

FERNANDA ALMEIDA DE CARVALHO VIEIRA

ANÁLISE DIALÉTICA DE JINKS & HAYMAN EM GENÓTIPOS DE
ALGODOEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Júlio César Viglioni Penna

Co-orientador

Prof. Dr. Paulo Antonio de Aguiar

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V658a Vieira, Fernanda Almeida de Carvalho, 1981-
Análise dialéctica de Jinks & Hayman em genótipos de
algodoeiro /

Fernanda Almeida de Carvalho Vieira. - 2006.

54 f. : il.

Orientador: Júlio César Viglioni Penna.

Co-orientador: Paulo Antonio Aguiar.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pro-
grama de Pós-Graduação em Agronomia.

Inclui bibliografia.

1. Algodão - Fitotecnia- Teses. I. Penna, Júlio César
Viglioni. II. Aguiar, Paulo Antonio. III. Universidade Federal
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
IV. Título.

CDU:

633.51:631.52

FERNANDA ALMEIDA DE CARVALHO VIEIRA

ANÁLISE DIALÉTICA DE JINKS & HAYMAN EM GENÓTIPOS DE
ALGODOEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 20 de Dezembro de 2006.

Prof. Dr. Paulo Antonio Aguiar
(co-orientador)

ULBRA

Prof. Dr. Osvaldo T. Hamawaki

UFU

Prof. Dr. Mauricio Martins

UFU

Prof. Dr. Júlio César Viglioni Penna

ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

A Deus, pela iluminação e proteção durante todos os momentos,

AGRADEÇO

Ao meu filho Vitor, pelo sorriso e pela alegria que me fez ir adiante em meus propósitos.

Ao meu pai Horacio, por acreditar que suas meninas podiam aprender um pouco mais e também pela amizade e sabedoria.

À minha mãe Edésia, por sua luta e suas lições de trabalho e esmero.

À minhas irmãs Daiane e Ariane, por sonharem junto comigo.

A todos vocês,

DEDICO

Ao meu esposo Vilson, por me amar incondicionalmente, pela compreensão e pelo apoio, como prova de gratidão, além do meu amor...

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e por ter me dado forças para chegar até aqui.

À Universidade Federal de Uberlândia(UFU), por esta grande oportunidade.

Ao Prof. Dr. Júlio César Viglioni Penna, pela orientação, por ter acreditado em mim e, sobretudo, pela compreensão.

Ao Prof. Dr. Paulo Antonio Aguiar, pela cessão de dados, co- orientação e participação na banca de defesa.

Aos professores Dr. Osvaldo T. Hamawaki e Dr. Mauricio Martins, pelo aceite de participação da banca de defesa.

Aos professores do Programa de Pós – Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos.

À Maria Aparecida Fontoura (Cida), secretária da coordenação da Pós-Graduação, pela presteza.

Ao Célio, Maurinho, Vital, Miramar, Baltazar, Adriana, Luciano, Ana Paula, Clayton, Viviane e todos os funcionários da Fazenda Água Limpa, pela amizade, convivência e ajuda em diversos momentos de trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Capim Branco, pelo apoio.

A Carmem Lucia Vieira Clapis, minha eterna gratidão pela ajuda nos momentos difíceis.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 O algodoeiro	03
2.2 O melhoramento do algodoeiro.....	05
2.2.1 Análise dialéctica de Jinks - Hayman	06
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Genótipos usados e procedimentos de campo.....	10
3.2 Características agronômicas analisadas.....	11
3.3 Características tecnológicas de fibra analisadas.....	12
3.4. Análise de variância.....	13
3.5. Análise de Jinks & Hayman.....	13
4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Testes de suficiência do modelo aditivo-dominante.....	18
4.1.1 Análises de variância da quantidade W_r - V_r	18
4.1.2 Análise de regressão linear de W_r , em função de V_r	18
4.2 Características agronômicas avaliadas.....	21
4.2.1 Rendimento de algodão em caroço – RAC.....	21
4.2.2 Porcentagem de fibra- PF.....	25
4.2.3 Peso de 100 sementes – PS.....	27
4.2.4 Rendimento de algodão em pluma-RAP.....	28
4.2.5 Índice de produção e precocidade – IPP.....	29
4.3 Características tecnológicas de fibra.....	31
4.3.1 Finura –FIN.....	31
4.3.2 Resistência de fibras – RES.....	32
4.3.3 Uniformidade de fibras – UNI.....	34
4.3.4 Índice de fibras curtas - IFC	36
4.3.5 Fiabilidade- FIA.....	37
5 CONCLUSÕES	40
6 REFERÊNCIAS.....	41

RESUMO

VIEIRA, FERNANDA ALMEIDA DE CARVALHO. Análise dialélica de Jinks & Hayman em genótipos de algodoeiro. 2006. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. ¹

Este trabalho teve por objetivo estimar parâmetros genéticos em um dialelo de algodão, segundo o método de Jinks & Hayman. O experimento foi conduzido na área experimental do curso de Agronomia de Itumbiara – Go (ILES/ULBRA), em 2003. Os cruzamentos foram realizados entre oito cultivares comerciais de algodoeiros, resultando em 36 tratamentos considerados neste estudo. Avaliaram-se os seguintes caracteres: Rendimento de algodão em caroço (kg/ha), porcentagem de fibra (%), peso de 100 sementes (g), rendimento de algodão em pluma (kg/ha), índice de produção e precocidade, finura (índice micronaire), resistência de fibras (gf/tex), comprimento de fibras (SL 2,5% mm), uniformidade de fibras (%), índice de fibras curtas (%), alongação de fibras (%), índice de fiabilidade (csp), grau de reflectância (rd). Com exceção da característica grau de reflectância, todas as outras 13 apresentaram variabilidade entre os tratamentos na análise de variância simples. As características de comprimento de fibras e alongação de fibras não passaram pelos testes de análise de regressão linear de W_r , em função de V_r , que é um teste de suficiência do modelo genético aditivo-dominante. A maioria das características apresentou ação gênica aditiva. Os maiores valores encontrados para a herdabilidade, no sentido amplo e restrito, foram para as características porcentagem de fibra e peso de 100 sementes. Os genitores Antares e Delta Opal foram os mais indicados para o melhoramento das características agrônomicas, excluindo peso de sementes e o genitor Delta Opal, foram indicados para a maioria das características tecnológicas de fibra (resistência, uniformidade e índice de fibras curtas).

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum L.*, melhoramento vegetal, algodão, dialelo.

¹Orientador: Júlio César Viglioni Penna – UFU(Orientador) e Paulo Antonio de Aguiar (co-orientador).

ABSTRACT

VIEIRA, FERNANDA ALMEIDA DE CARVALHO. **Diallel analysis on upland cotton hybrids**. 2006. 63p. Uberlândia: UFU, 2006. 63 p. Dissertation (Master in Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.¹

This research aimed at the estimation of genetic parameters in a diallel cross according to the methodology developed by Jinks & Hayman. The experiment was conducted in an experimental area of the Agronomy Dept. of the ILES/ULBRA University, at Itumbiara, Goiás, Brazil in 2003. Treatments tested comprised the eight parental cultivars and their 28 hybrid combinations. The following traits were submitted to the J&H analysis: cottonseed yield, lint yield, picked lint percent, seed index, index of production and earliness, fiber strength, uniformity of length, short fiber index, CSP index and reflectance. With the exception of the latter, all other traits presented variability among treatments based on the anova. Fiber length and elongation, failed to meet at least one of the assumptions of the additive–dominant genetic model for the analysis and therefore were not considered further. The higher values of heritability in both narrow and broad sense were estimated for the traits lint percent and seed index. The parental genotypes Antares and CD-403 were found to be the most indicated for the improvement of the majority of the agronomic traits. On the other hand, DeltaOpal was the one indicated for the improvement of most fiber traits.

Key-words: *Gossypium hirsutum* L., cotton breeding, upland cotton, diallel analysis.

¹Major Advisor: Julio César Viglioni Penna – UFU; Co-advisor: Paulo Antonio de Aguiar - ILES/ULBRA

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios dos tempos a preocupação com a melhoria das características das espécies cultivadas fez com que os agricultores realizassem o melhoramento genético de plantas por meio da seleção. No passado, este trabalho era realizado de maneira subjetiva, baseado principalmente na observação das plantas que se destacavam das demais. Hoje, o crescimento populacional e conseqüentemente o aumento de consumo fizeram com que as técnicas de melhoramento se aprimorassem para tentar suprir as necessidades da população.

A cotonicultura tem sido alvo de estudos visando o melhoramento, devido a sua importância econômica e social para o Brasil. O algodoeiro (*Gossypium hirsutum L.*) é uma planta autógama com alta taxa de fecundação cruzada, podendo atingir 50%, o que exige a escolha de técnicas específicas aplicadas ao seu melhoramento.

Para que um programa de melhoramento tenha sucesso é preciso antes de tudo escolher os genitores para obtenção de linhagens superiores e com alta adaptabilidade e estabilidade de produção. Tais parentais devem ser divergentes geneticamente (para que as populações segregantes apresentem maior variabilidade genética), com alta produtividade e boas qualidades agronômicas.

O melhoramento do algodoeiro no Brasil, de uma maneira mais organizada, firmou-se em meados da década de 1920, concomitantemente nos estados de São Paulo e de Minas Gerais (Penna, 1999).

Os cultivares modernos de algodoeiro precisam atender às demandas de, basicamente, três setores da economia: o produtor, as empresas de beneficiamento e a indústria de fiação e tecelagem. Ao produtor interessam cultivares produtivos, de porte e maturação uniformes, resistentes às principais doenças e às pragas que infestam as lavouras. O advento da colheita mecanizada exige, atualmente, uma boa adaptação dos cultivares a esta prática, no que diz respeito a porte das plantas e arquitetura geral. À indústria do beneficiamento interessa, sobretudo, o rendimento da pluma extraída do algodão em caroço. Para a indústria de fiação e tecelagem, uma série de atributos físicos da fibra (qualidade de fibra) é exigida dos cultivares (Penna, 1999).

A indústria têxtil nacional exige fibras médias, longas e extralongas com as características que a indústria considera ideais para fibra, cada vez mais finas e resistentes, que possam ser fiadas em rotores de alta velocidade. Nas fiações modernas

devem apresentar índice de micronaire na faixa de 3.5 a 4.2 mg/in e resistência em HVI superior a 24gf/tex (Santana et al, 1999).

Para realizar uma escolha criteriosa dos cultivares a serem cruzados num programa de melhoramento, é necessário conhecer a base genética dos caracteres a serem melhorados. Assim, as análises dialéticas, segundo os modelos desenvolvidos por Hayman, 1954b e Jinks & Hayman, 1953, dão informações importantes ao melhorista, tais como a presença de efeitos genéticos aditivo-dominante e sobre componentes e parâmetros genéticos (herdabilidade nos sentidos amplo e restrito; grau médio de dominância; proporção de alelos com efeitos positivos e negativos nos parentais; razão entre o número total de genes dominantes e recessivos nos parentais e grau de dominância por loco).

Este trabalho teve como objetivo determinar os parâmetros genéticos gerados pelas análises de Hayman, 1954b e Jinks & Hayman, 1953 para 10 características e em um cruzamento dialético envolvendo oito cultivares comerciais de algodoeiros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O algodoeiro

O algodão é uma planta pertencente a ordem *Malvales*, família *Malvaceae*, tribo *Gossypieae* e gênero *Gossypium*. Segundo Fryxell (1984) existem 52 espécies pertencentes a esse gênero, que podem ser divididas em três modos diferentes, conforme a domesticação, constituição genética e produção de fibra:

- a) espécies selvagens e espécies cultivadas;
- b) espécies diplóides ($2n=26$) e espécies tetraplóides ($2n=52$);
- c) espécies produtoras e não produtoras de fibra fiável.

As espécies tetraplóides cultivadas, ou algodoeiros do Novo Mundo, são *Gossypium hirsutum* e *G. barbadense*. Esta última é conhecida como algodoeiro Pima, Egípcio ou Tanguis, e produz algodão de fibra longa e de alta qualidade. Seu cultivo é realizado principalmente no Egito, Sudão, Peru, Estados Unidos e em alguns países da antiga União Soviética, sendo que pouco mais de 5% da produção mundial deve-se a essa espécie. A espécie *Gossypium hirsutum* é conhecida como algodoeiro “anual ou “herbáceo”, no Brasil e como “upland”, no hemisfério norte, sendo responsável por mais de 90% da produção mundial e sendo distribuído em praticamente todos os países produtores de algodão do mundo (Fuzatto, 1999; Penna, 1999).

A área total a ser cultivada por algodão no País, na safra 2006/07, será de 1,03 milhões de hectares, 20,8% (178,2 mil hectares) superior à da safra anterior. A produção de algodão em caroço será superior à da safra passada em 27,0% (734,7 mil toneladas) e a de pluma em 29,4% (305,0 mil toneladas). O ganho de área está relacionado a uma melhora nos preços do produto no âmbito dos mercados interno e externo, tendo em vista que a produção mundial da safra 2006/07 está estimada em volumes inferiores à demanda, com a conseqüente redução nos estoques de passagem. Essa situação indica uma perspectiva de incremento das exportações brasileiras. A esse fator, somam-se as previsões favoráveis das condições climáticas, resultando em um quadro positivo de aumento da produção nacional. (CONAB, 2007).

A produção mundial de algodão deve atingir 24,9 milhões de toneladas na safra 2006/2007, 1% a mais do que na safra passada, segundo o Comitê Consultivo Internacional do Algodão.

No algodoeiro, quase tudo é aproveitado, notadamente o caroço (que representa em torno de 65% do peso da produção) e a fibra, (35% do peso da produção). Os restos de cultura – caule, folhas maçãs, capulhos – podem ser utilizados na alimentação de animais em geral. O caroço (semente) é rico em óleo (18-25%) e contém 20-25% de proteína bruta; o óleo extraído da semente é refinado e destinado à alimentação humana e fabricação de margarina e sabões. O bagaço (farelo ou torta), subproduto da extração do óleo, é destinado à alimentação animal (bovinos, aves, suínos), devido ao seu alto valor proteico (40-45% de proteína bruta). A fibra, principal produto do algodoeiro, tem mais de 400 aplicações industriais, dentre as quais a confecção de fios para tecelagem (tecidos variados), algodão hidrófilo para enfermagem, confecção de feltro de cobertores, de estofamentos, obtenção de celulose, entre outros. Hoje, 90% do comércio é com fibras tamanho médio (SEAGRI, 2005).

A semente, utilizada para multiplicar a planta, deve apresentar um mínimo de 65% de germinação e mínimo de 96% de pureza. O peso de 100 sementes varia de 10 a 14g. Fecundada a flor do algodoeiro, a fibra de algodão desenvolve-se na epiderme (parede mais externa) da semente. Cada fibra é formada por uma célula simples dessa epiderme, que se alonga (1mm. /dia) até o seu tamanho final (segundo cultivar e condições edafoclimáticas) (SEAGRI, 2005).

