# UNESP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
**FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA**
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

## *DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA*

1210001215

**Caracterização de Progênies de Seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell-Arg.] na Região de Ilha Solteira - SP**
**Aluna: Renata Capistrano Moreira Furlani**
**Orientador: Mário Luiz Teixeira de Moraes**

Te.1215

# CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIES DE SERINGUEIRA

## [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.]

## NA REGIÃO DE ILHA SOLTEIRA - SP

**RENATA CAPISTRANO MOREIRA FURLANI**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Sistemas de Produção.

**ILHA SOLTEIRA - SP**

**JUNHO - 2001**

BCpIS - FEIS - UNESP

# CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIES DE SERINGUEIRA

## [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.]

## NA REGIÃO DE ILHA SOLTEIRA - SP

**RENATA CAPISTRANO MOREIRA FURLANI**

**Orientador:** Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

**Co-orientador:** Prof. Dr. Enes Furlani Junior

Doc. 040/2001 - NPD 94/01

UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"
SERVIÇO TÉC. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
DATA DE CADASTRO
13/09/01
28/09/01
Aiza
Te. 1215
AQUISIÇÃO
Doação
Autor
R$10,00

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de concentração em Sistemas de Produção.

1210001215

**ILHA SOLTEIRA - SP**

**JUNHO - 2001**

50103059 MELHORAMENTO VEGETAL

BCpIS - FEIS - UNESP

Furlani, Renata Capistrano Moreira

F985c Caracterização de progênies de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.] na região de Ilha Solteira-SP / Renata Capistrano Moreira Furlani -- Ilha Solteira, 2001

113p. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de Concentração : Sistemas de Produção, 2001

Orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes
Co-Orientador: Enes Furlani Junior
Bibliografia: p.85-95

1.Seringueira 2.Estimativa de parâmetro 3.Isoenzimas 4.Genética quantitativa 5.Melhoramento genético

# Caracterização de progênies de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.] na região de Ilha Solteira-SP

***Renata Capistrano Moreira Furlani***

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Prof. Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes**
**Orientador**

**Dr. Paulo de Souza Gonçalves**

**Prof. Dr. Edson Seizo Mori**

**Ilha Solteira – SP**
**junho de 2001**

BCpIS - FEIS - UNESP

Aos meus pais,

Ana Lúcia e Sinésio e

aos meus irmãos,

**Flávia, Raquel, Matheus Henrique e Maria Luísa.**

**OFEREÇO**

Ao meu esposo e companheiro de todas as horas,

**DEDICO**

BCpIS - FEIS - UNESP

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em nossas vidas.

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes pela orientação, apoio e sugestões em todas as fases deste trabalho.

A Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores Dr. João Antônio da Costa Andrade e Dr. Salatiér Buzetti, pelas críticas e sugestões que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa concedida e financiamento de parte do experimento.

Ao Dr. Paulo de Souza Gonçalves, por possibilitar o uso do laboratório do Projeto Seringueira do Centro de Café e Plantas Tropicais do Instituto Agronômico para a realização das análises do sistema laticífero.

À laboratorista Andréia Guerreiro, pela realização das análises do sistema laticífero.

Aos secretários do Departamento Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-economia, José Carlos de Oliveira e Márcia B. Achtschin, pela amizade e por estarem sempre prontos em ajudar.

Aos laboratoristas da FE/UNESP dos Laboratórios de Genética de Populações e Silvicultura, Análise Tecnológica de Sementes e Nutrição de Plantas: Selma Maria B. de Moraes, Adelaide A. B. de Sá e André Luiz da Silva, pelo apoio nas diferentes fases deste trabalho.

Aos técnicos Alexandre Marques da Silva, Márcio Rodrigues Barbosa, Eduardo Gomes Rosa e John Kleber pelo apoio nos trabalhos de campo.

Aos funcionários da FEP/Cerrado, em especial ao Alonso, pela sangria das seringueiras.

Aos docentes do Curso de Pós-graduação pelos ensinamentos recebidos.

Aos funcionários da FE/UNESP/Campus de Ilha Solteira.

BCpIS - FEIS - UNESP

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação, Arlindo, Fátima e Paulo, pelo apoio ao trabalho e amizade.

A todos os funcionários da biblioteca pela atenção e serviços prestados.

À minha família, pelo amor e incentivo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

# SUMÁRIO

Página

RESUMO ..... 8

SUMMARY ..... 10

1. Introdução ..... 11

2. Revisão de literatura ..... 13

2.1. Distribuição Geográfica ..... 13

2.2. Classificação botânica e caracterização morfológica ..... 13

2.3. Melhoramento genético da seringueira ..... 16

2.4. Estimativa de parâmetros genéticos ..... 20

2.4.1. Variâncias ..... 20

2.4.2. Herdabilidade ..... 22

2.4.3. Estudo de correlações entre caracteres ..... 27

2.5. Caracterização genética em seringueira através de isoenzimas ..... 28

3. Material e métodos ..... 36

3.1. Local do experimento ..... 36

3.2. Descrição experimental ..... 36

3.3. Caracterização morfológica e fenológica ..... 37

3.4. Caracteres quantitativos ..... 39

3.5. Descrição dos marcadores isoenzimáticos ..... 41

3.6. Análises estatísticas ..... 48

3.6.1. Caracteres quantitativos ..... 48

3.6.2. Caracteres isoenzimáticos ..... 54

4. Resultados e discussão ..... 58

4.1. Caracteres quantitativos ..... 58

4.2. Caracteres isoenzimáticos ..... 75

CONCLUSÔES ..... 84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 85

APÊNDICE ..... 96

# CARACTERIZAÇÃO DE PROGÊNIES DE SERINGUEIRA [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.] NA REGIÃO DE ILHA SOLTEIRA – SP

Autora: RENATA CAPISTRANO MOREIRA FURLANI

Orientador: Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Co-orientador: Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR

## RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar a variabilidade genética utilizando métodos convencionais de genética quantitativa e pelo emprego de isoenzimas em progênies de seringueira oriundas do estado do Acre, no intuito de identificar material básico para ser utilizado em programas de melhoramento. Foram avaliadas 37 progênies de seringueira, instaladas na forma de um teste de progênies, obedecendo o delineamento de blocos casualizados com três repetições de forma desbalanceada, em 06/12/1991 na Fazenda de Ensino e Pesquisa da FE/UNESP/Campus de Ilha Solteira. Os caracteres quantitativos analisados foram altura de plantas, perímetro do caule, espessura da casca, número de anéis de vasos laticíferos, produção de borracha seca e teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Foram testados oito sistemas isoenzimáticos. Verificou-se que as progênies apresentaram maior variação para o caráter perímetro do caule e para o teor foliar de fósforo. Apenas quatro sistemas

isoenzimáticos apresentaram boa resolução do padrão de bandas (EST, GOT, LAP e SKDH), sendo estudados um total de quatro locos e treze alelos. As progênies apresentaram variabilidade genética, podendo ser utilizadas como material básico em programas de melhoramento. O estudo das isoenzimas permitiu detectar uma baixa divergência genética entre as progênies estudadas, um alto coeficiente de endogamia ($\hat{F} = 0{,}68$)e consequentemente uma baixa taxa de cruzamento ($\hat{t} = 0{,}18$), evidenciando ser a seringueira uma espécie de sistema de reprodução misto.

# RUBBER TREE [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.] PROGENIES CHARACTERIZATION IN ILHA SOLTEIRA – SP REGION

Authora: RENATA CAPISTRANO MOREIRA FURLANI

Adviser: Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Co-adviser: Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR

## SUMMARY

This study was carried out to estimate the genetic variation in rubber tree progenies from Acre using conventional methods of quantitative genetic and isozyme markers, aiming to identify basic material for breeding programs. Thirty seven rubber tree progenies were evaluated. The progenies were planted in December 06$^{th}$, 1991 at the Experimental Station of FE/UNESP. The analyzed quantitative characters were: plant height, stem diameter, bark thickness, number of latex ring vessel, yield and nitrogen, phosphorus, potass, calcium, magnesium, and sulphur contents. Eight enzyme systems were assayed. The trial showed that the progenies presented high variation for stem diameter and phosphorus content. Four enzyme systems presented good resolution (EST, GOT, LAP, and SKDH), totalizing four loci and thirteen alleles studied. The progenies presented genetic variability and can be used in breeding programs. The data of isozymes showed low genetic divergence among progenies ($\hat{F} = 0{,}68$) and low outcrossing rate ($\hat{t} = 0{,}18$), showing that the rubber tree reproductive system is mixed.

# 1. INTRODUÇÃO

A utilização da borracha natural, historicamente, é um fato que encontra os seus primeiros eventos descritos pela utilização deste produto pelas tribos indígenas da bacia do Rio Amazonas. As primeiras formas de extração do látex consistiam basicamente no emprego de sistemas de estradas na mata, à procura de árvores nativas. Nesta fase, o Brasil chegou a ser o maior produtor mundial de borracha natural. Outrossim, o emprego deste produto atraiu o interesse europeu e, desta forma, foram contrabandeadas sementes destas árvores nativas do Brasil para a Europa e desta para as suas colônias na Ásia. Através do cultivo racional, ou seja, plantio em larga escala com espaçamentos e técnicas agronômicas apropriadas, os países asiáticos tornaram-se os maiores produtores mundiais de borracha natural. No Brasil, as primeiras tentativas de implementar um sistema de cultivo racional foram frustradas na década de 30 em Fordlândia e Belterra. Esta situação motivou a realização de pesquisas de melhoramento genético da seringueira com vistas à obtenção de materiais resistentes à doenças e com boas características produtivas.

Estudos mais recentes têm evidenciado a possibilidade de selecionar materiais não somente por suas características extrínsecas (produtividade, porte da planta, perímetro do caule, etc.), como também por caracteres intrínsecos, tais como análise de isoenzimas, dentre outras. Desta forma, as pesquisas recentes têm demonstrado ser possível correlacionar os caracteres intrínsecos com os de produtividade, reduzindo o período para obtenção

BCpIS - FEIS - UNESP

de materiais promissores no sentido de utilização em áreas de plantio racional. Assim sendo, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas que avaliem caracteres morfológicos, fenológicos, produtivos e genéticos, no intuito de estimar o potencial destes materiais em uma possível explotação em áreas de boa adaptabilidade climática, que é o caso da região Noroeste do Estado de São Paulo e suas áreas fronteiriças.

Tendo em vista o exposto, os objetivos do presente trabalho foram: a)avaliar a variabilidade genética em uma população de seringueira oriunda de Rio Branco – AC, utilizando métodos convencionais de genética quantitativa e por isoenzimas; b) identificar material básico para programas de melhoramento.

# 2. REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1. Distribuição Geográfica

O gênero *Hevea* é originário da América do Sul, ocorrendo naturalmente no Brasil e países limítrofes. Se distribui em toda a bacia amazônica, estendendo-se ao sul da Bolívia oriental subandina e ao norte até a bacia do rio Orenoco e o baixo Essequibó. Esta área ocupa parte do Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana Francesa, Suriname e Guiana Inglesa. No Brasil, as espécies distribuem-se nos estados do Amazonas, Acre, Pará, Roraima e Amapá até o meridiano 46° a noroeste do estado do Maranhão, norte do estado do Mato Grosso e Rondônia (Kalil Filho, 1994), sendo que a bacia do rio Negro, na confluência com o rio Amazonas, é considerada como o centro de diversidade genética do gênero (Wycherley[1], 1977 citado por Paiva, 1992).

## 2.2. Classificação botânica e caracterização morfológica

Pertencente à família Euphorbiaceae, o gênero *Hevea* congrega um certo número de espécies. As espécies atualmente reconhecidas no Brasil são: *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.; *Hevea guianensis* Aub.; *Hevea benthamiana* Müell-Arg.; *Hevea nitida* Mart. ex. Müell-Arg.; *Hevea pauciflora* (Spr. ex. Bth.) Müell-Arg.; *Hevea rigidifolia* (Spr. ex. Bth)Muell.-Arg.;

[1] WYCHERLEY, P. R. The genus *Hevea*. In: **Workshop on international collaboration *Hevea* breeding and the collection an establishment of materials from the Neotropic**, 1977. Kuala Lumpur, 1977, 12p.

*Hevea camporum* Ducke; *Hevea spruceana* (Bth.) Muell. Arg.; *Hevea microphylla* Ule; *Hevea camargoana* Pires; *Hevea paludosa* Ule. Jahrb (Paiva, 1992). Dentre estas, *Hevea brasiliensis* é considerada a mais relevante como fonte de produção da borracha e *H. guianensis* pode ser aproveitada em trabalhos de melhoramento por apresentar o caráter de folíolos ascendentes, importante na captação de energia solar (Gonçalves et al.[2], 1983 citados por Paiva, 1992; Valois, 1983). *Hevea guianensis*, *H. pauciflora* e *H. nitida* são as espécies mais freqüentemente citadas na literatura (Gonçalves et al., 1990).

A seringueira é uma espécie dicotiledonea monóica, ou seja, possui flores masculinas e femininas em um mesmo indivíduo. As flores são unissexuais, pequenas, amarelas e dispostas em rácemos, na mesma inflorescência. As folhas são longamente pecioladas e repartidas em três folíolos. O fruto é uma cápsula grande, que geralmente apresenta três sementes, podendo ter de 45% a 50% de óleo, de cor amarelo, viscoso, secativo e cheiro forte, podendo ser aplicado na fabricação de tintas e vernizes (Paiva, 1992). Todas possuem caráter arbóreo, sendo, em geral, árvores medianas até grandes na floresta alta, com exceção da *H. camporum* e *H. camargoana*, com caráter arbustivo e *H. nitida* (var. *toxicondendroide*), que é uma árvore de porte médio encontrada nas caatingas (campinas) quartzíticas da Colômbia, no rio Apaporis e

---

[2] GONÇALVES, P. S., PAIVA, J. R., SOUZA, R. A. **Retrospectiva e atualidade do melhoramento genético da seringueira (*Hevea spp*) no Brasil e em países asiáticos.** Manaus, EMBRAPA-CNPSD, 1983. 69p. (EMBRAPA-CNPSD. Documento, 2)

Amazonas, e no alto rio Negro (Pires, 1973).

Economicamente, a seringueira é importante devido à exsudação de látex, o qual é produzido no interior dos vasos laticíferos, originados no floema a partir de uma camada de produção celular do câmbio (Moraes, 1980).

A seringueira é uma planta de hábito decíduo, característica mais acentuada em regiões com períodos secos bem definidos, perdendo sua folhas geralmente no início da estação seca. Em regiões onde períodos secos são menos pronunciados, como na Amazônia, a queda de folhas e o florescimento são irregulares (Costa, 1999). A *Hevea brasiliensis* entra em floração ao redor de 3-4 anos de idade, após a queda das folhas. As inflorescências podem surgir nos lançamentos em alongamento antes ou depois do pleno desenvolvimento inicial das folhas (Paiva, 1992).

Em geral, as flores medem de 3,5 a 8,0 mm, sendo as flores masculinas menores que as femininas. De acordo com o clone as flores diferem em formato e cor. A flor feminina possui um ovário formado por três carpelos soldados a um estigma séssil. Cada carpelo delimita um lóculo contendo apenas um óvulo. A flor masculina contém dez estames dispostos em dois verticílos, com cinco estames cada. Alguns clones apresentam também flores hermafroditas (Cuco & Bandel, 1994).

## 2.3. Melhoramento genético da seringueira

Na década de 20 a Companhia Ford estabeleceu em Fordlândia, às margens do rio Tapajós, seus primeiros plantios com sementes da região (em 1928), introduzindo mais tarde sementes dos rios Solimões e Machado, da região de Belém. Em 1933, dado aos sérios prejuízos causados pelo mal-das-folhas, doença causada pelo fungo *Microcyclus ulei* (P. Henn) v. Arx, e diagnosticada desde 1911 pelos holandeses no Suriname, a Companhia Ford transferiu em 1934 seus plantios para Belterra, pois acreditava no efeito local para o controle da doença. Em 1943 nova epidemia de *M. ulei* alastrou-se sobre os 6.570 ha plantados com clones orientais (EMBRAPA,1989). Tal insucesso em ambas localidades teve como conseqüência o início das pesquisas com o melhoramento genético da cultura, resultando na criação dos primeiros clones brasileiros (Paiva, 1992).

Entre 1942 e 1945 a Companhia Ford realizou cruzamentos entre clones orientais elite da época, como o Tjir 1, Tjir 16, AVROS 49, AVROS 183, AVROS 363, PB 86 e PB 186 e clones primários de *H. brasiliensis* e *H. benthamiana* resistentes, originando os clones Fx. A partir de 1945 os cruzamentos prosseguiram através do Instituto Agronômico do Norte (IAN) (EMBRAPA, 1989).

Devido à suscetibilidade dos híbridos intraespecíficos, foram testados cruzamentos interespecíficos utilizando como fonte de resistência ao mal-das-folhas *H. benthamiana*, *H. pauciflora*, *H. guianensis*, *H. spruceana* e *H.*

*microphylla*. Com exceção dos híbridos com *H. benthamiana*, os demais foram descartados pelo seu baixo valor fenotípico. Em 1942 e 1957 foram realizadas 120.000 polinizações controladas e obtidos aproximadamente 10.000 clones, dentre eles o IAN 873 e IAN 717 (EMBRAPA, 1989).

Das inúmeras polinizações controladas, diversas plantas foram selecionadas como resistentes, no entanto, apenas um pequeno número vem apresentando bom valor fenotípico para o caráter produção de borracha seca. Os híbridos de *Hevea pauciflora* e *H. brasiliensis* vem apresentando resistência ao patógeno, porém baixa produção de borracha seca. Portanto, são poucos os clones indicados para plantio em larga escala que combinam boa produtividade de borracha seca e resistência ao mal-das-folhas (Gonçalves et al., 1995).

Em 1975 a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) criou o Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira (CNPSe), hoje Centro Nacional de Pesquisa da Amazônia Ocidental (CNPAO), estruturando-se, a partir daí, um Programa de Pesquisa em nível nacional (EMBRAPA, 1989).

Desta forma, o melhoramento da seringueira deve atender as necessidades específicas de cada região, sendo dois os objetivos principais: o primeiro voltado para o aumento da produção e o segundo para o aumento da produção e resistência às doenças importantes de cada região (Gonçalves et al., 1997).

De acordo com Gonçalves et al. (1998a) o caráter produção é de importância primária no melhoramento genético da seringueira. Entretanto, dada a

longevidade do ciclo, por ser uma cultura perene, a seleção com vistas à produção é um processo longo, quando comparado com a seleção visando outros caracteres.

Em regiões consideradas áreas de escape ao mal-das-folhas, todo objetivo do melhoramento se fundamenta na obtenção de clones com alto potencial de produção, seguido de outros caracteres secundários desejáveis, segundo Gonçalves et al. (1997), que contribuem para o aumento do potencial de produtividade, dentre eles: a) número de anéis de vasos laticíferos, que aumentam o fluxo de látex a ser extraído; b) espessura de casca, reduzindo a incidência de ferimentos no caule e aumentando a produtividade; c) perímetro do caule (vigor) que reduz o período de imaturidade do clone, proporcionando ganho mais rápido ao produtor.

O número de anéis de vasos laticíferos têm sido usado como índice da futura produtividade, mas não representa de modo adequado a quantidade de tecido laticífero utilizado na exploração da árvore. O tipo de material a ser plantado, se enxertado, ou de semente, a idade do tecido, a altura da amostragem influenciam na distribuição e na freqüência dos anéis de vasos laticíferos (Buttery & Boatman, 1985).

