil.	seringueira-branca, ser.-itaúba
<i>E. serpens</i> H.B.K.	seringueira
<i>E. tirucalli</i> L.	seringueira-mangue, ser.- vermelha
<i>Hevea bentamiana</i> Muell. Arg.	seringueira-de-folha-comprida
<i>H. brasiliensis</i> Muell. Arg.	
<i>H. guyanensis</i> Muell. Arg.	
<i>H. guyanensis</i> var. <i>lutea</i> (Spr. ex Benth.) Ducke et Schult.	
<i>H. pauciflora</i> (Spr. ex Benth.) Muell. Arg.	seringueira
<i>H. spruceana</i> (Benth.) Muell. Arg.	barriguda, seringarana
<i>Hura crepitans</i> L.	assacu
<i>Jathropa curcas</i> L.	manduri-graça, pinhão-de- purga
<i>J. multifida</i> L.	flor-de-coral, árvore-de- bálsamo
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	mandioca
<i>M. glaziovii</i> Muell. Arg.	maniçoba-do-ceará
<i>M. pentaphylla</i> Pohl	mandioca-brava
<i>M. piauhyensis</i> Ule	maniçoba-do-remanso
<i>M. tripartita</i> (Spreng.) Muell. Arg.	mandioca-brava
<i>Ophtalmoblaptan crassipes</i> Muell. Arg.	coachim, canchim
<i>Pachistroma longifolium</i> (Ness) I.M. Johnston	mata-olho
var. <i>longifolium</i>	
<i>Poinsetia pulcherrima</i> (Willd) Grah.	flor-de-papagaio, flor-de- sangue
<i>Sapium argutum</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira
<i>S. aucuparium</i> Jacq.	murupitá
<i>S. haematospermum</i> Muell. Arg.	mata-ratos, fruta-de-cachorro
<i>S. intercedens</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira
<i>S. lanceolatum</i> (Muell. Arg.) Hub.	erva-de-flecha
<i>S. leptadenium</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira
<i>S. longifolium</i> (Muell. Arg.) Hub.	curupicahy, leiteira
<i>S. longipes</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira
<i>S. marginatum</i> Muell. Arg.	leiteira

EUPHORBIACEAE

<i>S. marmieri</i> Hub.	seringueira, murupitá	
<i>S. montevidensis</i> Klotz ex baill.	leiteira	
<i>S. obovatum</i> Klotz ex Muell. Arg.	leiteira	
<i>S. occidentale</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira	
<i>S. petiolare</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira	
<i>S. prunifolium</i> Klotz.	murupitá	
<i>S. selowwianum</i> Klotz ex Baill.	leiteira	
<i>S. sublanceolatum</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira	
<i>S. tijuicense</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira	
<i>S. triste</i> (Muell. Arg.) Hub.	leiteira	
<i>S. verum</i> Hermsl.	murupitá	
<i>Struthanthus concinus</i> Mart.	erva-de-passarinho	LORANTHACEAE
<i>S. marginatus</i> (Derv.) Bl.	erva-de-passarinho	
<i>S. vulgaris</i> Mart.	erva-de-passarinho	
<i>Mimosa obovata</i> Benth.	jurema	MIMOSACEAE
<i>Artocarpus atilia</i> (Park) Fosb.	fruta-de-pão	MORACEAE
<i>A. integrifolia</i> L.	jaca	
<i>Brosimum utile</i> (H.B.K.) Pittir	pau-de-leite, sorva	
<i>Castilloa elastica</i> Cerv.	caucho	
<i>C. ulei</i> Warb.	caucho	
<i>Dorstenia arifolia</i> La.	cayapi-preto, cayapiá-do-grande	
<i>D. brasiliensis</i> Lam.	liga-osso, cayapiá-verdadeiro	
<i>D. cayapi</i> Vell.	caapiá, cayapia	
<i>Ficus aspera</i> G. Forst. f.	figueira-da-polinésia	
<i>F. benjamina</i> L.	figueira-benjamim	
<i>F. calyptroceras</i> (Miq.) Miq.	figueira	
<i>F. carica</i> L.	figueira-comum	
<i>F. elastica</i> Roxb. ex Hornem.	figueira-da-índia	
<i>F. hirsuta</i> Schott	figueira-mata-pau	
<i>F. insipida</i> Willd.	gameleira-branca, coajinguba	
<i>F. luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	figueira	
<i>F. maxima</i> P. Mill.	figueira-brava, figueira-de-lombrigueira, guaximba-preta	
<i>F. nymphaeifolia</i> P. Mill.	apuhý	
<i>F. organensis</i> (Miq.) Miq.	figueira-branca	
<i>F. pertusa</i> L. f.	figueira-grande, cuaxinguba, uapuim	
<i>F. pulchella</i> Schott.	figueira-branca	
<i>F. pumila</i> L.	falsa-hera	
<i>F. religiosa</i> L.	figueira-religiosa	
<i>F. salzmaniana</i> (Miq.) Miq.	figueira-baiana	
<i>F. tomentella</i> (Miq.) Miq.	figueira-do-mato	
<i>F. trigona</i> L. f.	apuhý	