O algodão produzido no cerrado possui alta qualidade de fibra, podendo ser considerado equivalente aos melhores algodões produzidos na Austrália e Estados Unidos. Na Tabela 1, podem ser observadas as características médias dos algodões produzidos no cerrado do Brasil, em 2004, e as características médias dos algodões produzidos na Austrália.

Tabela 1- Características tecnológicas dos algodões produzidos no cerrado do Brasil e Austrália, FBET, 2002; 2003; 2004.

Característica	MT	MS	BA	GO	Austrália
Finura	4,1	4,3	4,1	4,1	4,6
Resistência-HVI	30,4	30,9	31,3	30	29,4
Comprimento-UHM	28,7	29,2	29	29,1	28,2
Uniformidade-UI %	82,6	83	82,7	82,6	81,5
Fibra curta-%	7,7	8,8	6,2	8,6	9,4
Reflectância-RD	74,6	75,3	75,2	74,3	79,4
Amarelecimento +b	8	9,1	7,8	7,8	8,1
Alongamento-%	6,8	6,7	6,9	6,8	6,8
Maturidade-%	0,87	0,86	0,86	0,87	0,82
Índice de fiabilidade-SCI	133	129	134	128	128

FONTE: AMPA, 2006

A espécie *G. hirsutum* possui sistema reprodutivo considerado como intermediário entre alógamas e autógamias (Allard, 1960). Possui flores hermafroditas, sendo a taxa de cruzamento natural variável, dependendo das condições ambientais, da presença dos agentes polinizadores e dos cultivares (Santos & Freire, 1980). Para esta espécie, alguns trabalhos revelaram taxas de polinizações de 33,5% em Campinas- SP (Crisóstomo et al., 1988), 25% em Uberaba-MG (Penna et al, 1991), 10,1% em Janaúba-MG (Resende & Fallieri, 1995) e taxas de cruzamento variando de 6,54 a 68,83% em Mato Grosso (Moresco et al, 1999b).

2.2-O Melhoramento do algodoeiro

“O melhoramento genético pode ser definido como “arte e a ciência que visam a modificação gênica das plantas para torná-las mais úteis ao homem” (Borém, 1998).

O programa de melhoramento do algodão no Brasil iniciou em 1924, com a criação da Seção do Algodão do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e contribuição significativa do melhorista americano Dr. Sydney Cross Harland, a partir de 1935, com ênfase para maior produtividade e melhoria no manejo (Cavaleri & Gridi-Papp, 1993).

Na década de 1940, buscou-se melhoramento para os caracteres tecnológicos de fibra. Na década de 1950 e 1960, buscaram-se resistência às doenças fusariose e murcha de fusarium. Na década de 1970, devido à evolução significativa da indústria têxtil, exigiram-se materiais com maior uniformidade e resistência de fibra e mais produtivos (Griddi-Papp et al., 1985).

O rápido crescimento da cotonicultura mecanizada e altamente empresarial, juntamente com a implementação da lei de proteção de cultivares em 1997, despertaram o interesse das grandes empresas estrangeiras em trazer para o Brasil seus programas de pesquisa na área de melhoramento genético de algodão. Como exemplo disso atuam atualmente no Brasil várias empresas privadas, como: Delta & Pine Land, Stoneville, Syngenta Seeds, Bayer Crop Science, CIRAD - em parceria com a Coodetec.

Além disso, diversos programas de melhoramento vêm sendo conduzidos por instituições públicas, como a EMBRAPA, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em São Paulo; IAPAR, no Paraná e a EPAMIG, em Minas Gerais; empresas privadas também estão presentes através de suas fundações (Anuário Brasileiro do Algodão, 2001).

As fases avançadas de qualquer programa de melhoramento são as de avaliação e comparação entre os genótipos selecionados, (Vieira et. al., 1998). No caso do algodoeiro (*Gossypium hirsutum L.*), para que uma cultivar seja escolhida e indicada para plantio numa determinada região, ela deve ser previamente avaliada na região para adequação de suas características agrônômicas e tecnológicas de fibra ao sistema de produção prevalente.

De acordo com Aguiar et al., 2003, o sucesso de um programa de melhoramento depende da eficiência da escolha dos melhores genitores a serem utilizados em cruzamentos e na seleção das melhores combinações híbridas, que possam produzir populações segregantes promissoras.

2.3. Análise dialélica de Jinks-Hayman

Para a escolha dos genitores em programas de melhoramento envolvendo hibridações é necessário o conhecimento da concentração de alelos favoráveis em cada genitor, assim como das populações segregantes mais promissoras, além da natureza dos sistemas gênicos que controlam as características de interesse e do grau de influência dos efeitos ambientais sobre a expressão destas características. Tendo-se estas informações, com certeza, os ganhos genéticos esperados serão maiores e obtidos mais rapidamente do que aqueles atingidos somente com a capacidade de observação do melhorista.

Dentre as metodologias que permitem a análise genética, o estudo de cruzamentos dialélicos é o que fornece mais subsídios para o melhorista conduzir seu programa de melhoramento. Neste sentido, destacam-se as metodologias de análise dialélica propostas por Jinks & Hayman, 1953; por Griffing, 1956, e por Gardner & Eberhart, 1966. Nesta última, são avaliados os efeitos de variedades e da heterose varietal, a qual é separada nos seus diversos componentes, enquanto na metodologia de Griffing (1956) são estimados os efeitos da capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação. Já na metodologia de Jinks e Hayman (Jinks & Hayman, 1953; Hayman, 1954a, 1954b, 1958 e 1960; Jinks, 1954 e 1956) são obtidas estimativas que quantificam importantes parâmetros genéticos, tais como as variâncias gênicas aditivas e dominantes, o grau médio de dominância, a distribuição dos alelos nos genitores e a herdabilidade nos sentidos amplo e restrito, além de se obter um indicativo dos limites teóricos de seleção.

O método, originalmente desenvolvido por Jinks & Hayman (1953), foi ampliado por Hayman (1954a), Hayman (1954b), Hayman (1958), Jinks (1954), Jinks

(1956), Jones (1965) e Ferreira (1985). Com este método, pode-se trabalhar com as gerações F_1 , F_2 e os retrocruzamentos, utilizando a Tabela dialélica completa, com n^2 combinações ou com $n(n+1)/2$ combinações, excluindo-se os recíprocos.

Provavelmente, o maior entrave para a utilização mais ampla do método de Jinks-Hayman seja o atendimento de todas as restrições impostas ao modelo genético em estudo. Segundo Hayman (1954a), seis hipóteses (na proposta original de Jinks & Hayman, 1953, eram apenas quatro) devem ser atendidas para que o modelo aditivo-dominante proposto possa ser utilizado; caso contrário terá que se utilizar um modelo genético mais complexo, com a inclusão de outros parâmetros.

Bonato (1999), estudando os mecanismos genéticos do tempo para florescimento em soja (*Glycine max* (L.) Merrill), avaliou 4 genitores através de cruzamentos dialélicos pelo método de Jinks (1956) e Hayman (1954) constatando que o principal componente de variação genética foi o aditivo e que o retardamento do início do florescimento é determinado por alelos recessivos, sendo que os alelos que condicionaram a precocidade exibiram dominância parcial.

Fronza (2003), utilizando a metodologia de Jinks-Hayman, estudou o controle genético da reação da soja à podridão vermelha das raízes da soja (PVR), com cruzamento dialélico envolvendo 5 cultivares, sendo duas mais resistentes, uma moderadamente resistente e duas altamente susceptíveis. O resultado do trabalho reafirmou – se a influência do ambiente sobre o controle da PVR, a qual foi controlada quantitativamente.

Ledo (2001) estimou parâmetros genéticos em um dialélico de alface, segundo o método de Jinks & Hayman, avaliando seis caracteres: matéria fresca da parte aérea (MFPA); matéria seca da parte aérea (MSPA), folhas (MSF) e raiz (MSR); número de folhas/planta (NUF) e comprimento do caule (CC), em seis cultivares de alface e seus respectivos híbridos F_1 . Evidenciou-se a predominância de efeitos gênicos de dominância no controle gênico dos caracteres MSF e MSR e epistasia nos caracteres MSPA, NUF e CC. Na MFPA a variação de natureza aditiva contribuiu predominantemente para a variabilidade genética observada entre genitores e seus híbridos F_1 .

Amaral (1999) estudou as inferências genéticas sobre o desempenho de cinco cultivares de tomateiro (Ângela I.5100, Florada, IPA-05, Jumbo AG-592 e Santa Clara) e seus $p(p-1)/2$ híbridos dialélicos, com base em três características de produção e quatro características relacionadas à qualidade dos frutos, empregando a metodologia de

Hayman (1954). Os resultados evidenciaram a possibilidade de ganhos genéticos relativos às características de produção. O mesmo não ocorreu com os teores de sólidos solúveis, carotenóides totais e betacaroteno.

Verhalen e Murray (1967), utilizando o método de Hayman (1954a), estudaram 10 cultivares de algodoeiro e seus respectivos 45 híbridos F_1 , para quatro características de fibra. Os autores determinaram que a estimativa \check{D} foi estatisticamente significativa para o comprimento e não-significativa para a finura. O comprimento da fibra mostrou-se parcialmente dominante e a finura mostrou sobredominância. As herdabilidades foram de 0,61 e 0,25 para comprimento e finura, respectivamente.

Em 1971, Verhalen verificou que, em dois anos de avaliação, o componente D foi significativo para porcentagem de fibra e precocidade, mas não o foi, em nenhum ano, para o rendimento/planta. H_1 e H_2 ou ambos foram significativos em pelo menos um ano, para todas as características, e obtiveram valores bem maiores que D, mostrando que estes caracteres são governados por alto grau de dominância.

Carvalho (1993), utilizando o método 1 de Griffing (1956), calculou os efeitos quadráticos associados à CGC e CEC, que retrataram a importância da variância aditiva e não aditiva, respectivamente, dos genes que regulam as principais características agrônomicas e tecnológicas de fibra. Foi também utilizado a análise, segundo Hayman, para avaliar sete cultivares de *G. hirsutum*, juntamente com seus $p(p-1)/2$ híbridos, incluindo os recíprocos. Para os caracteres: número de nós para inserção do primeiro ramo frutífero, porcentagem de fibra, número de capulhos por planta, altura de plantas e finura constatou-se preponderância dos efeitos quadráticos associados à CGC, pelo método de Griffing (1956). Já para peso de capulho, rendimento, precocidade, peso de cem sementes, maturidade, comprimento da fibra, dias para o aparecimento da primeira flor e altura de inserção do primeiro ramo frutífero mostraram prevalência dos efeitos quadráticos associados à CEC.

Aguiar (2003), utilizando o método 4 proposto por Griffing (1956) para analisar os mesmos genitores utilizados na presente pesquisa, constatou que, das onze características avaliadas, a ação aditiva foi predominante, sendo que somente para o Índice de Produção e Precocidade mostrou menor participação desta ação na variabilidade genética total. Dentre as oito cultivares analisadas, IAC-22, Antares, CD-403 e Delta Opal foram as que mais contribuíram para o aumento da heterose, na maioria das características avaliadas.

Em algodoeiro, os trabalhos que visaram determinar a decomposição da variância genotípica, mostraram a predominância das variações aditivas no controle de vários caracteres agronômicos e tecnológicos de fibra. As variações não aditivas ocorreram também, de maneira significativa, principalmente em características agronômicas (Costa, 1989; Carvalho, 1993; Carvalho et al.,1995; Goular et al.,1996; Wang Zhizhong et al., 1997; Kumaresan et al.,1999; Pedrosa, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Genótipos usados e procedimentos de campo

Foram utilizadas, para a análise dialélica, oito cultivares comerciais de algodoeiro, escolhidas entre as mais cultivadas comercialmente à época do início da pesquisa e representativas das principais instituições de pesquisa públicas e privadas atuantes no melhoramento do algodoeiro no Brasil.

A seguir são relatadas a descrição resumida das cultivares em estudo:

ITA 90 – seleção de cultivar introduzida dos Estados Unidos, em 1991, indicada para os grandes produtores do cerrado, que adotam a colheita mecânica e controle rigoroso de pulgões. Apresenta tolerância à ramulose e suscetibilidade às viroses (vermelhão e mosaico das nervuras f. Ribeirão Bonito).

Alva – Cultivar precoce, semigamética oriunda do programa de melhoramento da EPAMIG, resistente à viroses e tolerante à murcha, ramulose, murchamento avermelhado e nematóides.

Antares – cultivar derivada da linhagem CNPA ITA 94-604, desenvolvida pela EMBRAPA/ Fundação MT/ Itamarati Norte S.A. Apresenta resistência múltipla às principais doenças do cerrado (viroses, bacterioses, mancha de *Stemphylium* e alternaria) e o nematóide do gênero *Rotylenchulus*, e tolerância ao nematóide do gênero *Meloidogyne* e à mancha de *Ramularia*.

CD-403 – cultivar oriunda a partir de linhagens africanas e brasileiras do programa de melhoramento da COODETEC/CIRAD. Apresenta resistência à ramulose, mancha angular, murchamento, avermelhamento, mancha de *Stemphylium* e doença azul.

CS-50 – cultivar desenvolvida pelo Csiro da Austrália, resistente ao murchamento avermelhado e *Stemphylium*, com tolerância à ramulose e bacteriose.

Delta Opal – cultivar originária da Austrália, desenvolvida pela Delta and Pine Land Company International, apresenta resistência às viroses (doença azul e vermelhão), sendo medianamente resistente à ramulose, alternaria e murchamento avermelhado.

IAC-22 – cultivar desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas- IAC, indicada para pequenos e médios produtores. Apresenta tolerância ao murchamento avermelhado e suscetibilidade à virose, à ramulose e resistência à bacteriose e ao complexo fusarium-nematóide.

ITA 96 – cultivar desenvolvida pela EMBRAPA/Fundação MT/ ITANORTE, Indicada para pequenos, médios e grandes produtores, que adotam o MIP, com nível de controle de pulgões entre 50 a 60%. Apresenta resistência à virose (doença azul e vermelhão), ramulose e suscetibilidade à bacteriose.

Tais genótipos são divergentes entre si quanto às características de interesse agrônomico e de qualidade tecnológica de fibra. As sementes foram obtidas junto às empresas de sementes produtoras, sendo todas da classe de “sementes genéticas”.

As hibridações e a condução do experimento de avaliação dos parentais e das gerações híbridas foram executadas por Aguiar (2003), durante o período 1999/2001. A partir do intercruzamento das oito cultivares efetuados em 1999/00, foram obtidos os 28 híbridos simples, excluídos os recíprocos, pois assumiu-se a ausência de efeitos maternos nos cruzamentos. Com a adição dos parentais envolvidos nas hibridações, foram avaliados 36 tratamentos (Tabela 2) em um ensaio de campo, por meio do delineamento experimental de látice 6 x 6, com três repetições, instalado na área experimental do curso de Agronomia em Itumbiara –GO, no ano agrícola de 2000/01.