O ciclo de melhoramento da espécie compreende diversas etapas de seleção, sendo necessários de 20 a 25 anos para que se complete o ciclo, desde a obtenção de sementes de polinização aberta ou controlada, até a recomendação de clones para plantio em grande escala (Gonçalves et al., 1990). Reconhecendo-se que o sucesso de um esquema seletivo depende da variação genética disponível na população e, sobretudo, do valor relativo desta perante a variação não genética,



torna-se importante a determinação da variabilidade e da herança da produtividade de borracha e de caracteres secundários e suas relações. Isto propicia ao melhorista subsídios para comparar e escolher os métodos mais adequados para a seleção de plantas jovens, abreviando assim, o ciclo de melhoramento e maximizando o progresso genético da espécie (Costa, 1999).

Conforme Alika (1980), normalmente há um intervalo de dois anos entre a polinização e a instalação no campo, uma espera de seis a sete anos até que a sangria comece e 10 a 15 anos de sangria e avaliação clonal. Desse modo, o tempo requerido para produzir e testar novos clones varia de 18 a 24 anos, sendo desejável a redução deste período.

Recentes estudos na Nigéria mostram haver uma alta repetibilidade (R=0,71) de produção de borracha mês a mês. As correlações entre produção ano a ano em uma mesma planta são altas e positivas, indicando, desta maneira, que a seleção para o caráter produção é possível logo nos primeiros anos de teste (Alika, 1980), diminuindo assim o tempo para recomendação de um novo clone.



## 2.4. Estimativa de parâmetros genéticos

A estimativa de parâmetros genéticos possibilita a obtenção de informações sobre a natureza da ação gênica envolvida na herança dos caracteres, fornecendo a base para a avaliação dos planos de melhoramento (Vencovsky, 1987).

O estudo de parâmetros genéticos é de vital importância para o progresso do melhoramento vegetal (Moreti et al., 1994), principalmente naquelas espécies de ciclos longos como a seringueira. Somente de posse destes parâmetros é que o melhorista poderá tomar a decisão de quais os melhores métodos a serem utilizados.

A informação sobre a variabilidade genética ou herdabilidade de caracteres que estão sendo melhorados é extremamente importante, sendo esta informação obtida através da utilização de modelos biométricos e delineamentos de campo (Moreti et al., 1994).

### 2.4.1. Variâncias

Segundo Vencovsky (1987), a viabilidade ou sucesso de um trabalho de seleção depende da quantidade de variação genética disponível e, sobretudo, do valor relativo desta, frente à variação não genética. Ressalta também que as principais componentes da variação fenotípica de um caráter

quantitativo são: variação devido às diferenças ambientais entre parcelas ($\sigma_e^2$), variação entre plantas dentro das parcelas ($\sigma_d^2$) e variação devido às diferenças genéticas entre tratamentos/progênies ($\sigma_p^2$).

Falconer (1981) relata que a variação pode ser parcelada em componentes atribuídos a diferentes causas e que a magnitude relativa destes componentes determina as propriedades genéticas da população, especialmente o grau de semelhança entre parentes. Variância é a expressão da medida da quantidade de variação, podendo a variância total ser assim dividida: a) variância fenotípica: mede o valor fenotípico; b) variância genotípica: mede o valor genotípico; c) variância aditiva: mede o valor genético; d) dominância: mede os desvios atribuídos à dominância; e) interação: mede os desvios atribuídos à interação; f) variância ambiental: mede os desvios atribuídos ao ambiente. A importância relativa de uma variância é a quantidade de variação que ela origina em relação à proporção do total.

A variância aditiva é a variância dos valores genéticos, importante por ser a principal causa de semelhança entre parentes, sendo o principal determinante das propriedades genéticas da população e da resposta da população à seleção (Falconer, 1981).

A expressão genotípica de um indivíduo é a soma dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e epistáticos, dos quais, segundo Vencovsky (1987), o parâmetro mais importante a analisar é o que corresponde à variância genética aditiva ($\sigma_a^2$), pois contribui plenamente a resposta à seleção.



De acordo com Vencovsky (1987), entre famílias de meios-irmãos, uma seleção realizada entre famílias explorará no máximo 25% da variação aditiva existente, enquanto uma seleção massal dentro das famílias explorará 75% da variação aditiva.

### 2.4.2. Herdabilidade

Segundo Allard (1971), seria útil ter uma expressão quantitativa que refletisse a importância relativa da herança e do ambiente na expressão dos caracteres. Tal expressão representa a herdabilidade que é a razão entre a variância genética e a variância fenotípica total (Allard, 1971; Falconer, 1981; Vencovsky & Barriga, 1992; Borém, 1997).

A herdabilidade pode ser ainda calculada no sentido amplo ou restrito. No sentido amplo pode ser definida como a razão da variância genotípica pela variância fenotípica, e no sentido restrito como a razão da variância aditiva pela variância fenotípica. A herdabilidade no sentido restrito é mais útil, uma vez que quantifica a importância relativa da proporção aditiva da variância genética que pode ser transmitida para a próxima geração (Borém, 1997).

A obtenção de valores elevados de herdabilidade indica que o controle genético é alto e que mudanças no ambiente pouco influem no fenótipo (Allard, 1971). Altos valores de herdabilidade sugerem grandes possibilidades de

ganho genético, tendo em vista que o progresso esperado através da seleção depende, dentre outros, da herdabilidade do caráter.

As Tabelas 1, 2 , 3 e 4 apresentam valores de herdabilidades para diferentes caracteres em seringueira.

TABELA 1 – Herdabilidades para o caráter produção de borracha seca, conforme citação de trabalhos originais.

| PARÂMETRO | ESTIMATIVA | FONTE | IDADE (meses) |
|---|---|---|---|
| | 0,1940 | Paiva et al., 1983 | 16 |
| | 0,8194 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,3502 | Boock et al., 1995 | 36 |
| $\hat{h}^2$ | 0,1720 | Gonçalves et al., 1998b | 48 |
| | 0,3804 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,5750 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,1940 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,35$) | 0,0850 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,3780 | Paiva et al., 1983 | 16 |
| | 0,8952 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,7332 | Boock et al., 1995 | 36 |
| $\hat{h}^2_m$ | 0,5711 | Gonçalves et al., 1998b | 48 |
| | 0,7215 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,9060 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,8030 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,69$) | 0,5430 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,7836 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,2860 | Boock et al., 1995 | 36 |
| | 0,1506 | Gonçalves et al., 1998b | 48 |
| $\hat{h}^2_d$ | 0,3383 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,6130 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,2420 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,36$) | 0,1060 | Costa, 1999 | 36 |

Sendo: $\hat{h}^2$, $\hat{h}^2_m$ e $\hat{h}^2_d$, herdabilidades no sentido restrito em nível de plantas, de médias e de plantas dentro de progênies, respectivamente.

TABELA 2 - Herdabilidades para o caráter número de anéis de vasos laticíferos, conforme citação de trabalhos originais.

| PARÂMETRO | ESTIMATIVA | FONTE | IDADE (meses) |
|---|---|---|---|
| | 0,1281 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| $\hat{h}^2$ | 0,0460 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,1350 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,0450 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,09$) | 0,0820 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,4139 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,1960 | May et al., 1998 | 48 |
| $\hat{h}^2_m$ | 0,7490 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,4170 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,50$) | 0,7190 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,1122 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,0367 | May et al., 1998 | 48 |
| $\hat{h}^2_{ai}$ | 0,1720 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,0590 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,10$) | 0,1080 | Costa, 1999 | 36 |

Sendo: $\hat{h}^2$, $\hat{h}^2_m$ e $\hat{h}^2_{ai}$, herdabilidades no sentido restrito em nível de plantas, de médias e de plantas dentro de progênies, respectivamente.

TABELA 3 - Herdabilidades para o caráter espessura da casca, conforme citação de trabalhos originais.

| PARÂMETRO | ESTIMATIVA | FONTE | IDADE (meses) |
|---|---|---|---|
| | 0,1750 | Paiva et al., 1983 | 16 |
| | 0,3239 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| $\hat{h}^2$ | 0,5342 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,4370 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,2880 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,33$) | 0,2450 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,3340 | Paiva et al., 1983 | 16 |
| | 0,7144 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| $\hat{h}_m^2$ | 0,8791 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,9250 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,8670 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,76$) | 0,8670 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,2805 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,4612 | May et al., 1998 | 48 |
| $\hat{h}_d^2$ | 0,5060 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,3490 | Costa, 1999 | 36 |
| ($\overline{X} = 0,38$) | 0,3010 | Costa, 1999 | 36 |

Sendo: $\hat{h}^2$, $\hat{h}_m^2$ e $\hat{h}_d^2$, herdabilidades no sentido restrito em nível de plantas, de médias e de plantas dentro de progênies, respectivamente.

TABELA 4 - Herdabilidades para o caráter perímetro do caule, conforme citação de trabalhos originais.

| PARÂMETRO | ESTIMATIVA | FONTE | IDADE (meses) |
|---|---|---|---|
| | 0,3162 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,4743 | Boock et al., 1995 | 36 |
| $\hat{h}^2$ | 0,4958 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,2950 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,2500 | Costa, 1999 | 36 |
| $(\bar{X} = 0,35)$ | 0,2720 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,6730 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,7511 | Boock et al., 1995 | 36 |
| $\hat{h}_m^2$ | 0,8142 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,8690 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,8990 | Costa, 1999 | 36 |
| $(\bar{X} = 0,81)$ | 0,8690 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,2500 | Moreti et al., 1994 | 36 |
| | 0,4297 | Boock et al., 1995 | 36 |
| $\hat{h}_d^2$ | 0,4472 | May et al., 1998 | 48 |
| | 0,3560 | Costa, 1999 | 36 |
| | 0,3160 | Costa, 1999 | 36 |
| $(\bar{X} = 0,35)$ | 0,3300 | Costa, 1999 | 36 |

Sendo: $\hat{h}^2$, $\hat{h}_m^2$ e $\hat{h}_d^2$, herdabilidades no sentido restrito em nível de plantas, de médias e de plantas dentro de progênies, respectivamente.

### 2.4.3. Estudo de correlações entre caracteres

O estudo da natureza e magnitude das relações entre caracteres é de suma importância no melhoramento em geral, pois busca-se com o melhoramento aprimorar não apenas caracteres isolados, mas um conjunto destes simultaneamente.

A associação entre dois caracteres pode ser avaliada através das correlações fenotípica, genética e ambiental. Correlações não são, no entanto, medidas de causa e efeito (Vencovsky & Barriga, 1992). Estes autores citam que quando vários caracteres são avaliados em um indivíduo, todos estes caracteres são afetados pelas condições ambientais onde este indivíduo se desenvolveu. Desta maneira, as variações de ambiente podem provocar correlações entre os caracteres, positivas ou negativas, unicamente de natureza ambiental, ficando evidente que não basta conhecer a correlação fenotípica, pois esta, geralmente, é mascarada pelos efeitos do ambiente.

Se ambos os caracteres têm baixas herdabilidades, então a correlação fenotípica é determinada, principalmente, pela correlação de ambiente. Se eles têm altas herdabilidades, então a correlação genética é mais importante (Falconer, 1981).

O coeficiente de correlação genética expressa o grau de associação genética entre dois caracteres quantitativos em determinada população. Esta informação é importante na medida em que o caráter desejável é de difícil seleção, por dificuldade de identificação e/ou medição ou ainda de baixa

herdabilidade. Portanto, os coeficientes de correlação genética mostram o relevante papel da seleção indireta no melhoramento genético (Costa, 1999).

Segundo Falconer (1981), a principal causa de correlação é o pleiotropismo, que é a propriedade pela qual um gene afeta duas ou mais características, de modo que se o gene estiver segregando, causará variação simultânea nas características que ele afeta, embora ligações gênicas sejam uma causa de correlação transitória, especialmente em populações originadas de cruzamentos entre linhagens divergentes.

As correlações genéticas e de ambiente entre dois caracteres são, freqüentemente, muito diferentes em magnitude e, algumas vezes em sinal, mostrando que as causas de variação genética e de ambiente afetam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (Falconer, 1981), por este motivo torna-se importante o estudo de caracteres nutricionais.

## 2.5. Caracterização genética em seringueira através de isoenzimas

Em seringueira, o estudo das isoenzimas por meio de eletroforese foi a primeira ferramenta eficiente utilizada como marcador genético em programas de melhoramento. Realizado inicialmente para estudos de diversidade genética, os estudos com isoenzimas mostraram um alto nível de polimorfismo fornecendo boas informações sobre a caracterização de germoplasma, proporcionando então outras aplicações, como a identificação

clonal, verificação de legitimidade de progênies e estudos de parentais em populações de polinização aberta (Leconte et al., 1997).

A eletroforese é uma técnica bioquímica utilizada na separação de proteínas, sendo o seu princípio conhecido desde o final do século XIX. As proteínas são o produto direto dos genes, revelando, desta maneira, parte da variabilidade genética de cada indivíduo (Leconte et al.,1997).

O termo isoenzima define um grupo de múltiplas formas moleculares da mesma enzima que ocorre em uma espécie como resultado da presença de mais de um gene codificando cada uma das enzimas (Moss, 1982 citado por Ferreira & Grattapaglia, 1998).

Na Tabela 5 são apresentados o número de locos enzimáticos e função metabólica de algumas izoenzimas.

TABELA 5. Número de locos isoenzimáticos e função metabólica de enzimas comumente analisadas em plantas.

| Enzima | Número de locos | Função |
|---|---|---|
| ADH - álcool desidrogenase | 1 – 3 | Fermentação |
| EST – esterase | 2 – 10 | Hidrólise de ligações ésteres |
| GOT - glutamato oxaloacetato transaminase | 2 (4) | Metabolismo de aminoácidos |
| IDH – isocitrato desidrogenase | 1 (2) | Ciclo do ácido cítrico |
| LAP - leucina aminopeptidase | 2 – 3 | Catabolismo de proteínas |
| MDH - malato desidrogenase | 3 | Ciclo do ácido cítrico, fotorespiração, fotossíntese de plantas C4 |
| 6-PGD - 6-fosfogluconato desidrogenase | 2 | Via pentose fosfato |
| SKDH - xiquimato desidrogenase | 1 – 2 | Síntese de compostos aromáticos |

Adaptado de Kephart (1990).

Segundo Kalil-Filho (1994) a primeira caracterização isoenzimática em folhas de seringueira foi feita pelo Institute des Recherches sur le Caoutchouc (IRCA) em 1981, sendo que o objetivo da caracterização era promover estudos da variabilidade genética do material resultante da coleta de germoplasma do International Rubber Research Development Board (IRRDB), realizada na Amazônia em 1981, sendo comparada ao material Wickham com objetivo de verificar se a variabilidade genética dos clones Wickham estaria esgotada frente à constante manipulação por seleção.

Posteriormente, Soleille[3] (1984) citado por Kalil Filho (1994) procurou caracterizar alguns sistemas enzimáticos em *Hevea brasiliensis*, obtendo os seguintes resultados: GOT (2 locos, 5 alelos – dimérica), LAP (1 loco – monomérica), EST (1 loco com dois alelos mais duas regiões onde não foi possível elucidar o determinismo genético), ACP (1 loco, 1 alelo), SOD (2 locos, 6 alelos, monomérica, bandas correspondentes ao loco 1 pouco nítidas). Sendo que a partir desses resultados, foram realizados vários estudos sobre variabilidade genética de populações de *Hevea*.

Hoje, a técnica de eletroforese de isoenzimas combina fidedignidade de resultados, facilidade de realização e custo moderado, podendo ser facilmente instalada em qualquer estação experimental, possuindo o inconveniente de só pode ser utilizada em material fresco ou em material

[3]SOLEILLE, B. Étude de la variabilité enzymatique chez *Hevea brasiliensis*. Paris. 1. 1984. 163p. These de Docteur de 3ème cicle. Université de Paris-Sud Centre D'Orsay.

preservado em freezer. Embora outros marcadores moleculares que analisam diretamente o DNA apresentem melhores resultados em termos de quantidade de polimorfismo e alta especificidade em laboratório, como o RFLP, tais métodos de análise são de difícil aplicação no campo (Leconte et al., 1994 e 1997).

De acordo com Leconte et al. (1994), a técnica das isoenzimas permanece válida para experimentos em larga escala, podendo fornecer uma verdadeira "digital" genética em nível enzimático, baseada na variabilidade genética dos materiais, sendo esta variabiliadade expressa em termos de variabilidade isoenzimática.

Chevallier (1988) estudando sete sistemas isoenzimáticos para 263 amostras de germoplasma coletadas em 1981 nos estados do Acre, Rondônia e Mato Grosso e 84 clones originados da coleção de Wickham (primeiras sementes de seringueira introduzidas no Oriente), diferenciou 20 locos e 59 alelos da coleção de germoplasma, com apenas um loco monomórfico, contra 18 locos e 36 alelos dos clones de Wickham, com 5 locos monomórficos. No entanto, devido a dificuldades em algumas amostras, os primeiros dados genéticos limitaram-se a 10 locos para a amostra de germoplasma e 9 locos para a coleção de Wickham, evidenciando alta variabilidade genética.

Segundo Adams (1983), as isoenzimas apresentam várias vantagens quando comparadas aos outros marcadores genéticos de herança simples, com destaque para: a) o método de isoenzimas pode ser usado para um grande número de locos enzimáticos de um grande número de espécies; b) a maioria das espécies estudadas tem demonstrado altos níveis de variabilidade para

os locos enzimáticos conhecidos; c) análise de um grande número de amostras ao mesmo tempo; d) as isoenzimas expressam-se, normalmente, condominantemente e segregam em taxas mendelianas normais; e) as isoenzimas podem ser identificadas em uma grande variedade de tecidos e em diferentes idades da planta. Considera também vantajoso o fato das isoenzimas poderem ser utilizadas mesmo quando não se conhece o seu controle genético.

A eletroforese possibilita a separação dos produtos dos alelos de um mesmo gene, independente do ambiente. Desta forma, pode-se comparar indivíduos ou grupos de indivíduos de forma estritamente genética, através de uma amostra de genes (Paiva, 1992).

Os marcadores moleculares possibilitam uma caracterização precoce do genótipo dos indivíduos, sendo particularmente utilizados em espécies perenes onde os estudos genéticos são limitados pela duração do ciclo reprodutivo e pelo tamanho dos experimentos. O uso de marcadores moleculares tem revelado um alto polimorfismo genético em *Hevea*, sendo os primeiros estudos desenvolvidos com a utilização da técnica de eletroforese de isoenzimas. Análises com marcadores isoenzimáticos revelaram 14 locos polimórficos usando 12 sistemas enzimáticos em *Hevea brasiliensis*. Os resultados enfatizam o valor das coleções em termos de realçar a diversidade genética para utilização no melhoramento: 35 alelos para 11 locos polimórficos na coleção de Wickham como um todo e 67 alelos para 14 locos polimórficos nas populações naturais (Seguin, 1996).

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

Uma análise das características dos marcadores isoenzimáticos é apresentada na Tabela 6.

TABELA 6. Características dos marcadores isoenzimáticos.

| Variável | Característica |
|---|---|
| Modo de observação do polimormofismo molecular | Genes expressos; formas alternativas de enzimas |
| Expressão genética | Co-dominante |
| Número de alelos/loco | Média de 2 a 4 alelos |
| Passos para detecção | Extração de proteínas; eletroforese (amido); coloração histoquímica |
| Informação e/ou desenvolvimento prévio necessário | Adequação de tecido; otimização da solução de extração e do sistema isoenzimático |
| Eficiência de obtenção de dados-ponto genotípicos | Muito alta em rotina |
| Acessibilidade tecnológica no âmbito de melhoramento | Muito alta |
| Custo de implementação/custo de operação | Baixo/baixo |
| **Adequação para diferentes aplicações em análise genética** | |
| Identificação de genótipo | Baixa |
| Avaliação de germoplasma | Média |
| Mapeamento comparativo | Baixa |

Adaptado de Ferreira e Grattapaglia (1998).