<i>Maquira calophylla</i> (Poepp. et Eudl.) Berg <i>M. coriacea</i> (Karst.) Berg <i>M. sclerophylla</i> (Ducke) Berg <i>Naucleopsis caloneura</i> (Hub.) Ducke <i>Perebea guyanensis</i> Aubl. <i>P. mollis</i> (Poepp. et Eudl.) Hub. ssp. <i>mollis</i> <i>Sorocea hilarii</i> Gaud.	muiratinga, cauchorana muiratinga muiratinga-de-terra-firme muiratinga verdadeira cauchorana muiratinga-de-terra-firme, cauchorana soroca, bainha-de-espada, cincho, maria-mole	
<i>Papaver rhoeas</i> L.	papoula-dos-cereais, pap.- comum, borboleta	PAPAVERACEAE
<i>P. somniferum</i> L.	papoula, dormideira	
<i>Paulinia rubiginosa</i> Camb. in St.-Hil.	ingá-de-cobra	SAPINDACEAE
<i>Chrysophyllum eximium</i> Ducke <i>C. gonocarpum</i> (Mart. et Aeichi.) Engler <i>C. sanguinolentum</i> ssp. <i>balata</i> (Ducke) Penn. <i>C. venezuelanense</i> (Pierre) Penn. <i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart. <i>Manilkara bella</i> Mon. <i>M. bidentata</i> ssp. <i>surinamensis</i> (Miq.) Miq. <i>M. elata</i> (F. Allem. ex Miq.) Mon. <i>M. excelsa</i> (Cucke) Standl. <i>M. huberi</i> (Ducke) Chev. <i>M. longifolia</i> (A. de Candolle) Dub. <i>M. paraensis</i> (Hub.) Standl. <i>M. rufula</i> (Miq.) Lam. <i>M. salzmännii</i> (A. de Candolle) Lam. <i>M. sapota</i> (L.) van Royen <i>M. subsericea</i> (Mart.) Dub. <i>Pouteria caimito</i> (Ruiz et Pavon) Radlk. <i>P. procera</i> (Mart.) Radlk. <i>P. ramiflora</i> (Mart.) Radlk. <i>P. torta</i> (Mart.) Radlk. ssp. <i>torta</i>	maçaranduba aguahy ucuquirana, abiurana guajar leiteira-do-mato maçaranduba-vermelha maparajuba, maçaranduba maçaranduba-de-leite, gararoba, asparai maparajuba, maçaranduba maçaranduba-verdadeira arapaju, maparaju, maçaranduba maparajuba maçaranduba-do-ceará maparajuba sapoti maçaranduba-de-leite, maçaranduba-de-praia guapeba-vermelha, caimitoiro, abieiro maçaranduba-verdadeira, aprau, aparaju fruta-de-veado, leitosa curiola, acá	SAPOTACEAE

do gênero *Lactarius* (TANAKA et al., 1990). No caso das espécies de grande porte das famílias *Euphorbiaceae* (TANAKA, 1984), *Moraceae* e *Apocynaceae* (MARINHO, 1992), não se conhece ainda toda a estrutura do polímero e não se possui também estudos que relacionem o tipo de estrutura do polímero com a ocorrência e a classificação botânica da espécie.

OCORRÊNCIA DO CIS-POLI-ISOPRENO NAS PLANTAS

As partículas de poli-isopreno encontram-se em células, tanto em canais laticíferos (e.g., *Hevea brasiliensis* e *Ficus elastica*), quanto sob a forma de nódulos, no tecido lenhoso dos caules e raízes (e.g. *Parthenum argentatum*, família *Asteraceae*, que é o “guayule” mexicano). Na seringueira, os vasos laticíferos estão localizados nas partes mais tenras, ou seja, nas folhas, flores, sementes e periferia das raízes e caules; destes últimos, o látex é extraído por sangria (FOURNIER & TUONG, 1961). No caso de o látex ocorrer em nódulos, para extrair a borracha é necessária a destruição da planta (ARCHER & AUDLEY, 1987).

O caule das espécies botânicas pertencentes à divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsidae*, apresenta-se com uma parte central, ou lenho, envolta por uma casca, que é constituída pelas camadas externa e interna. Na casca interna, estão localizados os sistemas condutores de seiva e de látex (vasos laticíferos). Esse vasos se dispõem concêntrica e alternadamente ao redor do lenho. Entre a casca e o lenho, situa-se a matriz geradora dos tecidos da planta, denominada câmbio, da qual se origina o tecido lenhoso em direção ao centro do caule, e o floema, em direção contrária. A periodicidade da ação do câmbio resulta em linhas concêntricas, que podem ser observadas no corte transversal de um tronco de árvore e permitem a determinação de sua idade. Para dentro do câmbio, encontra-se o alburno (“sap wood”), constituído de tecido lenhoso macio e, mais para o interior, o cerne (“heart wood”) (BROWNING, 1963).