O semeio foi realizado em solo do tipo latossolo roxo distrófico, em 2000, com espaçamento de 0,9 x 0,1m. A parcela experimental foi de duas linhas de 4 metros, com 72 plantas em média.

No plantio, aplicou-se o equivalente a 500 Kg/ha da formulação 5-20-18 + Zn. Foram efetuadas duas adubações de cobertura, aos 40 dias do plantio e, posteriormente, 60 dias, com aplicação de 40 Kg/ha de nitrogênio e potássio em cada uma delas.

O controle das plantas daninhas e de pragas foi realizado de acordo com as necessidades apresentadas durante o ano agrícola.

Por ocasião da colheita, foi retirada uma amostra de 20 capulhos perfeitos do terço médio de plantas, tomadas ao acaso nas parcelas experimentais, para avaliação das características agrônomicas: porcentagem de fibra e peso de 100 sementes, e também para a avaliação das características tecnológicas da fibra. As amostras passaram por beneficiamento em descaroçador de laboratório (20 serras) e as fibras foram analisadas pelo instrumental HVI – High Volume Instrument, no laboratório de fibras e fios da EMBRAPA Algodão em Campina Grande, PB.

Tabela 2 - Relação dos tratamentos (parentais e híbridos F1) utilizados no estudo.

Tratamentos			
1. ITA-90	10. ITA 90 x Antares	19. Alva x Delta Opal	28. CD-403 x Delta Opal
2. Alva	11. ITA 90 x CD-403	20. Alva x IAC-22	29. CD-403 x IAC-22
3. Antares	12. ITA 90 x CS-50	21. Alva x ITA-96	30. CD-403 x ITA-96
4. CD-403	13. ITA 90 x Delta Opal	22. Antares x CD-403	31. CS-50 x Delta Opal
5. CS-50	14. ITA 90 x IAC-22	23. Antares x AS-50	32. CS-50 x IAC-22
6. Delta Opal	15. ITA 90 x ITA-96	24. Antares x Delta Opal	33. CS-50 x ITA-96
7. IAC-22	16. Alva x Antares	25. Antares x IAC-22	34. Delta Opal x IAC-22
8. ITA-96	17. Alva x CD-403	26. Antares x ITA-96	35. Delta Opal x ITA-96
9. ITA 90 x Alva	18. Alva x CS-50	27. CD-403 x CS-50	36. IAC-22 x ITA-96

3.2 Características agronômicas analisadas:

Rendimento de algodão em caroço – RAC: obtido pelo peso total do algodão em rama, colhido na área útil da parcela e corrigido para kg/ha.

Peso de 100 sementes – PS: obtido através da contagem de 100 sementes e a determinação da sua respectiva massa (g), oriunda da amostra de 20 capulhos.

Porcentagem de fibra – PF: as amostras de 20 capulhos foram descaroçadas, ou seja, a fibra separada das sementes, e através da massa total (MT) e a massa de sementes (MS) efetuou-se a determinação da porcentagem de fibra (PF), expressa em porcentagem.

$$PF = \frac{MT - MS}{MT} \times 100$$

Rendimento de algodão em pluma – RAP: obtido pelo produto do rendimento de algodão em caroço e a porcentagem de fibra, em kg/ha.

Índice de produção e precocidade – IPP: índice que associa a precocidade com a produção total. É determinado pela fórmula proposta por Fuzatto (1986), a seguir:

$$IPP = (P + p) / PM, \text{ onde:}$$

P = produção final do tratamento;

p = produção do tratamento na 1º colheita;

PM = produção final média do ensaio;

3.3. Características tecnológicas de fibra analisadas:

Finura de fibra - FIN (micronaire): finura de uma fibra têxtil ou fio é sua massa por unidade de comprimento (densidade linear). Esta densidade é expressa em mtex, que é o peso em miligramas de 1000 m de fibra, com valores esperados entre 3,6 a 4,2 ug/pol.

Resistência de fibras = RES (gf/tex): é obtida pela medição da força requerida para romper uma amostra de fibra em gf tex^{-1} (gramas- força por tex); com valores esperados maiores ou iguais a 26 gf/tex.

Comprimento de fibras - COM (S.L. 2,5% mm): é o comprimento médio, em mm, que atinge 2,5% das fibras distribuídas ao acaso, em um pente ou pinça especial. As fibras são classificadas da seguinte forma: São fibras inferiores quando medem abaixo de 22mm, são fibras curtas quando têm de 22 a 28mm, são fibras médias quando medem de 28 a 34mm, e são fibras longas quando seu comprimento está acima de 34mm, os valores esperados para *G. hirsutum* estão entre 30 a 34 mm de comprimento ou maiores.

Uniformidade de comprimento – UNI (UR): é a relação entre o comprimento médio e o comprimento médio da metade das fibras mais longas (UHM), expresso em porcentagem, com valores esperados mínimos de 45 a 46%.

Índice de fibras curtas – IFC (SFC): porcentagem em peso de fibras com comprimento inferior a 12,7mm (é a porcentagem de fibras curtas em uma amostra), com valores esperados abaixo de 3,5.

Elongação de fibras – ELO (%): mede a elasticidade do algodão à ruptura, com valores esperados acima de 7,0,

Índice de fiabilidade (CSP) – FIA: característica que representa a resistência dos fios, em especial de fios a rotor. Com valores esperados entre 2000 e 2500 ou superiores.

Grau de reflectância (RF) – REF: é a quantidade de luz refletida de um objeto; é medida sobre uma escala preta e branca, que varia de 0 a 100 unidades de Rd. A fibra do algodão varia de 40 a 85 Rd; altos valores de Rd indicam fibras mais claras, com valores esperados acima de 70.

3.4. Análise de variância

As análises estatísticas dos dados obtidos no experimento, para cada caráter, seguiram os modelos descritos por Steel & Torrie (1980), utilizando-se o programa computacional GENES (Cruz, 2001).

3.5. Análise de Jinks & Hayman

Os dados oriundos de cruzamentos dialélicos são correspondentes do intercruzamento dos oito genótipos já descritos, dois a dois, produzindo $n(n+1)/2$ combinações, empregando parentais e seus híbridos (F1), excluindo os recíprocos.

Para todos os caracteres foi realizada a análise dialélica, segundo Hayman (1954a, 1954b). Este método impõe as seguintes pressuposições:

- a. Genitores homozigóticos;
- b. Segregação diplóide;
- c. Ausência de efeito materno;
- d. Ausência de alelismo múltiplo;
- e. Genes independentemente distribuídos entre genitores, e
- f. Ausência de epistasia.

Quanto a estas restrições, no item a, por se tratar de espécie autógama, esta restrição é plenamente atendida quando são utilizadas linhagens homozigóticas ou cultivares; o material experimental satisfaz também ao item b, já que o algodão segrega como diplóide (Endrizi et al., 1985). Foram usados somente os parentais e seus respectivos F1s, satisfazendo a condição C. A condição d não pode ser testada só com dados da F1, no entanto, a literatura não registra alelismo múltiplo para as características analisadas. A condição e constitui, de maneira geral, a principal causa de falhas na análise dialélica, porém Hayman (1960) considera que, quando se trabalha com pequeno número de genitores e o modelo genético é fixo, as estimativas dos parâmetros genéticos são pouco comprometidas. Para certificar que os genitores são divergentes entre si para este dialelo, foram escolhidos cultivares comerciais da época, com características distintas quanto ao local de origem, características agronômicas, de fibra e resistência a doenças.

A pressuposição f é testada pela própria metodologia, sendo que esta não pode ser utilizada caso se detecte efeitos epistáticos, pois, na ausência de epistasia e com distribuição independente dos genes entre os genitores, W_i (covariância entre genitores e a i -ésima linha) relaciona-se com V_i (variância de cada linha ou coluna da Tabela dialélica) por meio de reta de inclinação unitária.

De maneira conjunta, as falhas nas pressuposições foram avaliadas por testes de suficiência do modelo aditivo-dominante. Assim, com os valores da covariância entre os genitores e a i -ésima linha (W_r) e da variância dentro da linha ou coluna (V_r), foram aplicados 3 testes para avaliar a heterogeneidade de W_r-V_r :

- A variação da quantidade (W_r-V_r) foi avaliada por meio de análise de variância, considerando-se como fonte de variação as repetições das tabelas e as linhas (ou entradas da tabela dialélica) dentro de cada tabela; se o efeito da linha for significativo, há indícios de falhas nas pressuposições;

- Com base na análise de regressão linear de W_r em função de V_r , foi realizado um teste sobre o coeficiente de regressão, usando-se o intervalo de confiança da variância de b , a 5% de significância, pela estatística t .

- Também pela estatística t , foi avaliada a significância de $t(H_0: b=1)$, da análise de regressão W_r em função de V_r .

Para as análises, os dados da Tabela dialélica foram processados pelo programa Genes, permitindo estimar componentes da variância que testam a presença dos efeitos genéticos aditivos e dominantes.

Os componentes e os parâmetros genéticos estimados pela metodologia foram:

- b = estimativa do coeficiente de regressão das covariâncias sobre as variâncias da Tabela dialélica.

O coeficiente de regressão (b) entre W_r e V_r nos dá informações importantes, pois, sendo igual a 1, indica ausência ou não manifestação de efeitos gênicos epistáticos e também indica a validade do modelo que pressupõe ausência de interações não alelicas.

A significância de cada componente foi testada pela estatística t , obtida pela divisão das estimativas do efeito pelo respectivo desvio-padrão. Quando os valores de t foram acima de 1,96, foram considerados significativos, a 5% de probabilidade (Singh & Chaudhary, 1979). Para obtenção do desvio-padrão de cada estimativa, as variâncias dos componentes foram obtidas consultando-se a tabela apresentada por Ferreira (1985). As análises foram executadas com auxílio do programa computacional GENES.

Nesse tipo de interação, cada alelo contribui com um pequeno efeito fenotípico, o qual é somado aos efeitos dos demais alelos. Se a interação é aditiva, a média da geração F_1 é igual a média dos genitores, sendo que a seleção é facilitada porque um indivíduo ou grupo de indivíduos superiores, quando selecionados, produzirão uma descendência também superior (Ramalho, 1997).

- h^2 = Somatório dos efeitos de todo os locos em estado heterozigótico, no conjunto dos cruzamentos, sendo dependente da direção da dominância.

- \hat{H}_1 = estimativa do componente da variância, devido aos efeitos de dominância dos genes:

$$H_1 = V_{oLo} - 7W_{oLo1} + 7V_{1L1} - (8n - 7/n)E$$

Contrariamente à interação aditiva, a interação de dominância dificulta a seleção de indivíduos superiores, uma vez que a descendência deste indivíduo terá comportamento inferior a ele próprio (Ramalho, 1997).

- \hat{H}_2 = estimativa do componente da variância genética dominante corrigida para a distribuição gênica. Indica a assimetria dos efeitos positivos e negativos dos genes:

$$H_2 = 7V_{1L1} - 7W_{0L1} - 7(n^2 - n + 1/n^2)E$$

- $(\hat{D} - \hat{H}_1)$ = diferença entre as estimativas de variâncias dos efeitos aditivos e dos de dominância dos genes;

- $\sqrt{\hat{H}_1 / \hat{D}}$ = estimativa do grau médio de dominância;

$Gmd = \sqrt{\hat{H}_1 / \hat{D}}$, valor que se equipara ao obtido por meio de gráficos. Uma dominância completa em todos os locos daria $gmd=1$ e ausência de dominância $gmd=0$. Um valor gmd maior que 1 indicaria sobredominância.

- \hat{K}_D / \hat{K}_R = estimativa da razão do número de alelos dominantes para alelos recessivos nos genitores:

$K_D / K_R = 1$: quantidade de alelos dominantes e recessivos nas linhagens parentais é igual;

$K_D / K_R > 1$: existência de mais dominantes do que recessivos;

$K_D / K_R < 1$: predomínio de recessivos.

- $\hat{H}_2 / 4\hat{H}_1$ = estimativa das frequências médias dos alelos de efeitos positivos e negativos, nos locos gênicos em que ocorre dominância.

Neste caso, o valor máximo é 0,25 e indica que os alelos positivos e negativos estão distribuídos de modo equitativo nos genitores, resultando $H_1=H_2$. Quando o quociente encontrado for menor que 0,25, inferimos que os alelos positivos e negativos não estão concentrados equitativamente nas linhagens. Algumas linhagens são mais ricas que outras, quanto aos alelos positivos (ou negativos).

- $\hat{W}_R, \hat{V}_R, \hat{W}_D, \hat{V}_D$ = valor predito para o genitor com máxima concentração de alelos dominantes (\hat{Y}_D) e recessivos (\hat{Y}_R).

- $r_{(W_r + V_r, Y_r)}$ = estimativa do coeficiente de correlação entre a covariância mais variância da Tabela dialélica.

Ordem de Classificação = ordem de classificação dos genitores com maior concentração de genes recessivos decrescendo até a máxima quantidade de genitores com concentração de genes dominantes, de acordo com o valor $W_r + V_r$.

-

- h_A^2 = herdabilidade no sentido amplo.

Envolve toda a variância genética.

$$h_A^2 = \frac{D - F + H_1 - H_2}{D - F + H_1 - (1/2) H_2 + 2 E}$$

$$D - F + H_1 - (1/2) H_2 + 2 E$$

- H_R^2 = herdabilidade no sentido restrito.

Considera apenas a variância genética aditiva.

$$\hat{h}_R^2 = \frac{D - F - H_1 - (1/2) H_2}{D - F + H_1 - (1/2) H_2 + 2 E}$$

$$D - F + H_1 - (1/2) H_2 + 2 E$$

A herdabilidade é o parâmetro estimado por um coeficiente entre variâncias que mede o quanto da variação fenotípica é atribuída a genes; propriedade de um caráter em determinada população. Caracteres controlados por poucos genes sofrem menor (ou nenhuma) influência do ambiente e por isso mostram herdabilidade alta. A herdabilidade no sentido amplo considera toda a variância genética, seu componente aditivo e de dominância. A herdabilidade no sentido restrito considera parte da variância genética e seu componente aditivo (Borém, 2005).

A herdabilidade é um parâmetro de grande importância para o melhorista, pois mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo. De acordo com Falconer (1960) e Ketata et al. (1976), a herdabilidade de um caráter agrônomico descreve a extensão pela qual ele é transmitido de uma geração a outra.

Estimativas das herdabilidades abaixo de 0,35 foram consideradas baixas; entre 0,35 e 0,65, médias e, maiores que 0,65, elevadas.

Os dados da Tabela dialélica permitem ainda efetuar uma análise gráfica (Hayman, 1954a; Santos, 1984), que classifica os cultivares quanto à proporção de alelos dominantes e recessivos e, na presença de efeitos de dominância numa direção predominante, possibilita estimar limites seletivos, que dão idéia do potencial das populações avaliadas (Figura 1). Os gráficos dos caracteres RAC, PF, PS, RAP, IPP, FIN, RES, UNI, IFC e FIA foram efetuados com valores de média das três repetições.