A variação genética de uma espécie, segundo Brown (1978), pode ser medida através da definição ampla da estrutura genética da espécie, incluindo: 1) a diversidade genética na média da população; 2) os níveis de variação da diversidade em diferentes populações; e, 3) a extensão e variação na correlação genética ou distância genética entre diferentes populações. Os componentes da diversidade genética, se considerados em todos os casos, incluem os tipos e números de alelos presentes, a heterozigosidade e a correlação de alelos entre locos.



Segundo Hamrick (1983), a variação genética em populações deve ser analisada em dois aspectos, sendo o primeiro a descrição da variação genética dentro de populações e espécies, utilizando a técnica de eletroforese para obterem estimativas da variação genética em populações de plantas e animais. Estas estimativas são, geralmente, quantificadas em termos de número de locos polimórficos por população (P), pelo número efetivo de alelos por locos (A) e pela média do número de locos heterozigotos por indivíduo (H). Em segundo plano, pode-se destacar a conservação dos recursos genéticos, relacionada ao modo de distribuição da variação genética dentro e entre populações. Desta forma, para um manejo adequado de recursos genéticos, deve-se entender a distribuição da variação genética e quais as características do ambiente ou da espécie que influenciam esta distribuição.

Hamrick & Loveless (1986) estudaram a variação genética de 29 espécies em 20 sistemas enzimáticos, demonstrando que as espécies foram polimórficas para 28% de seus locos (P) apresentando, em média, 1,45 alelos por loco (A) e 2,57 alelos por loco polimórfico (AP), sendo 11% de seus locos heterozigóticos (H).

Segundo Paiva (1992), a variação genética intraespecífica de isoenzimas em diversas espécies, representativas das florestas tropicais, vem sendo estudada com a finalidade de se compreender melhor a estrutura genética das espécies nesses ecossistemas. Hamrick & Loveless (1986) destacam a existência de poucos trabalhos com essências tropicais, relacionados aos níveis de

distribuição de variação genética, o que não ocorre com essências florestais de clima temperado, as quais possuem vários trabalhos relatados.

A incorporação de novos conhecimentos na área da genética das espécies, que estão se utilizando da técnica de eletroforese e a sua aplicação diretamente nos diferentes programas de melhoramento genético, provavelmente terão, a curto e médio prazos, uma grande evolução nos conhecimentos da genética dessas espécies, que podem, inclusive, alterar e reorientar os rumos seguidos pelo melhoramento genético (Paiva, 1992).



# 3. MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1. Local do experimento

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa (FEP) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP localizada no município de Selvíria – MS, apresentando latitude de 20°22' S e longitude 51°22' W e com altitude média de 335m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5°C, precipitação média anual de 1.232 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (Hernandez et al., 1995). O solo da área foi classificado como sendo um latossolo vermelho-escuro, álico e textura argilosa (Demattê, 1980). Os resultados da análise de solo são apresentados na Tabela 1A do Apêndice.

## 3.2. Descrição experimental

O material utilizado neste trabalho foi constituído de plantas de seringueira originadas de sementes coletadas em uma população natural localizada em Rio Branco – AC, originando progênies de polinização aberta, cujas mudas foram obtidas dos trabalhos realizados por Paiva (1992).

A instalação do teste de progênies ocorreu em 6 de dezembro de 1991, seguindo o delineamento de blocos casualizados com 37 progênies

(tratamentos) distribuídas em três repetições, de forma desbalanceada. As parcelas experimentais têm a forma linear com, no máximo, 10 plantas, no espaçamento de 5 x 3 metros (Croqui no Apêndice).

### 3.3. Caracterização morfológica e fenológica

As progênies foram submetidas à caracterização morfológica segundo as recomendações de Furlani Júnior[3]. As características analisadas foram: vigor, altura de inserção da bifurcação, tipo de caule, tipo de copa, tipo de folha e comprimento dos galhos. Para cada característica estudada foram atribuídas as seguintes notas:

A) Vigor (plantas com perímetro do caule volumoso)

1 – planta vigorosa;
2 – planta medianamente vigorosa;
3 planta raquítica.

B) Altura de inserção da bifurcação

1 – baixa (bifurcação de 1,50m a 2,00m do solo);
2 – média (bifurcação de 2,00m a 3,00m do solo);
3 – alta (bifurcação acima de 3,00m do solo).

[3] FURLANI JUNIOR, E. (FE/UNESP/CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA) Comunicação pessoal, 2000.

C) Forma do caule

1- caule reto;

2 – caule irregular;

3 – caule muito irregular.

D) Tipo de copa

1 – copa aberta;

2 – copa fechada;

3 – copa com abertura mediana.

E) Tipo de folha

1 – folha lobada;

2 – folha lanceolada;

3 – folha lanceolada e folha lobada.

F) Comprimento dos galhos

1 – galhos curtos (galhos com até 1,50m);

2 – galhos médios (galhos com 1,50 a 2,00m);

3 – galhos longos (galhos com mais de 2,00m).

A caracterização morfológica foi realizada para cada planta e os resultados apresentados na forma de média de progênies.

O comprimento, largura e área foliar foram obtidas de uma folha de cada árvore utilizando-se o medidor de área foliar "ADC AM100", sendo obtida a média para cada progênie. Para tais mensurações foram utilizadas folhas maduras coletadas no terço médio de cada árvore

As avaliações fenológicas foram realizadas semanalmente, a partir de 7 de julho de 2000, de acordo com as recomendações de Moraes (1982), a saber: A – folhas maduras; B – senescência e desfolhamento natural; C – planta totalmente desfolhada; D – reenfolhamento natural; E – floração e F – frutificação. Os resultados são apresentados em número de plantas em cada fase para cada progênie.

### 3.4. Caracteres quantitativos

Foram avaliados os seguintes caracteres quantitativos para as 37 progênies de seringueira:

a) Perímetro do caule (CC) (cm): obtido com fita métrica no caule da árvore a 1,30 m solo;

b) Altura de plantas (AP) (m): medida da base do caule até o ápice da planta, utilizando-se um medidor de altura por infravermelho denominado "Vertex";

c) Número de anéis de vasos laticíferos (NA) (unidade): foi realizada a coleta de casca das árvores com o auxílio de um vazador específico. De cada árvore foram coletadas três cascas e então mensuradas as suas espessuras. As cascas foram identificadas, armazenadas em potes plásticos contendo álcool a 70% e levadas à câmara fria para evitar a evaporação do álcool e secamento das cascas. O número de anéis de vasos laticíferos foi mensurado para cada árvore. As amostras de casca de cada árvore foram incluídas em parafina dando origem a dois cortes, um longitudinal radial e outro transversal, utilizando-se como orientação as estrias do câmbio. Após o resfriamento da

parafina, o material foi fixado em taquinhos de madeira, para posteriormente ser fatiado em micrótomo. O micrótomo foi regulado para cortes de 125 micras. Após cortadas, as amostras foram colocadas em álcool 90% por 15 minutos, para que ocorresse desidratação. O excesso de álcool foi retirado com papel absorvente e os cortes colocadas em placa de toque contendo corante Sudan III. Este corante tem afinidade pelas proteínas do látex, colorindo, desta maneira, os vasos laticíferos. Depois de retiradas do corante, as amostras foram mergulhadas brevemente em álcool para que fosse retirado o excesso de corante, secas com papel absorvente e levadas para a montagem das lâminas com glicerina. Depois de cobertas com lamínulas, as lâminas foram levadas ao microscópio para se realizar a leitura do número de anéis, sendo estas determinações realizadas no Laboratório do Programa Seringueira do Centro de Café e Plantas Tropicais do Instituto Agronômico em Campinas - SP. Descrições mais detalhadas da técnica e da estrutura dos vasos laticíferos podem ser obtidas no relato de Xiu-Qian (1987) e Gouvêa (1998);

d) Espessura de casca (EC) (mm): foi realizada com auxílio de um paquímetro quando da coleta de casca para análise do número de anéis de vasos laticíferos.

e) Produção de borracha seca (PB) (g): para se obter uma estimativa de produção de borracha seca, as progênies foram submetidas à sangria, através da abertura do painel a 50 cm do solo, utilizando-se o sistema S/2 d/4, ou seja, corte em meia espiral com sangria efetuada a cada 4 dias. Após a sangria coletava-se o

látex que era armazenado em estufa para posterior determinação do peso seco. Os resultados apresentados são relativos ao segundo mês de sangria;

f) Análise do conteúdo foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) (g/Kg): a coleta de folhas obedeceu as recomendações de Trani et al. (1983) e as determinações do conteúdo foliar de nutrientes foram realizadas tendo por base as metodologias descritas por Malavolta et al. (1997), sendo feita a digestão sulfúrica das folhas (avaliação do N) e digestão nítrico-perclórica (avaliação de P, K, Ca, Mg e S).

### 3.5. Descrição dos marcadores isoenzimáticos

A escolha dos sistemas enzimáticos para a análise genética do material em laboratório seguiu a metodologia descrita por Cheliak & Pitel (1984), Lebrun & Chevallier (1988), Paiva (1992) e Kalil Filho (1994). Esta rotina laboratorial visou o fornecimento de subsídios para a escolha dos sistemas enzimáticos com boa resolução e o máximo de informações. As análises foram efetuadas no laboratório de Genética de Populações e Silvicultura da FE/UNESP Campus de Ilha Solteira.

Os seguintes sistemas enzimáticos foram testados: ADH (álcool desidrogenase - EC 1.1.1.1), MDH (malato desidrogenase - EC 1.1.1.37), IDH (isocitrato desidrogenase – EC 1.1.1.42), 6-PGD (6-fosfogluconato desidrogenase – EC 1.1.1.44), SKDH (xiquimato desidrogenase – EC 1.1.1.25), EST (esterase –

3.1.1.2), GOT (glutamato oxaloacetato transaminase – 2.6.1.1), LAP (leucina aminopeptidase – 3.4.11.1).

**a) Preparo dos Géis**

As corridas eletroforéticas foram realizadas em gel de amido a 12%. O preparo do gel foi feito da seguinte maneira: a) pesagem do amido a 12% (32,4 g) da marca "Sigma"; b) adição de 270 mL de tampão do gel (tampão CM pH 6,1); c) a solução foi colocada em kitassato e levada ao fogo sob agitação constante conseguida com o auxílio de um agitador mecânico, por aproximadamente 15 minutos, até a solução ficar translúcida; d) em seguida foi feita a desaeração com uma bomba de vácuo e a solução foi colocada em forma de vidro temperado, montada com fita adesiva nas dimensões de 19,5 cm x 13,0 cm x 0,8 cm.

O gel era preparado no dia anterior à corrida e levado à geladeira, protegido por uma folha de polietileno para evitar o seu ressecamento. Eram realizadas duas corridas eletroforéticas por dia.

**b) Preparo das amostras**

Para a obtenção de folhas novas foi realizado o desfolhamento de um galho e, quando da emissão de brotações neste galho, as folhas novas eram coletadas, identificadas, acondicionadas em sacos plásticos, trazidas ao laboratório e posteriormente armazenadas em freezer até a sua utilização.

Para a obtenção dos homogeneizados das amostras foram utilizadas placas de porcelana com depressões arredondadas e em cada depressão, colocados aproximadamente 20 mg de areia lavada e 20 mg de polivinil polipirrolidona (PVPP). De cada amostra (folha) era recortada uma pequena parte que era colocada nas depressões da placa de porcelana. As placas eram colocadas sobre formas de gelo e em cada depressão acrescentaram-se 100 µL da solução de extração. Depois as amostras eram maceradas com o auxílio de um bastão de vidro com uma das extremidades esmerilhada para facilitar a maceração. A solução de extração utilizada para os sistemas α-EST, LAP e GOT, tendo por base o trabalho de Alfenas *et al.* (1998), foi preparada utilizando-se:

0,0125 g de bórax;

0,0125 g de bissulfito de sódio;

0,0250 g de ácido l-ascórbico;

0,0125 g de DTT;

0,64 g de PVP-40;

1,75 g de sacarose;

0,15 g de fosfato de sódio dibásico;

0,25 mL de polietileno glicol;

0,025 g de ácido dietil carbônico;

0,05 mL de 2-mercaptoetanol.

Quanto à solução de extração utilizada para os sistemas MDH e SKDH, esta foi preparada utilizando-se TRIS 0,07M e cisteína 0,01M, pH 7,2 a 7,5 de acordo com Lebrun & Chevallier (1988).

Sobre os extratos de cada amostra foram colocados pedaços de papel absorvente (papel higiênico nas dimensões de 2x2 cm) para que o extrato absorvido posteriormente pelo papel de filtro (papel Whatman n°3) ("wick") estivesse livre de possíveis pedaços de folhas não macerados.

Os "wicks" foram pegos com uma pinça e então colocados em contato com o papel higiênico para que o extrato pudesse ser absorvido. Os "wicks" foram colocados lado a lado no gel de amido. Em cada gel eram colocadas 20 amostras, sendo que nas extremidades e no centro, dividindo as amostras de 10 em 10, eram colocados "wicks" (papel de filtro) com solução de azul de bromofenol a 0,1% para marcar a linha de frente da migração.

Depois de colocadas as amostras, o gel foi colocado para migrar em cubas horizontais próprias. As corridas foram realizadas dentro de geladeira para que durante a migração o gel não secasse devido a alta temperatura provocada pela passagem de corrente elétrica. Sobre o gel foi colocada uma folha de polietileno e uma placa de vidro e, sobre esta, uma forma de gelo para evitar o ressecamento do gel. O tampão da cuba utilizado foi o ácido cítrico mais morfoline pH 6,1.

As cubas foram conectadas a uma fonte que no início da corrida era regulada para uma voltagem constante de 200 volts (V). Após 60 minutos de

corrida, os "wicks" foram retirados e passava-se para uma voltagem de 250 V até o final da corrida que era realizada por aproximadamente 7 horas.

Terminada a corrida, os géis foram cortados com fio de nylon em 5 fatias, sendo quatro delas com 2 mm de espessura.

Na coloração dos sistemas enzimáticos foram utilizados os seguintes protocolos:

A) ADH

| | |
|---|---|
| Tampão TRIS HCl 0,5M, pH 8,5 | 10 mL |
| NAD (5 mg/mL) | 1 mL |
| MTT (5 mg/mL) | 1 mL |
| Etanol | 1 mL |
| Água destilada | 50 mL |

B) MDH

| | |
|---|---|
| Tampão TRIS HCl 0,5M, pH 8,5 | 10 mL |
| Ácido málico 1M, pH 7,0 | 5 mL |
| NAD (5 mg/mL) | 1 mL |
| MTT(5 mg/mL) | 1 mL |
| PMS (1 mg/mL) | 1mL |
| Água destilada | 50 mL |

C) SKDH

| | |
|---|---|
| Tampão TRIS HCl 0,5M, pH 8,5 | 10 mL |
| Ácido shiquímico | 50 mg |
| NADP (5 mg/mL) | 1 mL |
| $MgCl_2$(5 mg/mL) | 1 mL |
| MTT (5 mg/mL) | 1 mL |
| PMS (1 mg/mL) | 1 mL |
| Água destilada | 50 mL |

D) GOT

| | |
|---|---|
| Solução de AAT, pH 7,4 | 50 mL |
| Fast blue BB salt | 0,050 g |

E) IDH

| | |
|---|---|
| Tampão TRIS HCl 0,5M, pH 8,5 | 50 mL |
| Ácido isocítrico | 50 mg |
| NADP (5 mg/mL) | 1 mL |
| $MgCl_2$ (5 mg/mL) | 1 mL |
| MTT (5 mg/mL) | 1 mL |
| PMS (1 mg/mL) | 1 mL |

F) 6–PGD

| | |
|---|---|
| Tampão TRIS HCl 0,5M, pH 8,5 | 10 mL |
| Ácido 6 – fosfoglucônico | 20 mg |
| NADP (5 mg/mL) | 1 mL |
| $MgCl_2$ (5 mg/mL) | 1 mL |
| MTT (5 mg/mL) | 1 mL |
| PMS (1 mg/mL) | 1 mL |
| Água destilada | 50 mL |

G) α-EST

| | |
|---|---|
| Tampão fosfato de sódio, pH 5,4 | 80 mL |
| α-naftil acetato | 0,040 g |
| Acetona | 3 mL |
| Água destilada | 5 mL |
| Fast garnet | 0,030 g |

II) LAP

Tampão TRIS maleato 0,1M, pH 5,4..... 10 mL
L-leucine..... 20 mL
Fast black salt..... 0,020 g

Para o sistema α-EST foram utilizadas duas soluções de coloração. Depois de colocada a primeira solução, o gel foi levado à estufa a 37°C por 20 minutos, para depois ser colocada a segunda solução de coloração. A revelação do sistema α-EST foi realizada em 30 minutos, a dos sistemas ADH, IDH, 6-PG, MDH e SKDH em aproximadamente 25 minutos e a dos sistemas GOT e LAP em aproximadamente uma hora.

Após a revelação os géis eram lavados com água destilada e fixados em solução de álcool etílico, água destilada e ácido acético. Em seguida os géis eram levados para geladeira e no dia seguinte era realizada a leitura dos zimogramas que consistiu em colocar o gel sobre uma placa de vidro, enxugá-lo bem e cobri-lo com uma folha de polietileno transparente, que permitia desenhar as bandas, com auxílio de uma caneta de retroprojetor, em suas reais dimensões de migração. Para uma melhor visualização das bandas no gel, este era colocado sobre um iluminador feito com uma caixa de madeira com lâmpada fluorescente em seu interior e coberta por uma placa de acrílico. Após desenhados, os géis eram escaneados.



## 3.6. Análises estatísticas

### 3.6.1. Caracteres quantitivativos

Os dados obtidos nas avaliações dos caracteres quantitativos (AP, CC, EC, NA, PB) e os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S foram submetidos a análise de variância, descrita a seguir, utilizando-se o programa computacional SAS (*Statistical Analysis System*) (1985) aplicando-se o procedimento "*proc glm*".

A partir das análises de variâncias, para cada uma das características quantitativas analisadas, em nível de média, foram obtidas as estimativas dos parâmetros genéticos e estatísticos, baseando-se em metodologias propostas por Vencovsky & Barriga (1992).

O modelo matemático adotado tomando-se o efeito de progênies como aleatório é:

$$Y_{ijk} = m + r_j + f_i + e_{ij} + d_{k(ij)}$$

onde:

$Y_{ijk}$ : observação na árvore k, da progênie i, na repetição j;

m : média geral;

$r_j$ : efeito da repetição j, onde j = 1, 2, .., r;

$f_j$ : efeito da progênie i, onde i = 1, 2,..., f;

$d_{k(ij)}$ : desvio referente à árvore k na parcela ij, com k = 1, 2,..., d;

$e_{ij}$ : efeito do erro experimental.

As fontes de variação e as esperanças dos quadrados médios referentes as análises de variância são apresentadas nas Tabelas 7 e 8.

TABELA 7. Esquema da análise de variância utilizado na análise dos caracteres culturais, tendo como fonte de variação (FV): repetições (R), progênies (P) e erro experimental (E).

| FV | GL | QM | E(QM) | F |
|---|---|---|---|---|
| R | (r-1) | $Q_1$ | $(1/\bar{k})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + p\sigma_b^2$ | $Q_1/Q_3$ |
| P | (p-1) | $Q_2$ | $(1/\bar{k})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$ | $Q_2/Q_3$ |
| E | (r-1)(p-1) | $Q_3$ | $(1/\bar{k})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$ | - |
| $D^{(1)}$ | (k-1)pr | $Q_4$ | $\sigma_d^2$ | - |

(1) - Variância dentro obtida fora da análise de variância e $\bar{k}$ é a média harmônica do número de plantas medidas dentro de parcelas, conforme Geraldi (1977).