No caso da seringueira, os vasos laticíferos fazem parte do tecido fibroso macio, dentro do qual estão incorporados. Aparecem em meio aos canais condutores de seiva, que contêm sais minerais, açúcares e outros resíduos metabólicos. Os tecidos laticíferos acompanham os tecidos

fibrosos em seu desenvolvimento e sua migração para o interior, à medida que o câmbio produz zonas mais novas. Os canais laticíferos mais jovens, mais ativos, com maior concentração de látex, são encontrados próximo ao câmbio (FOURNIER & TUONG, 1961). A observação da Figura 1 permite uma melhor compreensão da morfologia do tronco da seringueira (FOURNIER & TUONG, 1961; MORANDINI, 1977). Nota-se que a diferenciação das células em canais laticíferos, partindo do câmbio, é periódica, resultando camadas sucessivas, independentes, separadas por zonas de outros tecidos fibrosos macios. Estas camadas são denominadas mantos e estão localizadas em zonas concêntricas, ao redor do caule. Os canais laticíferos podem estar isolados no manto ou aparecerem como uma rede de fibras individuais, entrelaçadas em anastomose. Esta característica é de fundamental importância, pois permite a extração da borracha sem a destruição da planta (ARCHER & AUDLEY, 1987; FOURNIER & TUONG, 1961; RUDALL, 1987).

As células laticíferas possuem partículas de poli-isopreno, que preenchem a sua maior parte e são mais numerosas que as organelas. Além disso, exibem todas as características conhecidas de uma célula vegetal: uma parede celulósica, uma membrana citoplasmática, um núcleo disposto junto à parede celular, separado do citoplasma por uma parede delgada, mitocôndrias, reconhecidas por sua morfologia particular, e um retículo endoplasmático, associado aos microsomos (FOURNIER & TUONG, 1961).

Essas partículas variam em tamanho, entre 0,1 μ m e 2 μ m. Vários observadores descrevem-nas tanto de forma esférica, quanto em forma de pera. No entanto, exames em ultramicroscópio favorecem a forma esférica, com numerosas partículas aglomeradas temporariamente, criando a ilusão de outras formas. Os glóbulos de borracha estão envoltos por uma

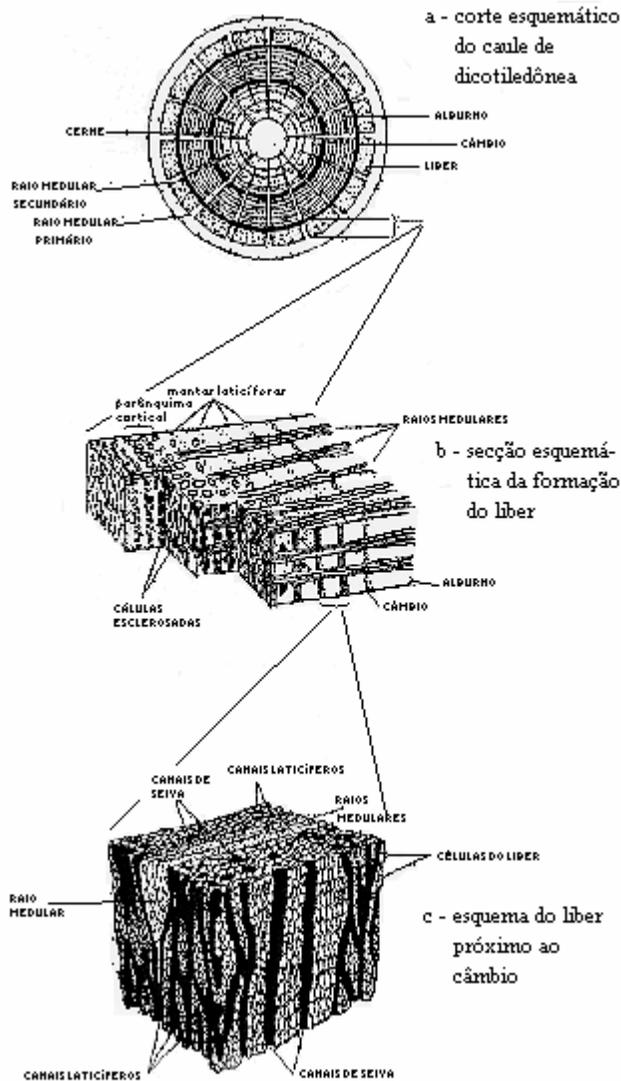


Figura 1. Morfologia do tronco de uma árvore lactescente

membrana constituída por proteínas, ácidos graxos, açúcares e outros compostos orgânicos que lhes conferem propriedades coloidais (BENEDICT, 1983; MORTON, 1966). Além das partículas contendo poliisopreno, a célula apresenta outras partículas, com diâmetro entre 1µm e 2µm, que contém substâncias proteicas fibrosas, denominadas partículas lutóides. Há ainda as partículas de Frey-wyesling, que possuem pequenas inclusões esféricas (FOURNIER & TUONG, 1961; BENEDICT, 1983).

A ESTRUTURA DO CIS-POLI-ISOPRENO

A estrutura química da borracha vem sendo estudada desde 1826, quando Faraday determinou a fórmula empírica do isopreno, e este composto foi, em seguida, identificado como um dos componentes principais dos produtos de pirólise da borracha (COOPER, 1966). Devido a este fato, em 1875, BOUCHARDAT (SIGNIFICANT, 1980) sugeriu que a borracha natural fosse um polímero do isopreno (“...tous ces produits et le caoutchouc lui-même sont des polymères d’un carbure générateur $C_{10}H_8$, isoprène...” op. cit. p. 108), dando como fórmula estrutural para a borracha $(C_{10}H_8)_n$. Em 1879, este mesmo autor obteve um material resinoso ao aquecer o isopreno a 280°C em tubos selados (BILLMEYER, 1962; COOPER, 1966). Somente na década de 20 é que ficou definitivamente estabelecido que os polímeros - inclusive a borracha - eram moléculas orgânicas, porém de alto peso molecular, e em 1955, foi conseguida a primeira síntese de *cis*-poli(1,4-isopreno) com o emprego de catalisadores do tipo Ziegler-Natta (BILLMEYER, 1962).