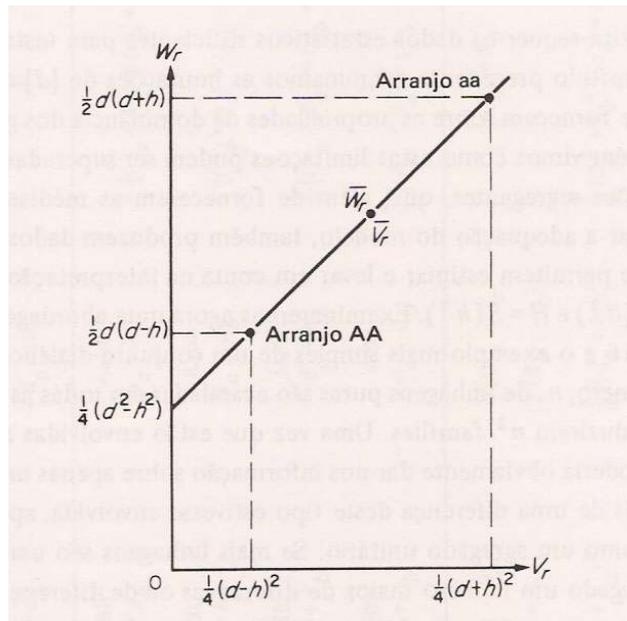


Figura 1. O gráfico W_r/V_r descartando a variação não herdável, a partir de um conjunto dialéctico de acasalamentos envolvendo uma diferença gênica, Aa , onde $h+1/3d$. A reta passa por dois pontos, respectivamente dos arranjos AA e aa, também passa pelo ponto \bar{W}_r, \bar{V}_r , tendo inclinação 1 e cortando a ordenada em $W_r=1/4(d^2-h^2)$.
 FONTE: Mather, 1984.

Segundo Mather (1984), podemos observar na Figura 1 que a posição relativa na reta dos dois pontos dos arranjos refletirá a direção da dominância. Se o alelo A é dominante, isto é, h_a é negativo, o ponto para o arranjo 1 (genitor comum AA) ocupará a posição inferior na reta. Se, porém, o alelo a é dominante e h_a positivo, o ponto para o arranjo 2 (genitor comum aa) ocupará a posição inferior na reta. Este gráfico, portanto, muito nos revela a respeito da situação genética. Na ausência de dominância, V_r é igual para ambos os arranjos, o mesmo acontecendo com W_r .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi feita uma análise estatística preliminar para os tratamentos (híbridos) testados no delineamento em látice, cujos resultados encontram-se na Tabela 3. Com exceção da característica grau de reflectância, a qual foi excluída para a finalidade desta pesquisa, todas as demais apresentaram variabilidade entre os tratamentos.

4.1 Testes de suficiência do modelo aditivo-dominante.

A análise biométrica de Jinks & Hayman impõe restrições para sua utilização, exigindo testes para verificação da suficiência do modelo aditivo – dominante.

4.1.1 Análises de variância da quantidade W_r - V_r

Na Tabela 4, a análise de variância de W_r - V_r mostra que as características RAC, RAP, IPP, FIN, RES, COM, UNI, IFC, ELO e FIA não apresentaram efeito significativo da fonte de variação “linhas”. Assim, elas atendem as restrições impostas para a utilização do modelo genético de Jinks-Hayman. Esta homogeneidade de W_r – V_r sugere que as diferenças genéticas existentes entre os tratamentos foram explicadas pelas ações gênicas aditivas ou de dominância ou pela presença de ambas, isto é, todos os pressupostos estão de acordo (Hayman, 1963 e Jinks & Hayman, 1953). As características agrônômicas porcentagem de fibra e peso de 100 sementes não foram analisadas por falta dos dados originais com repetição.

4.1.2 Análise de regressão linear de W_r em função de V_r

Os resultados dos testes de suficiência do modelo genético aditivo-dominante, com base na análise de regressão linear de W_r em função de V_r , utilizando os dados das repetições apresentados na Tabela 4, mostraram que o teste sobre o coeficiente de regressão, através do intervalo de confiança de b e pela estatística t a 5% de significância, foi significativo (diferente de um) para a maioria das características e não significativo igual a um, expressando que pelo menos um pressuposto não foi atendido para uniformidade e índice de fibras curtas. Ao se avaliarem as características com base nos valores de média, somente comprimento e alongação permaneceram significativas

a 5%, e foram excluídas da análise. As demais características atenderam as restrições do modelo genético aditivo dominante de Jinks-H

TABELA 3. Quadrados médios para tratamentos das 13 características avaliadas nos híbridos de algodão, originados dos 8 genitores mais 28 híbridos F₁.

FV	GL	RAC	PF	P S	RAP	IPP	FIN	RES	COM	UNI	IFC	ELO	FIA	REF
Bloco	2	1,93	---- ⁽¹⁾	----	0,39	0,12	0,01	19,89	3,90	1,85	3,84	0,62	28344,08	17,42
Trat.	35	1,42**	10,84**	1,61**	0,29**	0,35**	0,16**	2,16**	0,88**	1,31**	1,81**	0,86**	6269,71**	3,08 ^{ns}
Resíduo	70	0,31	0,85	0,28	0,064	0,020	0,02	0,86	0,42	0,45	0,70	0,19	2836,55	2,98

Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F; **Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns} Não significativo.

RAC= caracteres rendimento de algodão em caroço (kg/ha), PF= porcentagem de fibra (%),PS= peso de 100 sementes (g), RAP= rendimento de algodão em pluma (kg/ha), IPP= índice de produção e precocidade, FIN= finura (índice micronaire), RES= resistência de fibras (gf/tex), COM= comprimento de fibras (SL 2,5% mm), UNI= uniformidade de fibras (%), IFC= índice de fibras curtas (%), ELO= alongação de fibras (%), FIA= índice de fiabilidade (csp), REF= grau de reflectância (rd).

⁽¹⁾ Não foi possível determinar o valor do quadrado médio, para efeito de blocos nas características de porcentagem de fibra e peso de 100 sementes por falta de dados das repetições.

TABELA 4. Teste de suficiência do modelo genético aditivo-dominante com base na análise de variância dos valores de W_r - V_r e na análise de regressão linear de W_r , em função de V_r , nos caracteres RAC até FIA, segundo o método de Hayman(1954a, 1954b).

Caráter	Anova W_r - V_r	Regressão ($W_r = (D-H_1) + bV_r$) ¹				Regressão ($W_r = (D-H_1) + bV_r$) ²			
	QM Linha	Coefficiente b	Intervalo de confiança para b		t(H0: b=1)	Coefficiente b	Intervalo de confiança para b		t(H0: b=1)
RAC	0,722677 ^{ns}	0,744	0,653	a	0,826	-6,515271*	0,792	1,388 - 0,197	-0,854 ^{ns}
PF ⁽³⁾	-----	-----	-----		-----	-----	1,053	1,283 - 0,823	0,564 ^{ns}
PS	-----	-----	-----		-----	-----	0,559	1,386 - -0,268	-1,306 ^{ns}
RAP	0,026614 ^{ns}	0,757	0,723	a	0,835	-6,44*	0,973	1,499 - 0,447	-0,127 ^{ns}
IPP	0,024047 ^{ns}	0,749	0,653	a	0,823	-7,001*	0,755	1,263 - 0,246	-1,182 ^{ns}
FIN	0,000207 ^{ns}	0,653	0,950	a	0,356	-2,42*	0,872	1,289 - 0,455	-0,751 ^{ns}
RES	0,212234 ^{ns}	0,353	0,594	a	0,111	-5,55*	0,526	1,407 - -0,355	-1,318 ^{ns}
COM	0,096302 ^{ns}	0,260	0,471	a	0,050	-7,27*	0,475	0,771 - 0,179	-4,343*
UNI	0,371100 ^{ns}	1,074	2,095	a	0,052	0,47 ^{ns}	0,993	1,752 - 0,233	-0,024 ^{ns}
IFC	0,317683 ^{ns}	0,827	1,103	a	0,550	-1,30 ^{ns}	0,649	1,005 - 0,293	-2,418 ^{ns}
ELO	0,005812 ^{ns}	0,403	0,641	a	0,166	-5,20*	0,646	0,983 - 0,309	-2,572*
FIA	2553005,75 ^{ns}	0,485	0,801	a	0,168	-3,37*	0,746	1,479 - 0,014	-0,848 ^{ns}

(1) Regressão de W_i sobre V_i com dados de cada repetição.

(2) Regressão de W_i sobre V_i com dados médios.

(3) Para PF e PS os testes de suficiência do modelo (Anova W_r - V_r e Regressão ($W_r = (D-H_1) + bV_r$) com repetição não foram determinados por falta de dados de repetição, já a análise de media foi efetuada como as demais características.

* - Significativo, a 5% de probabilidade.

ns – não significativo

4.2- Características agronômicas avaliadas

4.2.1- Rendimento de algodão em caroço – RAC

A correlação negativa de r em, relação à W_r+V_r , de -0,81 (Tabela 5), evidencia que os alelos dominantes, em sua maioria, são responsáveis pelo aumento do rendimento de algodão em caroço. Assim, os genitores Antares e CD-403 (3 e 4), por se apresentarem mais próximos da extremidade dominante da regressão de W_i sobre V_i e se posicionarem no final da ordem de classificação, em relação a quantidade de genes dominantes (Figura 2 e Tabela 5), seriam os genótipos mais interessantes quanto à possibilidade de seleção de linhagens com maior rendimento de algodão em caroço. Em contraste, os genitores Delta Opal e ITA-96 (6 e 8), por se afastarem dessa extremidade (Figura 2), retêm maior concentração de alelos recessivos, sendo, por conseguinte, menos adequados para tal objetivo.

O genitor 3 (Antares) obteve a maior média de rendimento de algodão em caroço, 5,629 kg/ha (Tabela 6), e o rendimento máximo esperado é de $Y_D = 6,27$ kg/ha (Tabela 5), indicando que, teoricamente, há uma possibilidade de melhoramento do rendimento por seleção, pois o valor da melhor média não alcançou o valor limite.

Na Tabela 7, as estimativas que indicam presença de efeitos de dominância dos genes H_1 e H_2 e $D-H_1$ não diferiram de zero, isso indicaria ausência de dominância, neste caráter, porém, o componente D associado aos efeitos aditivos, também não foi significativo, prejudicando uma análise mais completa dos parâmetros. O valor significativo de $E = 0,315$ (Tabela 7) indica reduzido efeito do ambiente.

O valor do grau médio de dominância ($\sqrt{H_1/D}$), de 1,28 (Tabela 8), indica uma sobredominância, o que não concorda com o que foi obtido por meio de gráfico (Figura 2), onde a reta de regressão corta o eixo W_i acima da origem, mostrando algum grau de dominância incompleta. O valor de $H_2/4H_1 = 0,27$ (Tabela 8), maior que 2,5, indica que alelos positivos e negativos estão concentrados equitativamente nas linhagens; porém, a relação $K_D/K_R = 0,50$ (Tabela 8), que estima a relação do número de genes dominantes pelo número de genes recessivos, indica assimetria, em virtude talvez da baixa precisão na estimativa de F (Tabela 7). Esse estimador inclui em sua fórmula o valor de F .

As informações genéticas apresentadas na Tabela 8 mostram que o caráter de rendimento de algodão em caroço possui pequena herdabilidade no sentido restrito ($h_R^2 = 0,35$) e uma média herdabilidade no sentido amplo ($h_A^2 = 0,54$). É possível então sugerir que há uma dificuldade na transmissão dos genes de interesse já nas primeiras

gerações segregantes, necessitando avançar gerações para confirmação desta transmissão de genes.

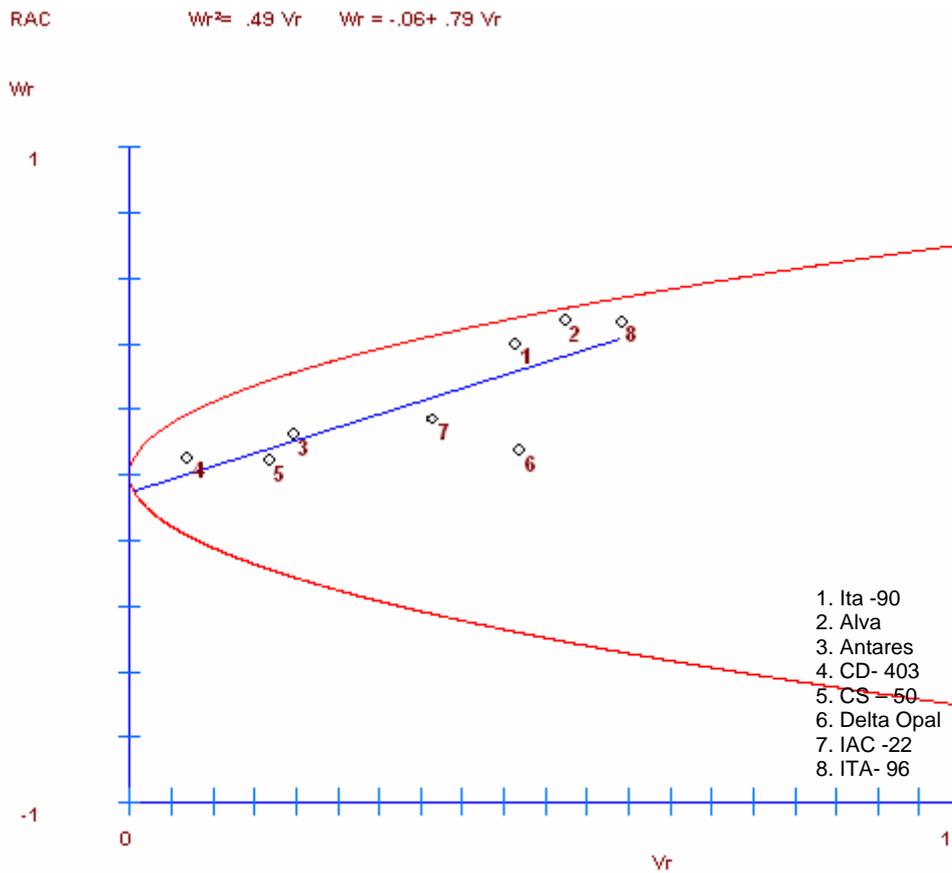


Figura 2. Regressão de W_i sobre V_i , em relação ao rendimento de algodão em caroço.

TABELA 5. Estimativas dos componentes genéticos e não genéticos dos caracteres: RAC, PF, PS, RAP, IPP,FIN, RES, UNI, IFC e FIA segundo o método de Hayman

Componentes genéticos e não genéticos ⁽¹⁾				
Caráter ⁽²⁾	r	YD	YR	Ordem de classificação
RAC	-0,81	6,27	-1,96	8,2,1,6,7,3,4,5
PF	0,51	42,25	49,34	1,5,3,8,6,7,2,1
PS	-0,53	11,78	-0,77	5,8,1,3,6,2,4,7
RAP	-0,89	2,93	-3,09	6,7,8,5,1,2,4,3
IPP	-0,80	2,28	1,05	8,1,2,6,7,3,5,4
FIN	0,46	3,77	6,19	1,8,5,6,7,2,4,3
RES	-0,41	28,84	13,48	2,5,3,1,7,4,6,8
UNI	-0,29	85,17	82,12	7,2,6,4,5,8,3,1
IFC	0,84	3,25	13,61	2,7,3,8,4,6,5,1
FIA	-0,52	2201,09	1649,01	7,2,8,6,1,5,4,3

(1954a, 1954b).