TABELA 8. Esquema da análise de variância utilizado na análise dos caracteres nutricionais, tendo como fonte de variação (FV): repetições (R), progênies (P), e erro experimental (E).

| FV | GL | QM | E(QM) | F |
|---|---|---|---|---|
| R | (r-1) | $Q_1$ | $\sigma^2 + p\sigma_b^2$ | $Q_1/Q_3$ |
| P | (p-1) | $Q_2$ | $\sigma^2 + r\sigma_p^2$ | $Q_2/Q_3$ |
| E | (r-1)(p-1) | $Q_3$ | $\sigma^2$ | - |

Feitas as análises de variâncias foram obtidos os parâmetros genéticos da seguinte maneira:

a) Estimativa da variância do erro entre parcelas ($\hat{\sigma}_e^2$ ou $\hat{\sigma}^2$): $Q_3 = \frac{1}{k}\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2$

$\therefore \hat{\sigma}_e^2 = Q_3 - \frac{1}{k}Q_4$ (caracteres culturais)

ou $Q_3 = \hat{\sigma}^2$ (caracteres nutricionais)

b) Estimativa da variância entre progênies: $\left(\hat{\sigma}_p^2\right)$: $\hat{\sigma}_p^2 = \frac{Q_2 - Q_3}{r}$

c) Estimativa da variância aditiva $\left(\hat{\sigma}_A^2\right)$: $\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_p^2$

d) Estimativa da variância fenotípica $\left(\hat{\sigma}_F^2\right)$: $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_p^2$

e) Estimativa da variância fenotípica média $\left(\hat{\sigma}_F^2\right)$: $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{kr}$ (caracteres culturais)

ou $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{r}$ (caracteres nutricionais)

f) Coeficiente de variação dentro de parcelas $\left(CV_d\right)$: $CV_d = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}}{\bar{x}}$

g) Coeficiente de variação genética $\left(CV_g\right)$: $CV_g = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\bar{x}}$

BCpIS - FEIS - UNESP

h) Coeficiente de variação do erro $(CV_e)$: $CV_e = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}{\bar{x}}$ (caracteres culturais)

ou $CV_e = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}^2}}{\bar{x}}$ (caracteres nutricionais)

i) Coeficiente de variação fenotípica $(CV_F)$: $CV_F = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_F^2}}{\bar{x}}$

j) Coeficiente de variação fenotípica média $(CV_F)$: $CV_F = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_F^2}}{\bar{x}}$

k) "Quociente de Seleção" (b) - Vencovsky (1987): $\hat{b} = \frac{CV_g}{CV_{exp}}$ (caracteres culturais) ou $\hat{b} = \frac{CV_g}{CV_e}$ (caracteres nutricionais)

l) Coeficiente de herdabilidade em nível de plantas $(\hat{h}^2)$: $\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2}$

m) Coeficiente de herdabilidade em nível de média de parcelas $(\hat{h}_m^2)$:

$$\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4)\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_P^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{kr}}$$ (caracteres culturais)

$$\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4)\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_P^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{r}}$$ (caracteres nutricionais)

n) Coeficiente de herdabilidade em nível de plantas dentro de parcelas $\left(\hat{h}_d^2\right)$:

$$\frac{(3/4)\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}$$

o) Erro de estimativas de coeficiente de herdabilidade em nível de médias de parcelas $V\hat{A}R(\hat{h}_m^2)$: $V\hat{A}R(\hat{h}_m^2) \cong 2(1-\hat{h}_m^2)^2\left(\frac{1}{n_1+2}+\frac{1}{n_2+2}\right)$

Após as análises de variâncias foram realizadas análises de covariâncias entre os caracteres, conforme a Tabela 9:

TABELA 9: Esquema da análise de covariância entre caracteres estudados, tendo como fonte de variação (FV): repetições (R), progênies (P) e erro experimental (E).

| FV | GL | PM | E(PM) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Caracteres culturais | Caracteres nutricionais |
| R | (r-1) | $PM_R$ | - | - |
| P | (p-1) | $PM_P$ | $(1/k)COV_d + COV_e + rCOV_p$ | $COV_e + rCOV_p$ |
| E | (r-1)(p-1) | $PM_E$ | $(1/k)COV_d + COV_e$ | $COV_e$ |
| Dentro | (k-1)pr | $PM_D$* | $COV_d$ | |

*Obtido apenas para os pares de caracteres que possuíam informação dentro de parcelas.

Os produtos médios foram obtidos com o auxílio da análise de variância da variável (x+y), pelas seguintes fórmulas:

$$PM_P = \frac{QM_{P(x+y)} - QM_{Px} - QM_{Py}}{2};$$

$$PM_E = \frac{QM_{e(x+y)} - QM_{ex} - QM_{ey}}{2};$$

Em seguida foram obtidas as seguintes estimativas:

a) Estimativa da covariância entre progênies $\left(\hat{COV}_{P(x,y)}\right)$:

$$\hat{COV}_{P(x,y)} = \frac{PM_P - PM_E}{r};$$

b) Estimativa da covariância genética aditiva $\left(\hat{COV}_{A(x,y)}\right)$:

$$\hat{\text{COV}}_{A(x,y)} = 4\hat{\text{COV}}_{p(x,y)}$$

c) Estimativa da covariância fenotípica, em nível de média de progênies $\left(\hat{\text{COV}}_{F(x,y)}\right)$:

$$\hat{COV}_{F(x,y)} = \frac{\hat{COV}_d}{kr} + \frac{\hat{COV}_e}{r} + \hat{COV}_p \quad \therefore \hat{\text{COV}}_{F(x,y)} = \frac{\text{PM}_F}{r};$$

d) Estimativa da correlação genética aditiva $\left(r_{A(x,y)}\right)$: $r_{A(x,y)} = \frac{\hat{COV}_{A(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2_{Ax}\hat{\sigma}^2_{Ay}}}$;

e) Estimativa da correlação fenotípica, em nível de média de progênies $\left(r_{F(x,y)}\right)$:

$$r_{F(x,y)} = \frac{\hat{COV}_{F(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}^2_{Fx}\hat{\sigma}^2_{Fy}}}$$

Os demais dados (caracterização morfológica e fenológica) foram submetidos a uma comparação simples de médias e análises gráficas.

### 3.6.2. Caracteres isoenzimáticos

A partir dos zimogramas foram obtidas as freqüências alélicas. Em seguida, tendo-se por base os trabalhos de Weir (1990) e Vencovsky (1994), onde a análise de cada alelo é feita considerando-se x=1 se o alelo é $A_1$ e x=0 se ele não é $A_1$, foi realizada uma análise de variância (Tabela 10), obedecendo a um modelo aleatório em esquema hierárquico desbalanceado, com dois níveis de hierarquia:

$$Y_{ijk} = m + f_i + t_{j(i)} + g_{k(ij)}$$

onde:

$Y_{ijk}$ :freqüência do gene k, dentro do indivíduo j, na progênie i;

m: média geral;

$f_i$: efeito da progênie i, com i = 1,2, … , a;

$t_{j(i)}$ : efeito do indivíduo j, dentro da progênie i, com j = 1,2,…, $b_i$;

$g_{k(ij)}$ : efeito do gene k, dentro do indivíduo j da progênie I, com k = 1,2,…, $c_{ij}$.

TABELA 10. Esquema de análise de variância do modelo hierárquico desbalanceado, para um alelo de um dado loco.

| FV | GL | QM[1] | E(QM)[1] |
|---|---|---|---|
| Progênies (F) | **a-1** | $QM_1$ | $\sigma_g^2 + 2\sigma_i^2 + 2b\sigma_p^2$ |
| Indivíduos (I/F) | $\sum_{i=1}^{a} b_i - a$ | $QM_2$ | $\sigma_g^2 + 2\sigma_i^2$ |
| Genes(G/I/F) | $\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b_i} c_{ij} - \sum_{i=1}^{a} b_i$ | $QM_3$ | $\sigma_g^2$ |

Os dados foram analisados utilizando-se o programa computacional SAS (*Statistical Analysis System*) (1985) aplicando-se o procedimento "*proc varcomp method type 1*", conforme Dias (1998), sendo os componentes de variância os seguintes:

$$\hat{\sigma}_p^2 = p(1-p)\hat{\theta}_p$$

$$\hat{\sigma}_i^2 = p(1-p)(\hat{F} - \hat{\theta}_p)$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = p(1-p)(1-\hat{F})$$

$$\hat{\sigma}_t^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_i^2 + \hat{\sigma}_g^2 = p(1-p)$$

$$\hat{F} = \frac{\left(\hat{\sigma}_t^2 - \hat{\sigma}_g^2\right)}{\hat{\sigma}_t^2}$$

$$\hat{\theta}_p = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_t^2}$$

$$\hat{t} = \frac{(1-\hat{F})}{(1+\hat{F})}$$

onde:

p: freqüência de um gene em um determinado loco;

$\hat{\theta}_p$: distância genética média entre progênies ou correlação das freqüências alélicas entre plantas de diferentes progênies;

$\hat{F}$: correlação entre alelos dentro de indivíduos de diferentes progênies (coeficiente de endogamia);

$\hat{t}$: taxa aparente de fertilização cruzada.

A partir das análises individuais de cada alelo foi realizada uma análise conjunta, envolvendo todos os alelos de cada um dos locos, permitindo a obtenção das estimativas médias dos valores de $\hat{\theta}_p$ e $\hat{F}$ a partir da média dos quadrados médios:

$$\overline{QM}_p = \left(\sum SQ_p\right) / \left(\sum GL_p\right)$$

$$\overline{QM}_i = \left(\sum SQ_i\right) / \left(\sum GL_i\right)$$

$$\overline{QM}_g = \left(\sum SQ_g\right) / \left(\sum GL_g\right)$$

As análises genéticas obtidas a partir dos marcadores moleculares permitiram estimar os seguintes parâmetros:

a) Heterozigosidade média observada ($\hat{H}_o$), onde:

$$\hat{H}_o = 1 - \sum \hat{P}_{ii}$$

sendo $\hat{P}_{ii}$: freqüência dos genótipos homozigóticos;

b) Heterozigosidade média esperada ( $\hat{H}_e$ ), onde:

$$\hat{H}_e = 1 - \sum \hat{p}_i^2$$

**sendo $\hat{p}_i^2$ : freqüência alélica estimada do iésimo alelo;**

c) Porcentagem de locos polimórficos (P). Eqüivale a média aritmética do número de locos polimórficos pelo número total de locos;

d) Número médio de alelos por loco (A). Eqüivale a média aritmética do número total de alelos dividido pelo número total de locos;

e) Índice de fixação de Wright ou coeficiente de endogamia ( $\hat{F}$ ), sendo estimado em nível de loco:

$$\hat{F} = 1 - \frac{\hat{H}_o}{\hat{H}_e};$$

e para a média ponderada entre locos: $\hat{F} = 1 - \frac{\sum \hat{H}_o}{\sum \hat{H}_e}$, baseando-se em Vencovsky (1994).

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 4.1. Caracteres quantitativos

Na Tabela 11 são apresentadas as estimativas de alguns parâmetros genéticos e estatísticos, para todos os caracteres culturais e nutricionais analisados nas progênies de seringueira: altura de plantas (AP), perímetro do caule a 1,30 m do solo (CC), espessura de casca (EC), número de anéis de vasos laticíferos (NA), produção de borracha seca (PB) e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S. As médias das progênies para cada caráter avaliado e os quadrados médios são apresentados nas Tabelas 2A a 4A do apêndice.

Na Tabela 2A, pode-se verificar que as médias para AP variaram de 6,30 a 10,29 m e para CC de 19,06 a 49,42 cm, obtendo-se valores de 8,38m e 34,24 cm, respectivamente, para médias gerais de AP e CC a 1,30 m do solo, sendo que somente cinco progênies apresentaram-se aptas para início de sangria (perímetro do caule ao redor de 45,0 cm) , correspondendo a 13,51 % do total de progênies. A Tabela 2A do apêndice também fornecem informações sobre a variação das médias em relação ao número de anéis, espessura da casca e produção de borracha. Em relação à média de produção de borracha seca, esta se refere ao segundo mês de coleta e pode ser considerada bastante baixa (83,96 Kg/ha/ano).

TABELA 11. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para os caracteres culturais: altura (AP), perímetro do caule (CC), espessura da casca (EC), número de anéis (NA) e produção de borracha seca (PB) e os nutricionais: teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | Média Geral | $CV_{exp}$(%) | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|
| **AP (m)** | 8,38 | 16,99 | 1,26 | 0,2092 |
| **CC (cm)** | 34,24 | 20,70 | 2,46 | 0,0009 |
| **EC (mm)** | 3,56 | 13,15 | 1,49 | 0,0810 |
| **NA** | 7,02 | 17,72 | 1,24 | 0,2244 |
| **PB (g)** | 10,49 | 53,16 | 1,81 | 0,0243 |
| **N (g/kg)** | 32,719 | 7,77 | 1,38 | 0,1315 |
| **P (g/kg)** | 2,051 | 10,06 | 1,95 | 0,0103 |
| **K (g/kg)** | 9,465 | 25,54 | 0,91 | 0,6100 |
| **Ca (g/kg)** | 8,389 | 25,57 | 0,55 | 0,9736 |
| **Mg (g/kg)** | 2,997 | 28,11 | 0,96 | 0,5378 |
| **S (g/kg)** | 1,888 | 11,83 | 1,75 | 0,0258 |

AP: altura de plantas, CC: perímetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

Houve significância entre as progênies, em relação aos caracteres culturais, apenas para perímetro do caule e produção de borracha (Tabela 11). Tal resultado difere daqueles relatados por Moretti et al. (1994), Boock et al. (1995) e Costa (1999), que citam diferenças significativas para os

caracteres espessura de casca e número de anéis de vasos laticíferos, entre outros caracteres.

Com relação aos caracteres nutricionais, apenas o teor foliar de potássio apresentou média abaixo do teor adequado para seringueira, os teores de N, P e S encontram-se dentro da faixa adequada e apenas os macronutrientes Ca e Mg apresentaram valores de média acima da faixa considerada adequada citada por Malavolta et al. (1997). Resultados semelhantes foram obtidos por Martins (2000), aos 62 meses de idade, para o clone PB 235, na região de Pindorama - SP. Detalhes em relação a variação das médias das progênies para os teores do macronutrientes podem ser encontrados na Tabela 3A do Apêndice.

Houve significância entre as progênies apenas para os teores de P e S, sendo que para os demais macronutrientes não houve diferença estatística entre as progênies da população estudada (Tabela 11). Salienta-se que esta variação encontrada para o teor de P é interessante pelo fato do teste de progênies estar instalado em um solo anteriormente sob vegetação de cerrado. Portanto, material genético que tenha maior capacidade de absorção de fósforo é altamente interessante do ponto de vista da seleção de progênies para um posterior programa de melhoramento.

O coeficiente de variação experimental (Tabela 11) variou de 13,15% (EC) a 53,16% (PB) para os caracteres culturais, apresentando uma média de 24,34%. Os valores dos coeficientes de variação experimentais para os caracteres AP, CC, EC e NA podem ser considerados baixos e demonstram boa precisão para o ensaio e para os critérios de avaliação. Já o coeficiente da variação

experimental referente ao caráter produção de borracha pode ser considerado alto, podendo ter sido ocasionado pela desuniformidade das plantas do teste de progênies. Quanto aos caracteres nutricionais, o coeficiente de variação experimental variou de 7,77% (N) a 28,11% (Mg), apresentando uma média de 18,15%, valores estes que podem ser considerados baixos.

As estimativas dos coeficientes de variação e de herdabilidade, para os caracteres culturais e nutricionais, estão apresentadas nas Tabelas 12 e 13. As estimativas de variâncias genéticas e fenotípicas que permitiram a obtenção destas estimativas estão apresentadas nas Tabelas 5A e 6A do apêndice.

O coeficiente de variação genético (CVg) é considerado um parâmetro de extrema importância no entendimento da estrutura genética de uma população, por mostrar a quantidade de variação existente entre as famílias e, obviamente, permitir as estimativas de ganhos genéticos (Kageyama, 1980). Assim, observa-se que o $CV_g$, para o caráter perímetro do caule foi maior entre os caracteres culturais estudados, sendo também maior que aquele encontrado por May et al. (1998), indicando que as progênies estudadas pelos autores têm uma variabilidade genética menor do que as progênies do presente estudo, para este caráter. Para o caráter altura de plantas, Paiva et al. (1983) citam um CVg de 2% e $\hat{h} = 0,15$, valores estes menores do que o do presente estudo, indicando que as progênies aqui estudadas apresentam uma maior variabilidade genética e responderiam melhor à uma seleção baseada neste caráter do que as progênies estudadas pelos referidos autores. Em relação aos caracteres nutricionais pode-se observar que o coeficiente de variação genética variou de 2,76% (N) a 5,91% (S),

indicando uma maior variabilidade entre as progênies para o teor de enxofre nas folhas. Para os conteúdos de K, Ca e Mg não foi possível obter a estimativa do coeficiente de variação genética devido a presença de variâncias negativas o que também pode ser verificado pelo fato das estimativas do teste F para estes caracteres ficarem abaixo de 1,0 (Tabela 11).

Para o $CV_e$ observa-se também um maior valor do que aquele encontrado por May et al. (1998) para os caracteres perímetro do caule, espessura de casca e número de anéis de vasos laticíferos, valores estes que podem ser atribuídos ao desbalanceamento do experimento. Em relação aos coeficientes de variação dentro de progênies e fenotípica em nível de plantas observa-se valores expressivos para o caráter produção de borracha. No caso dos nutrientes, a seleção com base no teor de fósforo ($\hat{b}$ = 0,56) seria a recomendada, o que é interessante, pois a população de seringueira está localizada em um solo com baixos teores de fósforo. Já em relação aos caracteres culturais, o perímetro foi o que apresentou maior valor para o quociente de seleção em relação aos outros caracteres, indicando que o perímetro é o caráter mais favorável à seleção.

TABELA 12. Estimativas dos coeficientes de variação dentro de progênies ($CV_d$), do erro ($CV_e$), genético ($CV_g$), fenotípico em nível de plantas ($CV_F$), fenotípico em nível de médias ($CV_{Fm}$) e do quociente de seleção ($\hat{b}$), para os caracteres culturais e nutricionais estudados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | $CV_d$ (%) | $CV_g$ (%) | $CV_e$ (%) | $CV_F$ (%) | $CV_{Fm}$ (%) | $\hat{b}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **AP (m)** | 17,92 | 4,99 | 13,06 | 22,73 | 11,00 | 0,29 |
| **CC (cm)** | 29,12 | 14,43 | 10,91 | 34,28 | 18,74 | 0,70 |
| **EC (mm)** | 21,16 | 5,33 | 2,47 | 21,93 | 9,27 | 0,41 |
| **NA** | 22,35 | 5,05 | 11,22 | 25,51 | 11,48 | 0,29 |
| **PB (g)** | 83,09 | 27,60 | 16,52 | 89,10 | 41,28 | 0,52 |
| **N (g/kg)** | - | 2,76 | 7,77 | - | 5,26 | 0,35 |
| **P (g/kg)** | - | 5,65 | 10,06 | - | 8,10 | 0,56 |
| **K (g/kg)** | - | Nc | 25,54 | - | 14,09 | nc |
| **Ca (g/kg)** | - | Nc | 25,57 | - | 10,92 | nc |
| **Mg (g/kg)** | - | Nc | 28,11 | - | 15,94 | nc |
| **S (g/kg)** | - | 5,91 | 11,83 | - | 9,04 | 0,50 |

(nc) Não calculado devido a presença de variâncias negativas.
AP: altura de plantas, CC: perímetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

Na Tabela 13 tem-se as estimativas dos coeficientes de herdabilidade para os caracteres culturais e nutricionais para as progênies

TABELA 13. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade, no sentido restrito, em nível de plantas ($\hat{h}^2$), em nível de médias ($\hat{h}^2_m$) e em nível de plantas dentro de progênies ($\hat{h}^2_d$) e o erro de estimativas do coeficiente de herdabilidade em nível de médias $V\hat{A}R(\hat{h}^2_m)$, para os caracteres culturais e nutricionais estudados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caracteres | $\hat{h}^2$ | $\hat{h}^2_m \pm V\hat{A}R(\hat{h}^2_m)$ | $\hat{h}^2_d$ |
|---|---|---|---|
| **AP (m)** | 0,19 | 0,21±0,053 | 0,23 |
| **CC (cm)** | 0,71 | 0,59±0,014 | 0,74 |
| **EC (mm)** | 0,24 | 0,33±0,037 | 0,19 |
| **NA (unid)** | 0,16 | 0,19±0,054 | 0,15 |
| **PB (g)** | 0,38 | 0,45±0,027 | 0,33 |
| **N (g/kg)** | - | 0,27±0,044 | - |
| **P (g/kg)** | - | 0,49±0,022 | - |
| **K (g/kg)** | - | nc | - |
| **Ca (g/kg)** | - | nc | - |
| **Mg (g/kg)** | - | nc | - |
| **S (g/kg)** | - | 0,43±0,027 | - |

(nc) Não calculado devido a presença de variâncias negativas.
AP: altura de plantas, CC: perímetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

estudadas. Comparando-se os valores das herdabilidades obtidas para os caracteres produção de borracha seca, número de anéis de vasos laticíferos, espessura de casca e perímetro do caule com a média dos valores citados na literatura (Tabelas 1, 2, 3 e 4), verifica-se que as herdabilidades em nível de plantas e em nível de plantas dentro de progênies para o caráter produção de borracha seca estão coerentes com os valores médios encontrados na literatura e ainda que os valores das herdabilidades para os caracteres perímetro do caule estão acima da média da literatura.