Ao longo de mais de um século, com instrumental cada vez mais sofisticado, foi possível estabelecer com grande precisão a maior parte da microestrutura de toda a macromolécula da borracha natural. Além de unidades isoprênicas, com encadeamento 1,4-cabeça-cauda, foi determinada também a estrutura das unidades terminais que revelam a biogênese. No caso das espécies pertencentes às *Magnoliophitae*, os grupamentos terminais em uma das extremidades são do tipo geranilgeranila (uma unidade dimetil-alila seguida de três unidades isoprênicas *trans*), ou farnesila (uma unidade dimetil-alila seguida de duas unidades isoprênicas *trans*), conforme a espécie botânica (TANAKA et al., 1983;

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.129-153, 1996.

TANAKA, 1984; MARINHO et al., 1989; MARINHO, 1992; MARINHO & MONTEIRO, 1995) e na outra extremidade, um resíduo de grupamento isoprenol (TANAKA et al. 1983; TANAKA, 1984), não havendo identificação deste grupamento terminal na *Ficus elastica*, *Hancornia speciosa* (MARINHO, 1992) e na *Hevea brasiliensis*, o que indica que, para certas espécies vegetais, a estrutura não está totalmente elucidada (TANAKA, 1996).

No caso dos cogumelos pertencentes aos gêneros *Lactarium* e *Peziza*, os grupamentos terminais são, em uma extremidade, farnesila, enquanto que na outra extremidade de cada macromolécula se encontra um grupamento éster (TANAKA, 1989). A representação estrutural da cadeia polimérica pode ser observada na Figura 2 (TANAKA et al., 1982; TANAKA, 1984).

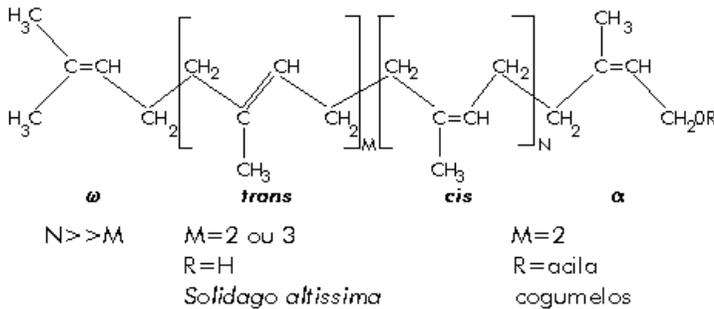


Figura 2. Estrutura química dos poli-isoprenos naturais

Embora de peso molecular baixo, alguns dos componentes isoprenóides, que ocorrem em látices vegetais, já revelam um encadeamento repetido *cis*-, ou *trans*-, que sugere a sua participação como precursores da macromolécula da borracha. Os fatores que decidem o comprimento da cadeia não são conhecidos, e a resposta a este problema é relevante, não só para a biossíntese do poli-isopreno quanto para todas as moléculas que têm o isopreno como composto de origem (STONE et al., 1967).

A BIOSÍNTESE DO *CIS*-POLI-ISOPRENO

Os estudos sobre a biossíntese do *cis*-poli-isopreno iniciaram-se na década de 50, com a demonstração do papel desempenhado pelo ácido acético na formação da borracha por ARREGUIN & BONNER (1950), corroborado posteriormente pelos trabalhos de outros autores (TEARS & BANDURSKY, 1956; WITTING et al., 1959; FOURNIER et al., 1961). A sequência reacional biogenética da borracha, desde a fotossíntese, representada na Figura 3 (JOHNSTON et al., 1954; NICHOLSON, 1979/1980; MICHAL, 1982; LEHNINGER, 1986;), pode ser considerada em quatro etapas distintas. Na primeira é sintetizada a estrutura do íon mevalonato; na segunda, atinge-se a estrutura do pirofosfato de isopentenila; na terceira, chega-se ao pirofosfato de farnesila ou geranyl-geranila; e na quarta, resulta a molécula da borracha.