⁽¹⁾ r: coeficiente de correlação entre $W_r + V_r$; YD: limite de seleção YD; YR: limite de seleção YR; Ordem de classificação dos genitores com maior concentração de genes recessivos decrescendo até a máxima quantidade de genitores com concentração de genes dominantes, de acordo com o valor $W_r + V_r$.

⁽²⁾ RAC = rendimento de algodão em caroço (kg/ ha); PF = porcentagem de fibras (%); PS - Peso de 100 sementes (g); RAP=rendimento de algodão em pluma(kg/ ha); IPP - Índice de produção e precocidade; FIN = finura de fibras (índice micronaire (%)); RES = resistência de fibras (gf/tex); UNI= uniformidade de fibras (%); IFC = índice de fibras curtas; FIA = fiabilidade.

TABELA 6. Relação dos genitores e suas respectivas médias.

genitor ⁽¹⁾	Valores de média para as características ⁽²⁾									
	RAC	PF	PS	RAP	IPP	FIN	RES	UNI	IFC	FIA
1	4,506	48,48	9,50	2,184	1,716	4,63	28,40	84,46	4,93	2053,67
2	3,630	45,72	9,67	1,659	1,615	3,63	26,26	82,53	7,50	2130,33
3	5,629	44,22	10,67	2,489	2,262	4,10	26,60	83,50	5,50	2139,67
4	5,471	46,15	11,33	2,525	2,078	4,23	27,53	84,76	4,03	2156,00
5	5,419	50,07	8,67	2,713	2,005	4,40	28,26	85,16	3,53	2185,33
6	3,394	47,85	10,17	1,624	1,395	4,50	29,16	85,20	3,83	2104,33
7	3,501	42,40	12,17	1,484	1,380	4,33	27,1	83,33	6,30	2053,67
8	2,889	40,86	11,83	1,180	1,023	4,46	26,5	84,46	4,26	2057,00

⁽¹⁾ 1 = CNPA ITA 90, 2 = Alva, 3 = BRS Antares, 4= CD-403, 5= CS-50, 6= Delta Opal 7 = IAC-22 e 8= BRS ITA 96.

⁽²⁾ RAC = rendimento de algodão em caroço (kg/ ha); PF = porcentagem de fibras (%); PS-Peso de 100 sementes (g); RAP-rendimento de algodão em pluma(kg/ ha); IPP-Índice de produção e precocidade; FIN = finura de fibras (índice micronaire (%)); RES = resistência de fibras (gf/tex); UNI= uniformidade de fibras (%); IFC= índice de fibras curtas; FIA = fiabilidade.

TABELA 7. Estimativas dos componentes genéticos dos caracteres RAC até FIA, segundo o método de Hayman (1954a, 1954b).

Caráter ⁽³⁾	Componentes genéticos ⁽¹⁾ ± desvio-padrão ⁽²⁾					
	E	D	H ₁	H ₂	D – H ₁	F
RAC	0,315 ± 0,077*	0,290 ± 0,198 ^{ns}	0,479 ± 0,534642 ^{ns}	0,530 ± 0,456 ^{ns}	-0,190 ± 0,244 ^{ns}	-0,244 ± 0,077 ^{ns}
PF	0,292 ± 0,060*	9,444 ± 0,151*	0,307 ± 0,411531 ^{ns}	0,399 ± 0,351 ^{ns}	9,137 ± 0,188*	0,717 ± 0,060*
PS	0,097 ± 0,043*	1,392 ± 0,110*	0,491 ± 0,299175 ^{ns}	0,380 ± 0,255 ^{ns}	0,901 ± 0,136*	0,475 ± 0,042*
RAP	0,065 ± 0,0166*	0,105 ± 0,043*	0,089 ± 0,115605 ^{ns}	0,098 ± 0,098 ^{ns}	0,015 ± 0,052 ^{ns}	-0,004 ± 0,016 ^{ns}
IPP	0,020 ± 0,0136 ^{ns}	0,058 ± 0,035 ^{ns}	0,267 ± 0,094648*	0,262 ± 0,080*	-0,209 ± 0,0433 ^{ns}	-0,041 ± 0,013 ^{ns}
FIN	0,028 ± 0,0046*	0,085 ± 0,011*	0,021 ± 0,03197 ^{ns}	0,0001 ± 0,027 ^{ns}	0,063 ± 0,0146*	0,151 ± 0,004*
RES	0,865 ± 0,165*	0,737 ± 0,424 ^{ns}	0,279 ± 1,147136 ^{ns}	0,231 ± 0,978 ^{ns}	0,458 ± 0,524 ^{ns}	0,041 ± 0,164 ^{ns}
UNI	0,451 ± 0,072*	0,852 ± 0,185*	0,265 ± 0,500515 ^{ns}	-0,054 ± 0,426 ^{ns}	0,587 ± 0,230*	0,680 ± 0,071*
IFC	0,706 ± 0,166*	2,115 ± 0,427*	1,040 ± 1,153587 ^{ns}	0,002 ± 0,983 ^{ns}	1,075 ± 0,527*	2,839 ± 0,165*
FIA	2836,000 ± 378,8833*	1304,783 ± 977,0281 ^{ns}	-373,998 ± 2639,308 ^{ns}	-1318,829 ± 2251,252 ^{ns}	1678,782 ± 1207,574 ^{ns}	-570,348 ± 378,8833 ^{ns}

⁽¹⁾ E – componente de variância ambiental; \hat{D} - componente de variância associado aos efeitos aditivos; \hat{H}_1 e \hat{H}_2 - componentes de variância associados aos desvios de dominância; $\hat{D} - \hat{H}_1$ - componente que expressa a diferença entre efeitos gênicos aditivos e dominantes.

⁽²⁾ Valores de t, obtidos pela divisão da estimativa do efeito pelo seu respectivo desvio-padrão (Singh & Chaudhary, 1979). ^{ns} Não significativo * Significativo (Valores superiores a 1,96), a 5% de probabilidade.

⁽³⁾ RAC = rendimento de algodão em caroço (kg/ ha); PF = porcentagem de fibras (%); PS - Peso de 100 sementes (g); RAP=rendimento de algodão em pluma(kg/ ha); IPP - Índice de produção e precocidade; FIN = finura de fibras (índice micronaire (%)); RES = resistência de fibras (gf/tex); UNI= uniformidade de fibras (%); IFC = índice de fibras curtas; FIA = fiabilidade.

TABELA 8. Informações genéticas dos caracteres RAC até FIA, segundo o método de Hayman (1954 a, 1954b).

Informações genéticas					
Caráter	$(\sqrt{H_1/D})$	$(H_2/4H_1)$	KD/KR	h_{Rr}^2	h_A^2
RAC	1,28	0,27	0,50	0,35	0,54
PF	0,18	0,32	1,53	0,91	0,93
PS	0,59	0,19	1,8	0,72	0,86
RAP	0,92	0,27	0,95	0,35	0,53
IPP	2,13	0,24	0,71	0,38	0,85
FIN	0,49	0,01	1,43	0,61	0,61
RES	0,61	0,20	1,09	0,28	0,33
UNI	0,55	-0,05	6,02	0,35	0,33
IFC	0,70	0,0005	45,36	0,18	0,18
FIA	-----	0,88	-----	0,35	0,27

(1) $\sqrt{\hat{H}_1/\hat{D}}$: grau médio de dominância; $\hat{H}_2/4\hat{H}_1$ distância dos alelos – simetria; \hat{K}_D/\hat{K}_R : relação dominante/recessivo; \hat{h}^2 - componente quadrático determinado pela diferença de média entre híbridos e genitores; \hat{h}_R^2 : coeficiente de determinação no sentido restrito; \hat{h}_A^2 : coeficiente de determinação no sentido amplo.

4.2.2- Porcentagem de fibra- PF

Considerando a correlação de r entre $W_r + V_r$, o valor de 0,51 (Tabela 5) evidencia que os alelos que atuam no sentido de aumentar a porcentagem de fibra tendem a ser predominantemente, mas não exclusivamente, recessivos. Nesse caso, os genitores mais apropriados para a obtenção de linhagens superiores são 1; 5 e 3 (Ita-90, CS-50 e Antares), por se encontrarem mais próximos do limite de concentração de alelos recessivos (Figura 3 e Tabela 5). Realmente, os genitores 1 e 5 destacaram-se dos demais, com relação a PF, levando-se em conta seu valor médio de 48,48 (%) e 50,07 (%), na Tabela 6. O valor da média do genitor 5 ultrapassou o limite de seleção YR, de 49,34 (%) na Tabela 5, indicando que não se deve esperar melhorias além desse valor.

Com base nos valores da Tabela 7, podemos afirmar que existe maior importância dos componentes associados aos efeitos aditivos dos genes, devido ao valor significativo de D ($= 9,44$) e a não significância das estimativas relacionadas com

efeitos de dominância (H_1 e H_2). A estimativa $D - H_1$ positiva e significativa coincide com a afirmativa anterior, mostrando a predominância dos efeitos gênicos aditivos para PF.

Considerando os dados de $\sqrt{H_1/D}=0,18$, próximos de 0, indicam ausência de dominância (Tabela 8) e que os alelos positivos e negativos não estão distribuídos de modo igual nos genitores, respectivamente mostrados pelo valor de $H_2/4H_1=0,325153$ maior que 0,25 (Tabela 8).

A estatística K_D / K_R , que expressa a relação média do número de genes dominantes pelo número de genes recessivos entre os genitores, mostra predominância de genes dominantes pelo seu valor 1,53 maior que 1,0(Tabela 8).

Os altos valores de herdabilidade amplo (0,93) e restrito (0,91), na Tabela 8, indicam que esta magnitude beneficia a transmissão dos alelos desejáveis para futuras gerações.

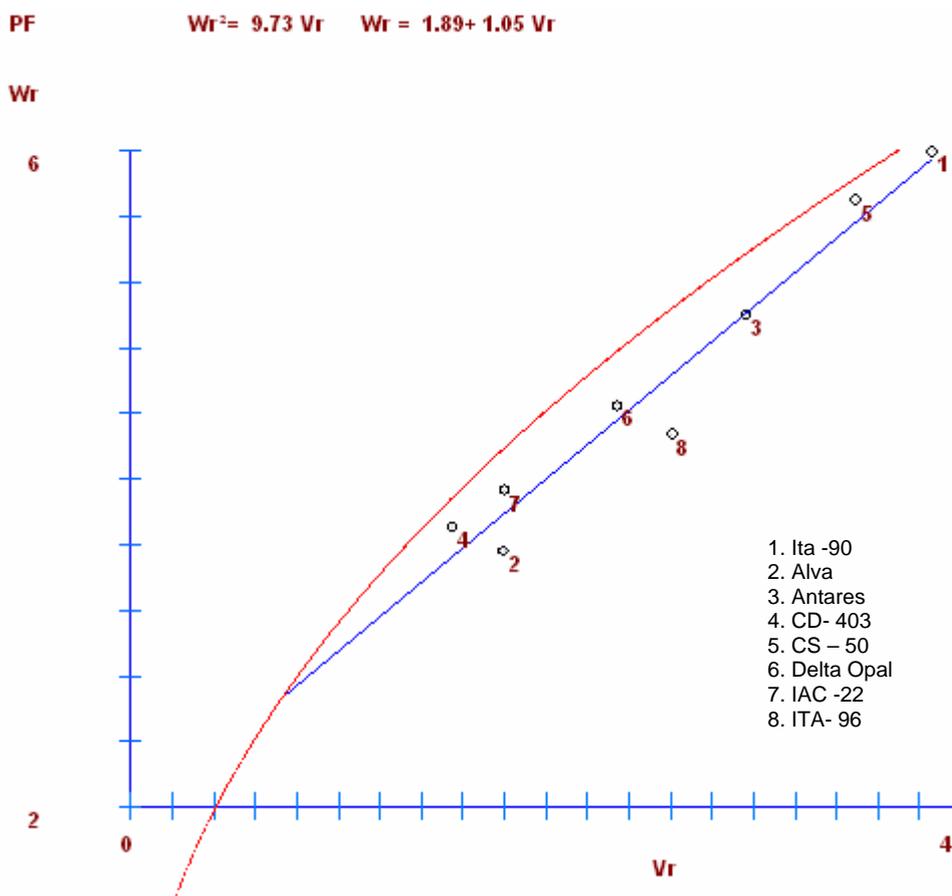


FIGURA 3. Regressão de W_i sobre V_i , em relação à porcentagem de fibras.

4.2.3- Peso de 100 sementes – PS

Verifica - se na Tabela 5 que, na correlação entre r e $W_r + V_r$, os alelos dominantes atuam para aumentar a característica de peso de 100 sementes (-0,53). Este valor indica que existem também alelos recessivos em menor quantidade. Considerando que os genes dominantes são mais interessantes para PS, podemos observar, na Figura 4, que o genitor 7 (IAC-22) se encontra na extremidade dominante da reta de regressão e localizada na ordem de classificação de genes mais dominantes, portanto mais indicado para seleção.

O genitor 7 (IAC-22) apresentou a maior média em relação aos demais 12,17 (g) (Tabela 6). Ressalta-se que o progenitor 8 (ITA- 96), apesar de se localizar na extremidade recessiva, teve valor médio do peso de 100 sementes muito próximo do genitor 7, evidenciando que alelos recessivos contribuem de forma significativa para o aumento de peso nas sementes, porém o limite máximo de seleção $Y_D = 11,78$ (g) (Tabela 5) indica pouca possibilidade de aumento do peso de 100 sementes além, deste valor.

Um dos parâmetros de grande importância para os melhoristas é a herdabilidade, sendo que a h_R^2 considera a variância genética aditiva. As altas herdabilidades, tanto no sentido amplo ($h_A^2 = 0,86$), como no restrito ($h_R^2 = 0,72$), estimadas para esta característica (Tabela 8), devem - se à marcante presença da variância gênica, especialmente aditiva de D significativo e igual a 1,39, e a não significância aos relacionados com os efeitos de dominância (H_1 e H_2), o que é evidenciado também pelo alto valor positivo e significativo de $D - H_1 = 0,901$ (Tabela 7).

A estimativa do grau médio de dominância ($\sqrt{H_1/D}$), de 0,59 na Tabela 8, indica a existência de dominância parcial entre os alelos que atuam no controle gênico do caráter, o que é verificado também pelo fato de a reta de regressão de W_i em V_i interceptar a ordenada acima da origem (Figura 4).