Ocorreram estimativas de herdabilidade com maior magnitude para a média de progênies para os caracteres EC, NA e PB, indicando que estes caracteres devem ser selecionados em nível de média de parcelas. Já os caracteres AP e CC devem ser selecionados em nível de plantas dentro de progênies. Assim, a seleção massal dentro de progênies poderia ser a mais indicada para se obter os melhores ganhos na seleção. Quanto aos caracteres nutricionais o teor de P apresentou a maior herdabilidade (0,49) sendo o mesmo indicado para a seleção, vindo a seguir os teores de S (0,43) e N (0,27). Os caracteres nutricionais para os teores de K, Ca e Mg apresentaram estimativas de variâncias negativas o que impossibilitou a obtenção de estimativas de herdabilidade.

Paiva et al. (1983) citam herdabilidades no sentido restrito em nível de plantas e em nível de médias com valores de 0,02 e 0,05, respectivamente, para altura de plantas em progênies com 16 meses de idade, valores estes bastante inferiores aos do presente estudo.

unesp

Moreti et al. (1994), estudando caracteres juvenis em progênies de seringueira, relata valores da ordem de 0,82; 0,78 e 0,89 para herdabilidades em nível de plantas, plantas dentro de progênies e entre média de progênie de meios-irmãos, respectivamente, para o caráter produção de borracha seca. Já Boock et al. (1995) relatam valores de 0,47, 0,75 e 0,43 para herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas, médias e dentro de progênies, respectivamente, para perímetro do caule, em estudo realizado com progênies de seringueira no município de Votuporanga no Estado de São Paulo. Gonçalves et al. (1998b), avaliando o potencial genético de progênies de meios-irmãos em três diferentes locais do estado de São Paulo, encontraram que a produção e o incremento anual do perímetro do caule são influenciados por um moderado controle genético aditivo, havendo ganhos genéticos para estes dois caracteres, sendo que as estimativas de herdabilidade, em nível de média, obtidas na análise conjunta foram de 0,57 para produção e de 0,73 para o incremento anual do perímetro do caule. Todos estes resultados de literatura apresentaram estimativas de herdabilidade superiores às obtidas no presente trabalho. Porém, deve-se ressaltar como foi relatado por Falconer (1981), que a herdabilidade não é uma propriedade do caráter unicamente, mas da população e dos fatores ambientais a que estão sujeitos os indivíduos desta população, daí as diferenças nas estimativas obtidas entre os vários estudos realizado com uma mesma espécie.

Costa (1999) estudando progênies em três localidades do estado de São Paulo (Votuporanga, Pindorama e Jaú) e trabalhando com quatro caracteres (número de anéis de vasos laticíferos, produção de borracha, espessura

de casca e perímetro do caule), considerou a seringueira como espécie alógama e dois modelos de sistema reprodutivo misto, sendo o primeiro um modelo completo e o segundo um modelo aditivo, com coeficientes de parentesco de 0,155 e 0,180, respectivamente. Uma comparação realizada entre as estimativas obtidas por Costa (1999), para os caracteres NA, EC e CC, e as estimativas obtidas no presente trabalho, mostra que o autor encontrou maiores estimativas de herdabilidade em relação aos caracteres EC e NA, porém, também predominaram as estimativas de herdabilidade em nível de média de progênies. Já para o caráter CC as estimativas encontradas pelo autor são menores quando se compara a herdabilidade em nível de plantas e de plantas dentro de parcelas, mas são maiores quando é feita a comparação da herdabilidade em nível de médias de parcelas. Este fato pode estar ligado às diferenças existentes entre as populações dos dois estudos. Paiva et al. (1983) encontraram que as estimativas do coeficiente de herdabilidade no sentido restrito e em nível de médias de progênies, para todos os caracteres estudados por estes autores, mantiveram-se sempre superiores às estimativas em nível de plantas, indicando portanto que a seleção com base em médias de famílias conduz efetivamente a um maior progresso. O mesmo também ocorreu em relação ao trabalho realizado por Moreti et al. (1994), no que se refere a obtenção de maiores estimativas de herdabilidades em nível de médias de progênies, sendo que estes autores também salientam que as estimativas dos diferentes tipos de herdabilidade apresentaram maiores magnitudes para produção, espessura da casca e perímetro do caule.



Na Tabela 14 observa-se os valores obtidos para as correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres culturais. O mesmo está apresentado na Tabela15 para os caracteres nutricionais. Os produtos médios do efeito de progênies e do erro, assim como as estimativas de covariâncias entre progênies e fenotípicas em nível de média de parcelas são apresentadas nas Tabelas 7A, 8A, 9A e 10A do apêndice.

TABELA 14. Estimativas de correlações genéticas ($r_A$), acima da diagonal, e fenotípicas em nível de média ($r_f$), abaixo da diagonal, para os caracteres culturais estudados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | AP | CC | EC | NA | PB |
|---|---|---|---|---|---|
| AP | ------ | 1,21 | 1,61 | 0,21 | 0,98 |
| CC | 0,87 | ------ | 1,17 | -0,29 | 0,32 |
| EC | 0,78 | 0,88 | ------ | -1,06 | 0,47 |
| NA | -0,02 | -0,04 | -0,17 | ------ | -0,46 |
| PB | 0,45 | 0,27 | 0,47 | 0,04 | ------ |

AP: altura de plantas, CC: perímetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

As correlações genéticas entre PB x AP e PB x EC foram as de maior magnitude entre os caracteres estudados, sendo tais valores maiores do que os citados por Gonçalves et al. (1984) e Paiva et al. (1982). Ainda em relação aos

resultados apresentados pelos referidos autores deve-se salientar que os valores encontrados para a correlação genética PB x NA foram iguais ao do presente trabalho.

As correlações entre o NA x AP ($r_A$= 0,21) e NA x PB ($r_A$=0,48) apresentaram tendências parecidas com as encontradas por Paiva et al. (1982).

Altos coeficientes de correlação, tanto genética quanto fenotípica, foram encontrados para altura e perímetro do caule e também o alto valor apresentado para a correlação fenotípica entre perímetro e espessura da casca e, altura e espessura de casca, indicando que quanto maior a altura, maior o perímetro e maior a espessura de casca e quanto maior o perímetro maior a espessura de casca.

Paiva et al. (1983) relatam uma correlação fenotípica entre altura de plantas e perímetro do caule de 0,90 para estudo com progênies aos 16 meses.

Gonçalves et al. (1984) citam correlações fenotípicas para AP x CC (0,36), AP x EC (0,18), AP x NA (0,43) e AP x PB (0,75) e correlações genéticas da ordem de 0,42, 0,26, 0,57 e 0,80, respectivamente para AP x CC, AP x EC, AP x NA e AP x PB, sendo as correlações genéticas e fenotípicas entre AP x CC e AP x EC menores do que as relatadas no presente trabalho.

Gottardi et al. (1995) encontraram correlações fenotípicas da ordem de 0,29 e 0,34 entre produção de borracha e espessura de casca e produção de borracha e número de anéis de vasos laticíferos, respectivamente, valores estes menores do que os obtidos no presente estudo.

Gonçalves et al. (1984), estudando quatorze clones de seringueira, encontraram correlações fenotípicas da ordem de 0,36, 0,61 e -0,42 para produção e diâmetro do caule, produção e espessura de casca e produção e número de anéis de vasos laticíferos, respectivamente. As correlações entre PB e CC e PB e EC do presente estudo foram menores do que as relatadas, sendo a correlação PB x NA maior do que a citada pelos referidos autores.

TABELA 15. Estimativas de correlações genéticas ($r_A$), acima da diagonal, e fenotípicas em nível de média ($r_F$), abaixo da diagonal, para os caracteres nutricionais, em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **N** | ------ | 0,77 | nc | nc | nc | -0,14 |
| **P** | 0,41 | ------ | nc | nc | nc | 1,19 |
| **K** | 0,11 | 0,31 | ------ | 0,92 | -4,33 | nc |
| **Ca** | 0,06 | -0,05 | 0,00 | ------ | 3,14 | nc |
| **Mg** | 0,12 | 0,23 | -0,28 | -0,12 | ------ | nc |
| **S** | -0,15 | 0,39 | -0,18 | -0,06 | 0,19 | ------ |

(nc) Não calculado devido a presença de variâncias negativas.
AP: altura de plantas, CC: perímetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

As correlações genéticas, envolvendo os teores de macronutrientes, não apresentaram boas estimativas, o que não permite uma

discussão mais profunda sobre o assunto. As correlações fenotípicas, no geral, foram baixas, sendo que as de maior magnitude foram para N x P e N x K. As demais correlações positivas ficaram próximas de zero. Houve correlação negativa para Mg x K, Mg x Ca, S x N, S x K, S x Ca.

Na Tabela 16 são apresentados os valores médios de vigor, inserção da bifurcação, tipo de caule, tipo de copa, tipo de folhas e comprimento dos galhos para as 37 progênies de seringueira estudadas. Detalhes das diferenças morfológica entre as progênies são apresentados nas Figuras 1A e 2A do apêndice.

Pode-se observar que as progênies 9, 13, 24 e 31 se destacam das demais progênies em relação ao vigor. Sendo esta característica importante para o melhoramento da espécie, estas progênies poderiam ser utilizadas em estudos de melhoramento que visam o vigor das plantas.

As progênies de seringueira com bifurcação alta apresentam uma característica importante no que concerne à formação de copa. Assim sendo, os materiais que apresentam uma formação de bifurcação baixa, provavelmente, necessitarão de um bom manejo de podas para a formação de copa, enquanto que aquelas progênies de formação de copa (bifurcação) alta não necessitam de um manejo tão rigoroso para tanto. Outrossim, tais materiais poderiam ser utilizados em estudos de melhoramento para a obtenção de materiais com formação de copa alta.

Em relação à forma do caule, pode-se observar que a maioria das progênies apresentam caule pouco irregular, característica esta importante no

que se refere à facilidade de sangria, portanto espera-se que quanto mais reto for o caule maior será a facilidade de sangria.

TABELA 16. Notas médias de vigor, inserção da bifurcação, forma do caule, tipo de copa, tipo de folhas e comprimento dos galhos em um teste de progênies de seringueira em Selvíria – MS.

| Progênies | Vigor | Bifurcação | Caule | Copa | Folhas | Galhos |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,61 | 2,00 | 2,08 | 1,75 | 2,08 | 2,25 |
| 2 | 2,42 | 2,08 | 1,69 | 1,77 | 1,77 | 2,31 |
| 3 | 1,37 | 2,37 | 1,63 | 2,31 | 1,79 | 1,84 |
| 4 | 1,67 | 2,16 | 1,84 | 2,00 | 2,26 | 2,10 |
| 5 | 1,87 | 2,31 | 1,81 | 1,81 | 1,87 | 2,20 |
| 6 | 1,64 | 2,16 | 1,96 | 2,04 | 1,96 | 2,00 |
| 7 | 1,58 | 2,21 | 1,89 | 2,00 | 1,95 | 2,26 |
| 8 | 1,61 | 2,23 | 2,00 | 2,08 | 2,08 | 2,15 |
| 9 | 1,14 | 2,00 | 1,43 | 2,00 | 1,86 | 2,86 |
| 10 | 2,36 | 2,00 | 2,09 | 1,64 | 1,73 | 1,73 |
| 11 | 1,29 | 2,12 | 1,82 | 1,59 | 1,70 | 2,47 |
| 12 | 1,43 | 2,43 | 1,86 | 1,86 | 2,07 | 2,43 |
| 13 | 1,18 | 1,85 | 1,92 | 1,54 | 2,08 | 2,25 |
| 14 | 2,25 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 1,82 | 1,82 |
| 15 | 1,45 | 2,36 | 1,91 | 1,64 | 2,00 | 1,90 |
| 16 | 1,24 | 1,95 | 1,81 | 1,76 | 1,95 | 2,81 |
| 17 | 1,89 | 2,53 | 1,79 | 1,79 | 2,00 | 1,84 |
| 18 | 1,64 | 2,07 | 2,00 | 1,78 | 1,71 | 2,14 |
| 19 | 1,78 | 1,93 | 2,07 | 2,07 | 1,86 | 2,23 |
| 20 | 1,67 | 2,33 | 1,67 | 2,00 | 1,00 | 2,00 |
| 21 | 1,40 | 2,20 | 2,00 | 1,80 | 2,10 | 1,90 |
| 22 | 1,44 | 2,00 | 1,89 | 2,22 | 1,89 | 2,33 |
| 23 | 2,30 | 2,00 | 1,67 | 1,67 | 2,33 | 1,67 |
| 24 | 1,00 | 1,83 | 2,17 | 2,33 | 2,00 | 3,00 |
| 25 | 1,33 | 2,25 | 1,75 | 1,92 | 2,08 | 2,42 |
| 26 | 1,44 | 2,11 | 1,78 | 1,67 | 2,00 | 2,44 |
| 27 | 1,33 | 2,22 | 1,89 | 1,22 | 2,22 | 2,44 |
| 28 | 1,25 | 2,00 | 1,92 | 2,00 | 2,25 | 2,67 |
| 29 | 1,57 | 1,86 | 2,14 | 1,71 | 2,14 | 2,00 |
| 30 | 1,60 | 2,30 | 2,00 | 1,60 | 1,60 | 2,20 |
| 31 | 1,00 | 2,00 | 1,67 | 1,17 | 2,33 | 3,00 |
| 32 | 1,40 | 2,30 | 1,90 | 1,50 | 1,60 | 2,50 |
| 33 | 1,60 | 2,60 | 3,00 | 1,60 | 1,80 | 2,00 |
| 34 | 1,33 | 2,33 | 1,67 | 1,33 | 2,00 | 2,67 |
| 35 | 1,71 | 2,57 | 1,86 | 2,43 | 2,00 | 2,28 |
| 36 | 1,67 | 2,83 | 1,83 | 2,50 | 1,67 | 2,00 |
| 37 | 2,00 | 2,60 | 1,20 | 2,00 | 1,80 | 1,80 |
| **Média** | **1,58** | **2,19** | **1,85** | **1,84** | **1,93** | **2,24** |
| **C.V. (%)** | **39,86** | **23,24** | **10,40** | **41,71** | **36,43** | **30,67** |

unesp

As características tipo de copa, tipo de folha e comprimento dos galhos tornam-se relevantes do ponto de vista fotossintético. A maior parte das progênies apresenta caule irregular, copa fechada, folhas lanceoladas e galhos médios a longos. Árvores com copa aberta, folhas lanceoladas e galhos longos estão sujeitas a uma maior exposição de raios solares, podendo apresentar melhor atividade fotossintética.

Caracterizações fenológicas detalhadas são apresentadas na Tabela 11A do apêndice. Nota-se que o comportamento fenológico apresentado pelas progênies está de acordo com os relatos de Gonçalves et al. (2001). A senescência teve início no período da seca (junho, julho), ocorrendo então o reenfolhamento natural (setembro) e floração (julho, agosto) e finalmente frutificação (outubro, novembro), devendo-se ressaltar que o número de frutos por planta foi baixo.

Na Tabela 12A do apêndice encontram-se detalhes das médias por progênies e médias gerais para área, largura e comprimento foliares. Verifica-se que as progênies 9, 13 , 24 e 31 que foram as que mais se destacaram em relação ao vigor também estão entre aquelas que apresentaram maior área foliar, assim como comprimento e largura média das folhas. Exceção feita à progênie 31, que embora bastante vigorosa, não está entre as progênies com maior área, comprimento e largura foliares, podendo sugerir uma maior eficiência fotossintética desta progênie.

Boock et al. (1995) e Gonçalves et al. (1998a), estudando 22 progênies de seringueira aos 3 anos de idade, relataram valores de 179,90 $cm^2$

para área foliar, tal valor é pouco mais que o triplo do valor encontrado no presente estudo (57,5 $cm^2$). Já Moreti et al. (1994) e Gonçalves et al. (1996) citaram uma área foliar de 306,70 $cm^2$ para clones também aos 3 anos de idade, valor este superior ao relatado anteriormente e ainda 5 vezes maior que o do presente estudo.

Em relação ao comprimento foliar, este apresentou média de 14,71 cm, sendo inferior a obtida por Gonçalves et al. (1998a) que foi de 15,70 cm. Observa-se ainda na Tabela27A do apêndice que o coeficiente de variação foi de 7,84%, podendo ser considerado baixo.

Boock et al. (1995) e Gonçalves et al. (1998a) apresentam valores de 6,62 cm para largura foliar em estudo realizado com 22 progênies de seringueira aos 3 anos de idade, valor este novamente maior do que o do presente estudo.

Deve-se ressaltar que todos os estudos com mensurações foliares aqui citados foram realizados com progênies que apresentam algum grau de melhoramento, o que não ocorre com as progênies do presente estudo, pés francos originados a partir de sementes coletadas em uma população natural no estado do Acre.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

## 4.2. Caracteres isoenzimáticos

Os sistemas enzimáticos analisados com os respectivos resultado do padrão de bandas encontram-se na Tabela 17. Os sistemas enzimáticos α-EST, GOT e LAP apresentaram boa resolução de bandas com a utilização de folhas adultas, no entanto, os sistemas MDH e SKDH somente apresentaram bom padrão de bandas com a utilização de folhas novas, onde as antocianinas já estivessem formadas. Os sistemas ADH e 6-PGD não apresentaram uma boa resolução de bandas. Já os sistemas ADH e IDH não apresentaram bandas o que pode ser atribuído à ausência destas enzimas no estádio foliar analisado.

TABELA 17. Sistema enzimáticos analisados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria – MS.

| Enzima | Sigla | Padrão de bandas[1] |
|---|---|---|
| Álcool Desidrogenase | ADH | N |
| α-Esterase | α-EST | B |
| 6-Fosfogliconato Desidrogenase | 6 PGD | F |
| Glutamato Oxaloacetato Transaminase | GOT | B |
| Isocitrato Desidrogenase | IDH | N |
| Leucina Aminopeptidase | LAP | B |
| Malato Desidrogenase | MDH | B |
| Shiquimato Desidrogenase | SKDH | B |

[1] Tipos de padrões de banda: B = bom; F = fraco; N = ausência de bandas.

Detalhes do padrão de bandas dos sistemas α-EST, GOT, LAP e SKDH encontram-se nas figuras 3A a 6A do apêndice.