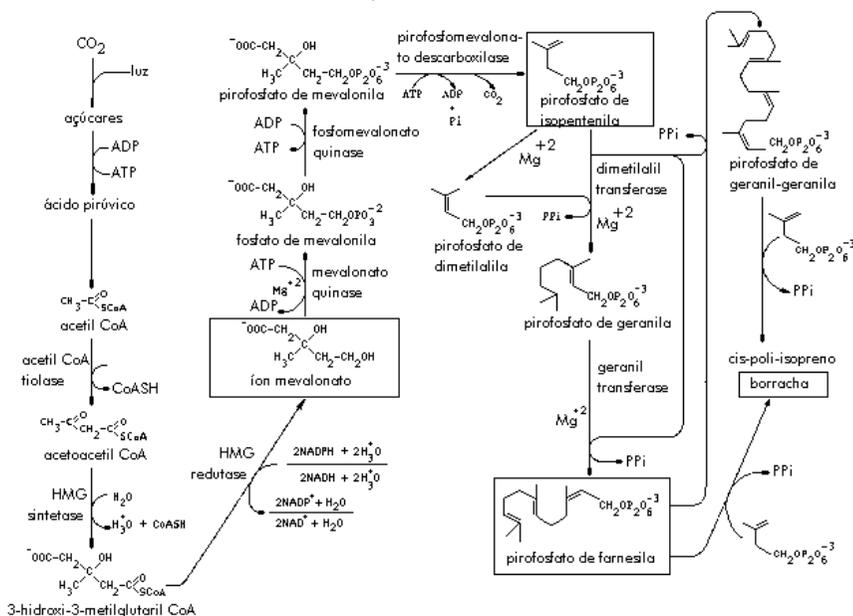


Figura 3. Sequência reacional biogenética da borracha

O íon mevalonato é sintetizado através de um processo em que a energia requerida é fornecida pela ruptura de ligações tio-éster de três moléculas de acetil-coenzima-A, regenerando a coenzima-A livre, e de duas moléculas de nicotinamida adenina dinucleotídeo na forma reduzida (NADPH), que sofrem oxidação. Na segunda etapa, a ativação do íon mevalonato requer três moléculas de trifosfato de adenosina, comumente designado por ATP, e uma descarboxilação, resultando em pirofosfato de 3-isopentenila. A terceira etapa envolve a formação do pirofosfato de farnesila ou geranyl-geranila, através de condensações cabeça-cauda, sem a necessidade de energia adicional. Uma das condensações cabeça-cauda deste processo pode ser vista na Figura 4, para o caso do pirofosfato de geranila (ARCHER et al., 1965). Como o pirofosfato é um bom grupo de saída, assegura o mecanismo SN₂; a subsequente hidrólise desse grupo a ortofosfato torna a reação irreversível. Conforme ocorre em todos os sistemas vivos, a pirofosfatase também foi encontrada nos látices vegetais (LYNEN, 1969).

Finalmente, na quarta etapa, a molécula da borracha é formada por incorporações sucessivas do pirofosfato de isopentenila *cis*-cabeça-cauda, partindo do pirofosfato de farnesila ou pirofosfato de geranyl-geranila, conforme a espécie vegetal (ARREGUIN & BONNER, 1951; TANAKA, 1984). As condensações cauda-cauda dos pirofosfatos de farnesila e de geranila, conduzem à síntese do esqualeno e caroteno, respectivamente (FOURNIER & TUONG, 1961). A condensação cauda-cauda do pirofosfato de farnesila, formando o esqualeno, pode ser vista na Figura 5.

Como está evidenciado na Figura 3, durante a formação do pirofosfato de farnesila estão envolvidas a condensação de uma molécula de pirofosfato de dimetil-alila com uma molécula de pirofosfato de isopentenila, produzindo o pirofosfato de geranila, e uma subsequente condensação deste composto com outra molécula de pirofosfato de isopentenila. Em cada uma destas etapas, forma-se uma ligação carbono-carbono, acompanhada da perda de um átomo de hidrogênio ligado ao átomo de carbono-2 do pirofosfato de isopentenila. A configuração da ligação dupla em um composto isoprenóide é determinada por enzimas, que

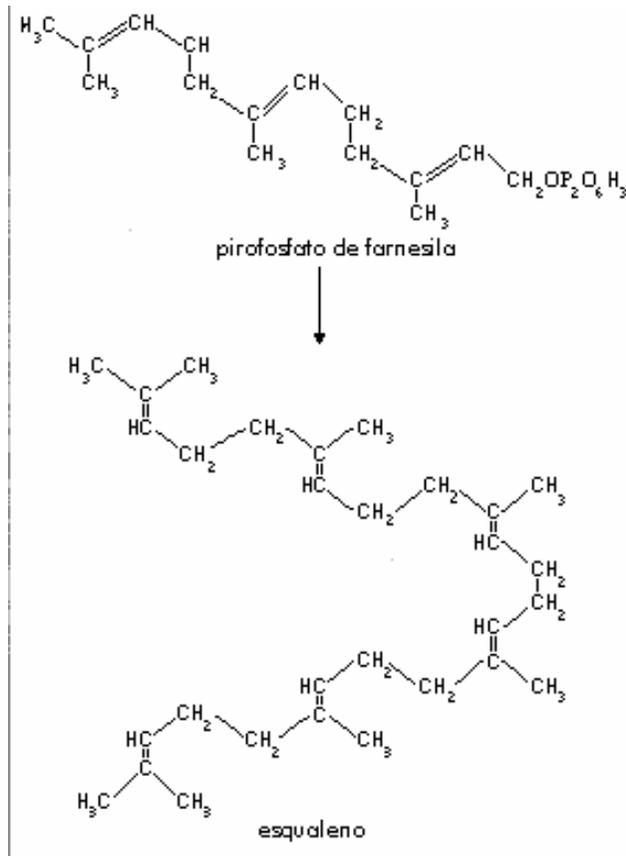


Figura 5. Etapa com encadeamento cauda-cauda na biogênese dos compostos isoprenóides

podem diferenciar entre dois átomos de hidrogênio quimicamente equivalentes. A evidência experimental de que a enzima envolvida na biossíntese da borracha é capaz disso, foi obtida por ARCHER et al. (1965). Partindo de íons mevalonato marcados com ^{14}C na posição 2 e ^3H na posição 4, observaram que na biogênese dos compostos *cis*, o trítio-4R é eliminado, enquanto que o trítio-4S é retido. Contrariamente, na biogênese dos compostos isoprenóides *trans* observou-se a retenção do

trítio-4R e a eliminação do trítio-4S (GOODWIN & WILLIAMS, 1965; CORNFORTH et al., 1966; WELLBURN et al.; 1966; STONE & HEMMING, 1967; GOUGH & HEMMING, 1970). As Figuras 6 e 7 ilustram estes fatos (CORNFORTH et al.; 1966; ARCHER & AUDLEY, 1967; GOUGH & HEMMING, 1970).

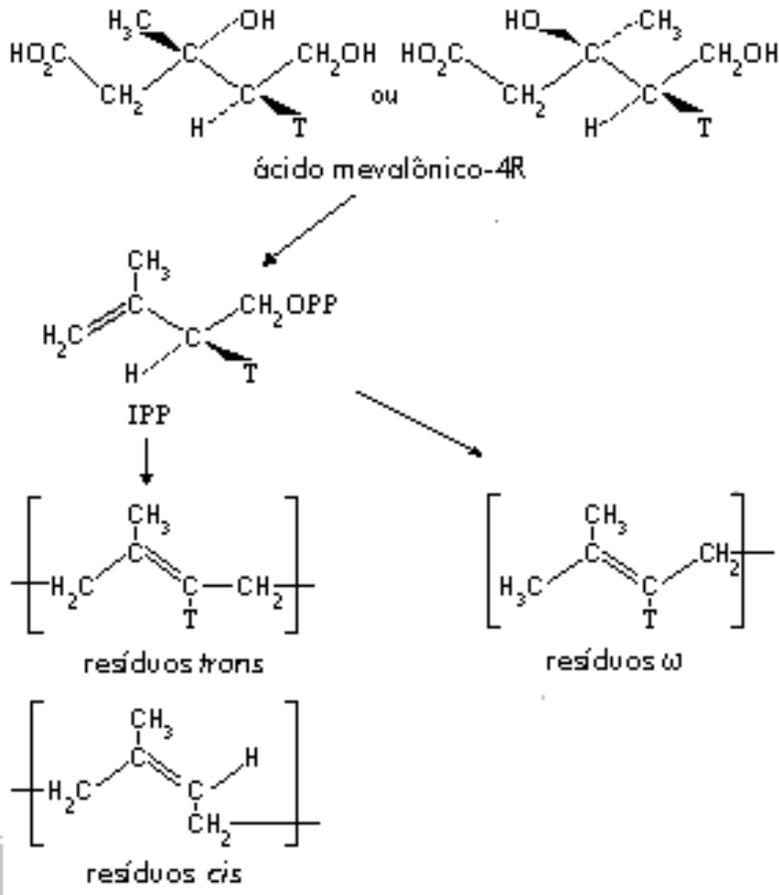


Figura 6. Gênese dos compostos isoprenóides a partir do ácido {(4R)-4-³H} mevalônico

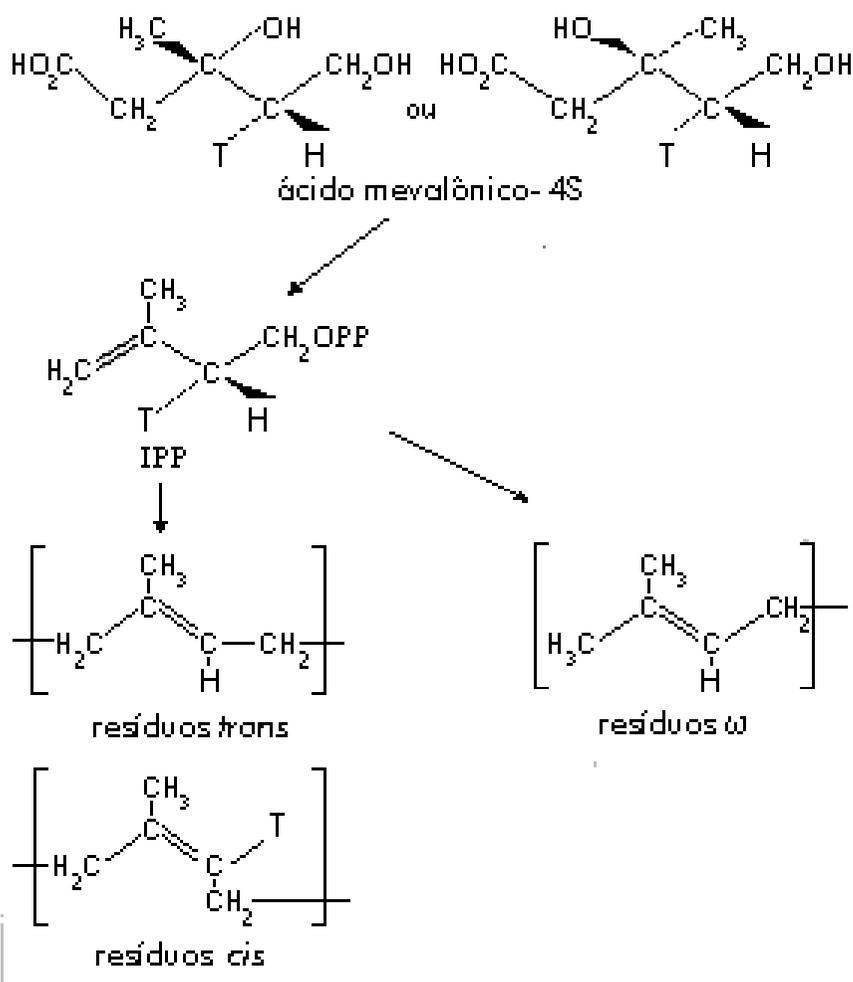


Figura 7. Gênese dos compostos isoprenóides a partir do ácido {(4S)4-³H} mevalônico

MARINHO, J.R.D., MANO, E.B. Occurrence and morphology of laticiferous plants, structure and biosynthesis of natural rubber. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.129-153, 1996.

SUMMARY: A review about morphologic aspects of the trees and laticiferous cells as well as the occurrence of the latex in the vegetal kingdom and structure and biosynthesis of the *cis*-polyisoprene is made.

Key-words: natural rubber, polyisoprene, *Hevea brasiliensis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHER, B.L. et al. The stereochemistry of rubber biosynthesis. *Proc. Royal Soc. Ser. B*, v.163, p.519-23, 1965.

_____. New aspects on rubber biosynthesis. *Bot. J. Lin. Soc.*, v.94, p.181-96, 1987.

ARCHER, B.L., AUDLEY, B.G. Biosynthesis of rubber. *Adv. Enzymol. Related Areas Md. Biol.*, v.29, p.221-57, 1967.

ARREGUIN, B., BONNER, J. The biochemistry of rubber formation in the guayule. II. Rubber formation in aseptic tissue cultures. *Arch. Biochem.*, v.26, p.178-86, 1950.

_____. Studies on the mechanism of rubber formation in the guayule. III. Experiments with isotopic carbon. *Arch. Biochem.*, v.31, p.234-47, 1951.

BARROSO, G.M. *Sistemática de angiospérmicas do Brasil*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos, 1978. v.1.

_____. *ibid.*, v.2, 1984. p.198-256

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.129-153, 1996.

_____. *ibid.*, v.3, 1986. 326p.

BENEDICT, C.R. Biosynthesis of rubber. *Biosynth. Isopren. Comp.*, v.2, p.355-69, 1983.

BILLMEYER, Jr., F. *Textbook of polymer science*. New York: J. Wiley, 1962. 393p.

BOUCHARDAT, G. Destillation du caoutchouc. *Bull. Soc. Chim. France*, v.24, p.108-14, 1875.

BROWNING, B.L. *The chemistry of wood*. Interscience Publishers, J. Wiley, 1963. cap.I.

BURGOS, J. et al. Dolichol: a naturally-occurring C-100 isoprenoid alcohol. *Biochem. J.*, v.88, p.470-82, 1963.

COOPER, W. *Encyclopedia of polymer science and technology*. New York: Interscience, 1966. v.5.

CORNFORTH, J.N. et al. Studies on the biosynthesis of cholesterol. XIX. Steric course of hydrogen eliminations and of C-C bond formations in squalene biosynthesis. *Proc. Royal Soc.*, v.163, p.492-514, 1966.

CORREA, M.P. *Dicionário de plantas úteis do Brasil*. Rio de Janeiro: Serviço de Informação Agrícola do Ministério da Agricultura, 1984. 6v.

CRONQUIST, A. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University, 1981. p.13-8.

DUNPHY, P.J. et al. The plurality of long chain isoprenoid alcohols (polyprenols) from natural sources. *Biochim. Biophys. Acta*, v.136, p.136-47, 1967.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.129-153, 1996.

- FERRI, M.G. *Plantas do Brasil: espécies do cerrado*. São Paulo: Edgard Blücher, 1969. 239p.
- FOURNIER, P., TUONG, C.C., The biosynthesis of rubber. *Rubber Chem. Technol.*, v. 34, p. 1229-305, 1961.
- FOURNIER, P. et al. Relations entre la transformation d'acetate de sodium 2^{14}C en *cis*-polyisoprène et la présence d'acide malonique. *Rev. Gen. Caoutch. Plast.*, v.38, p.403-4, 1961.
- GENTCHÚJNICOV, I. D. *Manual de taxonomia vegetal*. São Paulo: Ceres, 1976. 368p.
- GOODWIN, T.W., WILLIAMS, R.J.H. A mechanism for the cyclization of an acyclic precursor to form β -carotene. *Biochem. J.*, v.94, p.5c-7c, 1965.
- GOUGH, D.P., HEMMING, F.W. The stereochemistry of betulaprenol biosynthesis. *Biochem. J.*, v.117, p.309-17, 1970.
- IBATA, K. et al. Long-chain polyprenols in the family *Pinaceae*. *Phytochemistry*, v.23, p.783-6, 1984.
- JOHNSTON, J.A. et al. The metabolism of isoprenoid precursors in a plant system. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v. 40, p.1031-7, 1954.
- JOLY, A.B. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. São Paulo: Ed. Nacional, 1977. 634p.
- LEHNINGER, A.L. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1986. p.432-3.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.129-153, 1996.

LORENZI, H. *Manual de identificação e controle de plantas daninhas*. Nova Odessa, 1986. 220p.

_____. *Plantas daninhas do Brasil*. São Paulo: Plantarum, 1991. p.16-302.

LYNEN, F. Biochemical problems of rubber synthesis. *J. Rubber Res. Inst. Malaya*, v.21, p.389-406, 1969.

MARINHO, J.R.D. *Trabalhos não publicados sobre espécies laticíferas do cerrado*. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1997.

_____. *Microestrutura de cis-poli-isoprenos de látices naturais*. Rio de Janeiro, 1992. 169p. Tese (Doutorado). Instituto de Macromoléculas, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MARINHO, J.R.D.et al. Microestrutura do elastômero extraído da *Ficus elastica* através de 13-C NMR. In: ENCONTRO DE USUÁRIOS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR, 2, 1989, Angra dos Reis. *Proceeding...* Angra dos Reis: p.8-163, 1989.

MARINHO, J.R.D., MONTEIRO, E.E.C. Microestrutura do elastômero extraído da *Hancornia speciosa* Gomez (*Apocynaceae*) através de 13-C NMR. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 9, 1992, Ilha Solteira. *Programa e Resumos...* Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1992. p.235.

MICHAL, G. *Biochemical pathways*. Boehringer: Mannheim GMBH, 1982. Mapa metabólico em cores, dimensões 1,2X1,7m.

MORANDINI, C. *Atlas de botânica*. São Paulo: Nobel, 1977. p.46-7.

MORTON, M. *Introduction to rubber chemistry*. New York: Reinhold, 1966. 477p.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.129-153, 1996.

- NICHOLSON, D.E. Methabolic pathways. 16.ed. Boston: Genzyme Koch-Light, 1979-80. Mapa metabólico em cores, dimensões 1mX 1,4m.
- RUDALL, P.J. Laticifers in *Euphorbiaceae* - a conspectus. *Bot. J. Lin. Soc.*, v.94, p.143-63, 1987.
- SIGNIFICANT date in the history of rubber synthesis. *Zh. Vses. Khim. O-va.*, v.25, p.227-30, 1980.
- STEWART, W.D. et al. Synthesis of rubber by fungi. *Science*, v.122, p.1271-2, 1955.
- STONE, K.J., HEMMING, F.W. The stereochemistry of hexahydroprenol, ubiquinone and ergosterol biosynthesis in the mycelium of *Aspergillus fumigatus* Fresenius. *Biochem. J.*, v.104, p.43-56, 1967.
- STONE, K.J. et al. The characterization of ficaprenol-10, -11 and -12 from the leaves of *Ficus elastica*. *Biochem. J.*, v.102, p.325-30, 1967.
- SUGA, T. et al. The structural elucidation and the biosynthetic study of clemoprenols-9, -10, and -11 from the leaves of *Clemone spinosa*. *Chemistry Letters*, p.771-6, 1975.
- SUZUKI, S. et al. Synthesis of mammalian dolichols from plant polyprenols. *Tetrahedron Lett.*, v.24, p.5103-6, 1983.
- TANAKA, Y. Structural characterization of naturally occurring cis-polyisoprenes. *A. C. S. Symp. Ser.*, v.247, p.233-44, 1984.
- _____. Structure and biosynthesis mechanism of rubber from fungi. In: ACS Rubber Division Meeting, México, 1989. 18p.

- _____. Structural characterization of natural rubber - More pieces in the puzzle. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 3, 1996, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: p.702-5, 1996.
- TANAKA, Y. et al. Structural characterization of polyprenols by ¹³C-NMR spectroscopy; signal assignments of polyprenol homologues. *Polymer.*, v.23, p.1087-90, 1982.
- _____. Structure and biosynthesis mechanism of natural cis-polyisoprene from Goldenrod. *Rubber Chem. Technol.* v.56, p.299-303, 1983.
- _____. Structure and biosynthesis mechanism of natural rubber from fungi. *Rubber Chem. Technol.*, v.63, p.1-7, 1990.
- _____. Initiation and biosynthesis in *cis*-polyisoprenes. *Phytochemistry*, v.39, p.779-84, 1995.
- TEARS, H.J., BANDURSKY, R.S. The enzymatic synthesis of rubber. *J. Am. Chem. Soc.*, v.78, p.3549-50, 1956.
- WELLBURN, A.R., HEMMING, F.W. The occurrence and sasonal distribution of higher isoprenoid alcohols in the plant kingdom. *Phytochemistry*, v.5, p.969-75, 1966.
- _____. Polyprenols of wood and leaf tissue of the Silver birch (*Betula verrucosa*). *Nature*, v.212, p.1364-7, 1966a.
- WELLBURN, A.R. et al. The stereochemistry of phytol biosynthesis in the leaves of *Ficus elastica* and *Aesculus hippocastanum*. *Biochem. J.*, v.100, p.23c-25c, 1966.
- WITTING, L.A. et al. Further studies on the biosynthesis of cholesterol. *Federation Proceedings*, v.18, p.353, 1959.
- Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.5, n.1, p.129-153, 1996.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que possibilitou a realização deste trabalho, aos professores Dr. Jorge Fontella Pereira e Dra. Marília Rodrigues Pereira de Noronha pela ajuda na confecção, revisão e atualização das tabelas e à Dra. Cecília Gonçalves Costa pela sua contribuição à parte de anatomia vegetal.