As informações genéticas obtidas na Tabela 8 mostram o parâmetro K_D/K_R maior que 1,0, indicando a existência de mais alelos dominantes que recessivos nas linhagens parentais e $H_2/4H_1 = 0,19$, confirmando que os alelos positivos e negativos não estão concentrados equitativamente nas linhagens, sendo alguns genitores mais ricos que outros, quanto aos alelos positivos (ou negativos).

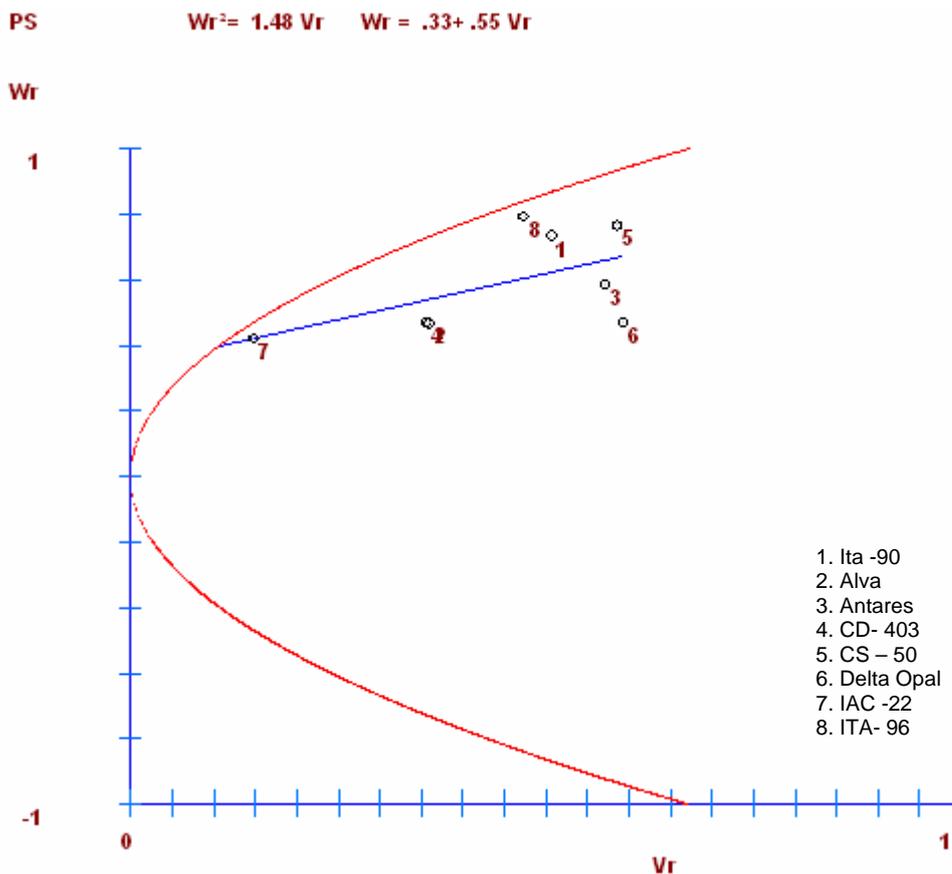


FIGURA 4. Regressão de W_i sobre V_i , em relação ao peso de 100 sementes.

4.2.4 - Rendimento de algodão em pluma-RAP

O alto valor negativo encontrado para a correlação de r e $Wr + Vr$, de $-0,89$ (Tabela 5), atribuem, principalmente à dominância, o aumento do rendimento de algodão. Na escolha dos melhores genitores para a seleção desta característica, o recomendável é escolher os que possuem maior quantidade de genes dominantes, sendo que os genitores 3 e 4 (Antares e CD-403) possuem maior quantidade de genes dominantes na ordem de classificação (Tabela 5), com valores de média $2,48$ kg/ha e $2,52$ kg/ha (Tabela 6) entre as maiores, em relação aos outros genitores, e localizados mais próximos da extremidade dominante da regressão de W_i sobre V_i (Figura 5). Já os genitores 6, 7 e 8 (Delta Opal, IAC-22 e ITA-96) são os menos recomendáveis, por possuírem maior concentração de genes recessivos (Tabela 5) e menor média (Tabela 6).

O limite máximo de seleção $YD = 2,93$ kg/ha, na Tabela 5, indica pequena possibilidade de aumento no rendimento de pluma nas populações segregantes.

Os dados da Tabela 7 mostram significância apenas da estimativa D , evidenciando que há prevalência dos efeitos aditivos dos genes. O valor de $H_2/4H_1 =$

0,27 e $KD/KR=0,95$, na Tabela 8, indica simetria entre os alelos favoráveis e desfavoráveis nos genitores e que, como um todo, a quantidade de alelos dominantes e recessivos nas linhagens parentais é igual.

A herdabilidade ampla $h_A^2= 0,53$ e restrita $h_R^2= 0,35$ desta característica se mostrou de média para baixa, significando dificuldade de transferência de genes de interesse nas primeiras gerações segregantes (Tabela 8).

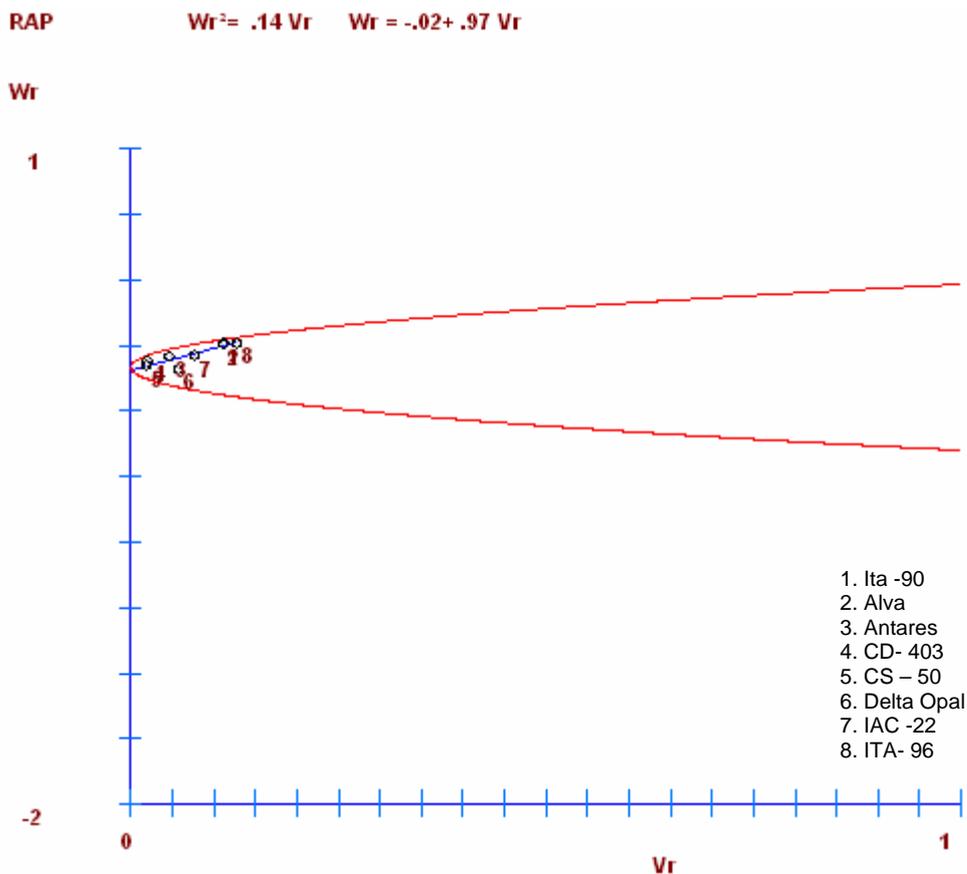


Figura 5. Regressão de W_i sobre V_i , em relação ao rendimento de algodão em pluma.

4.2.5 – Índice de produção e precocidade – IPP

Considerando o alto valor negativo da correlação entre r e $Wr + Vr$, de $-0,80$ (Tabela 5), pode-se inferir que os alelos dominantes, em sua maioria são responsáveis pelo aumento no índice de produção e precocidade, uma vez que os melhores genitores 3 e 4 (Antares e CD-403) (Tabela 5, Figura 6) apresentam maior quantidade de alelos dominantes e maiores médias (Tabela 6).

O genitor com máxima homozigose dominante deverá apresentar $YD = 2,28$ (Tabela 5) e o genitor 3 (Antares) teve maior média 2,26 (Tabela 6), indicando que não

há possibilidade de aumentar o índice de produtividade e precocidade em futuras gerações segregantes.

A Tabela 7 mostra os valores H_1 e H_2 significativos, indicando maior importância aos componentes associados aos efeitos dominantes. E a estimativa $\sqrt{H_1/D}$ de 2,13 evidencia a sobredominância entre os alelos que atuam no controle gênico deste caráter. Este resultado é semelhante ao encontrado por Aguiar (2003) e Carvalho (1993).

A simetria alélica entre alelos favoráveis e desfavoráveis é destacada pelo valor de $H_2/4H_1 = 0,24$ e está próxima de 0,25 (Tabela 8), porém a relação K_D/K_R , que estima a relação do número de genes dominantes pelo número de genes recessivos, indica assimetria, em virtude talvez da baixa precisão na estimativa de F. Esse estimador inclui em sua fórmula o valor de F.

Na Tabela 8, a herdabilidade no sentido restrito foi baixa (0,38), porém com uma alta herdabilidade no sentido amplo (0,85).

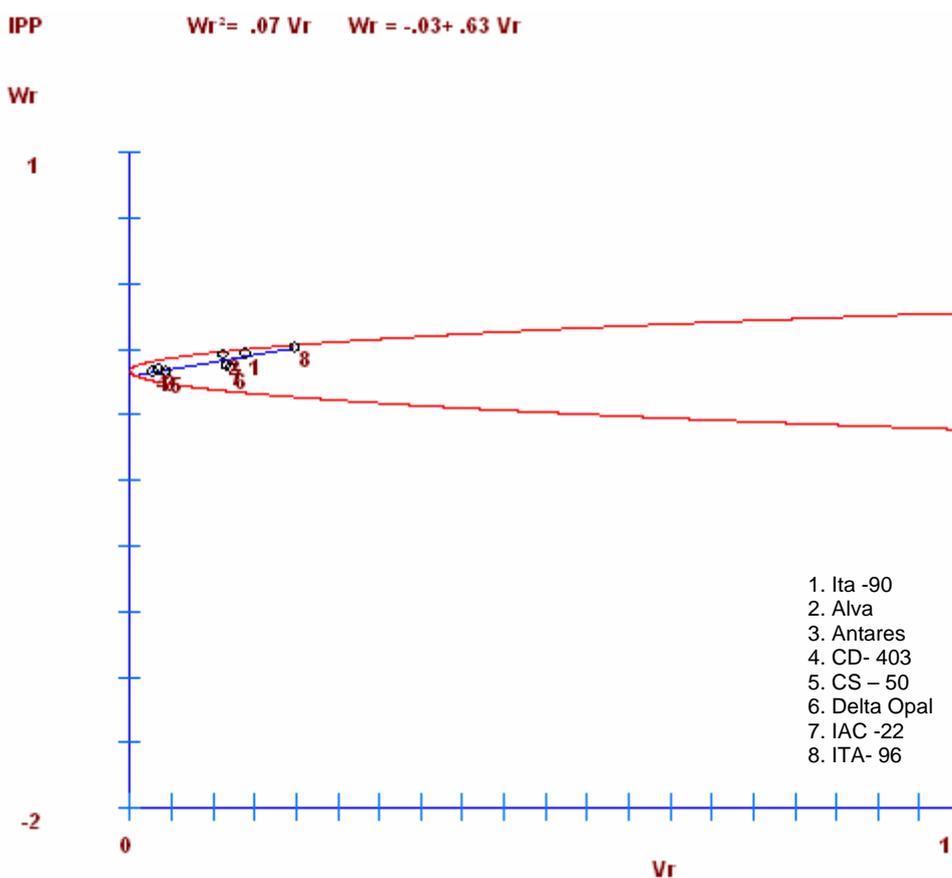


Figura 6. Regressão de W_i sobre V_i , em relação a IPP.

4.3 – Características tecnológicas de fibra

4.3.1- Finura –FIN

Em se tratando da finura das fibras, pode-se afirmar, ao observar o valor de r em relação a $W_r + V_r$, de 0,46, que parte dos alelos recessivos contribuem para o aumento desta característica.

A ordem dos genitores, em relação à concentração de alelos dominantes, é 1; 8; 5; 6; 7; 2; 4 e 3 (Tabela 5). De acordo com a Figura 7 e Tabela 6, o genitor 1(Ita-90) possui maior quantidade de alelos recessivos e média de 4,63 (índice de micronaire %), mostrando o grande potencial para aumento desta característica, sendo que o limite YR =6,19 (índice de micronaire %), na Tabela 5. Assim, de fato, este cultivar destacou-se dos demais, quanto a média desta característica. Todavia em comparação com os demais genitores, os valores se apresentam muito próximos um dos outros. Para esta característica, se buscam genótipos com menor média, pois se deseja fibras mais finas, e os genitores 3 e 2 (Antares e Alva), por conseguinte, são os mais indicados para uma seleção, por possuírem menor média (Tabela 6), coincidindo com os resultados de Aguiar (2003), para finura.

Os resultados referentes à Tabela 7 evidenciaram, através da significância dos componentes D e $D - H_1$ positivo, que prevaleceram os efeitos aditivos dos genes no controle da finura das fibras. Carvalho (1993), pelo método de Griffing, encontrou significância para a capacidade geral de combinação, mostrando a importância da ação aditiva no controle desta característica.

A estimativa do grau médio de dominância ($\sqrt{H_1/D}$), de 0,49, indica a existência de dominância parcial entre os alelos que atuam no controle gênico do caráter (Tabela 8), o que é verificado também pelo fato de a reta de regressão de W_i em V_i interceptar a ordenada acima da origem (Figura7). Pela Tabela 8, percebe-se a ocorrência de assimetria alelica entre os genitores, em relação a proporção de genes com efeitos positivos e negativos $H_2/4H_1 = 0,01$. E em K_D/K_R , a assimetria também se faz presente, pois o valor 1,43 indica a existência de maior quantidade de genes dominantes.

A herdabilidade apresentou o mesmo valor médio no sentido amplo e no sentido restrito, de 0,61(Tabela 8)

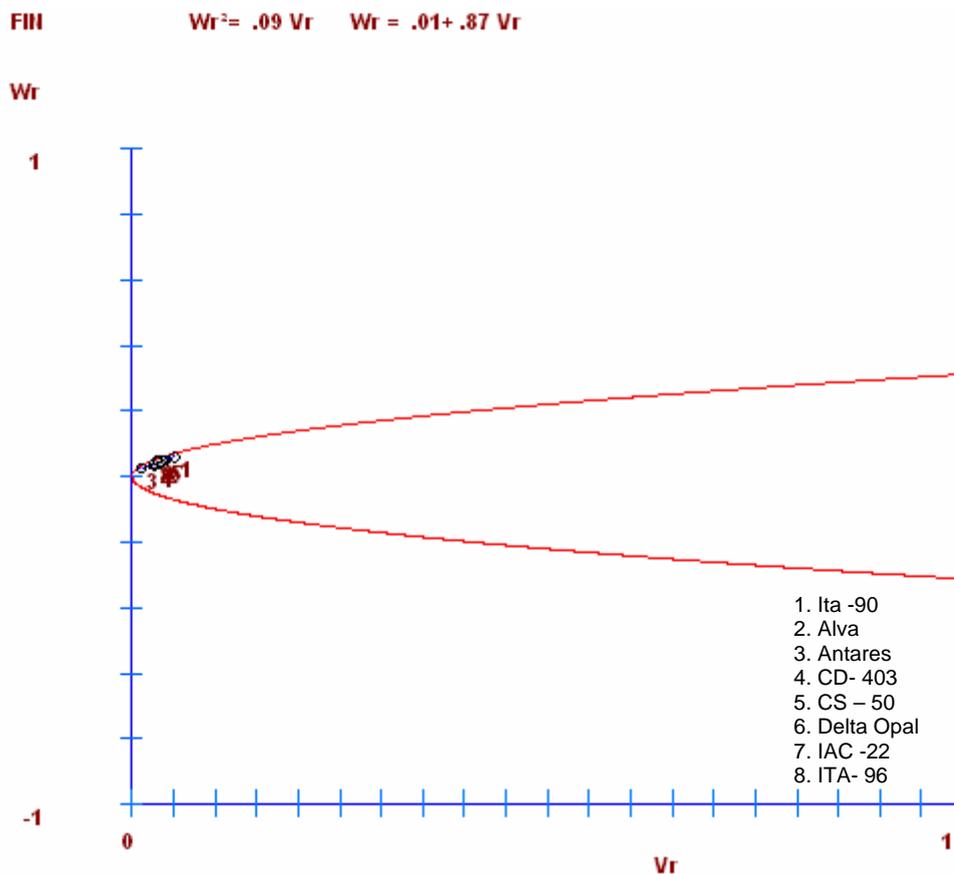


Figura 7. Regressão de W_i sobre V_i , em relação a finura.

4.3.2 – Resistência de fibras – RES

Considerando o valor $-0,41$ para a correlação de Y_r entre $W_r + V_r$, como mostrado na Tabela 5, pode – se inferir que os alelos dominantes e recessivos concorrem para provocar aumento na resistência das fibras do algodoeiro. Ao observar os valores na Tabela 6, nota -se que as melhores médias estão distribuídas ao longo da ordem dos genitores (Tabela 5), em relação à concentração de alelos dominantes, não diferenciando entre dominantes e recessivos, quanto ao desempenho. A cultivar 6 (Delta Opal) é a mais indicada entre as demais, por possuir a maior média de resistência (Tabela 6) e se encontrar mais perto da base dominante da reta de regressão (Figura 8).

Na Figura 8 pode – se observar uma dispersão dos genitores, em relação a linha de regressão da reta de inclinação. Esta posição dos genitores no gráfico pode ser devido a um certo grau de heterozigose nas linhagens F_1 .

As estimativas dos componentes genéticos D , H_1 , H_2 e $D-H_1$ não diferiram de zero, na Tabela 7, impossibilitando a identificação de quais os efeitos dos genes que

controlam esta característica, se aditivos ou dominantes. O grau médio de dominância $\sqrt{H_1/D}=0,61$ mostra a existência de dominância parcial entre os alelos (Tabela 8).

A proporção de genes com efeito favoráveis e desfavoráveis parece estar distribuída de forma assimétrica entre os genitores, conforme a Tabela 8 mostra para o valor de 0,20 para $H_2/4H_1$, porém, K_D/K_R indica simetria, pois o seu valor de 1,09 aproxima-se de 1,0, evidenciando que a quantidade de alelos dominantes e recessivos nas linhagens parentais é igual.

Os baixos valores de herdabilidade no sentido amplo e restrito de 0,33 e 0,28, respectivamente, exigem que ao visar a seleção, esta deveria ser iniciada nas gerações mais avançadas, para que o valor genético da progênie fosse mais precisamente avaliado (Tabela 8).

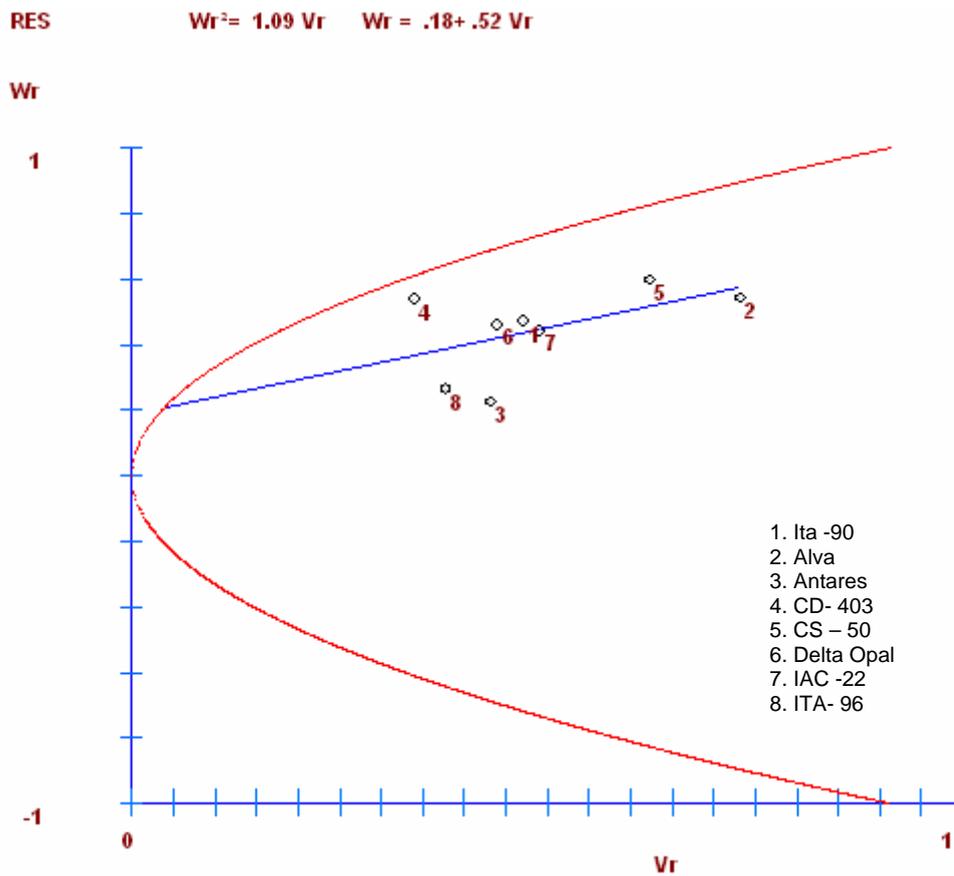


Figura 8. Regressão de W_i sobre V_i em relação a resistência.

4.3.3 – Uniformidade de fibras – UNI

A baixa correlação negativa entre r e $W_r + V_r$, da ordem de $-0,29$ (Tabela 5), indica que apenas parte dos alelos dominantes é condicionante do aumento da uniformidade de fibras.

Contudo, o genitor 6 (Delta Opal), com melhor média de $85,20$ (%) (Tabela 6), está situado na ordem de relação a concentração de alelos recessivos (Tabela 5) e na extremidade recessiva da reta de regressão (Figura 9). Já o genitor 5 (CS-50), que obteve média muito próxima $85,16$ (Tabela 6), está entre a concentração de genes recessivos e o que mostra maior número de genes dominantes. Tais dados discordam dos resultados de Aguiar (2003), em que o cultivar 7 (IAC-22) foi o mais indicado. Podemos então verificar por estes dados que alelos recessivos também condicionam o aumento desta característica.

Na Tabela 7, o efeito aditivo se fez presente em uniformidade das fibras, uma vez que o valor de $D=0,85$ foi alto e significativo e $D-H_1$ sendo positivo e significativo, confirma a importância do efeito aditivo para esta característica.

O grau médio de dominância, que é estimado por $\sqrt{H_1/D} = 0,55$ (Tabela 7), mostra que ocorreu uma dominância parcial entre os alelos. O componente H_2 negativo (Tabela 7) influenciou o estimador $H_2/4H_1$, pois possuem H_2 em sua fórmula e por isso não foi considerado para uniformidade. Para K_D/K_R , o valor maior que $1,0$ (Tabela 8) mostra que houve predominância de alelos dominantes nas linhagens.

A herdabilidade no sentido restrito h_R^2 foi baixa, de $0,35$, apresentando valor muito próximo ao da herdabilidade no sentido amplo (h_A^2), de $0,33$ (Tabela 8).

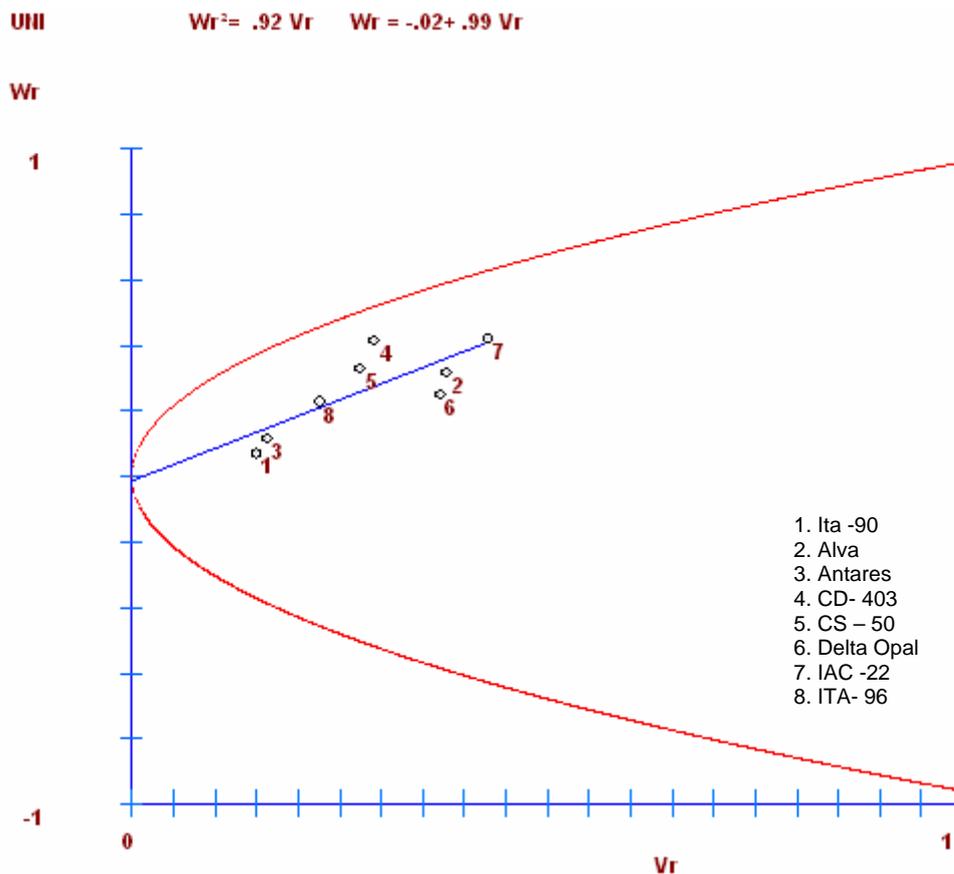


Figura 9. Regressão de W_i sobre V_i , em relação a uniformidade das fibras.

4.3. 4. Índice de fibras curtas – IFC

O alto valor positivo (0,70) da correlação de Y_r entre W_r e V_r , na Tabela 5, evidencia que os alelos recessivos em sua maioria, são responsáveis pelo acréscimo do índice de fibras curtas. Entretanto, as fibras curtas aumentam a quantidade de fibras flutuantes que não fornecem resistência ao fio, e assim são prejudiciais a qualidade do algodão. Por isso o interessante é selecionar genitores, com menor valor índice de fibras curtas (IFC). Na Tabela 6, podemos identificar que os genitores com menor média foram o 5 e o 6 (CS-50 e Delta Opal), com valores de 3,5 e 3,8, respectivamente. Estes genitores estão localizados na extremidade dominante da reta de regressão (Figura 10) e possuem maior quantidade de genes dominantes, de acordo com a classificação na Tabela 5. Por isso, para se obter uma maior qualidade tecnológica de fibra, pode - se então dizer, através destes dados, que o melhor é selecionar genitores com maior número de genes dominantes para esta característica.

A Tabela 7 mostra que os efeitos aditivos foram os principais controladores desta característica evidenciada pelo valor significativo de D. O valor positivo e significativo

do componente D – H₁ confirma a importância dos efeitos aditivos na expressão do índice de fibras curtas.

A estimativa do grau médio de dominância ($\sqrt{H_1/D}$), de 0,70, indica a existência de dominância parcial entre os alelos que atuam no controle gênico do caráter (Tabela 8), o que é verificado também pelo fato de a reta de regressão de $W_i + V_i$ interceptar a ordenada acima da origem.

O valor de $H_2/4H_1$, na Tabela 8, foi de 0,0005, mostrando que os alelos positivos e negativos estão distribuídos de modo igual ou equitativo nos genitores. O estimador $K_D/K_R = 45,36$ revela a existência de maior número de genes dominantes do que recessivos. A herdabilidade no sentido amplo h_A^2 e no sentido restrito h_R^2 foram muito baixas (0,18).

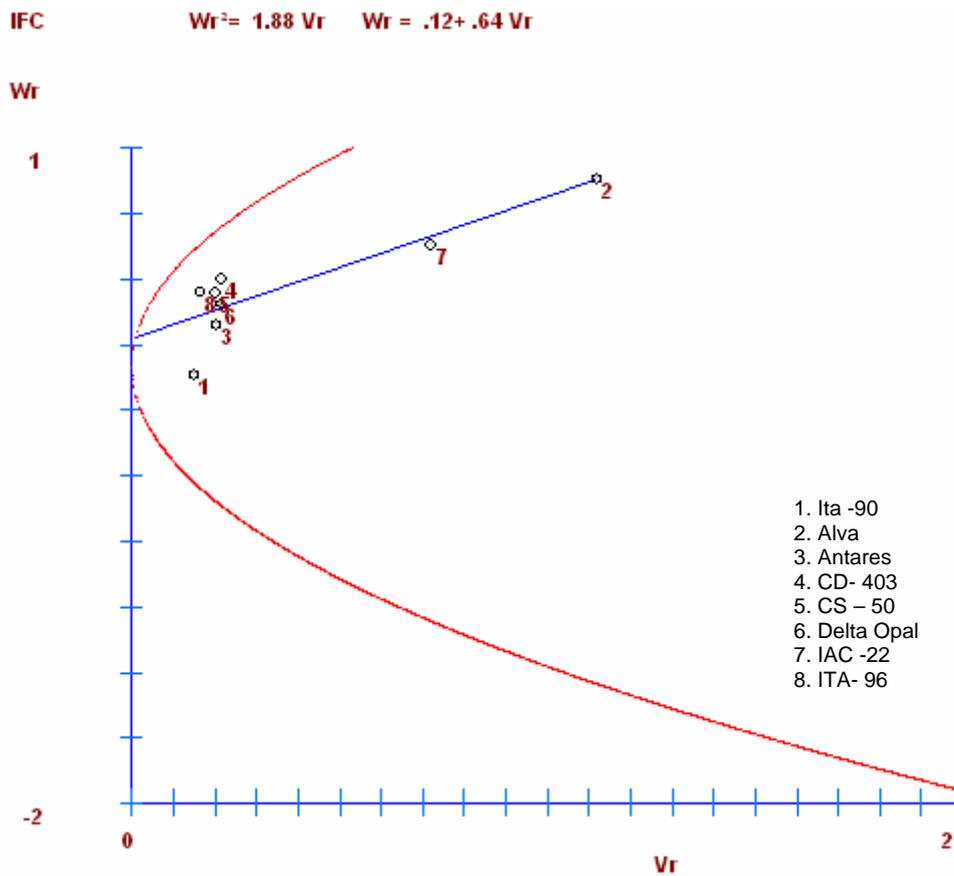


Figura 10. Regressão de W_i sobre V_i , em relação ao índice de fibras curtas.

4.3.5 Fiabilidade - FIA

O valor da correlação de r e $W_r + V_r$, de $-0,52$ (Tabela 5), evidencia, pelo seu valor negativo, que os alelos dominantes atuam para o aumento da fiabilidade nas fibras, mas não exclusivamente. Os genitores com maior média na Tabela 6 foram o 5 e o 4 (CS-50 e CD-403), com valores de 2185,33 e 2156,00. Levando-se em consideração o limite máximo de seleção $YD = 2201,09$ (tabela 5), pode-se constatar um pequeno potencial para aumentar ainda mais a fiabilidade. Na Figura 11, os genitores 5 e 4 estão mais próximos da base da reta de regressão, confirmando que possuem maior quantidade de genes dominantes.

Os efeitos dos genes que controlam esta característica não puderam ser indicados, pois os valores das estimativas de D , H_1 , H_2 e $D - H_1$ foram não significativas (Tabela 7).

Na Tabela 8, o grau médio de dominância ($\sqrt{H_1/D}$) e K_D/K_R não puderam ser estimados, pois contêm em sua fórmula o H_1 , que foi negativo (Tabela 5), ainda, o estimador $H_2/4H_1$ mostra assimetria entre os efeitos positivos e negativos. A herdabilidade, a exemplo do que ocorreu com UNI, foi baixa no sentido amplo e restrito (Tabela 8). A herdabilidade no sentido restrito maior que a herdabilidade no sentido amplo pode ter ocorrido por influência do valor negativo de H_1 e H_2 em sua fórmula.

Estimativas negativas de H_1 e H_2 às vezes ocorrem, conforme encontrado em alguns trabalhos (Jones et al., 1972; Freire Filho, 1988; Xu & Shen, 1991), e não seriam devidas a causas genéticas, pois como são componentes quadráticos, não poderiam ser negativos e significativos (Hill et al., 2001). Conforme se observa pelas expressões de cálculo dos componentes H_1 e H_2 , provavelmente, a ocorrência de estimativas negativas seja devida à pequena magnitude dos valores das variâncias estimadas.

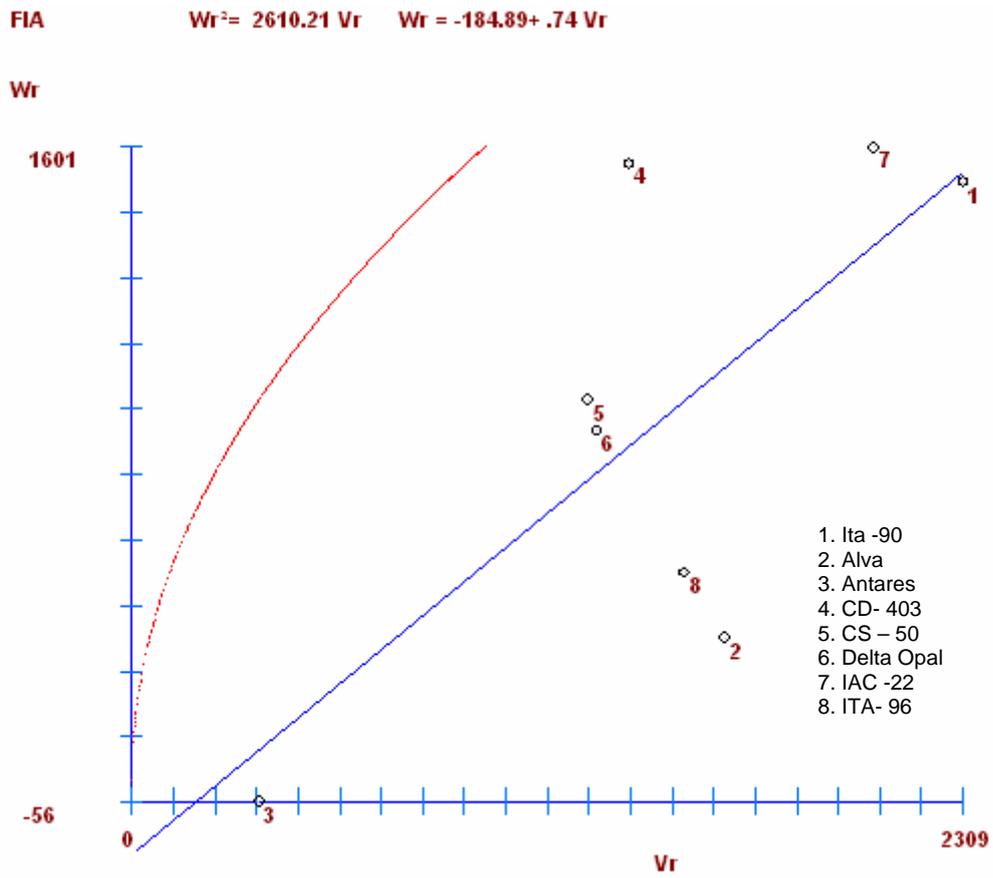


Figura 11. Regressão de W_i sobre V_i , em relação à fiabilidade de fibras.

5 CONCLUSÕES

As análises dos dialelos, utilizando a metodologia de Jinks e Hayman, permitem as seguintes conclusões:

1. Com exceção do grau de reflectância, todos caracteres avaliados variabilidade entre os tratamentos de acordo com a ANAVA - Comprimento e alongação não passaram no teste de suficiência do modelo aditivo-dominante.
2. Foram analisadas, pelo método de Jinks-Hayman, 10 características, sendo que o efeito aditivo foi mais importante que o efeito dominante para a maioria delas.
3. A ordem dos caracteres que apresentaram alta herdabilidade no sentido amplo e restrito em sentido decrescente foram: PF, PS, IPP, FIN, RAC, RAP, UNI, RES e IFC.
4. Os alelos que foram responsáveis pelo aumento da característica foram dominantes, para rendimento de algodão em caroço; dominante/recessivo, para uniformidade e resistência; recessivo, para porcentagem de fibra e finura.
5. Os genitores que se destacaram pelo desempenho médio para a maioria dos caracteres avaliados foram: Antares (3) para as características de RAC, PF, RAP, IPP, FIN e Delta Opal (6) para RES, UNI e IFC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, P.A.; PENNA, J.C.V., MELO, L.C. Análise dialélica em variedades de algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4.,2003, Goiânia. **Algodão um mercado em evolução**, Disponível em: < <http://www.4cba.com.br/anais/trabalhos>>. Acesso em: 02, dez.2006.
- ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. New York. John Wiley e Sons, 1960.
- AMARAL JÚNIOR, A. T. do; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D.; FINGER, F. L. Inferências genéticas na produção e qualidade de tomateiro sob cruzamento dialélico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 34, n. 8, p. 1407-1416, ago. 1999.
- BONATO, E. R.; VELLO, N. A. Aspectos genéticos do tempo para o florescimento em variantes naturais de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, Brasília**, v. 34, n. 6, 1999.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1998.
- BOREM, A; VIEIRA, M.L.C. **Glossário de biotecnologia**. 1. ed. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 2005. v. 1. 117 p.
- CARVALHO, L.P. de; CRUZ, C.D.; MORAES, C.F. de. Diallel analysis of yield and other Traits in cotton. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, V. 18, n 1, p.93-97, 1995.
- CARVALHO, L.P. **Divergência genética e análise dialélica em *Gossypium hirsutum* L var.*latifolium* Hutch.** 1993. 203p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993..
- CAVALERI, P.A.; GRIDI-PAPP, I.L. Algodão. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (Ed.).**O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1993. p.13-27.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, **Quarto levantamento de avaliação da safra 2006/2007 -janeiro - 2007**. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=73&NSN=326>>. Acesso em:11 fev.2007.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001 Campo Grande.**Anais** : Campina Grande: Embrapa Algodão; Campo Grande: UFMS; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 2 v.
- COSTA, J.N. da. **Determinação da heterose e das capacidades geral e específica de Combinação em algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. através de cruzamentos dialélicos**. 1989. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia,1989.

CRISOSTOMO, J.R.; CHIAVECATO, E.J; GRIDI-PAPP, I. L. Taxa de fertilização cruzada e níveis de endogamia no algodoeiro herbáceo em Campinas. In: Reunião Nacional de Algodão, 5.,1988, Campina Grande. **Resumos**. Local: EMBRAPA – CNPA, 1988. p.31.

CRUZ, C.D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa : UFV, 2001. 442p.

ENDRIZZI, J. E.; TURCOTTE, E. L. ; KOHEL, R.J. **Genetics**, cytology and evolution of *Gossypium*. **Advances Genetics**, V.23, p.271-375, 1985

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York, Ronald Press, 1960, 365p.

FERREIRA, P. E. On Jinks-Hayman's analysis of half diallels. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 1, p. 149-155, 1985.

FRONZA V **Genética da reação da soja a *Fusarium solani f.sp. glycines***. 2003. Thesis (PhD)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-19052003-160041/publico/vanoli.pdf>. Acesso em 5 dez,2006.

FRYXELL, P.A. **Taxonomy and germplasm resources**. In. KOHEL, R.J. &LEWIS, C.F. (ed). Cotton. Madison: American Society of Agronomy, Inc.,Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc.,1984. Cap.2, p.27-57.

FUZATTO, M.G. **Melhoramento Genético do Algodoeiro**. In CIA, E.; FREIRE,E.C.; SANTOS, W.J. (eds) Cultura do Algodoeiro. Piracicaba, S.,o Paulo:58 Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1999. p.15-34., 286p.

GARDNER, C.O.; EBERHART,S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrus**, V.22, p.435-452,1966

GOUDAR, P.V.K.; KATARKI, B.H.; SLIMATH, P.M.; CHETTI, M.B. Genetics of yield, Yield attributes and their implications in breeding of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delli, v.56, n.2, p. 147-151, 1996.

GRIDI-PAPP, I.L.; CIA, E.; FUZATTO, M.G.; CAVALERI, P.A.; CHIAVEGATO, E.J.; FERRAZ, C.A.M.; SABINO, N.P.; KONDO, J.I.; SOAVE, J.; BORTOLETTO, N. Melhoramento do algodoeiro no Estado de São Paulo: obtenção da variedade IAC 18. **Bragantia, Campinas**, v.44, n.2, p.645-658, 1985.

GRIFFING, L.B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Austr. Jour. Biol. Sci.** 9: 463-493

HAYMAN, B. I. The analysis of variance of diallel tables. **Biometrics**, Washington, v. 10, p. 235-244, 1954a.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Bethesda, v. 39, n. 6, p. 789-809, 1954b.

JINKS, J. L.; HAYMAN, B. I. The analysis of diallel crosses. **Maize Genetics Cooperation Newsletter**, Columbia, v. 27, p. 48-54, 1953.

JONES, R.M. Analysis of variance of the half diallel table. **Heredity**, V.20, p.117-121, 1965.

KETATA, H.; EDWARDS, L.H. e SMITH, E.L. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. **Crop Science, Madison**, 16:19-22, 1976.

KUMARESAN, D., P. SENTHILKUMAR. Combining ability studies for quantitative traits in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Crop Research Hisar**. Madurai, v. 18, n. 3, p. 430-432, Nov. 1999

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto : Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.

MORESCO, E.R.; FARIAS, F.J.C.; SOUZA, M.C.; FREIRE, E.C.; MARQUES, M.F.; AGUIAR, P.H.; PAPP, I.L.G. Determinação da taxa de alogamia no algodoeiro herbáceo no Cerrado do Mato Grosso. In: **Congresso Brasileiro de Algodão** (2.:1999: Ribeirão Preto, SP) O algodão no século XX, perspectivas para o século XXI: p.603-604 Anais.

PEDROSA, M. B. **Avaliação das capacidades geral e específica de combinação e da heterose em algodoeiro** (*Gossypium* spp.) **por meio de cruzamentos dialélicos**. 2001.64.f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2001.

PENNA J.C.V.; MIRANDA, A.R. ET AL. **Controle artificial de polinização em Algodoeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, n 26.p.347-352,1991

PENNA, J.C.V. **Melhoramento do Algodão** In BORÉM, A.(eds) Melhoramento de Espécies Cultivadas. Minas Gerais: Ed. UFV, 1999. p.15-50 817 p.

RESENDE, MA.V.; FALLIERI, J. Determinação da taxa de fecundação cruzada em algodoeiro herbáceo no Norte de Minas Gerais. In: **Reunião Nacional do Algodão**, 8., Londrina, 1995. Resumos, Londrina: IAPAR, 1995,p.27-39.

SANTANA, J.C.F. de; VANDERLEY, M.J.R.; BELTRÃO, N.E de M.; VIEIRA, D.J.Characterísticas da fibra e do fio do algodão: Análise e interpretação dos resultados. IN: BELTRÃO, N.E. de M.(Ed) **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPA, 1999. P. 858-880.

SINGH, R.K.; CHAUDHARY, B.D. **Biometrical methods in quantitative genetics analysis**. New Delhi, Ludhiana: Kalyani Publishers, 1977. 288p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631p.

VERHALEN, L.M. AND J.C. MURRAY. 1967. A diallel analysis of several fiber properties traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Crop.Sci.** 7: 501-505

VIEIRA, R.M.; MEDEIROS, A.A.; COSTA, J.N. **Ensaio Internacional de cultivares de algodão do cone sul**. Ipanguana /RN-1998. Inc II Congresso Brasileiro de Algodão (2.:1998: Ribeirão Preto, SP) O algodão no século XX, perspectivas para o século XXI: p.582-584 Anais.

WANG ZHIZHONG; WANG, ZHAOXIAO; CUI, SHUFANG; WANG, Z.X.; CUI,S.F. Studies on the combining ability of germoplasm lives of interspecific hybridization and upland cotton cultivars. **Acta Agriculturae Boreali**, Sinica, v.12, n. 5, p.65-69, 1997.