Embora o padrão de bandas apresentado pelo sistema MDH tenha sido bom, optou-se por não utilizá-lo devido à dificuldade de interpretação dos zimogramas pela ocorrência de sobreposição de bandas. Leconte et al. (1994) apresentaram um zimograma para o MDH evidenciando três regiões de atividades, sendo duas delas de interpretação mais fácil. Verifica-se, então, que nos zimogramas do presente estudo apenas uma zona de atividade se manifestou, não ocorrendo as outras duas que são de interpretação mais fácil.

Com relação ao estádio foliar, Lebrun e Chevallier (1988) citaram que os estádios em que as antocianinas estão formadas são também onde a atividade enzimática é mais estável, podendo ser este um dos motivos de alguns sistemas só revelarem atividade enzimática com a utilização de folíolos. Já Kalil Filho (1994) não encontrou diferenças na resolução de bandas entre estádios foliares diferentes.

Santos (1991) trabalhando com uma população de dendê (*Elaeis guianeensis* Jacq), relatou diferenças entre o padrão de bandas apresentado pelas folhas e pelo pólen, sendo que a atividade enzimática é sempre menor em material foliar que em pólen.

Kalil Filho (1994), trabalhando com 107 clones de seringueira, no estádio de mudas até no máximo um ano de idade, estudou vinte e cinco sistemas enzimáticos encontrando um bom padrão de bandas para doze (ACP, IDH, PGM, ß-GLU, ADH, 6PGD, PGI, LAP, MDH, SKDH, α-EST e GOT).



Assim, verifica-se que tanto Paiva (1992) como Kalil Filho (1994) trabalharam com plantas em estádio de viveiro e o presente trabalho utilizou plantas adultas com 9 anos de idade, talvez seja esta a dificuldade em se obter bons padrões de banda mesmo seguindo os protocolos disponíveis na literatura.

Embora a literatura registre trabalhos como os de Lebrum & Chevalier (1988), Paiva (1992) e Kalil Filho (1994), a repetição de análises isoenzimáticas de um laboratório para outro é problemática, portanto, nem sempre um laboratório consegue reproduzir os resultados de um outro.

Na Tabela 18 são apresentadas as freqüências para os alelos em cada loco.

Dos quatro locos estudados três apresentaram três alelos cada um e somente um, Skdh-1, apresentou quatro alelos. O sistema SKDH apresentou dois locos, no entanto o loco mais lento mostrou um padrão de bandas de difícil interpretação, portanto apenas as bandas do loco mais rápido foram interpretadas.

O comportamento das freqüências alélicas é praticamente semelhante nos locos, ou seja, há a predominância de um alelo, exceção feita para o loco Skdh-1, em que as freqüências dos alelos 1 e 2 apresentam valores próximos. Verifica-se, por outro lado, que todos os locos são polimórficos, utilizando-se o critério de que um loco é considerado polimórfico quando a freqüência do alelo mais comum não exceder 95%, e que o número médio de alelos por locos (3,25), sendo superior à de outras espécies arbóreas. Uma estimativa de locos polimórficos em plantas de populações de seringueira nativas do estado do Acre, realizada por Chevallier (1988), mostrou valores que variaram

de 70 a 90%. Negrão (1999), em estudo envolvendo progênies de *Syagrus romanzoffiana*, cita uma média de 1,58 para número de locos polimórficos e 45,8% de locos polimórficos.

TABELA 18. Freqüência alélica nos quatro locos identificados por eletroforese, número médio de alelos por locos (A) e porcentagem de locos polimórficos (P) em um teste de progênies de seringueira em Selvíria – MS.

| LOCOS | ALELOS | FREQÜÊNCIA |
|---|---|---|
| **α Est-1** | 1 | 0,8735 |
| | 2 | 0,1229 |
| | 3 | 0,0036 |
| **Got-1** | 1 | 0,0254 |
| | 2 | 0,8756 |
| | 3 | 0,0990 |
| **Lap-1** | 1 | 0,0749 |
| | 2 | 0,8840 |
| | 3 | 0,0411 |
| **Skdh-1** | 1 | 0,3783 |
| | 2 | 0,4278 |
| | 3 | 0,1203 |
| | 4 | 0,0735 |
| **A** | 3,25 | - |
| **P** | 100% | - |

Paiva (1992) relatou ter identificado dois locos no sistema leucina aminopeptidase (Lap-1 e Lap-2), para estudo feito com as mesmas progênies, tendo o loco Lap-1 apresentado cinco alelos, para o sistema Skdh somente um loco com cinco alelos, e para o sistema Mdh três alelos. Deve-se, no entanto, esclarecer que o material utilizado por Paiva (1992) era composto por uma amostra mais representativa da população original que o do presente estudo. Portanto, atribui-se em princípio esta perda de alelos a problemas de amostragem (deriva genética). Giudice Neto (1999), estudando populações de jacarandá paulista refere alelos exclusivos de plantas jovens, podendo também ser este mais um motivo pela diferença entre os resultados de Paiva (1992) e Kalil Filho (1994) e os do presente trabalho, já que os autores trabalharam com plântulas e este trabalho com plantas adultas. Ainda com relação aos resultados apresentados por Paiva (1992), o autor cita freqüências de 0,8251, 0,0457 e 0,0442 para os alelos 1, 2 e 3 do loco Lap-1, respectivamente, e 0,5370, 0,2600, 0,1262 e 0,0628 respectivamente para os alelos 1, 2, 3 e 4 do loco Skdh-1.

As estimativas das heterozigosidades observada ($H_o$) e esperada ($H_e$) e taxa de endogamia ($\hat{F}$) são apresentadas na Tabela 19. Os valores de heterozigosidades observados ($H_o$) variaram de 0,1036 para o loco Est-1 a 0,4011 para o loco Skdh-1. Verifica-se que as estimativas de heterozigosidade esperada ($H_e$) foram maiores do que a da heterozigosidade observada ($H_o$) em todos os locos estudados (Tabela19). Desse modo, ficou evidenciado, para os dados encontrados, uma predominância dos homozigotos em relação aos heterozigotos, o que se reflete na obtenção de uma alta estimativa para a

endogamia (F). O valor obtido de heterozigosidade média observada ($H_o$) para os quatro locos foi pouco inferior àquele encontrado por Chevallier (1988) para 102 plantas ($H_o$=0,299) e o valor de $H_e$ foi praticamente o mesmo que o relatado pelo referido autor ($H_e$=0,324).

TABELA 19. Estimativas das heterozigosidades observadas ($\hat{H}_o$), esperadas ($\hat{H}_e$), índice de fixação ($\hat{F}$) e taxa aparente de fertilização cruzada ($\hat{t}$) em um teste de progênies de seringueira, aos 9 anos.

| LOCO | N | $\hat{H}_o$ | $\hat{H}_e$ | $\hat{F}$ | $\hat{t}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Est-1** | 415 | 0,1036 | 0,2219 | 0,5330 | 0,3046 |
| **Got-1** | 414 | 0,1715 | 0,2287 | 0,2500 | 0,6000 |
| **Lap-1** | 414 | 0,1353 | 0,2111 | 0,3594 | 0,4712 |
| **Skdh-1** | 374 | 0,4011 | 0,6538 | 0,3865 | 0,4425 |
| **Média** | - | 0,2029 | 0,3289 | 0,3831 | 0,4460 |

N: tamanho da amostra.

As estimativas da distância genética entre famílias ($\hat{\theta}_p$), do coeficiente de endogamia ($\hat{F}$) e taxa aparente de fertilização cruzada ($\hat{t}$) são apresentadas na Tabela20. As estimativas dos quadrados médios encontrados para cada um dos locos estudados pela metodologia de Weir (1990) encontram-se nas Tabelas 13A a 16A do apêndice, sendo que as estimativas de variâncias entre

famílias ($\hat{\sigma}^2_F$); entre indivíduos (I/F), ($\hat{\sigma}^2_I$); entre genes (G/I/F), ($\hat{\sigma}^2_G$); e da variância total ($\hat{\sigma}^2_T$), encontram-se na Tabela 17A, também do apêndice.

Verifica-se, tendo por base os dados da Tabela 20, que de uma maneira geral os locos α-Est-1 e Got-1 tendem a apresentar uma alta endogamia; já os locos Lap-1 e Skdh-1 apresentam estimativas médias coerentes com a literatura. Na análise de variância conjunta (ANAVA) o coeficiente de endogamia ficou em torno de 0,69, valor este bastante superior ao relatado na literatura, no entanto, estes resultados vêm confirmar os encontrados por Costa (1999) de que a seringueira é uma espécie que tem o sistema reprodutivo misto. Vale salientar aqui que Chevalier (1988), trabalhando com várias populações de seringueira dos estados do Acre, Rondônia e Mato Grosso, encontrou estimativas para o coeficiente de endogamia, variando de 0,075 (Rondônia) a 0,102 (Mato Grosso), o que corresponderia a uma taxa aparente de fertilização cruzada em torno de 0,84, próxima, então, aos dados utilizados por Costa (1994).

Ainda com relação ao alto valor apresentado pelo coeficiente de endogamia, Namkoong (1966), citado por Moreti et al. (1994), diz que a presença de endogamia por causa da autofecundação ou por restrição no tamanho efetivo da população no teste de progênies de polinização aberta, influi nas estimativas de variância genética. Em relação ao presente trabalho, tais estimativas podem estar sendo influenciadas pelo número de sistemas enzimáticos e pelo número de locos estudados. Não existem ainda indicações seguras sobre o percentual de autofecundação no sistema reprodutivo da seringueira. Sabe-se que o fenômeno da

endogamia relacionado ao vigor e provavelmente à produção tem sido observado há algum tempo (Moreti et al., 1994).

TABELA 20. Estimativas da distância genética entre famílias ($\hat{\theta}_F$), do coeficiente de endogamia ($\hat{F}$) e da taxa aparente de fertilização cruzada ($\hat{t}$) para treze alelos em quatro locos em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Locos/alelos | $\hat{F}$ * | $\hat{\theta}_F$ * | $\hat{t}$ * |
|---|---|---|---|
| **α Est – 1** | | | |
| **1** | 0,5319 | 0,0472 | 0,3056 |
| **2** | 0,5312 | 0,0435 | 0,3061 |
| **3** | 0,6657 | 0,0000 | 0,2007 |
| **Got – 1** | | | |
| **1** | 0,5606 | 0,0055 | 0,2816 |
| **2** | 0,2228 | 0,0443 | 0,6356 |
| **3** | 0,1715 | 0,0725 | 0,7073 |
| **Lap –1** | | | |
| **1** | 0,4438 | 0,0906 | 0,3853 |
| **2** | 0,3708 | 0,0531 | 0,4590 |
| **3** | 0,2134 | 0,0262 | 0,6483 |
| **Skdh –1** | | | |
| **1** | 0,4174 | 0,1289 | 0,4110 |
| **2** | 0,4716 | 0,1221 | 0,3591 |
| **3** | 0,1976 | 0,0480 | 0,6698 |
| **4** | 0,9143 | 0,000 | 0,0448 |
| **Média** | 0,4394 | 0,0525 | 0,4165 |
| **Anava conjunta** | 0,6862 | 0,0287 | 0,1861 |

*: as metodologias utilizadas para os cálculos são distintas das utilizadas na Tabela 19.

A distância entre famílias pode ser considerada baixa (0,0287), pois as estimativas de $\theta_F$ apresentaram um intervalo de variação de 0 a 1.

No presente estudo verificou-se a variabilidade genética de apenas uma população proveniente do estado do Acre, o que não permite uma discussão mais profunda em termos de genética de populações, mas Chevalier (1988), estudando os sistemas enzimáticos EST, AP, PGI, GOT e LAP, fez um estudo envolvendo populações de seringueira dos estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso e Pará, encontrando que existe uma grande diferenciação entre as populações do Acre e Mato Grosso, sendo que as populações de Rondônia ficaram em uma posição intermediária, sendo que a maior heterogeneidade foi encontrada entre as populações de Rondônia.

Os resultados obtidos para os caracteres isoenzimáticos aplicam-se apenas para esta população de seringueira e para o número de locos estudados. Para a obtenção de melhores resultados em relação a estes caracteres seria necessário uma análise de mais locos ou sistemas enzimáticos.

unesp

## CONCLUSÕES

- Observou-se tanto para a análise dos caracteres quantitativos como para os caracteres isoenzimáticos que as progênies apresentaram variabilidade genética, podendo ser utilizadas como material básico em programas de melhoramento genético da espécie.

- Os caracteres que responderiam melhor à seleção são perímetro do caule e teor foliar de fósforo, pois foram os caracteres que apresentaram os maiores valores para os parâmetros herdabilidade, coeficiente de variação genética, fenotípico em nível de médias e dentro de progênies.

- O estudo das isoenzimas permitiu detectar uma baixa divergência genética entre as progênies estudadas, um alto coeficiente de endogamia ( $\hat{F} = 0{,}68$ ) e consequentemente uma baixa taxa aparente de cruzamento ( $\hat{t} = 0{,}18$ ), evidenciando ser a seringueira uma espécie de sistema de reprodução misto.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, W.T. Application of isoenzymes in tree breeding. In: TANKSLEY, S.D., ORTON, T.J. **Isoenzymes in plants genetics and breeding**: Part A., Elsevier Science Amsterdan Publishers, 1983. p. 381-400.

ALFENAS, A.C. (Ed.) **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. Viçosa: UFV, 1998.

ALIKA, J. E.. Short note: possibilities of early selection in *Hevea brasiliensis*. **Silvae Genetica**, v.29, n.3-4, p. 161-162, 1980.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas.** São Paulo: Edgard Blücher, 1971. cap.8, p. 60-71.

BATAGLIA, O.C. et al. **Métodos de análises química de plantas**. Instituto Agronômico, Campinas, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78).

BOOCK, M. V. et al. Herdabilidade, variabilidade genética e ganhos genéticos para produção e caracteres morfológicos em progênies jovens de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.5, p.673-681, 1995.

BORÉM, A. Herdabilidade. In ___. **Melhoramento de plantas.** Viçosa: UFV, 1997. p. 89-122.

BROWN, A.H.D. Isozymes, Plant Population genetic structure and genetic conservation. **Theorical and Applied of Genetics**, v.52, p.145-157, 1978.

BUTTERY, B. R., BOATMAN, S. G. **Déficits hídricos e fluxo de látex**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap. 2, p. 2-35.

CHELIAK, W.M., PITEL, J.A. Electrophoretic identification of clones in tremblingsaspen. **Canadian Journal of Forest Research**, v.14, p.740-43, 1984.

CHEVALLIER, M.H. Genetic variability of *Hevea brasiliensis* germplasm using isozyme markers. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia**, v.3, p.42-53, 1988.

COSTA, R. B. **Métodos de seleção, interação genótipo x ambiente e ganho genético para o melhoramento da Seringueira no estado de São Paulo.** Curitiba, 1999. 145 p. Tese (Doutor em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CUCO, S. M., BANDEL, G. Hermaphroditism in the rubber tree *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr, de Juss.) Müell. Arg. **Revista Brasileira de Genética,** v.17, n.4, p.43-45. 1994.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira.** Piracicaba. Escola superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 1980. 131p.

DIAS, L. A. S. Variância de freqüências alélicas. In: ALFENAS, A.C. (Ed.) **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos**. Viçosa: UFV, 1998. p. 381-404.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê. **Melhoramento genético da seringueira.** Manaus, EMBRAPA-CNPSD, 1989. 23p. (EMBRAPA-CNPSD. Documentos, 10).

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1981. 279p.

FERREIRA, M. E., GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética.** 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220p. (EMBRAPA-CENARGEN Documento 20).

GERALDI, I. O. **Estimação de parâmetros genéticos para caracterização do pendão de milho (*Zea mays* L.) e perspectivas de melhoramento**. Piracicaba, 1977. 103p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

GIUDICE NETO, J. del **Estrutura genética por isoenzimas em populações naturais de Jacarandá Paulista** (Machaerium villosum Vog.). Piracicaba, 1999, 128p. Dissertação (Mestre em Ciências – Área de concentração em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, P. S. et al. Estimativas de correlações genéticas e fenotípicas de alguns caracteres quantitativos de clones jovens de seringueira. **Revista Brasileira de Genética**, v.7, n.1, p.95-107, 1984.

GONÇALVES, P. S., CARDOSO, M., ORTOLANI, A. A. Origem, variabilidade e domesticação da *Hevea*: uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.135-56, 1990.

GONÇALVES, P. S. et al. Variabilidade dos caracteres estruturais do sistema laticífero da casca em plantas jovens de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.5, p.649-656, 1995.

GONÇALVES, P. S. et al. Estimates of genetic parameters and correlations of juvenile characters based on open pollinated progenies of *Hevea*. **Revista Brasileira de Genética,** v. 19, n. 1, p. 105-111, 1996.

GONÇALVES, P. S. et al. **Melhoramento Genético da Seringueira – uma revisão.** Campinas, Instituto Agronômico, 1997 (Documentos IAC n. 54).

GONÇALVES, P. S. et al. Relação produção/caracteres morfológicos em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1097-1104, 1998a.

GONÇALVES, P. S. et al. Avaliação genética de progênies em meios-irmãos de seringueira em diferentes regiões do estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n 7, p.1085-1095, 1998b.

GONÇALVES, P. S. et al. **Manual de heveicultura para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agronômico, 2001. cap.3, p. 4-7 (Série Tecnológica APTA, Boletim Técnico IAC, 189).

GOTTARDI, M. V. C. et al. Correlações genotípicas e fenotípicas entre caracteres de seringueira adultas. **Científica**, v.23, n.1, p.53-64, 1995.

GOUVÊA, L. R. L. **Relatório final de estágio realizado no Programa Seringueira do Centro de Café e Plantas Tropicais do Instituto Agronômico.** Campinas: IAC, 1998. 28p. (monografia).

HAMRICK, J. L. The distribution of genetics variation within and among natural populations. In: SHONEWALD-COX, C.M., CHAMBERS, S.M., THOMAS, W.L. (Eds.) **Genetic and Conservation.** Menlo Park, The Benjamin/Cumnings, 1983. p.335-48.

HAMRICK, J. L., LOVELESS, M. D. Isozyme variation in tropical trees procedures and preliminary results. **Biotropica**, v.18, p.201-207, 1986.

HERNANDEZ, F. B. T., LEMOS FILHO, M. A. F., BUZETTI, S. Sofware HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira, UNESP/FEIS/ Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p. (UNESP / FEIS / Área de Hidráulica e Irrigação. Série Irrigação, 1).

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis*** (Hill) Maiden, Piracicaba, 1980. 125p. Tese (Doutorado) - ESALQ/USP.

KALIL FILHO, A. N. **Associação entre padrões isoenzimáticos de clones de seringueira (*Hevea spp*) e resistência ao *Microcyclus ulei* (p. Henn.) v. Arx.** Ribeirão Preto, 1994. 97 p. Tese (Doutor em Genética) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

KEPHART, S. R. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analysis of techniques. **American Journal of Botany**, v.77, n.5, p.693-712, 1990.

LEBRUN, P., CHEVALLIER, M.H. **Starch and polyacrylamida gel electrophoresis of *Hevea brasiliensis*: a laboratory manual.** Montpellier: IRCA/CIRAD, 1988. 44 p.

LECONTE, A. et al. **Germplasm characterization & clone identification of rubber through leaves zymogram análisis**. IN: Seminar-Workshop on "The biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement". Mahidol University, 21-24 October 1997, Bangkok, Thaïland.

LECONTE, A. et al. Electrophorèse application à l'identification clonale de l'hévéa. **Plantations, recherché, développement**, September-Octobre, p.28-33, 1994.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARTINS, A. L. M. **Formação de seringal [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Müell-Arg.] usando diferentes espécies de leguminosas na entrelinha.** Jaboticabal, 2000. 85p. Tese (Doutor em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

MAY, A., GONÇALVES, P. S., ALARCON, R. S. C. Herdabilidades e associações entre caracteres de produção e vigor em progênies de seringueira. **Científica**, 1998 (no prelo).

