

IMRE LAJOS GRIDI-PAPP

ENGENHEIRO - AGRÔNOMO

Secção de Algodão do Instituto Agrônomo
do Estado de São Paulo

ÍNDICE MORFOLÓGICO BASEADO NA
VARIAÇÃO RELATIVA DAS DIMENSÕES
EM *GOSSYPIUM* TETRAPLOIDE.

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura «Luiz de Queiroz», da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor.

PIRACICABA - SÃO PAULO
BRASIL - 1970

Por gratidão a

meus pais

e

Veronika, minha esposa

A G R A D E C I M E N T O S

Agradecimentos são dirigidos a todos aquêles que contribuíram para a realização d'êste trabalho, em particular às seguintes pessoas e instituições.

Prof.Dr.A.Blumenschein, chefe do Departamento de Genética e nosso orientador, pela compreensão e orientação segura recebidas.

Dr.S.G.Stephens, do Departamento de Genética na Universidade da Carolina do Norte, Estados Unidos da América do Norte, pelo incentivo irrestrito e sugestões valiosas.

Dr.M.M.Goodman, do Departamento de Estatística da mesma Universidade, pelas críticas construtivas.

Eng^o Agr^o Toshio Igue, da Seção de Técnica Experimental e Cálculos, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, pelo estabelecimento de um programa eficiente para a computação de distâncias taxonômicas na Máquina Olivetti,, Programa 101 dessa Seção.

Srta. Maria Regina C.Brochado pelo trabalho de datilografia.

Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, Departamento de Genética da Universidade da Carolina do Norte e Universidade das Índias Ocidentais em Kingston, Jamaica, pelos recursos técnicos e materiais.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e The National Science Foundation, pelos recursos financeiros que tornaram possível a colheita de dados no Brasil, nos Estados Unidos da América do Norte e na Jamaica.

Agradecimento póstumo é devido ao eng^o agr^o Oswaldo da Silveira Neves, pelo apoio moral recebido.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO -----	1
2. REVISÃO DA LITERATURA -----	3
2.1. <u>Variações morfológicas</u> -----	3
2.2. <u>Quocientes e índices morfológicos</u> -----	3
2.3. <u>Transformação logarítmica dos dados</u> -----	4
2.4. <u>Emprêgo da lei da alometria</u> -----	4
2.5. <u>Escolha dos caracteres</u> -----	5
2.6. <u>Técnicas de análise dos dados</u> -----	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. <u>Material</u> -----	8
3.2. <u>Métodos</u> -----	9
3.2.1. Considerações teóricas -----	9
3.2.2. Escolha dos caracteres -----	11
3.2.3. Técnicas de medição -----	13
3.2.4. Estimacão dos valores de alfa -----	15
3.2.5. Emprêgo dos índices genéticos num estudo taxonômico comparativo -----	16
4. RESULTADOS	
4.1. <u>Escolha dos caracteres</u> -----	18
4.2. <u>Estimativas da constante alfa</u> -----	19
4.3. <u>Estudo da variação dos índices</u> -----	19
4.3.1. Teste de normalidade -----	20
4.3.2. Sensibilidade à variação genotípica -----	20
4.3.3. Poder discriminante -----	20
4.3.4. Repetibilidade no tempo e no espaço -----	21
4.3.5. Correlações entre os índices dos caracteres -----	21
4.3.6. Aplicação no estabelecimento de constelações de grupos taxonômicos -----	21
4.3.7. Estudo da segregação híbrida através de distâncias taxonômicas -----	22

	<u>Página</u>
4.4. <u>Quadros e Figuras ilustrativos</u> -----	24
5. DISCUSSÃO -----	34
5.1. <u>Significado da equação básica: $Y = I_y X$</u> -----	34
5.2. <u>Estimativas de alfa</u> -----	35
5.3. <u>Propriedades dos índices I_y</u> -----	35
5.4. <u>Aplicação para o estabelecimento de constelação de espécies e raças de algodoeiros</u> -----	37
5.5. <u>Estudo de segregação através de distâncias baseadas nos índices genéticos</u> -----	38
6. RESUMO E CONCLUSÕES -----	39
7. SUMMARY -----	41
8. LITERATURA CITADA -----	43

1. INTRODUÇÃO

Taxonomia Numérica definida e descrita em detalhes por SOKAL e SNEATH (1963) marca uma tendência geral para aumentar a objetividade nas investigações taxonômicas. Pouco contribui, porém, para o entendimento das prováveis relações existentes entre Taxonomia e Genética. No caso da maioria dos caracteres morfológicos, não há método objetivo que permita deduzir considerações filogênicas diretamente de medições fenotípicas. Esses caracteres são, no geral, poligênicos e apresentam dois problemas essenciais, o da repetibilidade das medições e o do tamanho variável dos órgãos.

Dados obtidos para uma mesma espécie em condições diferentes do ambiente podem apresentar variações indesejáveis. Não há dificuldades para um taxonomista realizar um estudo comparativo em ambiente uniforme. No entanto, as suas medições dificilmente serão comparáveis aos dados obtidos por outro pesquisador usando o mesmo material e as mesmas técnicas, porém, em ano, localidade e, possivelmente, latitude diferentes. Dados obtidos por medições diretas não são, no geral, repetíveis no tempo e no espaço.

O problema do tamanho variável é ligado ao da repetibilidade das medições. Frequentemente um determinado caráter apresenta variabilidade considerável dentro de um mesmo genótipo, até num mesmo indivíduo, em se tratando de plantas. No caso do algodoeiro, por exemplo, cada flor tem a sua história de desenvolvimento. Flôres de uma mesma planta teriam dimensões diferentes, mesmo que sejam estudadas nos seus respectivos dias de abertura. Medições de indivíduos ou de órgãos, feitas na mesma idade fisiológica dos mesmos, não resolve, inteiramente, o problema do tamanho.

Por outro lado, o tamanho, em si, é um caráter de valor taxonômico duvidoso. Quando numa mesma idade fisiológica dois grupos se acham diferenciados somente pelo tamanho, há sempre a possibilidade de admitir a existência de condições especiais em que indivíduos do grupo dos pequenos teriam o tamanho dos grandes ou vice-versa.

Frequentemente, no lugar de simples medições, quocientes ou in-

lices são usados na identificação de grupos taxonômicos, pois dependem menos do tamanho absoluto. Quocientes ou índices de medições fornecem informações antes sobre a forma dos órgãos do que sobre o seu tamanho. Há, porém, casos em que a forma varia com o tamanho, os quais podem levar a interpretações errôneas, quando se comparam indivíduos ou órgãos de idades fisiológicas diferentes.

Surge, pois, um paradoxo inevitável em qualquer descrição taxonômica. Estudam-se fenótipos que constituem uma imagem variável, instável, para conhecer o ente genotípico oculto, relativamente estável, responsável pelos grupos filogênicos.

O presente estudo é uma tentativa de resolver os problemas de tamanho e de repetibilidade das medições através da variação relativa das diversas partes de um organismo e visa estabelecer uma medida morfológica herdável para os caracteres taxonômicos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Variações morfológicas

Todo estudo taxonômico se baseia em descrições morfológicas. Apesar da variabilidade considerável que os seres vivos apresentam, grupos taxonômicos foram estabelecidos, numa classificação hierárquica. BRIEGER (1966) discute a importância, nessa classificação, dos caracteres fixados, que se apresentam constantes dentro dos grupos através das gerações. No entanto, esses caracteres também variam nas suas dimensões conforme as condições do ambiente ou durante o ciclo evolutivo do indivíduo. Podem haver modificações absolutas e relativas nas várias dimensões causando alterações no tamanho e na forma dos organismos. HUXLEY (1932) estudou, com minúcia, a velocidade de crescimento diferencial das dimensões de diversos organismos e canalizou no seu livro a maioria dos resultados e conclusões obtidos até aquela data. Mostrou que as variações relativas de duas dimensões quaisquer de um órgão ou organismo em crescimento formam uma regressão linear em escala logarítmica. Por conseguinte as proporções não se conservam. Há variações tanto no tamanho como na forma. HUXLEY propôs a equação $Y = bX^a$ para descrever essas variações relativas, chamada lei de alometria.

Tais variações tornam difícil a descrição morfológica, mormente, quando as dimensões são medidas. A fim de permitir uma descrição objetiva, COUSIN (1939) e os seus discípulos procuraram eliminar o efeito do tamanho absoluto num estudo comparativo de grilos e tornar os diversos exemplares comparáveis. Sugeriram a divisão dos dados por uma referência geral para tamanho, que seria a soma de seis ou sete caracteres constituindo um caráter composto de referência.

2.2. Quocientes e índices morfológicos

Nas descrições taxonômicas a forma tem consideravelmente maior importância que o tamanho. Inúmeros autores usaram quocientes de caracte

res nos seus estudos. SIMPSON, ROE e LEWONTIN (1960) discutem os méritos e falhas desse procedimento. Quocientes caracterizam formas razoavelmente bem, mas apresentam amplitudes consideráveis de variação.

Em estudo comparativo de algodoeiros STEPHENS (1964, 1967) empregou, além de quocientes simples (índice estaminal, índice de dissecção da bráctea), índice como tamanho de bráctea expresso pela média geométrica de duas dimensões. A observação objetiva levou à adoção de tais índices que se mostraram mais discriminantes do que as medições diretas e menos influenciados pelo tamanho dos órgãos. No entanto GOULD (1966) chama a atenção para os casos em que forma e tamanho estão ligados e formas diferentes não significam espécies diferentes mas correspondem a fases evolutivas diferentes de um mesmo organismo.

2.3. Transformação logarítmica dos dados

Por uma razão ou outra, vários autores observaram a vantagem do uso dos logaritmos das medições em estudos comparativos. GOODMAN (1966) fez transformação logarítmica dos dados, estudando introgressão em algodoeiros, com a finalidade de obter variabilidade semelhante nos vários caracteres que mediu. STEPHENS (1944b) relacionou a forma dos órgãos ao crescimento celular diferencial, concluindo que as dimensões observadas são funções logarítmicas da velocidade de crescimento celular. HUXLEY (1932) e COUSIN (1939) também recomendaram o estudo das variações relativas das dimensões em escala logarítmica na qual obtém-se, frequentemente, funções lineares. Aparentemente as variações dos caracteres morfológicos são de natureza multiplicativa.

2.4. Emprego da lei da alometria

HUXLEY (1932) preconizou o uso da lei da alometria, $Y = bX^a$, nos estudos taxonômicos, mostrando a relativa constância do expoente a dentro dos grupos. Muitos autores estimaram valores de a para espécies próximas

e sub-espécies. STEPHENS (1944a) apresenta dados referentes aos algodoeiros cultivados. LUMER, ANDERSON e HERSH (1942) procuraram deduzir dos valores de a e b considerações sobre evolução divergente, paralela, convergente. A constante b, porém, era tido como desprovido de significação biológica clara. Os mesmos autores afirmaram:

"a impossibilidade aparente de atribuir significação biológica aos valores de b em tantos casos é devida ao efeito obscurecedor da unidade convencional em que essa constante foi expressa".

SHOLL (1954) também considera b como tendo pouco significado biológico, em oposição ao expoente a que admite ser quociente de velocidades específicas de crescimento.

Por outro lado, GOULD (1966) reconheceu certo valor taxonômico para b quando o expoente a não mudava.

2.5. Escolha dos caracteres

A escolha dos caracteres próprios para estudos comparativos dos organismos é de máxima importância e constitui no geral um estudo preliminar cuidadoso. SOULE (1967) adotou três critérios, mensurabilidade rápida e relativamente fácil, facilidade de expressão quantitativa e ampla descrição do fenótipo. SOKAL e SNEATH (1963) consideraram duas hipóteses automaticamente formuladas quando se escolhem caracteres para estudos de taxonomia numérica; 1) hipótese de vínculo, pela qual todo caráter é afetado por vários genes e a maioria dos genes afeta vários caracteres; 2) hipótese de não-especificidade, pela qual não existe nenhum grupo ou classe de genes que afetaria, somente, uma parte do organismo ou um certo tipo de caracteres. MOSS (1968) comparou os resultados obtidos com caracteres de todo o corpo de traças Dermanyssidae com os obtidos com parte do corpo, como as pernas por exemplo. Concluiu que as diversas partes não contribuíam de modo idêntico para a diferenciação total das espécies, mostrando que a hipó

tese de não-especificidade não se verificou. GOODMAN (1966) considerou três pontos para a escolha dos caracteres em algodoeiros, o poder discriminante entre grupos medido pelo coeficiente K de LUBISHEW (1962), a aparente herança multifatorial e a facilidade de medição.

2.6. Técnicas de análise dos dados

Em comparações morfológicas cada caráter tem o seu valor discriminante. Uma análise dos dados, caráter por caráter, impõe-se no geral, antes de se proceder a estudos globais. ANDERSON (1949) estudou em forma de diagramas as variações relativas de dois ou três caracteres, ou de dois ou três índices. O processo, chamado de diagramas andersonianos, foi usado, entre outros, por STEPHENS (1967). Visualiza adequadamente o valor discriminante dos caracteres ou índices estudados.

Todo estudo taxonômico contém, porém, a premissa que o conjunto dos caracteres taxonômicos corresponde a um genoma determinado que define cada grupo. É lógico, que inúmeros autores tenham procurado descrever esse genoma através de estudos globais, juntando todos os caracteres medidos ou observados. FISHER (1936) propôs o uso de funções discriminantes lineares contendo tantas variáveis quantos os caracteres estudados. GOODMAN (1967) comparou essa técnica com o uso de outras funções mais simples, chegando à conclusão que, na identificação de algodoeiros híbridos, entre duas populações diferentes de médias \bar{m}_1 e \bar{m}_2 , o uso do índice híbrido simples de ANDERSON

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{m}_1)(X_i - \bar{m}_2)}{\sum_{i=1}^n (\bar{m}_{1i} - \bar{m}_{2i})}$$

proporcionava resultados quase tão precisos como as funções discriminantes mais complicadas, porém, com cálculos muito mais simples.

Outras técnicas muito usadas na comparação e estabelecimento de grupos são baseadas no cálculo de coeficientes de correlação através dos caracteres ou na computação de distâncias taxonômicas, SOKAL e SNEATH (1963)

MOSS (1968) avaliou várias técnicas de taxonomia numérica num estudo comparativo de espécies de traças. Os seus dados mostram que distâncias, no geral, forneceram resultados mais constantes que correlações, principalmente quando se mudou o grupo de caracteres considerados. No Brasil KERR, PISANI e AILY (1967) preferiram usar coeficientes de correlação em estudos comparativos de espécies do gênero Melipona.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Plantas pertencentes às espécies de algodoeiros tetraploides foram estudadas, em parte na casa de vegetação da Seção de Algodão do Instituto Agrônomo, na cidade de Campinas, São Paulo, Brasil, entre novembro de 1964 e maio de 1966; em parte na casa de vegetação do Departamento de Genética da Universidade da Carolina do Norte, na cidade de Raleigh, USA, de agosto de 1967 a julho de 1968, e em parte na coleção de algodoeiros da Universidade das Índias Ocidentais, na cidade de Kingston, Jamaica, em janeiro de 1968. Por efeito dos estudos, as plantas constituíram quatro grupos de material.

Grupo I: Duas populações, uma, de dezessete plantas "Rim-de-boi"

(Gossypium barbadense L. var. brasiliense) originárias do estado de Minas Gerais, outra, de quatorze plantas "Upland" (G. hirsutum L. var. latifolium) pertencente às variedades comerciais Acala, Stoneville, R.Uzbekistan.

Grupo II: Três populações híbridas F_1 dos seguintes cruzamentos:

$H_1 = \underline{G.hirsutum}$ var. latifolium (Upland) x G.caicoense

$H_2 = \underline{G.hirsutum}$ var. marie-galante (Mocó) x G.caicoense

$H_3 = \underline{G.barbadense}$ var. brasiliense (Rim) x G.caicoense

Cada população compreendia sete plantas.

Gossypium caicoense Condorcet, Hermogenes et Imre é uma espécie tetraploide selvagem de algodoeiro, colhida no Nordeste Brasileiro, NEVES, CAVALERI, GRIDI-PAPP e FUZATTO (1965).

Grupo III: Reune plantas das coleções de espécies e variedades

tetraploides existentes em Campinas, Raleigh e Kingston, trinta plantas ao todo.

Grupo IV: Constituído pelo seguinte material, cedido gentilmente pelo professor S.G.Stephens:

- Tipos paternos: 4 plantas da variedade egípcia Mourad
(*G. barbadense*)(B₁ a B₄)
- 3 plantas Hopi (*G. hirsutum* var. *punctatum*)(H₁ a H₃)
- Híbridos F₁ : 4 plantas (HB)
- População dos retrocruzamentos para ambos os pais:
7 plantas H - HB e 7 plantas B - HB.

3.2. Métodos

3.2.1. Considerações teóricas:

Considerou-se a planta do algodão como sendo um conjunto de órgãos, cada órgão composto de um certo número de dimensões, cada dimensão constituindo um caráter taxonômico possível. Embora as condições gerais da planta influem no crescimento dos órgãos, estes apresentariam uma certa independência uns dos outros durante o desenvolvimento, devido a diferenças cronológicas e microclimáticas. Os órgãos foram considerados como unidades de desenvolvimento dentro do organismo e admitiu-se que todos os caracteres de um mesmo órgão sofreram ação idêntica dos fatores do ambiente para alcançar as dimensões observadas. Não houve intenção de dar uma nova definição ao termo órgão, procurou-se agrupar, apenas, usando essa denominação, dimensões cujos crescimentos dependiam uns dos outros. Para tal fim, considerou-se órgão uma bráctea, como também o conjunto das peças florais androceu, gineceu e pétalas.

Foi proposto, que, para um dado genótipo, o tamanho observado, atingido por um determinado órgão ou caráter, depende principalmente de fatores do ambiente. Admitiu-se a existência de uma velocidade de crescimento em potencial, de fundo genético, que depende do caráter considerado e que determina as dimensões relativas dentro do órgão. Essas proposições podem ser anunciadas matematicamente da seguinte forma:

A velocidade de crescimento de um determinado caráter num dado momento é função da dimensão já atingida (Y), do tempo (t) e de um fator de

proporcionalidade (K_y) que, por sua vez, depende do caráter e do genótipo presente,

$$\frac{dY}{dt} = K_y f(Y,t) \quad (1)$$

Considerou-se o tempo (t) como medida não somente da idade do órgão mas também das variações do ambiente.

A fórmula (1) exprime uma relação hipotética pois a função $f(Y,t)$ permanece desconhecida. No entanto, a sua primitiva tem a seguinte forma-:

$$Y = K_y F(Y,t) \quad (2)$$

Pois no tempo $t = 0$, admite-se $Y = 0$.

$F(Y,t)$ também não é conhecida. Para obter algumas informações sobre essa função é necessário considerar, dentro do mesmo órgão, uma segunda dimensão, aquela que se apresenta como o caráter o mais influenciado pelo tamanho do órgão. Sendo (X) esse caráter, pode ser escrito:

$$X = K_x F(X,t) \quad (3)$$

Pelo que foi dito acima, valores iguais de (t) correspondem a (X) e a (Y).

O comportamento relativo de dois caracteres de um mesmo órgão como (X) e (Y), constituiu objeto de investigações de vários autores no passado e foi descrito pela chamada lei da alometria, proposta por HUXLEY (1932). Essa lei é baseada na constância das velocidades relativas de crescimento, que pode ser escrito da seguinte forma:

$$\frac{d(\log Y)}{dt} = \alpha \frac{d(\log X)}{dt}$$

onde α é uma constante. Integrando obtém-se:

$$\log Y = \alpha \log X + \log C$$

$\log C$ é constante para um dado par de caracteres. Por conseguinte:

$$Y = C X^\alpha$$

ou $\frac{Y}{X^\alpha} = C \quad (4)$

Por outro lado de (2) e (3) vem:

$$\frac{Y}{X} = \frac{K_Y}{K_X} \frac{F(Y,t)}{F(X,t)} \quad (5)$$

A comparação de (4) e (5) sugere escolher a constante C tal que:

$$C = a \frac{K_Y}{K_X}$$

onde a é um fator de proporcionalidade, o que significa que

$$Y = a \frac{K_Y}{K_X} X$$

$$\text{e que } \frac{F(Y,t)}{F(X,t)} = a X^{\alpha-1}$$

como C é um símbolo matemático de rotina, foi substituído por I_Y de modo que:

$$I_Y = a \frac{K_Y}{K_X} \text{ e } Y = I_Y X^{\alpha} \quad (6)$$

Alfa é uma constante que depende somente do par de caracteres (X) e (Y). I_Y poderia ser chamada a velocidade genética relativa de crescimento de (Y) quando (X) é tomado como referência para tamanho do órgão. Foi chamado nesse trabalho "Índice morfológico herdável" do caráter (Y) em relação a (X) ou mais resumidamente índice genético de (Y).

3.2.2. Escolha dos caracteres:

Foram medidos caracteres morfológicos quantitativos, que seriam determinados por um grande número de genes, com possibilidade de corresponder a uma parte considerável do genoma. Consideraram-se para tal fim, os órgãos fôlha, flor e fruto. Pelo menos três caracteres foram estudados em cada órgão, uns correspondentes a dimensões ao longo do eixo principal de crescimento e outros a dimensão ao longo de eixos secundários, de crescimento lateral. Os caracteres foram os seguintes:

Fôlha: - comprimento do pecíolo, da base até o seio peciolar.

- comprimento da nervura central.

- comprimento do limbo, distância média entre o seio peciolar e os pontos de inserção do lobo central.

- largura da fôlha, distância entre as pontas dos lobos adjacentes ao lobo central, seguindo as nervuras correspondentes.

Bráctea - Comprimento do dente central, distância média da ponta aos pontos de inserção do dente.

- comprimento do limbo, semelhante ao da fôlha.
- comprimento da nervura central.
- comprimento do pedicelo floral, distância da base até o centro dos nectários basais da bráctea.
- largura da bráctea, largura máxima entre as bases dos dentes extremos e o nectário basal.

Flôr - comprimento da pétala, medido na parte do bordo onde há divergência das nervuras, sem considerar reentrâncias.

- largura da pétala, largura máxima transversalmente às nervuras.
- comprimento da coluna estaminal, da inserção do primeiro filete até a ponta, sem contar prolongamentos dentiformes.
- comprimento do pistilo.
- comprimento predominante dos filetes inseridos na ponta da coluna.
- largura da coluna estaminal, na porção mediana desta, medida de centro de antera a centro de antera.

Fruto - comprimento da maçã, distância entre a base do cálice e a ponta do fruto seguindo o eixo principal.

- ponto de inflexão, representado pela distância da secção transversal que corresponde a 70% do diâmetro máximo, à ponta do fruto, seguindo o eixo principal.
- diâmetro máximo, média de duas medições no caso de frutos com 4 lojas, de três medições para frutos de 3 a 5

lojas.

O ponto de inflexão foi escolhido empiricamente para diferenciar frutos mais ou menos pontudos, depois de ter examinado um grande número de maçãs de formas diferentes.

Dentro de cada órgão um caráter de referência (X) foi escolhido para representar o tamanho geral desse órgão. O critério de seleção foi baseado no fato que o caráter mais influenciado pelo tamanho deve apresentar-se o mais correlacionado com os demais caracteres. Para tanto, computaram-se todos os coeficientes de correlação simples, dentro de cada órgão e escolheu-se como (X) o caráter que apresentava o maior produto (ou média geométrica) de coeficientes.

Escolhido (X) para cada órgão, procurou-se reduzir o número dos demais caracteres, avaliando o poder discriminante do índice genético de cada um. Para tanto as duas populações do Grupo I, foram usadas. Calcularam-se primeiro os quocientes do tipo $\frac{Y_i}{X}$ para o caráter i, como valores aproximados dos respectivos índices genéticos (fazendo $\alpha = 1$). Sendo \bar{y}_{i1} , s_{i1}^2 e \bar{y}_{i2} , s_{i2}^2 os valores da média e da variância desses quocientes obtidos para as populações 1 e 2, respectivamente, computaram-se os coeficientes de discriminação para os caracteres, do tipo proposto por LUBISCHEW (1962):

$$K = \frac{(\bar{y}_{i1} - \bar{y}_{i2})^2}{s_{i1}^2 + s_{i2}^2}$$

Os caracteres de maior K foram escolhidos para os estudos subsequentes.

3.2.3. Técnicas de medição

As dimensões das folhas e das pétalas foram medidas por meio de régua graduada com a aproximação de um milímetro. 0,5mm foi a aproximação nas medições das brácteas e das demais peças florais e 0,1mm nas medições do fruto. Um paquímetro foi usado neste último caso.

Todas as medidas de bráctea e de flôr foram tiradas no dia da abertura desta. As maçãs foram medidas de trinta a cinquenta dias após a fecundação. O diâmetro foi medido de sutura a sutura dos carpelos quando havia 4 lojas do fruto e de sutura a centro da fôlha carpelar oposta no caso de 3 a 5 lojas.

O diâmetro das maçãs depende, em parte, do número de lojas. Para evitar tratamento diferente dos casos com 3, 4 e 5 lojas, consideraram-se desprezíveis as compensações e constante a secção transversal de uma loja quando o número de lojas varia. O diâmetro do fruto é proporcional à raiz quadrada da área da secção transversal total, que, por sua vez, é proporcional ao número de lojas pela hipótese mencionada. Medições prévias mostraram a validade dessa hipótese. Mostraram, também, que o ponto de inflexão podia ser considerado como inversamente proporcional à raiz quadrada do número de lojas. Todas as medidas de diâmetro foram, pois, divididas pela raiz quadrada do número de lojas correspondente e as dos pontos de inflexão multiplicadas pelo mesmo fator de correção.

No caso da fôlha foi necessário um estudo preliminar para saber como se deviam tirar as amostras de um algodoeiro em florescimento. Foram medidas fôlhas de várias plantas pertencentes a diferentes espécies, desde a primeira com limbo expandido até a mais velha com número completo de lobos que se pôde achar em cada planta. A representação gráfica dos logarítmos das medições em função do número do nó correspondente à fôlha dava consistentemente uma linha de regressão linear entre o quarto e décimo quarto nós da haste principal. Os nós foram numerados do ponteiro para a base das plantas. No caso de haates secundárias ou de ramos vegetativos, linearidade semelhante foi observada entre o terceiro e penúltimo nós. Essas regiões de regressão linear revelaram a existência de um mecanismo estável e constante de desenvolvimento das fôlhas, que se pode relacionar com a Fase III, de desenvolvimento da forma foliar descrito no gênero Gossypium por STEPHENS (1944b).

Conseqüentemente, nos estudos subseqüentes, as fôlhas foram medidas entre o quarto e décimo quarto nós do caule, ou depois do terceiro nó quando se tratava de arbustos perenes.

Sempre que foi possível, efetuaram-se duas medições para cada caráter e para cada planta no caso dos materiais dos grupos I, III e IV. No caso do grupo II, foram medidas dez fôlhas e dez flôres por planta. De frutos mediu-se o número disponível por planta que nem sempre chegou a dez.

3.2.4. Estimação dos valores de alfa

Visando facilidades de computação a relação (6) do item 3.2.1. foi usada na sua forma logarítmica:

$$\log I_Y = \log Y - \alpha \log X \quad (7)$$

Y sendo a medida do caráter estudado, X a do caráter de referência do órgão correspondente e I_Y o índice genético de (Y). O material do grupo II, foi aproveitado para estimar os valores da constante α . As três populações desse grupo eram gerações F_1 de variabilidade genética esperada pequena, pois todos os pais se originaram de variedades relativamente estáveis e uniformes. Por outro lado a variância de $\log I_Y$ é uma variância genética por definição. Conseqüentemente a constante α em (7) pode ser estimada pelo método do desvio mínimo aplicado a cada população F_1 :

$$\hat{\alpha} = \frac{\frac{\sum_{l=1}^n \log X \cdot \log Y}{n} - \frac{\sum_{l=1}^n \log X \cdot \sum_{l=1}^n \log Y}{n^2}}{\frac{\sum_{l=1}^n (\log X)^2}{n} - \frac{(\sum_{l=1}^n \log X)^2}{n^2}}$$

As estimativas obtidas, uma por caráter e por população, foram padronizadas computando:

$$\hat{\alpha}' = \hat{\alpha} \frac{s \log X}{s \log Y}$$

Teste de homogeneidade foi feito para as três estimativas de cada caráter correspondentes às três populações. Uma estimativa média $\bar{\alpha}$ foi feita através da transformação Z sugerida por FISHER (1963) e a estimativa final foi obtida calculando

$$\bar{\alpha} = \bar{\alpha}' \sqrt{\frac{\text{média das variâncias de } \log Y}{\text{média das variâncias de } \log X}}$$

O provável erro da estimativa de $\bar{\alpha}$ foi deduzida dos limites fi duciais calculados para as transformadas Z .

3.2.5. Emprêgo dos índices genéticos em estudo taxonômico comparativo

Um estudo comparativo foi feito adaptando a distribuição das três variáveis Y (medição direta), $\log Y$ e $\log I_y$, à distribuição normal. O teste de χ^2 foi usado para avaliar os resultados.

Os logarítmos dos índices foram padronizados por divisão pelos respectivos desvios padrões para tornar comparáveis caracteres cujas amplitudes de variabilidade são diferentes devido a causas inerentes à natureza dos próprios caracteres. Em outras palavras, no estudo conjunto de todos os caracteres, cada caráter recebeu o peso derivado de sua variabilidade.

O exame detalhado da natureza e do modo de variação desses logarítmos padronizados pareceu indicar como melhor técnica na comparação de grupos taxonômicos o uso da distância taxonômica sugerida por SOKAL (1961).

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{1i} - A_{2i})^2}{n}}$$

i significa um determinado caráter, n é o número de caracteres considerados, os índices 1 e 2 significam as duas populações que são comparadas e A representa os valores dos logarítmos padronizados.

A constalação obtida através das distâncias correspondentes ao material do grupo III, foi representada no espaço tridimensional para dar uma visão de conjunto. A representação foi baseada em três pontos extre-

mos cujo plano serviu de referência. Os demais pontos foram simulados no espaço, localizados por tentativas afim de distribuir o êrro entre as diversas distâncias.

Um estudo de segregação de híbridos através dos índices genéticos foi também realizado computando-se os logarítmos padronizados dos índices e as distâncias taxonômicas, por métodos idênticos.

4. RESULTADOS

4.1. Escolha dos caracteres

Os quadros 1 a 4 apresentam os coeficientes de correlação simples, seus produtos por caráter e os coeficientes de discriminação K calculados para os caracteres medidos em cada órgão. No geral, caracteres medidos ao longo do eixo principal dos órgãos deram maior produto Πr e foram escolhidos como variáveis de referência (X). A única exceção foi no caso da bráctea onde o comprimento do limbo deu um produto ligeiramente mais alto que o comprimento da nervura central. No entanto, este último foi escolhido para caráter de referência por analogia aos demais órgãos.

Foram eliminados o comprimento do pedicelo, cuja variabilidade, era muito grande (C.V. = 46%), a largura da fôlha e o comprimento do pistilo por terem K pequeno, a largura da coluna estaminal por ser uma dimensão equivalente ao comprimento dos filetes da ponta tendo, porém, um valor inferior de K e finalmente o comprimento do limbo da bráctea por ser medida complementar ao comprimento do dente central.

Os caracteres escolhidos foram os seguintes:

Caracteres foliares: X = comprimento da nervura central

Y_1 = comprimento do pecíolo

Y_2 = comprimento do limbo

Caracteres da bráctea: X_2 = comprimento da nervura central

Y_3 = comprimento do dente central

Y_4 = largura da bráctea

Caracteres da flôr: X_3 = comprimento da pétala

Y_5 = comprimento coberto da coluna estaminal

Y_6 = comprimento dos filetes da ponta da coluna

Y_7 = largura da pétala

Caracteres do fruto: X_4 = comprimento da maçã
 Y_8 = ponto de inflexão
 Y_9 = diâmetro máximo

4.2. Estimativas da constante alfa

Os resultados constam do quadro 5. As estimativas obtidas para as três populações híbridas H_1 , H_2 e H_3 são dadas assim como os valores padronizados e as estimativas médias e finais.

Procurou-se saber qual é a possibilidade de considerar os três valores de cada caráter como sendo estimativas de um mesmo parâmetro. Testes de qui-quadrado foram aplicados aos valores de Z como sugere SNEDECOR (1946). Pelos testes a hipótese poderia ser rejeitada somente no caso dos caracteres Y_2 , Y_3 e Y_5 . As discrepâncias observadas nestes caracteres podiam provir, porém, do fato que a precisão na medição dos mesmos variava de uma população para outra. No caso do comprimento do limbo, por exemplo, a população H_3 oferecia dificuldades devido às ondulações acentuadas que o limbo da fôlha apresentava nas bases do lobo central. Por outro lado o dente central das brácteas, principalmente em H_2 e H_3 , apresentava ponta fina, longa, recurvada e seca, muitas vezes truncada, dificultando as medições. Quanto ao comprimento da coluna estaminal, prolongamentos dentiformes irregulares criavam problemas, aparecendo mais frequentes e compridos na população H_3 .

Adotou-se como critério geral, que alfa depende somente do par de caracteres considerados, tendo o mesmo valor em diversas espécies, que apresentam órgãos e caracteres homólogos.

4.3. Estudo da variação dos índices

Todos os índices calculados foram expressos na forma de $\log 10^3 \cdot I_y$. O fator 10^3 foi introduzido para evitar valores negativos dos logaritmos.

4.3.1. Teste de normalidade:

Num estudo comparativo, as variáveis Y , $\log Y$ e $\log 10^3 I_y$ foram adaptados à distribuição normal. Parte dos resultados é resumido no quadro 6. Corresponde à população H_1 , mas H_2 e H_3 deram resultados semelhantes.

Os caracteres do fruto foram omitidos por não haver possibilidade de colher dados em número suficiente para o estudo. Omitiu-se, também, o comprimento dos filetes porque as medições não apresentavam uma continuidade suficiente de variação devido à sua aproximação. Na população H_1 , por exemplo, só havia valores 4,0 - 4,5 - 5,0 - 5,5 - 6,0. Para os demais caracteres havia 70 medições disponíveis em cada população, que foram distribuídas em 12 classes.

4.3.2. Sensibilidade à variação genotípica:

A análise da variância dos $\log 10^3 I_y$ das populações H_1 , H_2 e H_3 mostrou que os índices acusaram diferenças significativas entre as plantas para todos os caracteres. Estudo semelhante foi feito usando as medições diretas afim de comparar as duas variáveis. Os resultados das variáveis foram inconsistentes e chegou-se à conclusão que as duas comparáveis não eram comparáveis. (Y), muito sensível aos efeitos do ambiente, separava plantas definhadas ou privilegiadas enquanto que os índices estabeleciam uma classificação de ordem diferente, genética por hipótese, que não era previsível a partir da grandeza dos órgãos ou das dimensões. O quadro 7 mostra os valores F correspondentes à comparação da variância entre plantas com a variância dentro de plantas no caso dos índices.

A comparação das variâncias entre população e dentro de população também deu resultado significativo para todos os caracteres.

4.3.3. Poder discriminante:

Como se pode verificar no quadro 8, pelos valores de K os logarit

mos dos índices são no geral pelo menos tão discriminantes entre as espécies G. barbadense e G. hirsutum como os dados da medição direta.

4.3.4. Repetibilidade no tempo e no espaço:

O quadro 9. apresenta os logaritmos médios dos índices obtidos em lugares e anos diferentes para as três espécies G. caicoense, G. barbadense var. darwinii e G. sandvicense.

G. sandvicense Parl, era conhecida anteriormente sob o nome de G. tomentosum Tod., WILBUR (1964). Apesar da diversidade do ambiente os dados são consistentes, o que não se observou no caso das medições diretas. No Brasil as plantas foram cultivadas em casa de vegetação cujos lados eram feitos de tela metálica. Em Raleigh, Estados Unidos da América do Norte, as plantas vegetavam em casa de vidro menos ventilado que o precedente e na Jamaica as plantas se encontravam ao ar livre.

4.3.5. Correlações entre os índices dos caracteres:

Não havia correlações significativas entre os logaritmos dos índices. Havia, porém, uma tendência para compensações a medida que se acrescentavam mais caracteres. A figura 1. ilustra essa tendência no caso da população H3. Consideraram-se as somas de 2, 3, 4 até nove caracteres e computaram-se as variâncias esperadas (soma das variâncias) e observada (variância das somas). Essas variâncias foram representadas em função do número de caracteres. A ordem em que os caracteres foram somados foi estabelecida por sorteio.

4.3.6. Aplicação no estabelecimento de constelações de grupos taxonômicos

O material do grupo III foi estudado no sentido de estabelecerem-se afinidades e distâncias pelo emprêgo dos logaritmos dos índices genéticos.

4.3.6.1. Padronização dos logarítmos;

Uma análise em conjunto da variação dos $\log 10^3 \cdot I_y$ de todos os caracteres mostrou que estes admitem relações bastante estáveis entre os desvios padrões correspondentes. Procurou-se determinar essas relações a partir de dados fornecidos pelas populações H_1 e H_3 , que deram para os desvios padrões valores próximos. As médias dos desvios padrões foram multiplicadas por 10^2 e expressas com três algarismos, para cada caráter, a fim de facilitar os cálculos. O que importa são os valores relativos dos desvios padrões. As médias têm, pois, o mesmo efeito que qualquer outro conjunto de números proporcionais às mesmas. As médias assim transformadas foram chamadas divisores-padrões e serviram para obter valores padronizados dos $\log 10^3 I_y$ dos diversos caracteres. Esses dados são apresentados no quadro 10.

4.3.6.2. Distâncias taxonômicas;

As distâncias foram baseadas nos valores padronizados dos logarítmos. A padronização transformou os logarítmos dos índices de diversos caracteres em parâmetros de variabilidade igual. Por conseguinte, a contribuição da variação de cada índice para a variação total de uma expressão conjunta, como é a distância taxonômica, passou a ter importância igual.

O quadro 11. mostra a matriz de distâncias obtidas para o material em estudo baseadas em 7 caracteres (Y_1 a Y_7). A figura 2 representa a constelação correspondente, construída a partir dos três pontos de símbolo s-2, c-1 e d-2.

4.3.7. Estudo da segregação híbrida através de distâncias taxonômicas;

Os índices sendo de natureza genética, a sua segregação em populações híbridas deveria se aproximar das leis de segregação gênica. Essa

hipótese foi verificada no estudo do material do grupo IV. O quadro 12. apresenta a matriz das distâncias obtidas, baseadas em nove caracteres (Y_1 a Y_9).

4.4. Quadros e Figuras ilustrativos

Quadro 1. Coeficientes de correlação simples entre os caracteres foliares, valores do produto dos mesmos por caráter e coeficientes de discriminação K obtidos com os quocientes Y/X usados como valores aproximados dos índices I_y .

	Comprimento do pecíolo	Comprimento da nervura central	Comprimento do limbo	Largura da fôlha
Comprimento nervura c.	0,786 **			
Comprimento limbo -----	0,735 **	0,840**		
Largura da fôlha -----	0,717 **	0,842**	0,755**	
Πr	0,414	0,555	0,466	0,456
K	0,511	X	0,453	0,170

** Significativo ao nível de 1%.

Quadro 2. Coeficientes de correlação simples entre os caracteres da bráctea, valores do produto dos mesmos por caráter e coeficientes de discriminação K obtidos com os quocientes Y/X usados como valores aproximados dos índices I_y .

	Comprimento do dente central	Comprimento do limbo	Comprimento da nervura central	Largura da bráctea	Comprimento do pedicelo floral
Comprimento do limbo --	0,657**				
Comprimento nervura c.	0,895**	0,459			
Largura ---	0,032	0,375	0,258		
Comprimento pedicelo f.	0,531*	0,311	0,478	-0,024	
$10^2 \Pi r$	0,999	5,190	5,066	-0,007	0,192
K	1,911	1,892	X	0,406	Eliminado

* Significativo ao nível de 5%.

** Significativo ao nível de 1%.

Quadro 3. Coeficientes de correlações simples entre os caracteres da flôr, valores do produto dos mesmos por caráter e coeficientes de discriminação K obtidos com os quocientes Y/X usados como valores aproximados dos índices I_y .

	Comprimento da pétala	Largura da pétala	Comprimento da coluna	Comprimento dos filetes da ponta	Comprimento do pistilo	Largura da coluna
Largura da pétala ---	0,935**					
Comprimento da coluna--	0,362	0,292				
Compr.filetes da ponta	0,343	0,166	0,131			
Comprimento do pistilo-	0,830**	0,747**	0,302	0,331		
Largura da coluna ----	0,435	0,416	0,165	0,809**	0,304	
$10^2 \Pi r$	4,192	1,408	0,069	0,200	1,884	0,734
K	X	1,072	0,416	3,597	0,013	2,481

** Significativo ao nível de 1%.

Quadro 4. Coeficientes de correlações simples entre os caracteres do fruto e valores do produto dos mesmos por caráter.

	Comprimento do fruto	Ponto de inflexão	Diâmetro máximo
Ponto de inflexão -----	0,619 *		
Diâmetro máximo -----	0,595 *	0,532 *	
Πr	0,368	0,329	0,317

* significativo ao nível de 5%.

Quadro 5. Estimativas $\hat{\alpha}$ correspondentes às populações H_1, H_2, H_3 de gerações F_1 , valores padronizados $\hat{\alpha}'$ das mesmas, estimativas médias $\bar{\alpha}'$ e estimativas finais $\bar{\alpha}$.

Caráter	H_1		H_2		H_3		$\bar{\alpha}'$	$\bar{\alpha}$		
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\alpha}'$	$\hat{\alpha}$	$\hat{\alpha}'$	$\hat{\alpha}$	$\hat{\alpha}'$				
Y ₁ ----	1,07	0,861	1,24	0,893	1,61	0,842	0,867	1,26	±	0,06
Y ₂ ----	1,13	0,933	0,85	0,804	1,52	0,873	0,888	1,13	±	0,04
Y ₃ ----	1,18	0,694	2,28	0,895	1,53	0,902	0,852	1,85	±	0,10
Y ₄ ----	0,41	0,404	0,30	0,545	0,42	0,463	0,473	0,37	±	0,09
Y ₅ ----	0,64	0,642	1,15	0,831	0,27	0,331	0,644	0,75	±	0,10
Y ₆ ----	0,55	0,421	0,66	0,374	0,70	0,488	0,429	0,68	±	0,19
Y ₇ ----	1,14	0,896	1,23	0,943	1,13	0,920	0,922	1,18	±	0,03
Y ₈ ----	0,85	0,754	1,19	0,873	0,62	0,678	0,781	0,91	±	0,09
Y ₉ ----	0,67	0,806	0,53	0,539	0,65	0,700	0,708	0,64	±	0,08

Quadro 6. Resultado da adaptação à curva normal das variáveis Y (medição direta), $\log Y$ e $\log 10^3 I_y$ (índice) com indicação da probabilidade P do qui-quadrado total com onze graus de liberdade e do valor mais alto do qui-quadrado individual ($gl=1$).

Carater	Y		logY		log $10^3 I_y$	
	P	H	P	H	P	H
Y ₁ ----	0,15	6,163*	0,40	6,064*	0,36	4,384*
Y ₂ ----	0,13	3,777	0,59	2,743	> 0,99	0,924
Y ₃ ----	0,41	4,095*	0,20	6,790*	0,42	3,414
Y ₄ ----	0,13*	15,916***	0,013*	15,916***	0,32	2,415
Y ₅ ----	< 0,01**	7,171**	0,29	5,915*	0,73	2,012
Y ₇ ----	0,58	3,652	0,38	3,380	0,43	3,044

* significativo ao nível de 5%.

** significativo ao nível de 1%.

*** significativo ao nível de 0,1%.

Quadro 7. Comparação da variância entre plantas com a variância dentro de plantas, baseada nos logaritmos dos índices, através do teste F, nas populações H₁, H₂ e H₃.

gl* 6/63	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉
H ₁ -----	7,87	9,54	9,87	7,15	6,32	4,16	3,28	1,02NS	1,66NS
H ₂ -----	9,20	9,12	6,44	2,52	--	--	--	--	--
H ₃ -----	25,86	4,92	3,33	3,32	2,40	1,75NS	3,32	2,98	4,25

NS: não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 8. Comparação dos coeficientes de discriminação K obtidos para diversos caracteres usando os dados da medição direta e os logaritmos dos índices.

K	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇
Y	0,138	0,062	2,595	0,863	3,696	11,281	1,644
Log $10^3 I_y$	2,287	6,345	0,977	1,925	2,834	13,876	1,354

Quadro 9. Valores médios dos logaritmos dos índices de diversos caracteres obtidos em anos e lugares diferentes para três espécies do gênero Gossypium.

Log $10^3 I_y$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Nº de plantas medidas
<u>caicoense</u>								
Brasil ---	2,343	2,231	1,195	3,726	2,869	2,500	2,861	1
Jamaica---	2,350	2,402	1,202	3,761	2,823	2,610	2,830	1
<u>barbadense</u>								
<u>v.darwiniif</u>								
U.S.A. ---	2,297	2,269	1,170	3,825	2,957	2,358	2,821	1
Jamaica---	2,209	2,201	1,232	3,727	2,903	2,405	2,790	3
<u>sandvicense</u>								
Brasil ----	2,374	2,487	1,189	3,687	2,748	2,935	2,766	1
U.S.A. ----	2,485	2,448	0,974	3,674	2,755	2,846	2,716	2

Quadro 10. Desvios-padrões dos logaritmos dos índices observados nas populações H_1 e H_3 , valores médios por caráter e divisores-padrões derivados destas.

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
H_1	0,03933	0,02733	0,03780	0,02330	0,01788	0,02369	0,01038	0,01102	0,00899
H_3	0,05867	0,03380	0,02054	0,02084	0,01656	0,02018	0,01016	0,01759	0,01848
Médias	0,04900	0,03057	0,02917	0,02207	0,01722	0,02194	0,01027	0,01431	0,01374
Divisores padrões	4,90	3,06	2,92	2,21	1,72	2,19	1,03	1,43	1,37

Quadro II. Matriz de distâncias relativa ao material do grupo III

10 d	c-2	d-1	d-2	d-3	d-4	s-1	s-2	s-3	mg	mol	mo2	mo3	p-1	p-2	p-3	u-1	u-2	u-3	r-1	r-2	m-1	m-2	y-1	p-a	b-1	b-2	k-1	k-2	k-3	
c-1	327	393	481	200	565	926	914	972	646	1076	703	628	512	578	632	514	432	597	443	611	655	734	530	1360	673	717	696	828	658	
c-2	---	569	617	342	726	651	682	736	620	954	494	451	462	274	393	384	239	432	225	488	482	510	268	1345	704	778	886	1066	887	
d-1	---	---	516	363	294	1174	1119	1142	521	1025	838	671	514	746	665	782	652	613	587	574	759	906	688	1585	407	544	369	542	423	
d-2	---	---	---	381	560	1073	975	1076	478	836	692	705	610	830	739	660	737	608	703	627	687	790	790	1231	763	866	696	802	655	
d-3	---	---	---	---	538	921	910	963	546	974	634	555	490	580	588	562	515	554	445	572	630	728	558	1345	603	703	655	836	661	
d-4	---	---	---	---	---	1256	1190	1203	605	999	944	689	688	889	787	840	809	657	761	675	802	991	810	1723	592	772	421	573	547	
s-1	---	---	---	---	---	---	374	426	1070	1014	574	653	1016	573	733	641	682	747	760	918	615	538	643	1416	1221	1369	1433	1664	1506	
s-2	---	---	---	---	---	---	---	250	929	851	538	662	975	673	676	689	655	642	808	832	572	634	716	1317	1134	1185	1342	1554	1395	
s-3	---	---	---	---	---	---	---	---	987	930	664	628	1063	717	713	819	725	702	868	914	666	748	771	1543	1112	1177	1348	1600	1448	
mg	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
mo-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
mo-2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
mo-3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
p-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
p-2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
p-3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
u-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
u-2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
u-3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
r-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
r-2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
m-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
m-2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
y-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
p-a	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
b-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
b-2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
k-1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
k-2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

nota: A divisão por 10^2 durante a padronização dos $\log 10^3 I_y$ e a multiplicação por 10^3 dos valores de d equivale a multiplicar por 10, as distâncias obtidas sem esses artificios. Os valores apresentados facilitam a representação numa escala de milímetros.

Quadro 11. (Cont.): Chave explicativa dos símbolos

<u>Símbolo</u>	<u>Espécie e Variedade</u>	<u>Local de Medição</u>
c-1	<u>Gossypium calicoense</u> Cond. Herm. et Imre	Brasil
c-2	" "	Jamaica
d-1	<u>G. barbadense v. darwinii</u> (Watt) Hutch.	U.S.A.
d-2	" "	Jamaica
d-3	" "	"
d-4	" "	"
s-1	<u>G. sandvicense</u> Parl.	Brasil
s-2	"	U.S.A.
s-3	"	"
mg	<u>G. hirsutum v. marie galante</u> (L) Hutch.	Brasil
mo-1	<u>G. hirsutum v. marie-galante</u> (Mocó)	Brasil
mo-2	" " "	"
mo-3	" " "	"
p-1	<u>G. hirsutum v. punctatum</u> (L) Hutch.	Brasil
p-2	" " (Hopi)	U.S.A.
p-3	" " "	"
u-1	<u>G. hirsutum v. latifolium</u> (L) Hutch. (Upland)	Brasil
u-2	" " "	"
u-3	" " "	"
r-1	<u>G. hirsutum v. richmohdi</u> (L) Hutch.	Brasil
r-2	" "	"
m-1	<u>G. hirsutum v. morrillii</u> (L) Hutch.	Brasil
m-2	" "	"
y-1	<u>G. hirsutum v. yucatanense</u> (L) Hutch.	Brasil
pa	<u>G. hirsutum v. palmeri</u> (L) Hutch.	Brasil
b-1	<u>G. barbadense</u> L. (egípcia)	U.S.A.
b-2	" "	"
k-1	<u>G. barbadense v. brasiliense</u> (L) Hutch.	Brasil
k-2	" "	"
k-3	" "	"

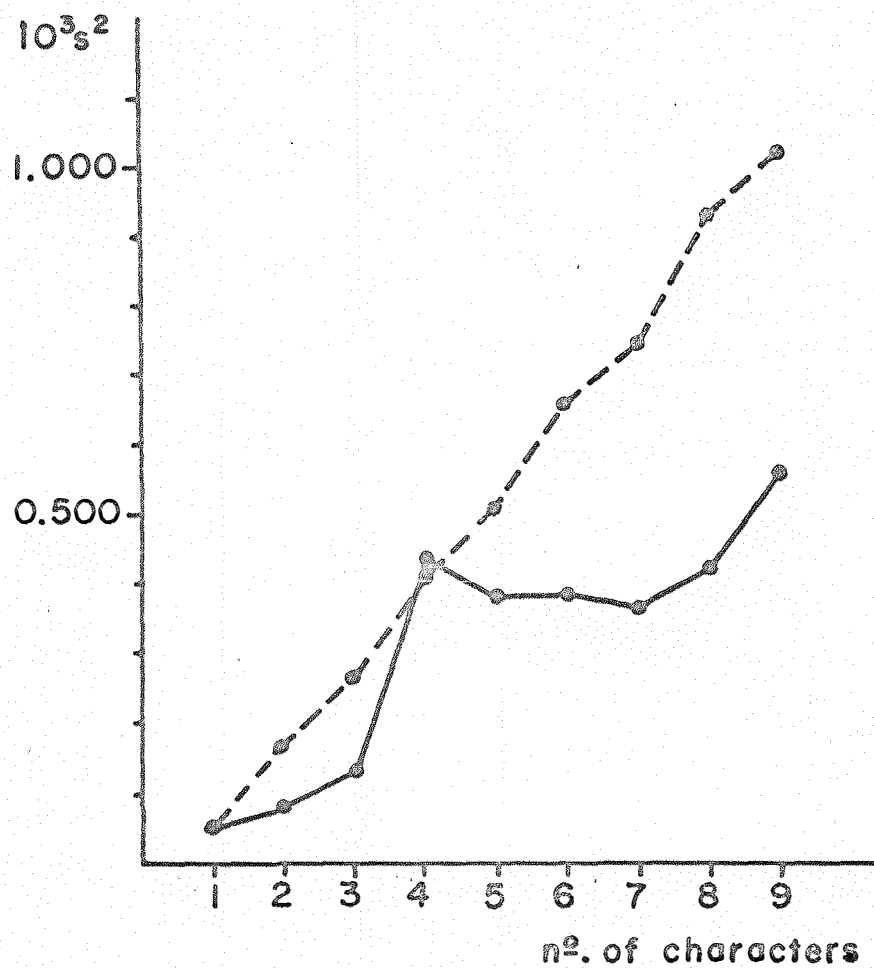


Figura 1. Comparação da variância observada (traço contínuo) da soma de logaritmos de índices padronizados com a variância esperada, (traço descontínuo), quando o número de caracteres considerados aumenta.

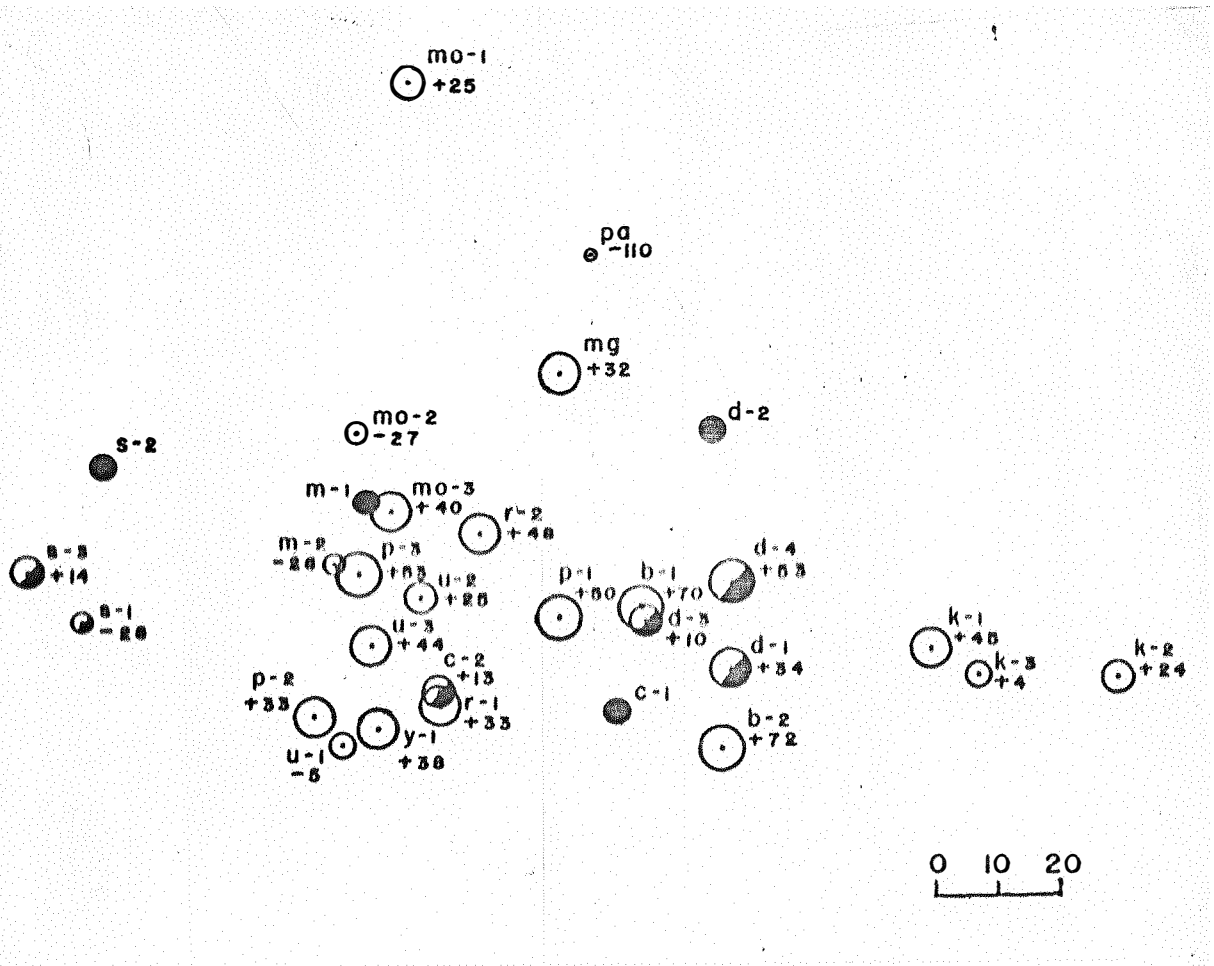


Figura 2. Constelação baseada nos logaritmos de índices genéticos, obtida para o material do grupo III. Os pontos s-2, c-1, d-2 e m-1 estão no plano da figura. As cotas representam a distância aproximada desse plano dos pontos situados acima (cotas positivas) ou abaixo (cotas negativas) do mesmo. O tamanho dos círculos está relacionado com essas distâncias. Os círculos semi-cheios realçam o material selvagem.

5. DISCUSSÃO

5.1. Significado da equação básica: $Y = I_y X^a$ (6) item 3.2.1.

Essa equação tem a forma da lei da alometria: $Y = bx^a$. Contém, porém, três variáveis, sendo I_y uma variável genética que, teoricamente, só pode ser considerada como constante dentro de um mesmo indivíduo. Na equação de alometria b é uma constante de difícil interpretação biológica. LUMER et al (1942), GOULD (1966). O expoente a é considerado como constante dentro de grupos ou espécies, como variável discriminante, entre os mesmos, logo herdável. Alfa da equação (6) foi suposto depender somente do par de caracteres considerados: Y, X . Define uma correspondência fisiológica entre as duas dimensões, como π define uma correspondência geométrica entre raio e circunferência. Os resultados do teste de homogeneidade confirmaram na maioria dos casos essa hipótese.

O índice I_y é a variável herdável que determina dimensões relativas. A sua variância não contém, por definição, componente devido ao ambiente. É composta de variância genética, da interação genótipo x ambiente, e de uma variância residual que pode ser estimada por determinações repetidas num mesmo indivíduo.

Cuidado especial foi tomado ao determinar o modo de medir os caracteres. Procurou-se delimitar, aproximadamente a idade fisiológica de cada órgão na qual as medições deveriam ser feitas. TEISSIER (1948), discutindo o significado biológico da equação da alometria, salientou o fato que essa equação apresenta alterações bruscas em certas fases do crescimento. Essa observação é válida para a equação (6) também. O índice, sendo quociente de velocidade de crescimento, altera-se, também quando muda a fase de crescimento do órgão.

Por outro lado deve se notar que no presente trabalho a equação (6) representa uma generalização da lei da alometria no sentido de se aplicar ao estudo geral das dimensões relativas observadas num certo momento. Aliás, o próprio TEISSIER (1948) observou que a alometria serve para descrever a verdade biológica tanto nos processos de crescimento como na relação

dos tamanhos.

5.2. Estimativas de alfa:

Foi formulada a hipótese que as melhores estimativas de alfa são aquelas que tornam mínima a variação de $\log I_y$. Essa hipótese tinha fundamento biológico no caso do presente estudo. Usando populações quaisquer, porém, em vez de híbridos F_1 , haveria discrepâncias maiores entre as estimativas, tanto maiores quanto mais amplas fôsem as diferenças genotípicas entre os indivíduos.

Apesar dessa observação, valores próximos de alfa foram obtidos por STEPHENS (1944a) no caso do comprimento do limbo foliar (Y_2) num estudo que tinha premissas e finalidades diferentes do presente. Obteve $1,138 \pm 0,058$ para a espécie G.hirsutum, $1,172 \pm 0,030$ para G.barbadense. O gene Okra para fôlhas laciniadas, deslocou êsse valor para $1,227 \pm 0,029$ em G.hirsutum.

5.3. Propriedades dos índices I_y :

Os logarítmos dos índices se adaptaram, no geral, melhor à distribuição normal, do que as medições diretas ou os logarítmos destas, quando a variabilidade genética era mínima. A probabilidade do qui-quadrado geral nunca atingiu o nível de significância de 0,05 ao contrário do que ocorreu para as outras variáveis, e o qui-quadrado de classe foi significativo apenas num caso.

Deve-se notar que numa população de indivíduos, genotipicamente bastante diferentes, semelhante teste não seria válido. Conforme as variações genotípicas, os $\log I_y$ poderiam adaptar-se mal à distribuição normal.

Os logarítmos de índices mostraram-se bastante sensíveis à variação genotípica. Acusaram diferenças significativas entre os indivíduos das populações F_1 estudadas. Isto significa provavelmente que os pais tinham certo número de genes no estado heterozigoto além da possibilidade de

terem ocorrido permutas e recombinações. Embora o algodoeiro seja planta autogâmica, apresenta sempre uma certa taxa de cruzamento natural, função da atividade dos insetos. Os índices não foram comparáveis às medições diretas porque estas acusavam principalmente diferenças de tamanho absoluto, enquanto que aqueles eram praticamente independentes do tamanho dos órgãos.

O valor discriminante dos índices foi igual ou maior que o dos dados originais, quando se consideraram caracteres isolados. Essa comparação foi feita com as espécies hirsutum e barbadense muito próximas do ponto de vista taxonômico. Os índices permitiram, porém, discriminação ainda mais delicada, entre as populações H_1 , H_2 e H_3 . Para alguns caracteres diagramas andersonianos mostraram áreas distintas para cada híbrido com sobreposições inferiores a 50%. Nesses casos os dados originais não mostraram discriminação sensível.

Os logarítmos dos índices apresentaram valores consistentes obtidos, em lugares e anos diferentes, para espécies selvagens. Apesar do reduzido número de plantas disponíveis que não puderam ser as mesmas nos vários locais, os valores se mantiveram de um ambiente para outro dentro de amplitudes pequenas de variação. Os dados originais variaram muito com o tamanho diferente dos órgãos, principalmente no caso dos caracteres foliares e das pétalas. Pode se concluir que os índices se mostraram repetíveis no espaço e no tempo conforme foi esperado.

Os logarítmos dos índices não apresentaram correlações estatisticamente significativas. Obviamente, altas correlações observadas entre caracteres morfológicos são causadas pelo fator tamanho e, indiretamente, por condições idênticas do ambiente.

Havia ligeiras tendências para correlação positiva ou negativa conforme o par de caracteres considerados. Essas tendências, porém, redundaram numa certa compensação quando se juntavam mais caracteres, como ilustra a figura 1. Essa figura permite supôr que, com um número relati-

vamente pequeno de índices adequados, seja possível descrever a ação do genótipo inteiro. A variância da soma dos $\log I_y$ parece tender a um valor assintótico quando o número de caracteres aumenta.

Fator curioso foi observado quando se juntaram as populações H_1 , H_2 e H_3 para estudar correlações entre caracteres. Na maioria dos casos, apareceram correlações nítidas. Aparentemente quando há variação genotípica considerável, a variação relativa dos índices pode ser expressa por retas de regressão. Esse aspecto poderá ser investigado futuramente. Aparentemente há dois mecanismos, compensação dentro de populações e correlação entre populações.

5.4. Aplicação para o estabelecimento de constelação de espécies e raças de algodoeiros

Para o cálculo de distâncias taxonômicas foi realizado a padronização dos logaritmos dos índices. MCSS (1968) estudou o efeito da padronização pela comparação dos resultados obtidos, utilizando dados de medição direta. No caso presente o próprio estudo da variação dos dados mostrou a necessidade da padronização. Foi observado que os desvios padrões dos $\log I_y$ de vários caracteres mantinham valores relativos sensivelmente independentes da população. Cada índice apresentava uma variabilidade própria em relação aos outros. Poder-se-ia dizer, também, que cada índice tem a sua unidade própria, intrínseca, para medir a sua variabilidade. A padronização por números proporcionais a essas unidades confere, pois, a cada caráter igual participação na variação de uma expressão conjunta como é a distância taxonômica.

A figura 2 visualisa, em três dimensões, as distâncias obtidas. Deve-se notar que não se obteve caso algum entre 3 pontos quaisquer, em que a soma de dois lados do triângulo teria sido inferior ao terceiro lado.

A condição intermediária dá caicoense, assinalada por STEPHENS

(1967) foi verificada. A constelação sandvicense - caicoense- var. darwinii-var. brasiliense sugere uma tendência evolutiva em corte tridimensional o tempo constituindo a quarta dimensão.

As espécies sandvicense e darwinii parecem marcar tendências evolutivas opostas, brasiliense pode ser uma divergência de darwinii. A nuvem de hirsutum e barbadense sugere produto de hibridação e de introgressão entre darwinii e possivelmente caicoense, ou entre formas ancestrais de ambos. Essa inferência foi deduzida da hipótese formulada mais adiante.

5.5. Estudo de segregação através de distâncias baseadas nos índices genéticos

O quadro 12 mostra que a população do pai barbadense apresentou a menor dispersão, as plantas Hopi a maior dispersão, a população F_1 sendo um pouco mais dispersa que o primeiro. Aparentemente o estado de heterozigose do material Hopi foi bem maior que da variedade egípcia Maarad.

A população F_1 ocupa posição intermediária, sensivelmente alinhada com as populações paternas, situada entre o meio caminho e os dois terços de Hopi a Maarad. A população H-HB se estende entre Hopi e meio caminho de Hopi a Maarad com uma considerável dispersão em sentido ortogonal, à linha imaginária ligando as populações paternas. A população B-HB se situa ao redor do três quarto da distância Hopi-Maarad com dispersão lateral considerável.

Ambos os retrocruzamentos apresentaram pelo menos uma planta na proximidade do pai recorrente aumentando a dispersão dêste. Extrapolando parece que a introgressão tende a aumentar a dispersão da população em relação aos tipos paternas. Contudo essa hipótese deverá ser verificada com populações introgressivas adiantadas.

Êsses resultados mostram que existe um paralelo estreito entre o comportamento de distâncias obtidas através dos índices e a segregação genotípica esperada. Justificam, também, a denominação de índices genéticos.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

A repetibilidade das medições no tempo e no espaço é um problema geral encontrado pelos taxonomistas. O efeito do tamanho absoluto dos órgãos foi reconhecido como sendo um fator de distúrbio nas informações obtidas. O presente estudo visa a eliminação desse efeito dos dados numéricos através da variação relativa das dimensões de um órgão ou de um organismo.

1. A equação básica: $\log I_y = \log Y - \alpha \log X$ é sugerida, onde X é a medida do caráter mais afetado pelo tamanho absoluto do órgão, escolhido como referência para tamanho, Y é a medida de qualquer outro caráter dentro do mesmo órgão considerado como unidade de crescimento, I_y é o índice morfológico herdável desse caráter quando X é tomada como referência, e α é uma constante que depende somente do par de caracteres (X), (Y). A equação pode ser considerada uma generalização da lei da alometria.

2. Valores de α foram estimados para nove caracteres morfológicos das espécies tetraploides do gênero Gossypium, usando populações híbridas F_1 . A homogeneidade das estimativas obtidas em diferentes populações foi verificada.

3. As propriedades dos índices I_y foram investigadas através da transformação logarítmica.

Os logaritmos dos índices adaptaram-se melhor à distribuição normal do que os dados de medições diretas (Y) e os logaritmos destes.

Foram sensíveis às variações genotípicas, chegando a separar estatisticamente plantas dentro da mesma população F_1 .

Mostraram ter um poder discriminante igual ou superior aquele dos dados originais.

Mostraram-se repetíveis no tempo e no espaço.

Não apresentaram correlações estatisticamente significativas, dois a dois, a variância da soma dos mesmos revelou, porém, uma tendência as

simptótica quando o número de caracteres aumentava.

4. Os logaritmos dos índices, padronizados, serviram no caso de espécies e raças de algodoeiros tetraploides, para o cálculo de distâncias taxonômicas pela fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{li} - X_{2i})^2}{n}}$$

SOKAL (1961).

A constelação obtida coloca a espécie G.caicoense em posição central, entre G.sandvicense e G.barbadense var. darwinii que parecem marcar duas tendências evolutivas opostas. G.barbadense var. brasilense ocupa posição extrema além de darwinii, aparentemente uma diversificação desta. As demais variedades de G.hirsutum e G.barbadense formam uma nuvem ao redor de caicoense e parecem ser produtos de hibridação e introgressão.

5. Distâncias foram computadas para uma população de hirsutum, uma de barbadense, a população de híbridos F_1 e as dos retrocruzamentos. Essas populações apresentaram, pelas distâncias, uma configuração de segregação mendeliana. F_1 foi aproximadamente equidistante das populações paternas, os retrocruzamentos foram intermediários entre F_1 e o pai recorrente. Aparentemente tipos introgressivos poderiam ser reconhecidos pelo aumento da dispersão da população original.

6. Os resultados justificam a denominação de índices genéticos. Esses índices constituem um passo no sentido de aproximar mais Taxonomia Numérica e Filogenia. Em estudos de Evolução, deverão ser completados pelo estudo de amostras arqueológicas, pois Evolução não pode ser descrita apenas por distâncias. Evolução significa na realidade variação nas distâncias. Quando material arqueológico é disponível, o uso dos índices genéticos pode constituir uma técnica poderosa pela ausência do efeito do ambiente.

As constantes alfa deveriam ser estimadas, nesse caso, em espécies vivas usando-se caracteres homólogos aos medidos nas amostras fósseis.

The repeatability, in time and space, of morphological measurements is a general problem faced by taxonomists. Absolute size has a disturbing effect on measurements, as recognized by several authors. The possibility of elimination of such an effect from numerical data through the relative variation of dimensions, within a given organ or organism, was investigated.

1. The basic equation: $\log I_y = \log Y - \alpha \log X$ is proposed, where X is the measure of the character the more influenced by the size of the organ and chosen as reference trait, Y is the measure of any other character of the same organ. I_y is the heritable morphological index of Y when X is the reference trait and α is a constant which depends, solely, on the pair of characters (X), (Y). The equation is a sort of generalization of the law of allometry.

2. Values of α were estimated for nine morphological characters in the case of tetraploide species of Gossypium using three F_1 populations. Tests of homogeneity were made for the estimates.

3. The proprieties of the indices were investigated through their logarithms.

The logarithms of indices fitted the normal distribution curve better than the direct measurements (Y) and their logarithms.

They permitted to recognize genotypic differences even within F_1 populations, on the 5% level of probability.

They were at least as efficient as the original data in discriminating between species.

They proved to be fairly repeatable in time and space.

They showed no significant correlations between characters, but a slight tendency to compensation. The variance of their sum over the characters seemed to have an asymptotic tendency when the number of characters increased.

4. The logarithms of indices were standardized and used to compute taxonomic distances for the tetraploide species G.sandvicense, G.barbadense, G.hirsutum and G.caicoense. The results are presented in form of a constellation and their significance is discussed.

5. Distances were computed also in the case of hybrid plants between G.hirsutum and G.barbadense including F_1 , and back-crossed populations.

They approximately behaved like additive genes in a Mendelian segregation.

The results justify to refer to the I_y as "genetic indices". These indices mark a step forward in relating numerical taxonomy with phylogeny and evolution. Their use in studies on archaeological material may be a powerful technique for obtaining information on evolution.

8. LITERATURA CITADA

- ANDERSON, E. 1949. Introgressive hybridization. John Wiley and Sons Inc. New York, Chapman and Hall Limited, London.
- ARANHA, C.; H.F.LEITÃO F^o e I.L.GRIDI-PAPP. 1969. Uma nova espécie para o gênero Gossypium L. *Bragantia*, 28:273-290.
- BRIEGER, F.G. 1966. Evolução filogenética com referência especial às plantas superiores. In: Elementos de Genética. C.Pavan e A.B. da Cunha. Cia. Editora Nacional. São Paulo.
- COUSIN, Germaine. 1939. Titres et travaux scientifiques de G.Cousin. Laval Impr. Barnéoud.
- FISHER, R.A. 1936. The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Ann.Eugen.* 7:179-188.
- _____ 1963. Statistical methods for research workers. Hafner Publ.Company Inc. New York. 13-Ed.
- GOODMAN, M.M. 1966. Correlation and the structure of introgressive populations. *Evolution*, 20:191-203.
- _____ 1967. The identification of hybrid plants in segregating populations. *Evolution*, 21:334-340.
- GOULD, Stephen J. 1966. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. *J.Biological Rev.* 41:587-640.
- HUXLEY, Julian S. 1932. Problems of relative growth. Methuen and Co. Ltd. London.
- KERR, W.E.; J.F.PISANI e D.AILLY, 1967. Aplicação de princípios modernos à sistemática do gênero Melipona Illiger, com a divisão em dois subgêneros (Hymenoptera, Apoidea). *Papeis Avulsos Zool.*, São Paulo, 20:135-145.
- LUBISHEW, Alexander A. 1962. On the use of discriminant functions in taxonomy. *Biometrics*, 18:455-477.
- LUMER, H.; B.G.ANDERSON and A.H.HERSH 1942. On the significance of the constant b in the law of allometry $y = bx^a$. *Amer.Nat.* 76:364-375.

- MOSS, W.W. 1968. Experiments with various techniques of numerical taxonomy. *Syst. Zool.* 17:31-47.
- NEVES, O.S.; P.A.CAVALERI; I.L.GRIDI-PAPP e M.G.FUZATTO. 1965. Algodoeiro selvagem no Nordeste do Brasil. *Bragantia* 24:XIX (nº 5).
- SHOLL, D.A. 1954. Regularities in growth curves including rythms and allometry. In: *Dynamics of growth processes - a Symposium*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey. 224-241.
- SIMPSON, G.G.; A.ROE and R.C.LEWONTIN. 1960. *Quantitative Zoology*. Harcourt, Brace and Co. New York, Rev.Ed.
- SNEDECOR, G.W. 1946. *Statistical methods applied to experiments in Agriculture and Biology*. The Iowa State College Press, Ames, Iowa. 4^{ed}.
- SOKAL, R.R. 1961. Distance as a measure of taxonomic similarity. *Syst. Zool.* 10:70-79,
- _____ and P.H.A.SNEATH 1963. *Principles of numerical taxonomy*. W.H.Freeman and Co. San Francisco and London.
- SOULÉ, M. 1967. Phenetics of natural populations I. Phenetic relationships of insular populations of the side-blotched lizard. *Evolution*, 21:584-591.
- STEPHENS, S.G. 1944a. The genetic organization of leaf-shape development in the genus Gossypium. *Jour.Genetics*, 46:28-51.
- _____ 1944b. Canalization of gene action in the Gossypium leaf-shape system and its bearing on certain evolutionary mechanisms. *Jour.Genetics*, 46:345-357.
- _____ 1964. Native Hawaiian Cotton. (Gossypium tomentosum Nutt.) *Pacific Science*, 18:385-398.
- _____ 1967. Evolution under domestication of the New World Cottons (Gossypium spp.). *Ciência e Cultura*, 19:118-134.
- TEISSIER, G. 1948. La relation d'allometrie, sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4:14-53.
- WILBUR, R.L. 1964. The correct name for the Hawaiian Gossypium. *Pacific Science*, 18:101-103.