MORAES, V. H. F. **Sugestões para uniformização da metodologia de estudo da fenologia foliar da seringueira.** Manaus, EMBRAPA - CNPSD, 1982. 14p.

MORAES, V.H.F. Fisiologia – Parte I. In: **Curso de Especialização em Heveicultura.** 7, Belém: FCAP, 1980. 50 p.

MORETI, D., et al. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.7, p.1099-1109, 1994.

NEGRÃO, M. O. **Estrutura genética de populações naturais de *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) do continente (Serra do mar, SP) e da Ilha dos Alcatrazes.** Piracicaba, 1999. 78 p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Área de concentração em Genética e Melhoramento de plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PAIVA, J. R. **Variabilidade enzimática em populações naturais de seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss.) Müell. Arj.).** Piracicaba, 1992. 145 p. Tese (Doutor em Agronomia – Área de concentração em Genética e Melhoramento de plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PAIVA, J. R., ROSSETTI, A. G., GONÇALVES, P. S. Uso do coeficiente de caminhamento no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.3, p.433-440, 1982.

PAIVA, J. R. et al. Parâmetros genéticos em seringueira em condições de viveiro. **Revista Brasileira de Genetica**, v.6, n.3, p.505-525,1983.

PAIVA, J. R. et al. Predição do ganho genético de alguns caracteres em seringueira em três esquemas de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.11, p.1647-1653, 1982.

PIRES, J. M. Revisão do gênero *Hevea*, descrição das espécies e distribuição geográfica. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE, Belém, PA. **Relatório Anual Junho/1972 – Julho/1973. Projeto Botânica. Subprojeto – Revisão do gênero *Hevea*.** Belém: SUDHEVEA/DNPEA/IPEAN, 1973. p. 6-66.

SANTOS, M. M. **Polimorfismo isoenzimático de população subespontânea de Dendê (*Elaeis guianeensis* JACQ.) DO Estado da Bahia e sua relação genética com seis procedências Africanas.** Ribeirão Preto, 1991. 105 p. Tese (Doutor em Genética) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

S.A.S. Institute. **SAS/STAT Guide for personal computers,** version 6.03. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1985.

SEGUIN, M. et al. Génétique moléculaire de l'hévéa. **Plantations, recherche, développement**, mars-avril , p.77-88, 1996.

TRANI, P. E., HIROCE, R., BATAGLIA, O. C. **Análise foliar: amostragem e interpretação.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18 p.

VALOIS, A. C. C. Expressão de caracteres em seringueira e obtenção de clones produtivos e resistentes ao mal-das-folhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, p. 1015-1020, 1983.

VENCOSVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E., VIEGAS, G. P. (Eds.) **Melhoramento e produção do milho.** 2. Ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap.5, p. 137-214.

VENCOSVSKY, R. , BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VENCOVSKY, R. Variance of an estimate of outcrossing rate. **Revista Brasileira de Genética**, v.17, n.3, p.349-51, 1994.

WEIR, B.S. **Genetic data analysis: Methods for discrete population genetic data**. Sunderland, Sinauer Associates, Inc. Publishers, 1990. 377p.

XIU-QIAN, Z. The significance of the structure of laticifer with relation to the exudation of latex in *Hevea brasiliensis*. **Journal of Natural Rubber Research**, v.2, n.2, p.94-98, 1987.

# APÊNDICE

TABELA 1A. Resultado da análise de solo realizada nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm.

| Profundidade | P resina ($mg/dm^3$) | M.O. ($g/dm^3$) | pH $CaCl_2$ | K | Ca | Mg | H+Al | Al | Soma de bases | CTC | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-10 | 5 | 29 | 4.3 | 1,4 | 18 | 2 | 47 | 7 | 21,5 | 68,5 | 31 |
| 10-20 | 2 | 17 | 4.3 | 0,7 | 10 | 3 | 28 | 5 | 14,1 | 42,1 | 33 |

TABELA 2A. Estimativas de médias e desvios padrões para os caracteres: altura (AP), perímetro do caule (CC), número de anéis de vasos laticíferos (NA) e espessura de casca (EC) e produção de borracha seca (PB), em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Progênie | Nº de indivíduos | AP (m) | CC (cm) | EC (mm) | NA (unid.) | PB (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 12 | 6,76±3,53 | 24,68±15,39 | 3,09±0,13 | 6,87±0,81 | 11,81±6,93 |
| **2** | 13 | 8,15±1,34 | 31,89±2,50 | 3,57±0,36 | 6,33±0,58 | 7,80±2,82 |
| **3** | 19 | 8,28±1,61 | 35,09±4,81 | 3,68±0,21 | 7,38±0,54 | 7,84±1,79 |
| **4** | 19 | 8,08±1,44 | 33,47±7,56 | 3,59±0,77 | 6,80±0,35 | 9,23±1,19 |
| **5** | 16 | 8,21±0,25 | 30,15±3,03 | 3,28±0,10 | 7,47±0,50 | 6,78±3,57 |
| **6** | 18 | 8,24±0,45 | 31,19±0,13 | 3,35±0,05 | 6,96±1,00 | 7,60±2,26 |
| **7** | 19 | 8,61±1,34 | 35,91±4,65 | 3,72±0,23 | 7,15±0,53 | 11,18±2,93 |
| **8** | 13 | 8,95±0,31 | 35,23±3,38 | 3,30±0,40 | 7,52±0,50 | 8,75±4,60 |
| **9** | 7 | 9,40±1,41 | 47,47±8,41 | 4,28±0,60 | 6,90±1,56 | 23,88±3,85 |
| **10** | 17 | 7,87±0,76 | 25,38±0,99 | 3,71±0,38 | 6,75±1,61 | 12,96±11,66 |
| **11** | 17 | 8,96±2,48 | 39,18±10,75 | 3,73±0,87 | 7,48±0,90 | 14,34±8,30 |
| **12** | 14 | 9,30±0,26 | 34,10±1,42 | 3,56±0,32 | 6,57±0,84 | 11,15±5,04 |
| **13** | 13 | 8,53±1,54 | 42,53±7,80 | 3,78±0,39 | 6,24±1,19 | 6,28±2,07 |
| **14** | 12 | 6,79±1,69 | 25,34±6,84 | 2,94±0,59 | 7,40±0,53 | 7,37±3,68 |
| **15** | 11 | 8,39±1,93 | 37,05±8,96 | 3,37±0,42 | 8,93±2,69 | 10,67±7,21 |
| **16** | 21 | 9,84±0,59 | 43,87±5,44 | 3,86±0,35 | 6,38±0,65 | 12,86±9,73 |
| **17** | 19 | 6,99±1,93 | 26,18±7,02 | 3,21±0,33 | 6,50±0,60 | 7,85±4,77 |
| **18** | 14 | 7,81±1,24 | 27,53±7,29 | 3,49±0,25 | 6,77±0,93 | 7,06±4,22 |
| **19** | 14 | 6,30±2,48 | 22,96±6,64 | 2,97±0,48 | 5,94±0,66 | 5,93±4,14 |
| **20** | 3 | 9,55±2,19 | 44,38±13,67 | 4,18±1,17 | 7,75±0,35 | 16,63±6,61 |
| **21** | 10 | 7,69±0,25 | 28,72±7,48 | 3,45±0,56 | 7,67±1,61 | 3,98±1,01 |
| **22** | 9 | 8,98±1,75 | 41,35±12,10 | 3,87±0,83 | 8,37±0,71 | 9,63±6,08 |
| **23** | 3 | 6,33±2,64 | 19,06±7,83 | 2,70±0,72 | 7,00±1,00 | 3,65±2,18 |
| **24** | 6 | 9,36±0,57 | 45,85±3,37 | 4,23±0,37 | 4,11±3,56 | 7,96±7,90 |
| **25** | 12 | 10,29±1,63 | 44,86±10,04 | 4,02±0,37 | 6,92±0,50 | 24,83±14,75 |
| **26** | 9 | 8,08±1,33 | 35,99±8,73 | 3,69±0,80 | 8,00±1,00 | 13,13±8,19 |
| **27** | 9 | 8,87±1,48 | 39,26±7,41 | 3,68±0,30 | 6,92±0,88 | 15,49±4,24 |
| **28** | 12 | 9,02±0,45 | 38,32±2,46 | 3,68±0,25 | 6,67±1,04 | 6,84±1,40 |
| **29** | 7 | 7,67±2,49 | 49,42±4,12 | 3,59±0,22 | 7,78±1,92 | 15,14±8,76 |
| **30** | 10 | 9,39±1,84 | 32,24±6,13 | 3,56±0,64 | 7,38±0,91 | 14,41±11,20 |
| **31** | 6 | 9,98±1,03 | 38,99±1,40 | 5,79±0,23 | 6,75±0,35 | 14,17±3,49 |
| **32** | 10 | 8,45±0,74 | 32,70±5,48 | 3,67±0,37 | 6,66±0,92 | 8,10±4,83 |
| **33** | 5 | 9,18±0,95 | 29,81±15,94 | 3,62±0,16 | 6,67±2,35 | 16,75±11,84 |
| **34** | 3 | 9,05±0,78 | 37,31±1,44 | 3,38±0,04 | 8,75±2,47 | 4,55±1,63 |
| **35** | 7 | 8,30±1,17 | 33,64±0,18 | 3,71±0,04 | 7,29±0,07 | 8,79±5,67 |
| **36** | 6 | 8,25±0,31 | 31,47±1,41 | 3,22±0,30 | 6,84±1,18 | 6,05±5,02 |
| **37** | 5 | 7,56±1,79 | 27,92±3,95 | 3,98±0,45 | 11,54±0,47 | 11,70±8,27 |
| **Média** | - | 8,38 | 34,24 | 3,56 | 7,02 | 10,49 |



TABELA 3A. Estimativas de médias e desvios padrões para os caracteres nutricionais: teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S),em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Progênie | Nº de indivíduos | N (g/Kg) | P (g/Kg) | K (g/Kg) | Ca (g/Kg) | Mg (g/Kg) | S (g/Kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12 | 34,04±3,08 | 1,96±0,24 | 8,60±2,27 | 6,68±0,38 | 2,83±0,29 | 1,88±0,38 |
| 2 | 13 | 33,79±3,48 | 2,26±0,17 | 9,00±2,62 | 8,08±1,91 | 2,69±1,40 | 1,91±0,22 |
| 3 | 19 | 32,06±2,62 | 2,12±0,04 | 8,60±1,83 | 6,73±0,25 | 3,64±0,46 | 2,02±0,10 |
| 4 | 19 | 34,70±1,85 | 2,29±0,12 | 10,80±1,20 | 10,14±5,03 | 3,15±0,94 | 2,03±0,05 |
| 5 | 16 | 33,55±2,49 | 2,21±0,36 | 11,60±3,90 | 8,27±1,79 | 3,20±0,16 | 1,78±0,15 |
| 6 | 18 | 31,11±0,94 | 2,02±0,09 | 9,60±0,85 | 7,66±0,54 | 3,69±0,21 | 2,05±0,04 |
| 7 | 19 | 31,48±1,48 | 1,80±0,22 | 7,60±3,08 | 8,07±0,96 | 2,87±0,55 | 1,77±0,28 |
| 8 | 13 | 31,55±2,23 | 2,00±0,18 | 10,00±4,81 | 9,15±2,16 | 3,46±0,52 | 1,89±0,29 |
| 9 | 7 | 31,39±3,51 | 2,30±0,23 | 11,40±0,85 | 8,32±1,64 | 2,96±0,87 | 2,29±0,20 |
| 10 | 17 | 29,94±4,29 | 1,90±0,12 | 10,00±3,52 | 8,28±2,03 | 2,39±1,77 | 1,79±0,21 |
| 11 | 17 | 36,54±3,06 | 2,36±0,10 | 9,20±0,69 | 9,52±2,17 | 3,16±0,60 | 1,92±0,29 |
| 12 | 14 | 34,32±3,96 | 2,01±0,13 | 12,60±3,75 | 7,44±3,64 | 2,23±0,52 | 1,50±0,23 |
| 13 | 13 | 32,20±4,67 | 2,06±0,12 | 7,60±0,69 | 9,55±2,99 | 3,70±1,06 | 1,92±0,14 |
| 14 | 12 | 31,17±2,15 | 1,81±0,12 | 9,00±2,16 | 8,20±2,07 | 2,80±0,88 | 1,89±0,25 |
| 15 | 11 | 33,32±2,74 | 2,01±0,12 | 8,20±1,51 | 7,84±1,91 | 2,61±0,05 | 1,95±0,06 |
| 16 | 21 | 34,44±4,01 | 2,04±0,36 | 10,40±3,30 | 10,39±1,97 | 3,06±0,16 | 1,56±0,19 |
| 17 | 19 | 31,71±1,89 | 1,85±0,20 | 7,20±2,62 | 9,93±1,91 | 2,98±1,11 | 1,84±0,15 |
| 18 | 14 | 33,32±0,73 | 1,95±0,14 | 10,80±1,20 | 8,29±0,67 | 2,75±1,00 | 1,91±0,15 |
| 19 | 14 | 33,09±3,44 | 2,40±0,30 | 10,40±0,92 | 7,48±0,56 | 3,59±0,74 | 2,02±0,09 |
| 20 | 3 | 32,97±3,37 | 2,19±0,23 | 10,50±1,27 | 7,32±0,85 | 2,63±0,25 | 1,49±0,08 |
| 21 | 10 | 35,70±5,23 | 1,97±0,20 | 10,40±0,69 | 8,84±1,56 | 3,20±0,42 | 1,63±0,34 |
| 22 | 9 | 30,45±1,70 | 2,15±0,33 | 12,20±1,73 | 8,79±2,00 | 2,57±1,33 | 1,76±0,12 |
| 23 | 3 | 28,75±1,67 | 1,87±0,32 | 8,20±3,46 | 7,92±1,80 | 2,80±0,49 | 1,83±0,19 |
| 24 | 6 | 32,50±2,06 | 2,14±0,06 | 8,60±1,83 | 8,28±1,08 | 3,24±0,96 | 1,83±0,03 |
| 25 | 12 | 35,00±4,85 | 2,08±0,12 | 10,00±2,27 | 7,96±3,37 | 3,01±0,46 | 1,80±0,17 |
| 26 | 9 | 32,55±2,66 | 2,07±0,09 | 8,60±2,42 | 8,45±3,54 | 2,75±0,85 | 1,88±0,07 |
| 27 | 9 | 33,76±0,45 | 1,96±0,10 | 8,80±3,08 | 8,63±0,99 | 2,54±0,35 | 1,93±0,20 |
| 28 | 12 | 31,99±3,30 | 2,09±0,21 | 10,40±3,41 | 9,85±1,93 | 2,30±1,12 | 2,20±0,17 |
| 29 | 7 | 30,92±4,29 | 1,76±0,09 | 10,20±1,04 | 8,61±1,53 | 3,05±0,53 | 1,84±0,44 |
| 30 | 10 | 31,24±2,49 | 2,29±0,37 | 8,60±1,93 | 8,29±1,79 | 3,75±0,64 | 2,21±0,43 |
| 31 | 6 | 36,29±0,05 | 2,06±0,13 | 7,50±2,97 | 7,44±0,06 | 3,35±0,69 | 1,91±0,10 |
| 32 | 10 | 32,04±2,37 | 2,01±0,05 | 8,80±1,39 | 8,05±1,44 | 3,00±0,81 | 1,88±0,33 |
| 33 | 5 | 31,57±1,68 | 1,95±0,23 | 9,30±1,27 | 7,70±1,16 | 3,45±1,15 | 1,96±0,17 |
| 34 | 3 | 34,30±0,40 | 2,22±0,29 | 8,10±2,12 | 8,76±2,94 | 2,24±0,87 | 2,24±0,49 |
| 35 | 7 | 33,67±3,96 | 1,86±0,40 | 6,90±1,27 | 8,00±0,79 | 4,64±0,12 | 1,84±0,08 |
| 36 | 6 | 29,96±2,67 | 1,66±0,12 | 8,70±2,12 | 9,76±3,45 | 1,87±1,97 | 1,75±0,22 |
| 37 | 5 | 33,21±1,44 | 2,21±0,14 | 11,10±2,12 | 6,30±0,99 | 3,00±0,17 | 2,20±0,02 |
| **Média** | - | 32,72 | 2,05 | 9,46 | 8,39 | 2,99 | 1,88 |

Faixas adequadas: N: 26,0<N<35,0; P: 1,6<P<2,3, K: 10,0<K<14,0; Ca: 7,6<Ca<8,2, Mg:1,7<Mg<2,4; S: 1,8<S<2,6, conforme Malavolta et al. (1987).

TABELA 4A. Quadrados médios para os efeitos de família (FAM), do erro (ERRO) e dentro de parcelas (DENTRO), para os caracteres culturais e nutricionais, em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

**CARACTERES CULTURAIS**

| FV | GL | AP* (m) | CC* (cm) | NA* (unid.) | EC* (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **FAM** | 36 | 2,5512 | 123,4885 | 1,9513 | 0,3264 |
| **ERRO** | 63 | 2,0268 | 50,2459 | 1,5737 | 0,2187 |
| **DENTRO** | (n-1)pr | 2,2560 | 99,4437 | 2,4659 | 0,5666 |

*AP: altura de plantas, CC: perímetro do caule, NA: número de anéis de vasos laticíferos, EC: espessura da casca

**CARÁTER CULTURAL**

| FV | GL | PB* (g) |
|---|---|---|
| **FAM** | 36 | 56,2468 |
| **ERRO** | 53 | 31,0998 |
| **DENTRO** | (n-1)pr | 75,9856 |

*PB: produção de borracha seca

**CARACTERES NUTRICIONAIS**

| FV | GL | N (g/kg) | P (g/kg) | K (g/kg) | Ca (g/kg) | Mg (g/kg) | S (g/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FAM** | 36 | 8,8945 | 0,0828 | 5,3333 | 2,5172 | 0,6843 | 0,0873 |
| **ERRO** | 63 | 6,4563 | 0,0425 | 5,8433 | 4,6007 | 0,7095 | 0,0499 |

TABELA 5A. Estimativas das variâncias dentro ($\hat{\sigma}_d^2$), do erro entre parcelas ($\hat{\sigma}_e^2$), entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$) e fenotípica média ($\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2$) para os caracteres agronômicos, em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | $\hat{\sigma}_d^2$ | $\hat{\sigma}_e^2$ | $\hat{\sigma}_p^2$ | $\hat{\sigma}_A^2$ | $\hat{\sigma}_F^2$ | $\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2$ | $\bar{k}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **AP (m)** | 2,2559 | 1,1984 | 0,1748 | 0,6992 | 3,6291 | **0,8504** | 2,7233 |
| **CC (cm)** | 99,4437 | 13,9556 | 24,4142 | 97,6568 | 137,8135 | **41,1628** | 2,7402 |
| **EC (mm)** | 0,5666 | 0,0077 | 0,0359 | 0,1436 | 0,6102 | **0,1088** | 2,6862 |
| **NA (unidade)** | 2,4659 | 0,6209 | 0,1259 | 0,5035 | 3,2127 | **0,6504** | 2,5881 |
| **PB (g)** | 75,9856 | 3,0024 | 8,3823 | 33,5292 | 87,3703 | **18,7489** | 2,7044 |

AP: altura de plantas, CC: perímetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

TABELA 6A. Estimativas das variâncias do erro ($\hat{\sigma}^2$), entre progênies ($\hat{\sigma}^2_P$), aditiva ($\hat{\sigma}^2_A$) e fenotípica média ($\hat{\sigma}^2_F$) para os caracteres nutricionais, em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | Variâncias | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $\hat{\sigma}^2$ | $\hat{\sigma}^2_P$ | $\hat{\sigma}^2_A$ | $\hat{\sigma}^2_F$ |
| **N (g/kg)** | 6,456297 | 0,812748 | 3,250994 | 2,964847 |
| **P (g/kg)** | 0,042534 | 0,013408 | 0,053634 | 0,027587 |
| **K (g/kg)** | 5,843288 | -0,170001 | -0,680032 | 1,777755 |
| **Ca (g/kg)** | 4,600673 | -0,694495 | -2,777979 | 0,839063 |
| **Mg (g/kg)** | 0,709529 | -0,008412 | -0,033647 | 0,228098 |
| **S (g/kg)** | 0,049938 | 0,012470 | 0,049880 | 0,029116 |

TABELA 7A. Estimativas do produto médio de progênies (acima da diagonal) e do erro (abaixo da diagonal) entre os caracteres agronômicos estudados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | AP | CC | EC | NA | PB |
|---|---|---|---|---|---|
| **AP** | ------ | 15,4253 | 0,7119 | -0,0450 | 5,4092 |
| **CC** | 7,9232 | ------ | 5,5804 | -0,6846 | 22,7238 |
| **EC** | 0,3301 | 2,2860 | ------ | -0,1350 | 2,0240 |
| **NA** | -0,1363 | 0,8666 | 0,0785 | ------ | 0,3692 |
| **PB** | 1,8330 | 8,9569 | 0,8473 | 1,7840 | ------ |

AP: altura de plantas, CC: per[imetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

TABELA 8A. Estimativas do produto médio de progênies (acima da diagonal) e do erro (abaixo da diagonal) entre os caracteres nutricionais estudados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **N** | ------ | 9,6820 | 15,8011 | 12,0161 | 10,1492 | 8,7112 |
| **P** | 0,1117 | ------ | 0,2084 | -0,0210 | 0,0544 | 0,0331 |
| **K** | 0,3187 | 0,1968 | ------ | -0,0041 | -0,5346 | -0,1255 |
| **Ca** | -0,9867 | 0,0324 | -0,9565 | ------ | -0,1565 | -0,0285 |
| **Mg** | 0,0804 | -0,0472 | -0,2071 | -0,8754 | ------ | 0,0473 |
| **S** | -0,0941 | 0,0022 | 0,0925 | 0,0678 | -0,0146 | ------ |

TABELA 9A. Estimativas da covariância entre progênies (acima da diagonal) e da covariância fenotípica, em nível de média de família (abaixo da diagonal), entre os caracteres culturais estudados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | AP | CC | EC | NA | PB |
|---|---|---|---|---|---|
| **AP** | ------ | 2,5007 | 0,1273 | 0,0304 | 1,1921 |
| **CC** | 5,1418 | ------ | 1,0981 | -0,5171 | 4,5890 |
| **EC** | 0,2373 | 1,8601 | ------ | -0,0712 | 0,3922 |
| **NA** | -0,0150 | -0,2282 | -0,0450 | ------ | -0,4716 |
| **PB** | 1,8031 | 7,5746 | 0,6747 | 0,1231 | ------ |

AP: altura de plantas, CC: per[imetro do caule, EC: espessura de casca, NA: número de anéis de vasos laticíferos, PB: produção de borracha seca.

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

TABELA 10A. Estimativa da covariância entre progênies (acima da diagonal) e da covariância fenotípica, em nível de média de família (dados abaixo da diagonal), entre os caracteres nutricionais estudados em um teste de progênies de seringueira em Selvíria - MS.

| Caráter | N | P | K | Ca | Mg | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **N** | ------ | 0,0802 | 0,1560 | 0,4296 | 0,0683 | -0,0137 |
| **P** | 0,1175 | ------ | 0,0039 | -0,0267 | 0,0508 | 0,0154 |
| **K** | 0,2622 | 0,0695 | ------ | 0,3175 | -0,1638 | -0,1090 |
| **Ca** | 0,1007 | -0,0070 | -0,0014 | ------ | 0,2396 | -0,0482 |
| **Mg** | 0,0951 | 0,0181 | -0,1782 | -0,0522 | ------ | 0,0207 |
| **S** | -0,0451 | 0,0110 | -0,0418 | -0,0095 | 0,0158 | ------ |



TABELA 11A. Número de árvores em cada um dos estágios fenológicos estudados, apresentado pelas 37 progênies de seringueira.

| Data da avaliação | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 07/07/2000 | 68 | 24 | 163 | 24 | 142 | 7 |
| 07/08/2000 | 22 | 40 | 52 | 293 | 54 | 8 |
| 18/08/2000 | 10 | 47 | 21 | 265 | 75 | 9 |
| 25/08/2000 | 6 | 23 | 8 | 306 | 77 | 19 |
| 01/09/2000 | 5 | 44 | 4 | 316 | 53 | 11 |
| 11/09/2000 | 4 | 23 | 2 | 348 | 44 | 11 |
| 15/09/2000 | 0 | 5 | 0 | 392 | 24 | 11 |
| 22/09/2000 | 0 | 9 | 0 | 395 | 17 | 11 |
| 28/09/2000 | 4 | 0 | 0 | 409 | 8 | 11 |
| 09/10/2000 | 4 | 0 | 0 | 408 | 9 | 11 |
| 16/10/2000 | 1 | 0 | 0 | 389 | 0 | 35 |
| 23/10/2000 | 4 | 0 | 3 | 364 | 0 | 54 |
| 30/10/2000 | 3 | 0 | 5 | 361 | 0 | 56 |
| 06/11/2000 | 3 | 0 | 4 | 361 | 0 | 56 |
| 14/11/2000 | 2 | 0 | 3 | 361 | 0 | 62 |
| 22/11/2000 | 0 | 0 | 0 | 353 | 1 | 72 |

A - folhas maduras; B - senescência e desfolhamento natural ; C - planta totalmente desfolhada; D - reenfolhamento natural; E - floração; F - frutificação.

Obs: número total de árvores avaliadas 421

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

TABELA 12A. Comprimento, largura e área foliares médias de uma folha para as 37 progênies de seringueira estudadas.

| Progênie | Comprimento (cm) | Largura (cm) | Área foliar ($cm^2$) |
|---|---|---|---|
| 1 | 13,12 | 5,07 | 43,49 |
| 2 | 13,73 | 6,07 | 54,26 |
| 3 | 14,14 | 5,69 | 52,84 |
| 4 | 15,53 | 6,37 | 64,91 |
| 5 | 14,23 | 5,81 | 56,05 |
| 6 | 13,29 | 5,37 | 46,20 |
| 7 | 14,85 | 5,49 | 52,76 |
| 8 | 16,30 | 6,88 | 75,31 |
| 9 | 16,06 | 6,19 | 63,71 |
| 10 | 14,50 | 5,95 | 56,95 |
| 11 | 13,36 | 5,62 | 48,40 |
| 12 | 12,82 | 5,40 | 46,37 |
| 13 | 15,78 | 6,91 | 77,37 |
| 14 | 15,40 | 5,96 | 58,75 |
| 15 | 15,39 | 5,99 | 59,02 |
| 16 | 13,82 | 5,33 | 49,11 |
| 17 | 14,97 | 6,06 | 61,42 |
| 18 | 13,53 | 5,77 | 50,62 |
| 19 | 14,04 | 5,75 | 52,67 |
| 20 | 13,17 | 5,48 | 48,28 |
| 21 | 14,68 | 6,20 | 57,50 |
| 22 | 15,39 | 6,02 | 59,29 |
| 23 | 18,23 | 6,39 | 58,57 |
| 24 | 14,45 | 6,93 | 65,02 |
| 25 | 15,14 | 6,04 | 58,46 |
| 26 | 15,05 | 5,21 | 50,89 |
| 27 | 15,69 | 6,23 | 64,19 |
| 28 | 13,38 | 5,40 | 48,88 |
| 29 | 15,45 | 6,39 | 67,04 |
| 30 | 14,44 | 5,66 | 52,57 |
| 31 | 13,83 | 4,93 | 43,60 |
| 32 | 14,29 | 5,69 | 52,68 |
| 33 | 17,03 | 7,33 | 84,24 |
| 34 | 15,13 | 6,15 | 61,71 |
| 35 | 14,75 | 6,56 | 65,68 |
| 36 | 14,46 | 6,34 | 61,35 |
| 37 | 15,71 | 6,82 | 73,42 |
| **MÉDIA** | 14,71 | 5,96 | 57,50 |
| **CV%** | 7,84 | 9,38 | 16,54 |

unesp

TABELA 13A. Quadrados médios entre famílias, indivíduos/família e genes/indivíduo/família para os três alelos do Est-1, em um teste de progênies de seringueira.

| F.V. | G.L. | ALELOS | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Família | 36 | 0,2765 | 0,2615 | 0,0060 |
| Indivíduos | 377 | 0,1597 | 0,1565 | 0,0060 |
| Genes | 413 | 0,0521 | 0,0508 | 0,0012 |

TABELA 14A. Quadrados médios entre famílias, indivíduos/família e genes/indivíduo/família para os três alelos do Got-1, em um teste de progênies de seringueira.

| F.V. | G.L. | ALELOS | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Família | 36 | 0,0415 | 0,2279 | 0,2314 |
| Indivíduos | 376 | 0,0385 | 0,1221 | 0,0902 |
| Genes | 412 | 0,0109 | 0,0837 | 0,0728 |

cm 1 2 3 4 5 6 7 unesp 1 12 13 14 15 16 17 18

TABELA 15A. Quadrados médios entre famílias, indivíduos/família e genes/indivíduo/família para os três alelos do Lap-1, em um teste de progênies de seringueira.

| F.V. | G.L. | ALELOS | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Família | 36 | 0,2283 | 0,2496 | 0,0668 |
| Indivíduos | 376 | 0,0881 | 0,1292 | 0,0446 |
| Genes | 412 | 0,0388 | 0,0643 | 0,0303 |

TABELA 16A. Quadrados médios entre famílias, indivíduos/família e genes/indivíduo/família para os três alelos do Skdh-1, em um teste de progênies de seringueira.

| F.V | G.L. | ALELOS | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Família | 36 | 0,8882 | 0,9052 | 0,2174 | 0,4827 |
| Indivíduos | 337 | 0,2746 | 0,3017 | 0,1159 | 1,1092 |
| Genes | 373 | 0,1381 | 0,1300 | 0,0845 | 0,0469 |

unesp

TABELA 17A. Estimativas das variâncias entre famílias ($\hat{\sigma}_F^2$); entre indivíduos (I/F), ($\hat{\sigma}_I^2$); entre genes (G/I/F), ($\hat{\sigma}_G^2$); da variância total ($\hat{\sigma}_T^2$), para dezesseis alelos em cinco locos em uma população natural de seringueira do Estado do Acre.

| Locos/alelos | $\hat{\sigma}_G^2$ | $\hat{\sigma}_I^2$ | $\hat{\sigma}_F^2$ | $\hat{\sigma}_T^2$ |
|---|---|---|---|---|
| **α Est – 1** | | | | |
| **1** | 0,0521 | 0,0539 | 0,0053 | 0,1112 |
| **2** | 0,0508 | 0,0529 | 0,0047 | 0,1085 |
| **3** | 0,0012 | 0,0024 | 0 (-0,000002) | 0,0036 |
| **Got – 1** | | | | |
| **1** | 0,0109 | 0,0138 | 0,0001 | 0,0248 |
| **2** | 0,0837 | 0,0192 | 0,0048 | 0,1077 |
| **3** | 0,0728 | 0,0087 | 0,0064 | 0,0879 |
| **Lap –1** | | | | |
| **1** | 0,0388 | 0,0247 | 0,0063 | 0,0698 |
| **2** | 0,0643 | 0,0324 | 0,0054 | 0,1022 |
| **3** | 0,0300 | 0,0071 | 0,0010 | 0,0382 |
| **Skdh –1** | | | | |
| **1** | 0,1381 | 0,0684 | 0,0306 | 0,2370 |
| **2** | 0,1300 | 0,0860 | 0,0301 | 0,2460 |
| **3** | 0,0845 | 0,0158 | 0,0051 | 0,1053 |
| **4** | 0,0469 | 0,5319 | 0(-0,0313) | 0,5475 |
| **Anava conjunta** | 0,0607 | 0,1272 | 0,0055 | 0,1935 |

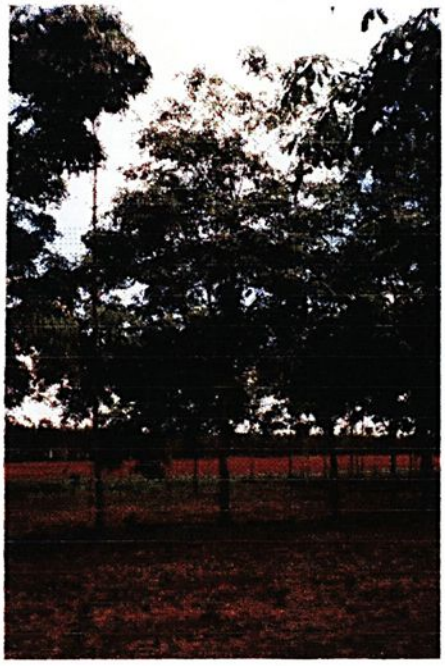


Figura 1A. Diferenças morfológicas entre copas de progênies de seringueira em Selvíria – MS.



FIGURA 2A. Diferenças morfológicas entre folhas de progênies de seringueira em Selvíria – MS.

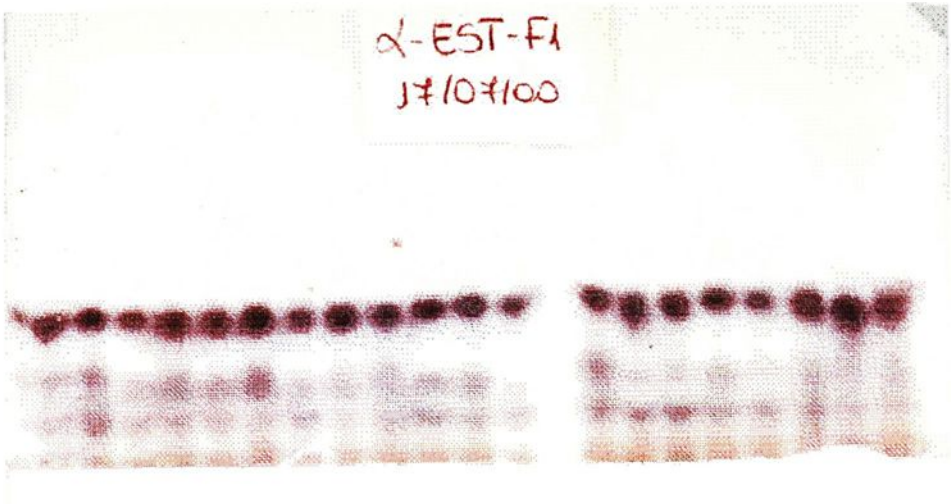



FIGURA 3A. Zimograma, ainda em gel, do sistema enzimático α-EST (α-esterase).




FIGURA 4A. Zimograma, ainda em gel, do sistema enzimático GOT (glutamato oxaloacetato transaminase).

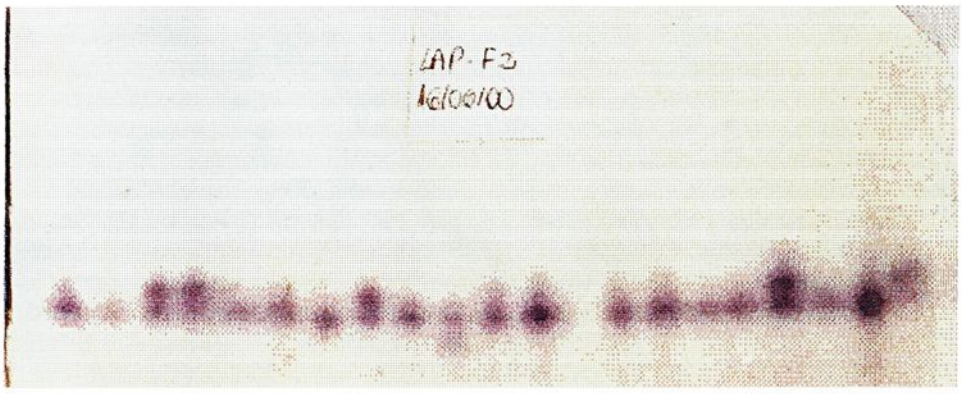



FIGURA 5A. Zimograma, ainda em gel, do sistema enzimático LAP (leucina aminopeptidase).

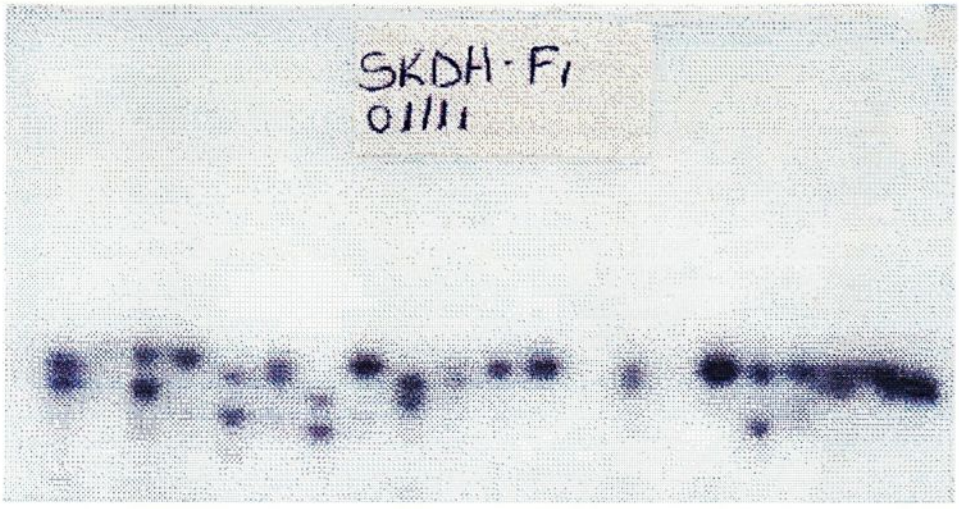



FIGURA 6A. Zimograma, ainda em gel, do sistema enzimático SKDH (xiquimato desidrogenase).

# TESTE DE PROGÊNIES DE SERINGUEIRA

[*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. Adr. De Juss.) Muell. Arg.]

Instalação: 06/12/91. Espaçamento: 5x3 metros. Local: FEP-Selvíria-MS

Delineamento: Blocos Casualizados (desbalanceado).

**N° de plantas/progênie: 1 a 19 (10 nas 3 repetições), 21 a 32 (5 nas 3 repetições), 33 a 37 (5 nas repetições I e II), 38 a 42 (5 mudas na repetição III).**

## CROQUI DE CAMPO

CERRADO

ESTRADA

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31 | 1 | 10 | 8 | 23 | 17 | 26 | 7 | -- |
| 32 | 24 | 33 | 19 | 35 | 2 | 12 | 28 | 37 | 3 |
| 34 | 18 | 4 | 27 | 30 | 29 | 9 | 36 | 11 | 20 |
| 10 | 5 | 14 | 16 | 15 | 13 | 22 | 25 | -- | -- |

REP. I

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 3 | 1 | 25 | 18 | 8 | 9 | 12 | -- | -- |
| 37 | 29 | 4 | 17 | 16 | 7 | 22 | 10 | 20 | -- |
| 24 | 35 | 33 | 19 | 11 | 32 | 14 | 15 | 36 | 28 |
| 2 | 34 | 5 | 31 | 27 | 30 | 6 | 13 | 23 | 26 |

REP. II

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 3 | 1 | 25 | 18 | 8 | 9 | 12 | -- | -- |
| 37 | 29 | 4 | 17 | 16 | 7 | 22 | 10 | 20 | -- |
| 24 | 35 | 33 | 19 | 11 | 32 | 14 | 15 | 36 | 28 |
| 2 | 34 | 5 | 31 | 27 | 30 | 6 | 13 | 23 | 26 |

REP. III

ACROCARPUS

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO**
**AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31**
**15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP**