

Maria Mônica Domingues Franco Cintra

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE AÇAFRÃO
(*Curcuma longa* L.) UTILIZANDO CARACTERES MORFO-
AGRONÔMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov

Goiânia, GO - Brasil

2005

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(GPT/BC/UFG)

A257a Cintra, Maria Mônica Domingues Franco.
Divergência genética entre acessos de açafrão (*Cúrcuma longa* L.) utilizando caracteres morfo-agronômicos [manuscrito] / Maria Mônica Domingues Franco Cintra - 2005.
87 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2009.

Bibliografia: f. 77-81

Inclui lista de figuras e tabelas.

1. *Cúrcuma longa* 2. divergência genética 3. plantas medicinais 4. análise multivariada 5. distância de Mahalanobis I. Título.

CDU: 582.548.1

Maria Mônica Domingues Franco Cintra

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE AÇAFRÃO (*Curcuma longa*
L.) UTILIZANDO CARACTERES MORFO-AGRONÔMICOS**

Dissertação DEFENDIDA E APROVADA em 20 de maio de 2005, pela Banca
Examinadora constituídas pelos membros:

Prof. Dr. Patrícia Guimarães Santos Melo
Membro – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. José Baldin Pinheiro
Membro – Escola Superior de
Agronomia Luiz de Queiroz / USP

Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov
Orientador – Universidade Estadual de Goiás

Goiânia, Goiás
Brasil

Aos meus pais,
David e Delza

Aos meus irmãos
Lincoln, Darlan, e David Jr.

À minha irmã,
Márcia Rachael

aos meus sogros,
Isaias e Giselda

Ao meu esposo,
Jackson

Às minhas filhas,
*Juliany, Marina e
Daniela*

e

Ao meu neto *Bryan*,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças a colaboração direta e indireta de muitas pessoas. Manifestamos nossa gratidão a todas elas e de forma particular:

À **UFG** pela oportunidade de aperfeiçoamento científico;

Ao **Dr. Sérgio Tadeu Sibov**, pela amizade, pela orientação, e pela confiança depositada em minha capacidade profissional;

Ao querido **Mestre Peter Ernst Sonnenberg**, pelo exemplo e dedicação ao ensino de seus pupilos;

Ao **Dr. Lázaro José Chaves**, pela amizade, pela orientação na iniciação científica, e pelos valiosos ensinamentos;

Aos professores, **Dr. José Pinheiro Baldin, Dr. Edward Madureira Brasil e Dr. Jácomo Divino Borges**, pela amizade e estímulo dados durante a minha formação profissional e pós-graduação;

Ao professor **Dr. Celso José de Moura**, coordenador do projeto açafão de Mara Rosa pela UFG/CNPq, por disponibilizar o espaço físico e equipamentos do Setor de Tecnologia de Alimentos para o beneficiamento do açafão e análises laboratoriais;

Aos professores de pós-graduação em Genética e Melhoramento de plantas, **Dra. Monalisa Sampaio Carneiro, Dra. Patrícia Guimarães Santos Melo, Dr. João Batista Duarte, Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho, Dr. Walter Alvarenga Rodrigues**, pelos ensinamentos.

À minha querida amiga e colega **Sivany Rodrigues Chaves**, pela grande ajuda nos meu trabalho de campo, amizade, paciência e conselhos.

Às colegas de mestrado, **Fabiana Gonçalves dos Reis e Robertha Augusta Vasconcelos Garcia**, pela amizade e ajuda nos trabalhos de campo e estímulo nas horas de esmorecimento;

Aos colegas, **Ana Carolina Stacciarini Bandeira, Angel Blanco, Hélio Antonio da Silva Rodrigues e Tereza Cristina Oliveira Borba**, pela amizade, companheirismo e apoio dispensado;

Aos Funcionários da Agronomia, **Ailson dos Anjos da Paixão, José Cardoso de Souza, Vicente Cardoso da Silva** e ao da pós-graduação **Welinton Barbosa Mota**, pelo auxílio e diligente atendimento;

À estagiária, **Ydilla Oliveira de Paula**, pelo apoio na realização das análises laboratoriais no Setor de tecnologia de Alimentos;

Aos professores **Dr. Américo José dos Santos Reis** e **Dr. Jaison Pereira de Oliveira**, pela ajuda nas análises estatísticas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), pela sustentação financeira que tornou este estudo possível, pela concessão de bolsa de estudo;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**) que nos estágios iniciais sustentou financeiramente esta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS.....	17
2.2 CENTROS DE ORIGEM E DIVERSIDADE.....	19
2.3 UTILIZAÇÃO	21
2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS	24
2.5 CARACTERÍSTICAS CULTURAIS	25
2.6 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE MARA ROSA	26
2.7 ANÁLISE DE DIVERGÊNCIA.....	27
2.7.1 Considerações gerais	27
2.7.2 Variáveis Canônicas	29
2.7.3 Importância relativa dos descritores para divergência.....	30
2.7.4 Análise de agrupamento.....	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	34
3.2 EXPERIMENTO I	34
3.2.1 Delineamento experimental.....	34
3.2.2 Material vegetal.....	35
3.2.3 Descritores avaliados.....	35
3.3 EXPERIMENTO II	37
3.3.1 Delineamento experimental.....	37
3.3.2 Material vegetal.....	38
3.3.3 Descritores avaliados.....	39
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICO-GENÉTICAS DOS DADOS	41
3.4.1 Análise de variância	41
3.4.2 Coeficiente de correlação fenotípica	42

3.4.3	Distância generalizada de Mahalanobis	42
3.4.4	Critério de agrupamento do vizinho mais próximo	43
3.4.5	Método de otimização de Tocher	44
3.4.6	Análise de dispersão gráfica por variáveis canônicas	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1	EXPERIMENTO I	46
4.1.1	Análise de variância	46
4.1.2	Análise de Divergência Genética.....	49
4.1.2.1	Medida de dissimilaridade e critério de agrupamento.....	49
4.1.2.2	Variáveis canônicas.....	54
4.1.3	Contribuição relativa dos descritores para divergência	54
4.2	EXPERIMENTO II	57
4.2.1	Análise de variância	57
4.2.2	Análise de divergência genética	64
4.2.2.1	Medida de dissimilaridade e técnicas de agrupamento	64
4.2.2.2	Variáveis canônicas.....	70
4.2.3	Contribuição relativa dos descritores para a divergência	73
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
6	CONCLUSÕES	76
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	ANEXOS	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Identificação da origem dos diferentes acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i>) –Experimento I (2001/2003).....	35
Tabela 2.	Identificação da origem dos diferentes acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i>) do Experimento II – 2003/2004.....	38
Tabela 3.	Resumo da análise de variância dos descritores dos 21 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) do Experimento I tomados no segundo ciclo da cultura. Goiânia – GO (julho, 2003).....	47
Tabela 4.	Correlações fenotípicas (diagonal acima) e genotípicas (diagonal abaixo) entre os descritores avaliados nos 21 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) no experimento I (2 anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).....	47
Tabela 5.	Média geral dos descritores nos 21 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) em cultivo de dois anos.Goiânia – GO (julho, 2003).....	48
Tabela 6.	Classificação crescente dos 21 acessos quanto à produção de curcumina por área do experimento I. Goiânia – GO (julho/2003).....	50
Tabela 7.	Estimativas das distâncias de Mahalanobis entre 21 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) do experimento I (2 anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).....	51
Tabela 8.	Grupos de similaridade genética entre 21 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.), estabelecidos pelo método de Tocher, a partir da distância generalizada de Mahalanobis.	52
Tabela 9.	Variáveis Canônicas obtidas da análise de sete variáveis originadas da transformação, por condensação pivotal, das variáveis originais, e a importância relativa dos descritores nas variáveis canônicas referente ao Experimento I (Goiânia – julho/2003).....	55
Tabela 10.	Contribuição relativa dos descritores para a diversidade baseado na distância de Mahalanobis utilizando o critério de Singh (1981) - experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).....	57
Tabela 11.	Resumo da análise de variância dos descritores da parte aérea dos 33 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) do experimento II tomados no primeiro ciclo da cultura. Goiânia – GO (setembro, 2004).....	59
Tabela 12.	Resumo da análise de variância dos descritores avaliados em pós-colheita dos 33 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) do experimento II tomados no primeiro ciclo da cultura. Goiânia – GO (setembro, 2004).....	60
Tabela 13.	Valores médios relativos aos descritores da parte aérea dos acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) do experimento II. Goiânia – GO (setembro/2004).....	61
Tabela 14.	Valores médios relativos aos descritores dos rizomas dos acessos de açafrão (<i>Curcuma. longa</i> L.) do experimento II. Goiânia – GO (setembro/2004).....	62

Tabela 15. Classificação decrescente dos acessos quanto à produção de curcumina por área do experimento II. Goiânia – GO.....	63
Tabela 16. Correlações fenotípicas (diagonal acima) e genotípicas (diagonal abaixo) entre os descritores avaliados nos 33 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) no experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).....	65
Tabela 17. Estimativas das distâncias de Mahalanobis entre 33 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) do experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).	66
Tabela 18. Grupos de similaridade genética entre 33 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.), estabelecidos pelo método de Tocher, a partir da distância generalizada de Mahalanobis. Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).	68
Tabela 19. Distância de Mahalanobis entre os acessos mais produtivos e os seus cinco mais divergentes. Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).	70
Tabela 20. Variáveis Canônicas obtidas da análise de dezesseis variáveis, originadas da transformação, por condensação pivotal, das variáveis originais referente ao experimento II (Goiânia – setembro/2004).	71
Tabela 21. Importância relativa dos descritores nas variáveis canônicas referentes ao experimento II (Goiânia – setembro/2004).	72
Tabela 22. Contribuição relativa dos descritores para a diversidade baseado na distância de Mahalanobis utilizando o critério de Singh (1981). Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Curcuma longa</i> L. (1) Porção proximal da planta mostrando o rizoma. (2) Porção distal da planta mostrando a inflorescência. (3) Folha. (4) Flor. (5) Labelo e Corola lateral. (6) Estames e Filete.	18
Figura 2.	Dendrograma ilustrativo do padrão de similaridade entre 21 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) obtidos pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis. Experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).	53
Figura 3.	Dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2). Experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).	56
Figura 4.	Dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2) em relação aos acessos 1 a 19. (Os círculos indicam os acessos que formam os grupos indicados pelo método de otimização de Tocher). Experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).	56
Figura 5.	Dendrograma ilustrativo do padrão de similaridade entre 33 acessos de açafrão (<i>Curcuma longa</i> L.) obtidos pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis. Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).	69
Figura 6.	Dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas relativas aos descritores do experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).	73

RESUMO

CINTRA, M. M. D. F. **Divergência genética entre acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) utilizando caracteres morfo-agronômicos.** 2005. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005¹¹.

Conduziu-se dois experimentos na área experimental da Universidade Federal de Goiás para a avaliação da divergência genética entre 21 genótipos de açafrão em cultivo de dois anos (EI) e de 33 genótipos em cultivo de um ano (EII) com base em procedimentos multivariados, visando selecionar genótipos divergentes e mais produtivos e definir se os produtores de Mara Rosa utilizam um mesmo genótipo. Os acessos são de Goiás, Minas Gerais e São Paulo. Os experimentos foram conduzidos no período de 2001/2003 (EI) e 2003/2004 (EII) utilizando delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. A avaliação de EI foi baseada em descritores agronômicos relacionados à produção como: peso fresco total dos rizomas, peso seco, teor de curcumina, entre outros. A avaliação de EII foi baseada em descritores da parte aérea (número de perfilhos, número de folhas, área foliar, altura média, entre outros) e também nos descritores de produção. Dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 1% e 5% de probabilidade. Utilizou-se a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade e, na delimitação dos grupos, o método de otimização de Tocher. Todas as análises foram realizadas utilizando o Programa GENES. Nas análises pode-se concluir que agricultores de Mara Rosa não utilizam um mesmo genótipo e há variabilidade para a seleção de genótipos. As características avaliadas são fortemente correlacionadas, o que justifica o uso das medidas de dissimilaridades usando a distância de Mahalanobis. Técnicas multivariadas foram eficientes para o estudo da divergência genética e permitiram a separação dos acessos em grupos. Métodos de estimação da divergência genética em acessos de açafrão, através das distâncias generalizadas de Mahalanobis ou das variáveis canônicas foram equivalentes. Teor de curcumina e peso seco foram os descritores que mais contribuíram para a divergência genética em EI. Em EII foram número de plantas e número de perfilhos. Constatou-se o incremento no teor de curcumina após dois anos de cultivo. Pelas médias e distâncias de Mahalanobis pôde-se indicar os cinco genótipos mais produtivos para o programa de

¹ Orientador: Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov. EA-UFG.

melhoramento e resultados da análise de divergência mostraram os genótipos mais indicados para futuras hibridizações.

Palavras-chave: plantas medicinais, análise multivariada, distância de Mahalanobis.

ABSTRACT

CINTRA, M. M. D. F. **Genetic divergence among accessions of turmeric (*Curcuma longa* L.) using morphological and agronomic characters.** 2005. 64f. Dissertation (Master in Agronomy: Genetics and Plant Breeding) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005²

Two experiments were conducted in the experimental area of the Universidade Federal de Goiás for assessing the genetic divergence among 21 genotypes of turmeric cultivation in two years (EI) and 33 genotypes in cultivation of one year (EII) based on multivariate analyses, order to select divergent genotypes and find out the Mara Rosa producers use the same genotype. The accessions came from Goiás, Minas Gerais and São Paulo. The experiments were conducted in the 2001/2003 period (EI) and 2003/2004 (EII) using a randomized block design with four replications. The assessment of EI was based on production descriptors as total wet weight of rhizomes, dry weight and content of curcumin. The assessment of EII was based on shoot descriptors as tiller number, leaf number, leaf area, height and also production descriptors. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott test at 1% and 5% probability. We used the Mahalanobis distance as the dissimilarity measure, and for groups delineation the method of Tocher. All analyzes were performed using the program GENES. In the analyzes it can be concluded that Mara Rosa farmers did not use the same genotype and there is variability in the selection of genotypes. The evaluated characteristics are strongly correlated, which justifies the use of measures of dissimilarities using the Mahalanobis distance. Multivariate techniques were effective for the study of genetic diversity and separated the accessions into groups. Methods of estimation of genetic diversity in turmeric accessions were equivalent. Curcumin content and dry weight were descriptors that contributed to divergence in EI. In EII were plants number and tillers number. It was found the increase in curcumin levels of after two years of cultivation. By Mahalanobis distances could be indicated the five most productive genotypes for breeding program and divergence genetic analysis showed the genotypes more indicated for hybridizations.

Key words: medicinal plants, multivariate analysis, Mahalanobis distance.

² Advisor: Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO

O açafrão é uma espécie originária da Índia e com grande potencial para utilização nos mercados de corantes, medicinal e alimentício. Na literatura moderna os autores preferem a utilização do nome vulgar cúrcuma referindo-se a espécie *Curcuma longa* ao invés do nome açafrão, que é dado ao açafrão verdadeiro, cuja espécie botânica é a *Crocus sativus*. No entanto, no Brasil, essa espécie é amplamente conhecida na cultura popular, ao passo que a *Crocus sativus* tem utilização maior em outros países da América do Sul (Maia et al., 1995).

A Índia é o país que mais tem se sobressaído na caracterização de germoplasma e no desenvolvimento da pesquisa de seleção clonal e métodos de melhoramento. Neste país existe uma excelente infra-estrutura com centros de pesquisas exclusivos para pesquisar e preservar os recursos genéticos do açafrão. A Índia é também o país que mais tem progredido na área de aplicação da biotecnologia para o melhoramento genético e propagação *in vitro*, concentrando um grande número de pesquisadores que desenvolvem inúmeros projetos de seleção e recomendação de cultivares. Isto faz da Índia o maior produtor e exportador mundial de produtos derivados do açafrão atualmente (Shamina et al., 1998).

O avanço crescente da consciência ecológica tem levado inúmeros países a adotar a utilização de corantes naturais em substituição aos corantes sintéticos. Fato interessante para o aumento da área cultivada de açafrão e que deveria motivar produtores e pesquisadores brasileiros a melhorarem nossas estratégias produtivas com vista à exploração de um mercado internacional. Apesar de iniciativas já existentes neste sentido, a produtividade alcançada em nossas lavouras é muito baixa, tendo dificuldade para abastecer mesmo o mercado interno. As pesquisas futuras devem concentrar-se na solução de problemas agrônômicos de plantio e industrialização, buscando criar um mercado cativo, e principalmente, desenvolver novos cultivares mais produtivos e com qualidade.

No Brasil, poucos estudos foram e estão se desenvolvendo com a cultura de açafrão, sendo a sua exploração bastante aleatória. O açafrão é mais cultivado em Goiás, Mato Grosso e São Paulo com produtividade média de 8 a 12 toneladas de rizomas por

hectare, com teores médios de curcumina de 3,5% (Oliveira et al., 1992). Na região nordeste do Brasil o seu cultivo é feito em pequenas áreas, e somente para o consumo local, sendo comercializado nas feiras livres, tanto em forma de pó, como na forma de rizoma *in natura*. O Brasil demonstra possuir um grande potencial para ser um dos principais produtores e exportadores de rizomas de açafrão devido a sua origem tropical e sua adaptação as condições nacionais (Goto, 1993).

No Vale da Ribeira (SP), já houve tentativas de implantação da cultura, apesar do alto índice pluviométrico que propiciava excelente desenvolvimento vegetativo, a elevada umidade relativa do ar durante o processo de secagem dos rizomas, provoca deterioração do produto, inviabilizando a comercialização (Requejo, 1998).

O município que mais produz açafrão em escala comercial é Mara Rosa, localizado na região norte do Estado de Goiás, microrregião de Porangatu (Alto Tocantins), situado a 360 km da capital (Goiânia-GO). Segundo Goto (1993), em Mara Rosa, têm-se plantios particulares que abastecem as indústrias de corantes e de alimentos, além de plantios da própria indústria. Devido a exploração ser feita com pouca tecnologia, o município deixa de produzir e explorar todo o potencial da cultura.

Um projeto multidisciplinar busca soluções para o cultivo de açafrão no município de Mara Rosa, fonte de trabalho e capital de quase todas famílias rurais da região, desenvolvendo técnicas para a prosperidade e maior rendimento da cultura. Na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – UFG, diferentes acessos têm sido avaliados pelo Setor de Melhoramento Vegetal para verificação do potencial produtivo do açafrão por meio de uma caracterização genética com base em dados moleculares e morfológicos, analisando as divergências entre os diferentes acessos explorados no Estado e em outras localidades do País. Estes estudos têm a finalidade de obter alternativas para os produtores de Mara Rosa, que hoje dispõem de uma mistura de clones, plantados em toda região.

Aqui no Brasil somente os cultivares do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC apresentam caracterização descrita em função da quantidade de curcumina. Alguns trabalhos abordam este assunto somente sobre a fenologia da planta, faltando informações para recomendação de cultivares. A caracterização genética e morfológica da cultura se torna indispensável uma vez que se pretende expandir a produção brasileira no mercado externo, onde a cultura possui controle de qualidade e classificação de acordo com a quantidade de curcumina e óleos essenciais presente no rizoma.

Neste contexto, os resultados apresentados nesta dissertação têm como objetivo principal contribuir com informações a respeito da variabilidade genética para o melhoramento da cultura do açafrão, principalmente no tocante a quantidade de curcumina e de produção de pó dos diferentes acessos e identificar genótipos mais promissores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS

A espécie *Curcuma longa* L. (Figura 1) pertence à família Zingiberaceae. É uma planta herbácea, perene (podendo tornar-se anual devido a senescência da parte aérea em função das condições climáticas do local, principalmente deficiência hídricas e baixas temperaturas), atingindo em média 120 a 150 cm de altura em condições favoráveis de cultivo. As folhas são grandes e possuem um pecíolo tão comprido como o limbo, sendo oblongo-lanceoladas, reunidas na base, oblíquo-nervadas, que emanam um perfume agradável quando amassadas, devido a presença de óleos essenciais. As flores são amareladas, longo-pendunculadas dispostas em espigas compridas (Donalisio et al.,1980) e com brácteas côncavas verde-pálido, as superiores com uma mancha rósea. Correa (1926) relata que a planta possui fruto do tipo cápsula bivalve trilocular. O rizoma principal (rizoma-cabeça) é piriforme, arredondado ou ovóide, tenro, com ramificações secundárias, laterais, compridas, também tuberizadas, porém, mais finas e menos tenras, cilíndricas ou fusiformes, por vezes curvas. O rizoma principal pode ter o tamanho de um ovo de galinha, e os rizomas secundários (rizoma-dedo) atingem até 15 cm de comprimento por 1 a 1,5 cm de diâmetro. Os rizomas apresentam marcas circulares a cada 2 ou 4 cm. Externamente, os rizomas frescos são meio esbranquiçados ou acinzentados, mas internamente apresentam uma coloração amarela. A raiz principal tuberosa emite uma quantidade abundante de pequenas raízes laterais, algumas das quais possuem folhas, e às vezes se separam da raiz principal e se convertem em plantas independentes. Os rizomas possuem um odor forte de condimento, que lembra a casca dessecada de laranja doce e o rizoma de gengibre. Segundo este mesmo autor, o sabor é levemente pungente e amargo, não sendo picante e nem apimentado (Hertwing,1991 citado por Menezes Júnior, 2000).

Nayar e Ravindran (1995) sugerem que o açafrão cultivado é uma espécie triplóide e foi o resultado de cruzamentos naturais entre formas diplóides e tetraplóides, ou seja, é uma planta de reprodução originalmente sexuada e alogama. O fato de ser triplóide pode explicar a não obtenção de frutos nas tentativas de cruzamentos realizadas na UFG.



Figura 1. *Curcuma longa* L. (1) Porção proximal da planta mostrando o rizoma. (2) Porção distal da planta mostrando a inflorescência. (3) Folha. (4) Flor. (5) Labelo e Corola lateral. (6) Estames e Filete.
 Fonte: *Flora of China Illustrations* vol. 24, fig. 405.

A espécie *Crocus sativus* L. também é denominada de açafrão, sendo esta, no entanto, conhecida como açafrão verdadeiro. Por este motivo, parece crescer no meio científico o consenso pela denominação da espécie *Curcuma longa* de cúrcuma ou curcuma. Não obstante, é comum deparar-se com a regionalização do nome comum da espécie: açafroeira, açafrão-da-terra, açafrão da Índia, batatinha amarela, gengibre dourada, mangarataia, (Lorenzi e Abreu Matos, 2002; Maia et al., 1995; Correa, 1926).

2.2 CENTROS DE ORIGEM E DIVERSIDADE

Conforme Smartt & Simmonds (1992), e Nayar & Ravindran (1995) o gênero *Curcuma* inclui cerca de 70 espécies e dispersa-se principalmente pela região Indo-malaia, ocorrendo também na região tropical de Madagascar, Sri Lanka, Indo-China e Norte da Austrália. Além do açafrão, outras espécies do gênero são também utilizadas, das quais:

- ***C. amada***: é cultivada em uma região de extensão limitada para a produção de rizomas, que apresentam sabor e odor característico.
- ***C. mangga***: é similar a *C. amada* em sabor, mas difere desta, tendo cor característica dos rizomas amarelos sulfúricos e é cultivada na Indonésia.
- ***C. angustifolia***: ocorre na forma selvagem em muitas partes da Índia, seus rizomas são utilizados para extração de amido.
- ***C. caesia***: é nativa da região Leste e Nordeste da Índia e é usada na medicina nativa.
- ***C. xanthorrhiza***: é nativa da Índia e é cultivada em uma extensão limitada para extração de amido.
- ***C. zeodaria***: é nativa do nordeste da Índia e é cultivada na Malásia pelo conteúdo de amido nos seus rizomas, é também utilizada na medicina nativa.

Segundo os mesmos autores, estudos citogenéticos são limitados à contagem de cromossomos, ocorrendo muitas confusões e desarranjos. Há registros de número de cromossomos de *C. longa* como $2n=64$, 32, 34, 62, 63 e 64. Para outras espécies, os registros são: *C. amada*, *C. angustifolia*, $2n=42$; *C. aromática*, $2n=42$, 86; *C. petiolata*, $2n=64$; *C. zeodaria*, $2n=63$, 64. Estas contagens não dão nenhuma indicação útil a respeito do parentesco entre estas espécies e suas origens. Foram realizados poucos estudos sobre a origem do açafrão. Há registros de número de cromossomo $2n=63$ em função de associações trivalentes durante a meiose. Sugerindo que o açafrão cultivado é uma espécie triploide e foi o resultado de cruzamentos naturais entre formas diplóides e tetraplóides.

Acredita-se que após a sua origem na Índia, o açafrão difundiu-se por todo o Leste pelas ilhas Polinésias no período neolítico asiático (pré-ariano) fase inicial do processo de domesticação das plantas (10.000 a 5.000 Ap). Evidências adicionais sugerem pelo alto número básico de cromossomos $x = 21$, que o gênero surgiu por anfidiplóidia.

O açafrão é conhecido e utilizado mais amplamente no sul da Ásia, onde é usado para propósitos variados. Atualmente, é usado por todo o mundo como agente flavorizante em culinária. Porém, é na Índia que o açafrão é mais extensivamente utilizado, não apenas na culinária, mas em vários ritos sociais e religiosos, como corante e para preparações de artigos de toalete. A Índia é o maior produtor mundial e a máxima diversidade e variabilidade genética ocorrem nesse país. (Nayar & Ravindran, 1995).

O açafrão não foi observado no estado selvagem em nenhum outro lugar do mundo. Nenhum trabalho foi conduzido no sentido de identificar as espécies ancestrais do açafrão cultivado. Embora a maior diversidade varietal em açafrão ocorra no nordeste da Índia quando comparado à Índia Peninsular, um número ainda maior de parentes selvagens e plantas invasoras de *C. longa* estão presentes no Sudoeste da Índia do que em qualquer outra área comparável, com mais de 10 espécies de um total de 70 espécies. Por estas razões, é amplamente aceito que a Índia é o centro de origem do açafrão (Nayar & Ravindran, 1995).

Embora nenhuma variedade taxômica distinta seja estabelecida em *C. longa*, há cerca de 60 variedades ou cultivares agrícolas, bem como um grande número de espécies as quais são nomeadas de acordo com o local de cultivo. Estes cultivares são populares em suas respectivas áreas de cultivo. Nenhuma diferença agrônômica é notada em suas performances (Velayudhan et al., 1994).

Através do Programa Nacional de Estudo e Conservação de Recursos Genéticos da Índia, a Estação Regional do NBPGR (National Board for Plant Genetic Resources) na Estação Regional de Trichur, Kerala, acumulou e caracterizou 769 acessos de açafrão e seus parentes selvagens pertencentes a 31 espécies distintas. Até então, cinco novas espécies foram descritas e um total de 56 descritores nestas coleções foram identificados. Um breve histórico sobre a taxonomia do gênero *Curcuma* é apresentado e uma nova chave para as três novas espécies foi proposta. Esta chave é baseada em descritores florais e vegetativos os quais não se alteraram após conservação ex situ por mais que 10 anos.

São poucos os trabalhos que estudam a variabilidade genética do açafrão.

Radhakrishnan et al. (1995) avaliou seis cultivares de açafrão, que foram comparados em condições chuvosas através de treze estações de 1991 a 1994. Os melhores cultivares para produção de matéria verde apresentaram pouco teor de curcumina após a secagem. Em outro estudo, Yadav et al. (1996) avaliaram dezessete genótipos de açafrão que foram cultivados em estação de seca, objetivando estudar a variabilidade genética, a herdabilidade e o ganho genético, sendo que, foram encontradas diferenças significativas para todos os descritores avaliados com exceção para largura das folhas.

2.3 UTILIZAÇÃO

O açafrão e seus subprodutos são usados na indústria de alimentos como temperos e como corantes naturais. Nas últimas décadas, a demanda por alimentos naturais tem aumentado, impulsionada pelo desejo de muitos consumidores em ingerir alimentos processados mais saudáveis. Neste contexto, a substituição de corantes artificiais por corantes naturais, na forma de aditivos em alimentos industrializados, poderá apresentar um maior potencial de demanda por parte dos consumidores, desde que estes estejam claramente informados sobre o fato. Entretanto, do ponto de vista da indústria de alimentos, outros fatores são considerados. Como exemplo, os custos relativos entre os corantes naturais e os artificiais, suas possibilidades de aquisição ao longo do ano e importantes fatores técnicos, tais como: melhor adequação de cor a ser conferida ao produto final, grau de concentração do corante, homogeneidade da cor, granulometria, facilidade de uso, estabilidade da cor em relação à luz e à temperatura durante as operações de processamento e ao longo de todo período de estocagem, até que o produto final seja consumido e não conferir sabor indesejável ao produto final, etc. Nos casos específicos em que um corante confere, além da sua cor, um sabor particular desejável no produto final, como é o caso do uso do açafrão, por exemplo, como aditivo do *curry*, sua escolha é quase mandatária (Marinozzi, 2002).

Seu emprego não se limita apenas à cozinha e à produção de corantes. Desde os tempos mais remotos, é utilizado pelos monges para corar suas batatas, assim como para fins medicinais. A utilização na indústria farmacológica do açafrão se dá principalmente por conter além da curcumina, óleos essenciais de excelente qualidade técnica e organoléptica como cita Carvalho et al. (2001). Somam-se também outras características antioxidante e antimicrobiana (Pruthi, 1980).

De acordo com Viasan et al. (1989), dependendo da cultivar, o açafrão pode apresentar cor que varia do amarelo-brilhante ao laranja-escuro. Os cultivares de cor amarelo-brilhante são apreciados nos Estados Unidos em formulação de picles e pastas de mostarda. Já os cultivares de cor laranja-escuro são preferidas pelos indianos e asiáticos em pratos típicos. Atualmente são três os produtos de açafrão disponíveis comercialmente: o pó de açafrão, a oleorosina de açafrão e o extrato de curcumina (Govindarajan & Stahl, 1980).

O pó que consiste em rizomas secos e moídos contendo cor e aroma, é um componente indispensável ao *curry* indiano. É também utilizado em pastas de mostarda e em condimentos. Nessas aplicações o aroma característico do açafrão é desejável (Govindarajan & Stahl, 1980).

A oleorosina do açafrão é obtida, por extração com solventes, do pó de açafrão, com rendimento de cerca de 12%. Apresenta teores de 30% a 40% de pigmentos expressos em curcumina e de óleo volátil entre 15% e 25%. É um produto altamente viscoso e de cor marrom alaranjada. Entretanto, quando diluído para o uso, obtém-se cor amarelo brilhante. Apresenta o aroma característico do açafrão *in natura*, pungente e de sabor amargo. A função predominante é colorir. É largamente utilizada em picles, maionese, mostarda, revestimento de filés de peixe congelado, produtos cárneos, massas alimentícias, sucos, gelatinas, queijos e manteigas (Govindarajan & Stahl, 1980).

O extrato de curcumina purificado é o corante sem aroma ou sabor residual, concentrado, obtido por extração com solventes do pó de açafrão seco. Em alguns produtos alimentícios como bebidas, gelatinas, sorvetes, queijos, produtos de confeitaria e manteiga, o aroma do açafrão é indesejável sendo preferível usar a curcumina purificada (Ferreira, 2003).

Em um trabalho de revisão sobre a cultura do açafrão, Pereira & Stringheta (1998) relatam que o açafrão pode ser aplicado como possível substituto do corante artificial tartrazina, em níveis de 0,002 a 0,1% ou ainda combinado à páprica em muitos queijos processados e em produtos à base de gordura. O açafrão tem sido utilizado para temperar aves, frutos do mar e arroz e como corante e flavorizante em picles.

O açafrão tem sido amplamente utilizado na medicina indiana devido a seus efeitos, antiinflamatório, antiartrítico (Sambiah et al., 1982), regulador das funções biliares e redutor dos níveis de colesterol (Subba Rao et al., 1970), como estimulante ou carminativo (elimina gases) por curar dispepsia (dores no aparelho digestivo) e flatulência (gases intestinais) ou ainda, doenças de pele devido a impurezas no sangue. Os rizomas

têm sido empregados na forma de pasta para curar contusões, inflamações de juntas e arranhões (Nadkarni & Nadkarni, 1980).

Os extratos do açafrão demonstraram efeitos antiinflamatórios em estudos de inflamação induzida. Edemas causados por carragenana (substância utilizada industrialmente como agente geleificante, estabilizante, espessante ou emulsificante) e formalina (formol diluído a 35%) foram inibidos, de modo similar ao efeito da cortisona. Os extratos etéreos (óleos) mostraram atividade antiinflamatória e reduziram em 50% os níveis de histamina, redução esta comparável ao efeito da hidrocortisona (Arora et al., 1971). As atividades antimicrobianas e antiprotozoárias foram demonstradas pelos extratos de açafrão e seus componentes inibindo o crescimento da maioria dos organismos em colecistites (inflamação da visícula biliar). Enquanto a curcumina foi bacteriostática contra *Staphylococcus*, os óleos essenciais apresentaram atividade bactericida (Lutomski et al., 1974). O extrato alcoólico também exibiu atividade antiprotozoária e antimicrobiana (Dhar et al., 1968).

Outras possíveis utilizações para a cultura têm sido buscadas, de forma que Baltazar (1994) pesquisando o uso do açafrão para o controle de insetos no milho armazenado, verificou diferença estatística, significativa ao nível de 1%, entre os seguintes tratamentos empregados: testemunha (sem expurgo e sem açafrão), somente expurgo, expurgo e açafrão, somente açafrão, além de serem avaliados o uso em forma de pó e somente rizoma no controle dos insetos. O açafrão foi usado em duas concentrações, de 1 e 3%. A testemunha apresentou o maior grau de infestação de insetos e elevada perda de peso, a melhor forma de aplicação do açafrão foi em pó. Os tratamentos que utilizaram expurgo mais açafrão foram melhores do que aqueles que utilizaram somente expurgo e estes sendo melhores, do que aqueles que utilizaram somente açafrão. A concentração de 3% de açafrão não demonstrou ser mais eficiente para repelir insetos que a concentração de 1%. Não foi possível detectar até que tempo de armazenagem o efeito repelente do açafrão foi sentido pelos insetos. O efeito repelente do açafrão aos insetos que atacam o milho armazenado ficou demonstrado em todos os tratamentos em relação ao teste sobre o grau de infestação.

O efeito repelente do açafrão também tem sido pesquisado na Índia e no Paquistão. O açafrão em pó é comumente misturado ao arroz para protegê-lo contra insetos nestes países. Essa ação repelente tem sido atribuída as turmeronas e ar-turmeronas presentes no seu óleo essencial que é odorífero e pungente (Su et al., 1982).

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS

A qualidade dos rizomas é caracterizada, principalmente, pela presença do corante curcumina na concentração de 2,8 a 8,0% e de 2,5 a 5,0% de óleos essenciais. Somam-se também, outras substâncias com características antioxidante, antimicrobiana e medicinal (Cecílio Filho, 1996).

A composição média dos rizomas é de 13,1% de água, 6,3% de proteínas, 5,1% de gorduras, 69,4% de carboidratos, 3,5% de cinzas e 2,6% de fibra. Quando destilados, apresentam entre 1,3 e 5,5% de óleo essencial (Maia et al., 1995).

O açafrão contém em média 1,8 a 5,4% de pigmentos responsáveis pela cor amarela, 1,0 a 5,0 % de óleo essencial, 25,0 a 50,0% de amido, 4,0 a 10,0% de proteínas, 2,0 a 7,0% de fibras e 3,0 a 7,0 de cinzas. O conteúdo desses componentes varia em função da cultivar, local de plantio, práticas agrícolas, o uso de fertilizantes e maturação. O açafrão é a fonte natural mais rica em curcumina, contendo cerca de 2,5% desse pigmento (Krishnamurthy et al., 1975, citado por Pereira & Strigheta, 1998).

A curcumina é um pó cristalino, amarelo, inodoro, pertencente à classe diferoluilmetano e de fórmula molecular $C_{21}H_{20}O_6$. O açafrão contém além da curcumina outros dois pigmentos, desmetoxi-curcumina e bis-desmetoxi-curcumina, que podem ser separados por cromatografia em coluna utilizando sílica gel como fase estacionária e benzeno e metanol (80:20) como fase móvel. Esses constituintes reagem de maneira similar à curcumina com cloreto férrico e outros reagentes, sendo análogos estruturalmente. O espectro de absorção tem pequena variação para os três componentes: 429 nm para a curcumina, 424 nm para a desmetoxi-curcumina e 419 nm para a bis-desmetoxi-curcumina. Portanto, a prática usual de se expressar o total de cor como curcumina, na região de 425 nm, se justifica por motivos práticos. (Krishnamurthy et al., 1976).

O óleo essencial obtido pela destilação do açafrão em pó varia de amarelo pálido a laranjado, com odor residual dos rizomas do açafrão. O aroma do açafrão é devido a cetonas sesquiterpênicas formadas por aproximadamente 59% de ar-tumerona (dehidroturmerona), e turmerona, numa proporção de 40 e 60%, respectivamente. O óleo essencial do açafrão contém α -d-feladreno (1%), borneol (0,5%), zingibereno (25%), turmeronas (58%). O açafrão contém ainda cerca de 6% de álcool sesquiterpênico (Govindarajan & Stahl, 1980).

Garg et al. (1999) avaliaram vinte e sete acessos de açafrão coletados junto a agricultores no Sul do Himalaia que foram cultivados em condições climáticas do Planalto do Norte da Índia. Os rizomas foram colhidos e analisados para conteúdo de óleo essencial e para seus conteúdos de curcumina, que variou de 0,61% a 1,45%. O conteúdo de óleo essencial dos rizomas variou entre 0,16% e 1,94%. O óleo essencial de cada acesso foi avaliado para a qualidade. Os acessos foram classificados em dois grupos: (1) aqueles nos quais o conteúdo de óleo essencial como soma de sete tipos diferentes de terpenos variou de 58 a 79% e (2) aqueles nos quais esta soma variou de 10 a 22%.

2.5 CARACTERÍSTICAS CULTURAIS

A planta é propagada vegetativamente, utilizando-se de seus rizomas. Estes crescem organizados numa estrutura, denominada “mão”, abaixo do colo da planta, onde os rizomas menores “dedos”, agrupam-se ao redor de um maior chamado “pião”. São os rizomas que representam o interesse econômico da cultura (Cecílio Filho, 1996).

A produtividade do açafrão foi avaliada por Menezes Júnior (2000), em função do tipo de rizoma do plantio (rizoma-cabeça e rizoma-dedo) e presença ou ausência de cobertura morta, sob os seguintes tratamentos: I – rizoma-dedo sem cobertura morta, II – rizoma-dedo com cobertura de capim; III – rizoma-dedo com cobertura de galhos e folhas picados; IV – rizoma-cabeça sem cobertura; V - rizoma-cabeça com cobertura de capim; VI - rizoma-cabeça com cobertura de galhos e folhas picados.. Os descritores avaliados foram: porcentagem de emergência, altura de planta, número de folhas da planta-mãe, número de perfilhos, número de folhas dos perfilhos, número de rizomas tipo dedo e cabeça, peso da matéria fresca e seca de rizoma-cabeça, peso da matéria fresca e seca de rizoma-dedo. O autor observou que, independente dos tratamentos, o açafrão se mostrou uma planta vigorosa e resistente a pragas e doenças. Mesmo nos tratamentos onde as plantas se desenvolveram menos, não se observou a presença de insetos ou qualquer espécie de agente patogênico, mesmo em processo de senescência das plantas. Observou também que é uma planta exigente em água apenas nas primeiras semanas da fase de emergência e crescimento, sendo que após o desenvolvimento completo, as plantas resistiam muito bem a períodos de seca. Assim, sob essas condições experimentais, pôde concluir que:

1º) a cobertura do solo favoreceu significativamente as características morfológicas e

- produtivas do açafrão;
- 2º) não foi observado diferença significativa entre os tipos de cobertura morta utilizada sobre a produtividade;
- 3º) o rizoma-cabeça proporcionou maiores valores nas características morfológicas e produtivas do açafrão.

Maia et al. (1995) também determinaram o efeito do plantio desses dois tipos de rizomas sementes (rizoma-cabeça e rizoma-dedo) na produção e no padrão de crescimento do açafrão. As plantas originadas dos rizomas-cabeça apresentaram maior desenvolvimento do que aquelas originadas dos rizomas-dedo, chegando a produzir até 30% mais rizomas. Os resultados indicaram que as plantas multiplicadas por rizoma-cabeça apresentaram maior massa seca total e maior massa de rizomas novos e de área foliar do que aquelas multiplicadas por rizomas-dedo. E que os rizomas das plantas multiplicadas por rizomas-cabeça foram maiores e mais numerosos do que as multiplicadas por rizoma-dedo. O tipo de rizoma utilizado no plantio não alterou o teor de corante dos rizomas novos. Tanto os rizomas-cabeça como os rizomas-dedo, empregados no plantio, apresentaram um aumento de teor de curcumina ao longo do experimento.

2.6 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE MARA ROSA

O município de Mara Rosa encontra-se na meso-região norte do Estado de Goiás, entre as cidades mais importantes desta região: Porangatu e Uruaçu. Tal região encontra-se situada entre as duas grandes bacias hidrográficas do rio Araguaia e do rio Tocantins, às margens da rodovia BR-153, chamada de Belém-Brasília (Anexo C).

A construção da Belém-Brasília nos anos 60 abriu novas oportunidades para a região cujas áreas de cerrado começaram a ser desmatadas para a implantação de lavouras e pastagens, onde antes, as atividades econômicas e as comunidades locais foram marcadas por mais de dois séculos pelo garimpo do ouro. A cultura de arroz, em particular, plantio de novas terras recém desmatadas, chegou a gerar muita renda para a região nos anos 70. Porém, logo tal cultivo deixou o lugar à pecuária de corte que dominou a paisagem agrícola na região até meados dos anos 90, quando a pecuária de leite veio substituí-la.

A planta de açafrão, desde a chegada dos garimpeiros, crescia de forma nativa às margens dos rios da região e as primeiras lavouras comerciais começaram na região nos anos 60. O que permitiu o desenvolvimento deste cultivo foi o crescimento da demanda

das indústrias de alimentos paulistas por corantes naturais, até então importados. A construção da rodovia favoreceu essas transações entre o Estado de São Paulo e o norte de Goiás. Atualmente, o açafrão constitui uma grande fonte de renda na região, integrando a atividade leiteira dos pequenos e médios produtores de Mara Rosa e gerando emprego para os diaristas e meeiros envolvidos nesta atividade. A atividade de produção de açafrão, nas condições atuais de falta de organização dos produtores e falta de valorização através de políticas de qualidade deste produto, gera renda e emprego de maneira muito instável.

Apesar das vantagens de condições climáticas favoráveis, relações privilegiadas com as indústrias de corantes e de alimentos criadas ao longo de várias décadas e de disponibilidade de mudas para o plantio do açafrão, a especialização regional na produção e o processo de construção de um sistema produtivo local estão ameaçados por falta de qualidade e de organização do setor produtivo local. Isto gera muita instabilidade e pode comprometer a competitividade desta região favorecendo os produtos de outras regiões do Brasil ou mesmo de produtos importados.

No Brasil, o açafrão ainda tem uma pequena expressão econômica. Esta cultura tem grande importância socioeconômica na agricultura familiar no Estado de Goiás, sendo o município de Mara Rosa, um dos principais centros produtores do Brasil. Parte da sua produção é utilizada na culinária e o restante direcionado para os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

O crescimento da demanda interna do açafrão permitiu que os produtores de Mara Rosa (GO) se especializassem em sua produção. Porém, as exigências crescentes de qualidade da matéria-prima por parte dos compradores associada à dificuldade dos produtores para se adequarem a essa situação, estão colocando em risco as atividades produtivas desta região. A pesquisa sobre divergência genética entre acessos de açafrão utilizando descritores morfo-agronômicos vem ao encontro do objetivo de fortalecer o agronegócio do açafrão em Mara Rosa e municípios circunvizinhos, buscando a diversidade e a obtenção de cultivares mais produtivos para aumentar a competitividade dos produtores.

2.7 ANÁLISE DE DIVERGÊNCIA

2.7.1 Considerações gerais

A diversidade genética entre um grupo de progenitores tem sido avaliada com

o objetivo de identificar as combinações híbridas de maior efeito heterótico e maior heterozigose, de tal forma que, em suas gerações segregantes, se tenha maior probabilidade de recuperação de genótipos superiores. A avaliação da divergência genética também é de grande importância no contexto da evolução das espécies, uma vez que fornece informações sobre os recursos disponíveis e auxilia na localização, no intercâmbio e na utilização dos genótipos.

Os melhoristas têm utilizado vários métodos para acessar a diversidade genética e estabelecer relações entre germoplasmas elites, sobretudo com a finalidade de aumentar o ganho genético. Eles têm tido acesso, geralmente, às informações de genealogia, dados de desempenho (capacidade de combinação, avaliação de progênie, ganho de seleção, etc.) e também por meio de inferências feitas através de vários delineamentos experimentais para estudos genéticos (Dudley, 1987; Troyer et al., 1988).

Nos dialelos é necessária a avaliação dos progenitores e de todas as suas combinações híbridas. Quando o número de progenitores é elevado, a obtenção do material experimental fica impraticável, e o estudo inviabilizado. Por dispensarem a obtenção prévia das combinações híbridas, os métodos preditivos da divergência entre progenitores têm merecido considerável ênfase. São métodos preditivos aqueles que tomam por base as diferenças morfológicas, fisiológicas, etc., apresentadas pelos progenitores na determinação da divergência. E esta é geralmente quantificada por uma medida de dissimilaridade, como as distâncias Euclidianas ou de Mahalanobis (Miranda et al., 1988). A inferência na diversidade geográfica também é exemplo de métodos preditivos da heterose.

A diversidade de origem e a diversidade ecogeográfica também têm sido utilizadas como medida de divergência genética entre populações de plantas cultivadas, mas nem sempre este critério, reflete um bom resultado no desempenho dos híbridos. A diversidade *per se* não resulta necessariamente em divergência genética, a não ser que informações concernentes aos relacionamentos dos ancestrais sejam adicionadas e que a pressão de seleção e os subseqüentes rumos evolucionários em distintas regiões geográficas sejam diferentes (Moll et al., 1962, 1965).

Vários métodos multivariados podem ser empregados na predição da divergência genética. Dentre eles, citam-se a análise por componentes principais e por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. A escolha do método mais adequado tem sido determinada pela precisão desejada pelo pesquisador, pela facilidade da análise e pela

forma como os dados foram obtidos (Cruz, 1990).

Os métodos aglomerativos diferem dos demais, em razão de dependerem fundamentalmente de medidas de dissimilaridades estimadas previamente, como a distância Euclidiana ou a distância generalizada de Mahalanobis, dentre outras. Já no método de componentes principais e também na análise canônica, o objetivo é avaliar a similaridade dos progenitores por intermédio de uma dispersão gráfica, em que se consideram, em geral, dois eixos cartesianos (Cruz, 1990).

Há vários métodos de agrupamento sendo os hierárquicos e os de otimização os mais utilizados em melhoramento de plantas (Cruz, 1987). Nos métodos hierárquicos, usa-se um dendrograma, onde são mostradas as fusões sucessivas dos indivíduos ou grupos. Nos métodos de otimização, os grupos são formados pela adequação de algum critério de agrupamento, onde o grupo original é subdividido em grupos não vazios (Cruz, 1990).

A avaliação da divergência genética através das técnicas multivariadas *a priori* em populações de milho, evitaria a realização da maioria dos cruzamentos dialéticos, com redução nos custos e na melhoria da precisão das avaliações (Ferreira et al., 1995).

Estudos realizados em milho mostram que a magnitude da heterose para rendimento foi maior entre parentais com diversidade extrema. Os resultados indicam que não apenas a diversidade genética deve ser considerada, mas o alto rendimento *per se*. Deste modo, descritores de interesse devem ser considerados enquanto se selecionam materiais para hibridização (Prasad & Singh, 1986).

2.7.2 Variáveis Canônicas

A análise multivariada com base em variáveis canônicas, trata-se de um processo alternativo para a avaliação do grau de similaridade genética entre parentais e que leva em consideração tanto a matriz de covariância residual quanto a de covariância fenotípica, entre os descritores avaliados (Rao, 1952).

A análise por variáveis canônicas quando utilizada em estudos de divergência genética, tem como propósito possibilitar a identificação de indivíduos similares em gráficos de dispersão bi ou tridimensionais. Esta técnica apresenta a vantagem adicional de manter o princípio do processo de agrupamento com base na distância D^2 , de Mahalanobis (Singh, 1981).

A viabilidade do uso das variáveis canônicas está restrita à concentração da

variabilidade disponível entre as primeiras variáveis. Assim, a importância relativa de cada variável canônica é dada pela razão entre a variância por ela explicada e o total da variável disponível. Quando houver nas primeiras variáveis canônicas a concentração de grande variância total, no geral acima de 80%, é viável o estudo da divergência genética por meio das distâncias geométricas em gráficos de dispersão, cujas coordenadas são escores relativos às primeiras variáveis canônicas (Cruz & Regazzi, 1997).

2.7.3 Importância relativa dos descritores para divergência

Outro aspecto importante para o melhorista é saber quais descritores estão influenciando a divergência, para isto técnicas de análise multivariada como regressão (Beale et al., 1967), análise discriminante (Mardia et al., 1979), componentes principais e variáveis canônicas (Cruz & Regazzi, 1997) podem ser utilizadas. Na análise de variáveis canônicas a importância relativa das variáveis canônicas decresce da primeira para a última, sendo que as últimas variáveis são responsáveis pela explicação mínima da variância total disponível. Assim, a variável que apresentar maior coeficiente de ponderação (elemento do autovetor) na variável canônica de menor autovalor é considerada de menor importância para explicar a variabilidade genética das populações estudadas, portanto sendo, passível de descarte (Jolliffe, 1972).

O estudo do significado biológico de cada descritor é determinado pelo exame dos autovetores e das correlações das variáveis originais com os escores das variáveis canônicas. Geralmente, variáveis com maiores autovetores e maiores coeficientes de correlação, tanto positivos quanto negativos, são considerados de maior importância para a respectiva variável canônica. Um julgamento adequado é necessário, devido ao fato de ser comum achar uma variável com autovetor de coeficiente alto e de baixa correlação, ou vice-versa. Situações como estas são comuns quando muitas variáveis são altamente correlacionadas.

Descritores dispensáveis, em estudo de divergência genética, são aqueles que: relativamente invariantes entre as populações estudadas; os fortemente afetados pelo ambiente; os que representam instabilidade de resposta com a mudança ambiental; ou são redundantes por estarem correlacionados com outros descritores (Cruz, 1990). O descarte destes descritores propicia redução de mão-de-obra, tempo e custo (Cruz & Regazzi, 1997), contribuindo ainda para a mensuração mais acurada das variáveis importantes para

caracterização.

Outro método para a avaliação da importância relativa dos descritores para a divergência genética consiste na análise da distribuição dos componentes dos valores de D^2 (distância de Mahalanobis), cujos valores de S_j (contribuição relativa de cada descritor) fornecem uma boa indicação da importância relativa dos diferentes descritores que contribuem para a divergência total (Singh, 1981).

Santos et al. (1995) procurando selecionar descritores para a caracterização e avaliação preliminares do germoplasma de guandu (*Cajanus cajan*), por meio de técnica dos componentes principais e da regressão múltipla, concluíram que dos vinte descritores avaliados, apenas sete, foram considerados discriminantes dos acessos.

2.7.4 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir por algum critério de classificação, os parentais em vários grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos. Alternativamente, as técnicas de análise de agrupamento têm por objetivo dividir um grupo original de observações em vários grupos, segundo algum critério de similaridade ou de dissimilaridade (Curi, 1983).

Na análise de agrupamento, várias questões surgem: o número final de grupos desejados, a adequação da partição obtida e o tipo de medida de similaridade a ser utilizada. Com relação ao número de grupos desejados, comumente utilizam-se vários números de grupos e por algum critério de otimização, seleciona-se o mais conveniente. Para a avaliação da adequação da partição, é comum a utilização da análise discriminante e com relação às medidas de similaridades, as mais empregadas no melhoramento são as distâncias Euclidianas e de Mahalanobis (Cruz & Regazzi, 1997).

O processo de agrupamento envolve basicamente duas etapas. A primeira relaciona-se com a estimação de uma medida de similaridade (ou dissimilaridade) entre os parentais e a segunda com a adoção de uma técnica de agrupamento para formação dos grupos.

Nos estudos de divergência genética, destinados à identificação de progenitores para a hibridação, a distância de Mahalanobis tem sido a preferida, possível apenas quando se dispõem da matriz de covariância residual estimadas a partir de ensaios experimentais com repetições. Apesar da distância Euclidiana média padronizada contornar os problemas

inerentes ao número e à escala dos descritores avaliados, ela apresenta o inconveniente de não levar em consideração as correlações residuais entre os descritores disponíveis (Arunachalam, 1981; Maluf et al., 1983; Cruz & Regazzi, 1997).

Como no processo de agrupamento é desejável ter informações relativas a cada par de parentais, o número de estimativas de medidas de dissimilaridade é relativamente grande, o que torna impraticável o reconhecimento de grupos homogêneos num simples exame visual daquelas estimativas. Por isso, faz-se o uso dos métodos de agrupamento.

Dentre os métodos de agrupamento mais comumente utilizados no melhoramento de plantas, citam-se os hierárquicos e os de otimização. Nos métodos hierárquicos, os parentais são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, até que seja estabelecido o dendrograma ou diagrama de árvore (Cruz & Regazzi, 1997). Neste caso, não há preocupação com o número ótimo de grupos, uma vez que o interesse maior está no dendrograma. As delimitações podem ser estabelecidas por um exame visual do dendrograma, em que se avaliam pontos de alta mudança de nível, tomando-os em geral como delimitadores do número de progenitores para determinado grupo (Rohlf, 1970).

Nos métodos de otimização realiza-se a partição do conjunto de parentais em sub-grupos não-vazios e mutuamente exclusivos por meio de maximização ou minimização de alguma medida pré-estabelecida. Um dos métodos de otimização mais comumente utilizados no melhoramento genético é o de Tocher proposto por Rao (1952).

As informações no âmbito de indivíduo são perdidas quando se utilizam métodos de agrupamento, restando apenas informações sobre médias dos grupos justificando a tendência em se proceder, simultaneamente a análise de agrupamento por conglomeração, uma análise com base nas dispersões em relação aos eixos cartesianos (componentes principais ou variáveis canônicas) (Cruz, 1990).

A divergência genética tendo como medida a distância D^2 de Mahalanobis, foi estudada por Ahmad et al. (1980) em quarenta linhagens de tritcale (*Triticale hexaploide* Lart.) obtidas de diferentes partes da Índia. As linhagens foram agrupadas em nove diferentes grupos. O padrão de agrupamento das linhagens usualmente não correspondeu à origem geográfica, indicando que a distribuição geográfica sozinha não pode ser considerada um critério de diversidade genética. Isto pode ser explicado pela pressão de seleção do homem exercida em diferentes intensidades.

As distâncias genéticas entre cultivares de cacau (*Theobroma cacao* L.) foram calculadas através de análise multivariada, empregando a estatística D^2 de Mahalanobis,

objetivando examinar a classificação dos grupos raciais e acessar híbridos heteróticos. Uma relação positiva entre distância genética dos cultivares e efeitos de capacidade de combinação foi sugerida. Os resultados indicaram que as estimativas de divergência genética podem ser úteis na seleção de progenitores para cruzamentos e estabelecimento das relações entre grupos raciais de cacau (Dias e Kageyama, 1997).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os experimentos com açafrão foram conduzidos na área experimental da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos – UFG, em Goiânia, GO. Esta área situa-se a uma latitude 16°41'S, longitude 49°17' W, altitude 730 metros e clima, segundo a classificação climática de Köpen, Aw. A temperatura média normal do mês mais frio é superior a 18°C e a estação seca bem definida, portanto, ideais para o cultivo do açafrão. Segundo Pereira e Strigueta (1998) é uma cultura que se desenvolve bem em diversas condições tropicais, em altitudes que variam do nível do mar a 1.500 metros e a temperaturas de 20 a 30 °C. O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Escuro da unidade de mapeamento de Goiânia.

O experimento I desenvolveu-se de outubro de 2001 a julho de 2003 e foi avaliado como açafrão de dois anos (segundo ciclo). O experimento II foi conduzido de outubro de 2003 a setembro de 2004 e avaliado como açafrão de um ano (primeiro ciclo).

3.2 EXPERIMENTO I

3.2.1 Delineamento experimental

A área total do experimento foi de aproximadamente 400 m² e teve preparo convencional do solo. O trato cultural compôs-se de capinas sempre que se viu necessária. A adubação constituiu-se de 520 kg/ha de NPK (13-3-25) e 148 kg/ha de Superfosfato triplo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com quatro repetições e 21 tratamentos. O experimento teve um total de oitenta e duas parcelas, pois o acesso oito (fazenda Santa Rosa) possuiu apenas duas repetições (este acesso foi incluído por possuir excelente teor de curcumina). A parcela experimental foi representada por 3 linhas com 3 m de comprimento espaçada de 0,90 m. O espaçamento

entre plantas adotado foi de 0,20 m e considerou-se a linha central, como a parcela útil para a avaliação dos descritores. Nas bordaduras da parcela foram utilizados rizomas-dedo e na linha útil rizomas-cabeça. Cada linha compôs-se de 15 rizomas.

3.2.2 Material vegetal

Foram utilizados 21 acessos, provenientes dos Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais (Tabela 1). A coleta foi realizada através de obtenção dos materiais trazidos pelos produtores de açafrão de Mara Rosa em 1998. Nos materiais trazidos por produtores arrendatários podem ocorrer misturas de acessos devido a constante troca de área de plantio, não sendo também possível o retorno ao local de origem do acesso para a obtenção de mais rizomas. Os acessos de Campinas – SP foram denominados conforme o teor de curcumina como IAC+ (maior teor de curcumina) e IAC- (menor teor de curcumina).

Tabela 1. Identificação da origem dos diferentes acessos de açafrão (*Curcuma longa*) – Experimento I (2001/2003).

Nº	Origem	Denom.	Nº	Origem	Denom.
1	Alexânia/GO	ALEX	12	Mara Rosa – GO (Wanderlei 3)	MRWA3
2	Goiânia/GO	GOIA	13	Mara Rosa – GO (Inhô1)	MRIN1
3	Botucatu/SP	BOTU	14	Mara Rosa – GO (Inhô2)	MRIN2
4	Ibitinga/SP	IBIT	15	Mara Rosa – GO (Inhô3)	MRIN3
5	Lavras/MG	LAVR	16	Mara Rosa – GO (Alaor1)	MRAL
6	Campinas/SP (IAC +)	IAC+	17	Mara Rosa – GO (Afonso1)	MRAF1
7	Goiânia – GO (Henriqueta)/SP	HENR	18	Mara Rosa – GO (Afonso2)	MRAF2
8	Mara Rosa – GO (SR)	SARO	19	Mara Rosa – GO (Edson)	MRED
9	Mara Rosa – GO (Hélia)	MRHE	20	Campinas – SP (IAC -)	IAC -
10	Rubiataba – GO (Duarte)	DUAR	21	Mara Rosa – GO (Wanderlei1)	MRWA1
11	Mara Rosa – GO (Wanderlei 2)	MRWA2			

Obs.: nomes entre parênteses indicam os produtores dos acessos.

3.2.3 Descritores avaliados

A colheita ocorreu no inverno, em julho de 2003, após a senescência das folhas (devido ao estresse hídrico e baixa temperatura), quando ocorre a maturação dos rizomas. A retirada do solo dos rizomas é através de colheita manual, utilizando enxadão. Em seguida é feita uma pré-limpeza dos rizomas, retirando os torrões de terra e as palhas. Só foram coletados os descritores de pós-colheita, devido a experimento já existir e estar em fase de segunda senescência (segundo ciclo), não sendo possível obter os dados da

parte aérea. Os seguintes descritores morfo-agronômicos foram avaliados:

- Número de rizomas-cabeça (NC) – Contaram-se todos os rizomas-cabeça obtidos na linha útil após a pré-limpeza;
- Peso da matéria fresca do rizoma-cabeça (PC) – Peso total dos rizomas-cabeça encontrados na linha útil de cada parcela após a pré-limpeza;
- Número de rizomas-dedo (ND) – Contaram-se todos os rizomas-dedo obtidos na linha útil após a pré-limpeza;
- Peso da matéria fresca do rizoma-dedo (PD) – Peso total dos rizomas-dedo encontrados na linha útil de cada parcela após a pré-limpeza;
- Peso total da matéria fresca do rizoma (PT) – Peso total de todos os rizomas (cabeça e dedo) da linha útil de cada parcela após a pré-limpeza;
- Peso seco dos rizomas-dedo (PS) – Correspondente ao peso do pó obtido de 1 kg de rizomas-dedo da parcela útil convertidos para peso seco na parcela;
- Teor de curcumina nos rizomas-dedo (TC %) – Caracterizado a partir do pó obtido de 1 kg de rizomas-dedo da parcela útil.

Para a obtenção do pó dos rizomas dedo, estes foram lavados na betoneira em água abundante, escorridos e fatiados em fatiador industrial de legumes da marca *Skynsen eletronic*. Em seguida, secados em estufa a gás numa temperatura inferior a 70 °C para não perder as características organolépticas, e não alterar a cor e o odor característico do açafrão, por aproximadamente 24 horas, até chegar a aproximadamente 12% de umidade (os rizomas fatiados se quebram facilmente na mão quando estão no ponto). Após o resfriamento destes, foram triturados em moinho de faca, para a obtenção do pó e pesados.

Para a caracterização do teor de curcumina, foi seguida a norma NBR: 13624 (ABNT, 1996). Foi utilizado etanol P.A.(QUIMEX) empregando-se a técnica Espectrometria na região do visível. Para a análise, foram utilizados: balão de fundo chato com junta esmerilada, funil de filtração simples, papel de filtro qualitativo (J. Prolab), balões volumétricos de 100 e 250 mL, pipeta volumétrica de 20 mL, perolas de porcelana, condensador de bolas (Chapa de refluxo) e cubeta de quartzo de 1cm, piseta de 250 mL, balança semi-analítica (precisão de 0,0001 g) e espectofotometro UV/Vis.

Nos balões de fundo chato de 150 mL foi pesado 100 mg do pó de açafrão em pó (*C. longa*) e em seguida adicionado 30 mL de etanol P.A. Seis perolas de porcelana foram colocadas em cada balão para homogeneizar e levados ao condensador de bolas (chapa de refluxo). A água do condensador é ligada e esta passa por dentro dos tubos que

são acoplados ao balão. Somente então se liga a chapa de refluxo para aquecimento na temperatura máxima, por 2:30 horas a partir do começo da ebulição. No final é obtido um extrato de cor amarela que é então filtrado em funil e filtro de papel em balão volumétrico de 100 mL. O resíduo do balão volumétrico de fundo chato utilizado na chapa de refluxo é lavado com etanol e despejado no conjunto funil, filtro e balão até que se complete 100 mL. Alíquotas de 20 mL foram retiradas com pipeta e transferidas para balões volumétricos de 250 mL e seus volumes também completados. Portanto a mistura foi diluída 1250 vezes em etanol P.A.

As leituras foram feitas em um espectrofotômetro *UV Vis Metrolab 325 BD* para a determinação do teor de curcumina, e ajustado para o comprimento de onda de 425 nm (comprimento onde é máxima a absorbância da cor amarela – cor do pigmento curcumina). A absorbância é uma medida de quantidade de energia luminosa incidente absorvida por uma substância em solução. O espectrofotômetro mede tanto a quantidade de luz transmitida por uma amostra, quanto a quantidade de luz absorvida. A quantidade de luz transmitida por uma amostra está relacionada com a concentração da mesma. Embora os valores de transmitância não são diretamente proporcionais à concentração. A absorbância é uma medida de quantidade de energia luminosa incidente absorvida por uma substância em solução (Cecchi, 2003). Este aparelho deve ser calibrado antes da medição, utilizando o corpo negro, devendo este medir 0,00 de transmitância e 100 de absorbância. Depois utilizar corpo branco (no nosso caso etanol P.A.– referência) devendo este medir 100 de transmitância e 0,00 de absorbância.

Os valores de absorbância obtidos são convertidos em concentração (g/L) utilizando a formula $x = \frac{(y - A)}{B}$, sendo o y igual ao valor da absorbância e os valores A e B obtidos da curva de calibração.

Depois da leitura os valores obtidos são transformados em massa de curcumina no extrato (mg) o que corresponde também à porcentagem de curcumina no extrato.

3.3 EXPERIMENTO II

3.3.1 Delineamento experimental

A área total do experimento foi de aproximadamente 927 m² e teve preparo do solo convencional. O trato cultural compôs-se de capinas sempre que se viu necessária. A

adubação constituiu-se de 156 kg/ha de KCl e 200 kg/ha de uréia..

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados e teve 33 tratamentos e quatro repetições. A parcela experimental foi representada por 3 linhas com 3 m de comprimento espaçada de 0,90 m. O espaçamento entre plantas adotado foi de 0,20 m e considerou-se a linha central descontados 0,50 m de cada extremidade, como a parcela útil para a avaliação dos descritores. Na parcela as linhas laterais, utilizadas como bordadura foram usados rizomas-dedo e na linha útil rizomas-cabeça. Cada linha foi representada por 15 rizomas.

3.3.2 Material vegetal

No segundo experimento, os acessos de açafrão provenientes de Mara Rosa envolvem os genótipos coletados nas propriedades onde os agricultores utilizavam este material há pelo menos cinco anos, ou seja, com garantia de não utilizar “açafrão-semente” obtidos junto a outros produtores.

Foram utilizados trinta e três acessos (Tabela 2), vinte e um provenientes dos municípios de Mara Rosa obtidos de várias áreas (Anexos A e B).

Tabela 2. Identificação da origem dos diferentes acessos de açafrão (*Curcuma longa*) do Experimento II – 2003/2004.

Nº	Origem	Denom.	Nº	Origem	Denom.
1	Alexânia/GO	ALEX	18	Mara Rosa/GO (Antonio Nunes)	MRAN
2	Goiânia/GO	GOIA	19	Mara Rosa/GO (José Venâncio)	MRJV
3	Botucatu/SP	BOTU	20	Mara Rosa/GO (D. Nega)	MRNE
4	Ibitinga/SP	IBIT	21	Mara Rosa/GO (Bento)	MRBE
5	Lavras/MG	LAVR	22	Mara Rosa/GO (Pedrinho)	MRPE
6	Campinas/SP	IAC+	23	Mara Rosa/GO (Moacir)	MRMO
7	Campinas/SP	IAC-	24	Mara Rosa/GO (Zé Branco)	MRZB
8	Goiânia/GO (Henriqueta)	HENR	25	Mara Rosa/GO (Estevão)	MRES
9	Rubiataba/GO (Duarte)	DUAR	26	Mara Rosa/GO (Maria José)	MRMJ
10	Campinas/SP	IAC 4	27	Mara Rosa/GO (Sebastiana)	MRSE
11	Mara Rosa/GO (Edivaldo)	MREDI	28	Mara Rosa/GO (Gabriel)	MRGA
12	Mara Rosa/GO (D. Tereza)	MRTE	29	Mara Rosa/GO (Raimundo)	MRRA
13	Mara Rosa/GO (Wilson)	MRWI	30	Mara Rosa/GO (Cláudio)	MRCL
14	Mara Rosa/GO (Diquinho)	MRDQ	31	Mara Rosa/GO (Sebastião Félix)	MRSF
15	Mara Rosa/GO (Marinho)	MRMA	32	Lavras 2/ MG (M(24))	LAVR2
16	Mara Rosa/GO (Délcio)	MRDE	33	Campinas/SP (M(25) - IAC)	IAC3
17	Mara Rosa/GO (Divino)	MRDI			

Obs.: nomes entre parênteses indicam os produtores dos acessos ou o número no campo de multiplicação.

Foram cultivados em campo de multiplicação e a colheita realizada juntamente com a colheita do experimento I. Os plantios do açafrão foram realizados de 20 a 23 de outubro de 2003 e avaliadas como açafrão de primeiro ciclo, ou seja, teve apenas uma senescência e foram colhidos.

3.3.3 Descritores avaliados

Os dados da parte aérea foram tomados no mesmo metro linear (1 m) da linha central de plantio e os de pós-colheita foram obtidos de 2 m da linha central (área útil). Os rizomas (cabeça e dedo), após a colheita, foram submetidos à pré-limpeza, corte de raízes e de folhas, previamente à tomada de medidas e contagens. As pesagens foram efetuadas em balança digital. Foram avaliados os seguintes descritores morfo-agronômicos e de pós-colheita:

- Número de plantas-mãe (NPM) – Contatou-se a quantidade de plantas-mãe originadas dos rizomas-semente plantados. Esta quantidade foi tomada em um metro linear da linha útil aos 100 dias após plantio;
- Número de perfilhos (NPF) – Consideraram-se todas as outras plantas que surgiram depois da planta-mãe, aos 100 dias após plantio, encontradas no mesmo metro linear onde foram contadas as plantas-mãe;
- Número de perfilhos por planta (NPF/P) – Dividiu-se o número de perfilhos em um metro linear pelo número de plantas-mãe em um metro da linha útil, aos 100 dias após plantio;
- Número total de plantas (NP) – Total de plantas (planta-mãe e perfilhos) tomados em um metro linear da linha útil, aos 100 dias após plantio;
- Número de folhas (NF) – Contaram-se apenas as folhas verdes de todas as plantas de açafrão encontradas no metro linear, aos 100 dias do plantio e que apresentavam pelo menos 2/3 de seu limbo ainda verdes;
- Área foliar (AF) – Para sua estimação, mediram-se as larguras de todas as folhas das plantas encontradas no metro linear, aos 100 dias após o plantio;
- Número de florescimento (NFL) – Consideraram-se todas as inflorescências ocorridas na parcela;
- Número de dias para o florescimento (DFL) – Contados a partir do dia de plantio ao dia de sua observação no campo, nas parcelas onde ocorreu florescimento;

- Altura Média das plantas-mãe (AM) – Tomadas as alturas das plantas-mãe da parcela e dividido pelo seu número, aos 100 dias após o plantio;
- Número de rizomas-dedo (ND) – Contaram-se os rizomas-dedo inteiros da área útil (2 m), após a pré limpeza, ignorando-se os quebrados, assim considerados aqueles que apresentavam os dois lados fendidos;
- Número de rizomas-cabeça (NC) – Os mesmo procedimentos adotados para rizomas-dedo foram efetuados para os rizomas-cabeça, com exceção da não ocorrência de quebra de rizoma;
- Peso da matéria fresca do rizoma-cabeça (PC) – Peso dos rizomas-cabeça tomados na linha útil (2 m), convertidos em toneladas por hectare;
- Peso da matéria fresca do rizoma-dedo (PD) – Peso dos rizomas-dedo tomados na linha útil (2 m), convertidos em toneladas por hectare;
- Peso total da matéria fresca do rizoma (PT) – Peso dos rizomas-cabeça e rizomas-dedo tomados na linha útil (2 m), convertidos em toneladas por hectare.
- Peso seco dos rizomas-dedo (PS) – Correspondente ao peso do pó obtido de 1 kg de rizomas-dedo fresco da parcela útil convertidos para t/ha;
- Teor de curcumina nos rizomas (TC %) – Caracterizado a partir do pó obtido de 1 kg de rizomas-dedo da parcela útil.

Para a estimação da área foliar, foi utilizado o método de áreas conhecidas de lâminas (Benincasa, 1988). Para estimar a área foliar total das plantas de açafrão ($\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$), foram medidas as larguras de todas as folhas das plantas encontradas no metro linear, depois a área foi estimada através da equação proposta por Silva et al. (no prelo): $A = 1,343 \times L^{2,103}$, onde:

A : área foliar em cm^2 ;

L : largura das folhas em cm.

O florescimento do açafrão é raro em nossa região, mas durante o Experimento II ocorreu um florescimento excepcional. Ocorre apenas uma inflorescência por planta, geralmente quando esta já possui em torno de dez folhas. Foi também observado um perfilho ainda com cinco folhas já florescendo. Isto se deve, provavelmente a um perfilho ligado diretamente ao rizoma semente.

Para a obtenção do pó dos rizomas dedo, estes foram lavados em água abundante, escorridos e fatiados em fatiador industrial de legumes da marca *Skynsen eletronic*. Em seguida, secados em estufa a gás com circulação forçada de ar aquecido,

numa temperatura inferior a 70 °C para não perder as características organolépticas, e não alterar a cor e o odor típicos do açafrão, por aproximadamente 24 horas, até chegar a aproximadamente 12% de umidade (os rizomas fatiados se quebram facilmente na mão quando estão no ponto). Após o resfriamento destes, foram triturados em moinho de faca, para a obtenção do pó e pesados em balança digital.

A extração e a determinação do teor dos curcumina foi realizada conforme a norma NBR 13624 (ABNT, 1996). A concentração de curcumina obtida por espectrofotômetro foi corrigida pelos valores encontrados na curva de calibração.

O teor de curcumina (TC%) foi convertido para produção em tonelada por hectare de curcumina apenas para a identificação dos acessos mais produtivos para a seleção quanto à produtividade de curcumina.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICO-GENÉTICAS DOS DADOS

Foram realizadas com o auxílio do programa Genes (aplicativo computacional em genética e estatística) versão 2005 (Cruz, 2001) as análises de: variâncias individuais, variáveis canônicas, agrupamento e as medidas de dissimilaridade dos dados morfoagronômicos.

3.4.1 Análise de variância

Inicialmente realizou-se a análise de variância univariada, de acordo com o modelo $Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$, onde:

Y_{ij} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i e se encontra na repetição j;

μ : média geral do descritor;

t_i : efeito fixo devido ao tratamento i (acessos) que foi aplicado na parcela;

b_j : efeito aleatório devido à repetição j em que se encontra a parcela;

e_{ij} : efeito aleatório devido ao erro experimental da parcela com o tratamento i, na repetição j.

3.4.2 Coeficiente de correlação fenotípica

O coeficiente de correlação fenotípica foi calculado por:

$$r_{\bar{F}_{(x,y)}} = \frac{Cov_{\bar{F}_{(x,y)}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}_{(x)}}^2 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{F}_{(y)}}^2}}$$

Onde:

$Cov_{\bar{F}_{(x,y)}}$ = covariância fenotípica média do tratamento i relativos aos descritores x e y ;

$\hat{\sigma}_{\bar{F}_{(x)}}^2$ = estimativa da variância fenotípica média para os tratamentos i relativo ao descritor x ;

$\hat{\sigma}_{\bar{F}_{(y)}}^2$ = estimativa da variância fenotípica média para os tratamentos i relativo ao descritor y ;

3.4.3 Distância generalizada de Mahalanobis

Como medida de dissimilaridade, foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), definida pela expressão $D_{ii'}^2 = \delta' \psi^{-1} \delta$ (Cruz & Regazzi, 1997), em que:

$D_{ii'}^2$ = é a distância de Mahalanobis entre os acessos i e i' ;

$\delta' = [d_1, d_2, d_3 \dots d_p]$, sendo $d_j = X_{ij} - X_{i'j}$, para cada j ;

X_{ij} = é a média do i -ésimo acesso em relação ao j -ésimo descritor;

ψ^{-1} = inversa da matriz de variâncias e covariâncias residuais entre as variáveis originais.

Adicionalmente, foi calculada a contribuição relativa dos descritores para a divergência genética utilizando o critério proposto por Singh (1981), baseado na estatística $S_{.j}$.

Neste caso considera-se que:

$$D_{ii'}^2 = \delta' \psi^{-1} \delta = \sum_{j=1}^n \sum_{j'=1}^n \omega_{jj'} d_j d_{j'}$$

Em que $\omega_{jj'}$ é o elemento da j -ésima linha j' -ésima coluna da inversa da matriz de variâncias e covariâncias residuais.

Assim, o total das distâncias envolvendo todos os pares de genótipos é dado por:

$$\sum_{i < i'} \sum D_{ii'}^2 = \sum_m D_m^2 = \sum_{j=1} S_{\cdot j}$$

Os valores percentuais de $S_{\cdot j}$ constituem a medida da importância relativa da variável j para o estudo da diversidade genética.

3.4.4 Critério de agrupamento do vizinho mais próximo

Para se avaliar a divergência relativa entre os acessos, foi utilizado o critério de agrupamento do vizinho mais próximo, adotando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade.

Neste método identificam-se na matriz de dissimilaridade os acessos mais similares, ou seja, com menor $d_{ii'}^2$. Os quais são reunidos formando o grupo inicial. Calculam-se então as distâncias deste grupo em relação aos demais acessos e nos estágios mais avançados, em relação a outros já formados.

O processo de identificação das entidades (grupos ou populações individuais) mais similares se repete sobre a matriz de dissimilaridade, cuja dimensão é reduzida passo a passo e finalizada quando todos os acessos são reunidos em um único grupo.

A distância entre um acesso k e um grupo formado pelas populações i e j é dada por:

$$d_{(ij)k} = \min \{d_{ik}; d_{jk}\}$$

Onde $d_{(ij)k}$ é dado pelo menor elemento de conjunto das distâncias dos pares de acessos $(i \text{ e } k)$ e $(j \text{ e } k)$.

A distância entre dois grupos é dada por:

$$D_{(ij)(kl)} = \min\{d_{ik}; d_{il}; d_{jk}; d_{jl}\}$$

3.4.5 Método de otimização de Tocher

A partir da distância generalizada de Mahalanobis, utilizada como medida de dissimilaridade entre dois pares i e i' , as duas populações menos divergentes (menor $d_{ii'}^2$) constituem um primeiro grupo. Em seguida, avalia-se a possibilidade de inclusão neste primeiro grupo de uma terceira população aparentemente mais similar. Se o valor médio da distância não ultrapassar um valor máximo pré-estabelecido, efetiva-se a sua inclusão. Em geral este valor máximo corresponde ao maior elemento do conjunto das menores distâncias envolvendo cada população (Cruz & Regazzi, 1997).

3.4.6 Análise de dispersão gráfica por variáveis canônicas

A análise por variáveis canônicas teve como meta avaliar a similaridade dos acessos por intermédio da dispersão gráfica em eixos cartesianos. Esta análise se constitui num processo alternativo para a avaliação do grau de similaridade genotípica entre acessos levando-se em conta tanto a matriz de covariâncias residuais quanto à de covariâncias fenotípicas entre os descritores avaliados. Esta técnica mantém o princípio de agrupamento com base na distância de Mahalanobis (D^2), que é o de levar em consideração as correlações residuais existentes entre as médias dos acessos. Quando se utiliza este procedimento é comum a transformação das variáveis originais em variáveis padronizadas e não correlacionadas, de maneira que a matriz de dispersão se iguale à identidade (Cruz & Regazzi, 1997). Para esta transformação utilizou-se do processo de condensação pivotal. As variáveis canônicas foram obtidas da seguinte forma:

Seja X_{ij} a média do j -ésimo descritor ($j = 1, 2, \dots, n$) avaliada no i -ésimo parental ($i = 1, 2, \dots, p$), no neste caso, acesso, T a matriz de covariâncias entre médias dos acessos e E a matriz de covariâncias residuais. A técnica de variáveis canônicas consiste em transformar o conjunto de n variáveis originais em um novo conjunto de variáveis que são funções lineares dos X_i s.

De acordo com Cruz & Regazzi (1997), as seguintes propriedades são

verificadas:

- a) Se Y_{ij} é uma variável canônica, então $Y_{ij} = a_1 X_{i1} + a_2 X_{i2} + \dots + a_n X_{in}$
- b) Se $Y_{ij'}$ é outra variável canônica, então $Y_{ij'} = b_1 X_{i1} + b_2 X_{i2} + \dots + b_n X_{in}$
- e $\sum_j \sum_{j'} a_j a_{j'} \sigma_{jj'} = \sum_j \sum_{j'} b_j b_{j'} \sigma_{jj'} = 1$
- $\sum_j \sum_{j'} a_j b_{j'} \sigma_{jj'} = 0$

Sendo $\sigma_{jj'}$, a covariância residual entre os descritores j e j' .

A importância relativa de cada variável canônica é também dada pela razão entre a variância por ela explicada e o total da variância disponível. Uma vez que há, nas primeiras variáveis, a concentração de grande proporção da variância total, em geral referenciada como acima de 70%, é viável o estudo da divergência genética por meio das distâncias geométricas entre populações em gráficos de dispersão, cujas coordenadas são escores às primeiras variáveis canônicas (Cruz & Regazzi, 1997).

Através da análise gráfica os acessos mais semelhantes foram agrupados e os resultados comparados com aqueles obtidos pelo critério de agrupamento do vizinho mais próximo, baseado nas distâncias generalizada de Mahalanobis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados dos experimentos independentemente, uma vez que somente nove acessos são comuns, mas mesmo entre estes, o tempo de cultivo é diferente, o que altera o teor de curcumina, pois no experimento I a colheita foi realizada após dois anos de cultivo e no experimento II em apenas um ano de cultivo.

4.1 EXPERIMENTO I

4.1.1 Análise de variância

O resumo das análises de variância para os sete descritores avaliados, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, estão apresentadas na Tabela 3. Os resultados indicam que diferenças estatísticas significativas entre os acessos ocorrem para PS, TC ($P < 0,01$) e ND ($P < 0,05$). Os resultados com os setes descritores evidenciam que os materiais genéticos de açafrão apresentam, de modo geral, pequena variabilidade genética, sendo interessante, portanto, avaliar mais descritores para verificar com eficácia a variabilidade e assim melhor avaliar as possibilidades de melhoramento da cultura. Os valores dos coeficientes de variação experimental foram médios, exceto para TC. Estes valores foram da mesma ordem de magnitude daqueles obtidos em experimentos de açafrão de Goto (1993).

Na Tabela 4 estão apresentados os valores do coeficiente de correlação fenotípica e genotípica entre os descritores avaliados. Merece destaque a correlação fenotípica negativa e altamente significativa entre teor de curcumina (TC) em relação aos demais descritores de produção, excetuando com o número de rizomas-cabeça (NC) que apresentou correlação fenotípica positiva e altamente significativa. Esta correlação positiva de TC e NC mostra que materiais que produzem maior quantidade de rizomas-cabeça, demonstrando maior robustez, tendem a armazenar maior quantidade de curcumina. Porém as correlações negativas de TC provavelmente sofrem um viés causado pelos acessos IAC-

e MRWA1 que apresentam uma produção excepcional, porém baixíssimo teor de curcumina. De um modo geral, excetuando com TC, os demais descritores possuem forte correlação fenotípica positiva.

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos descritores dos 21 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) do Experimento I tomados no segundo ciclo da cultura. Goiânia – GO (julho/2003).

FV	GL	QM						
		NC	PC	ND	PD	PT	PS	TC
Bloco	2	554,3333	0,0109	2410,7778	0,4381	0,5775	0,0086	0,1939
Tratamento	20	416,7333	0,1075	26165,4444*	1,4347	2,1966	0,1790**	23,8819**
Resíduo	40	232,7667	2,8539	14109,7611	0,8508	1,2943	0,0674	0,2219
Média		60,3333	1,1597	555,7778	3,2919	4,4516	1,0959	9,1709
CV (%)		25,2873	23,0320	21,3727	28,0202	25,5566	23,6805	5,1396

*, ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

(NC: número de rizomas-cabeça, PC: peso de rizomas-cabeça, ND: número de rizomas-dedo, PD: peso dos rizomas-dedo, PT: peso total, PS: peso seco, TC: teor de curcumina).

Tabela 4. Correlações fenotípicas (diagonal acima) e genotípicas (diagonal abaixo) entre os descritores avaliados nos 21 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) no experimento I (2 anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).

	NC	PC	ND	PD	PT	PS	TC
NC	1	0,3292**	0,0271	-0,0204	0,0563	-0,1739	0,7543**
PC	-0,4587	1	0,8103**	0,8331**	0,8945**	0,8109**	-0,1521
ND	-0,5839	0,9510	1	0,9381**	0,9373**	0,9049**	-0,4558**
PD	-0,6943	0,9712*	1,0608*	1	0,9925**	0,9563**	-0,4451**
PT	-0,6503*	0,9813	1,0437*	0,9989*	1	0,9522**	-0,3934**
PS	-0,8494*	0,8582	1,0012	0,9975	0,9742	1	-0,6089**
TC	1,1459	-0,2637	-0,6895	-0,7143	-0,6274	-0,7868	1

*, ** significativos ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste t.

(NC: número de rizomas-cabeça; PC: peso dos rizomas-cabeça; ND: número de rizomas-dedo; PD: peso dos rizomas-dedo; PT: peso total dos rizomas; PS: peso seco e TC: teor de curcumina).

Apresentam correlações genotípicas positiva e significativas a 5% somente:

- peso dos rizomas dedo (PD) e peso dos rizomas-cabeça (PC),
- peso do rizoma-dedo (PD) e número de rizomas-dedo (ND),
- peso total (PT) e número de rizomas-dedo (ND),
- peso total (PT) e peso dos rizomas-dedo (PD).

O teor de curcumina (TC) não apresentou correlação genotípica com os outros descritores indicando que ao selecionar estes, não afetará os teores de curcumina. Quanto ao descritor número de rizoma cabeça (NC) observa-se correlação negativa e significativa

a 5% com peso total (PT) e peso seco (PS) indicando que os rizomas- dedo dão maior contribuição no peso total e peso seco, isto pode ser observado pela correlação positiva do número e peso dos rizomas-dedo (ND e PD) com peso total (PT) e peso seco (PS).

Para efetuar comparações entre os 21 acessos de açafrão, considerando-se os setes descritores avaliados, procedeu-se à análise das médias utilizando-se o Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 5). Os resultados novamente evidenciaram que os acessos não diferem significativamente para os descritores NC, PC, ND, PD, PT. Apesar de número de dedo (ND) não haver diferença entre as médias pelo teste de Scott-Knott há variabilidade no descritor na análise de variância a 5 % de probabilidade e podendo esta diferença entre as médias ser detectada somente no teste de Tukey.

Tabela 5. Média geral dos descritores nos 21 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) em cultivo de dois anos.Goiânia – GO (julho/2003).

Acessos	NC	PC	ND	PD	PT	PS	TC (%)
1 ALEX	58,33 a	1,08 a	425,00 a	2,23 a	3,32 a	0,77 b	10,57 a
2 GOIA	52,67 a	0,84 a	461,00 a	2,64 a	3,48 a	0,82 b	9,92 b
3 BOTU	60,33 a	0,97 a	463,00 a	2,72 a	3,69 a	0,89 b	10,21 a
4 IBIT	67,00 a	1,03 a	559,00 a	2,64 a	3,67 a	0,94 b	9,76 b
5 LAVR	51,00 a	0,78 a	384,33 a	2,18 a	2,96 a	0,74 b	9,57 b
6 IAC +	58,33 a	1,08 a	603,33 a	3,64 a	4,73 a	1,06 b	9,30 b
7 HENR	60,00 a	1,15 a	504,00 a	2,87 a	4,02 a	0,98 b	10,43 a
8 SARO	64,33 a	1,26 a	515,00 a	3,26 a	4,51 a	1,08 b	11,27 a
9 MRHE	72,67 a	1,33 a	673,33 a	3,75 a	5,08 a	1,19 b	9,70 b
10 DUAR	76,67 a	1,20 a	538,00 a	3,06 a	4,27 a	1,02 b	9,28 b
11 MRWA2	64,33 a	1,26 a	593,67 a	3,71 a	4,97 a	1,15 b	9,94 b
12 MRWA3	55,67 a	1,17 a	506,00 a	3,06 a	4,23 a	1,08 b	10,60 a
13 MRIN1	66,00 a	1,11 a	491,67 a	2,78 a	3,89 a	0,94 b	9,21 b
14 MRIN2	56,67 a	1,04 a	522,67 a	3,08 a	4,12 a	1,01 b	10,55 a
15 MRIN3	70,67 a	1,31 a	549,00 a	3,54 a	4,84 a	1,20 b	10,14 a
16 MRAL	70,00 a	1,36 a	618,00 a	3,97 a	5,33 a	1,26 b	10,25 a
17 MRAF1	57,33 a	1,06 a	549,00 a	3,35 a	4,40 a	1,05 b	10,46 a
18 MRAF2	65,00 a	1,17 a	589,33 a	3,45 a	4,62 a	1,16 b	9,70 b
19 MRED	75,33 a	1,63 a	762,00 a	4,71 a	6,35 a	1,55 a	10,31 a
20 IAC -	36,67 a	1,36 a	704,33 a	4,76 a	6,12 a	1,75 a	0,96 c
21 MRWA1	28,00 a	1,18 a	659,67 a	3,74 a	4,92 a	1,38 a	0,69 c

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

(NC: número de rizomas-cabeça; PC: peso dos rizomas-cabeça; ND: número de rizomas-dedo; PD: peso dos rizomas-dedo; PT: peso total dos rizomas; PS: peso seco e TC: teor de curcumina).

Houve formação de dois grupos para PS, sendo o grupo com as maiores médias formado pelos acessos 19 (MRED), 20 (IAC-) e 21 (MRWA1). Com relação ao TC, houve a formação de três grupos: 10 acessos formam o grupo com as maiores médias, variando de 10,14 a 11,27 %; nove acessos formam um grupo intermediário, com médias variando de 9,21 a 9,94 %; os acessos 20 (IAC-) e 21 (MRWA1) formaram um outro grupo com as menores médias, com valores de 0,69 a 0,96 % respectivamente. Como pode ser observado, o acesso 19 (MRED) destaca-se como o de desempenho mais favorável, principalmente em termos de PS e TC, com média da parcela igual a 1,550 Kg e 10,3%, respectivamente. Ambos os descritores são importantes na avaliação da produtividade em açafrão, indicando que este genótipo apresenta grande potencial para seleção e melhoramento.

A produção média de curcumina, peso total e peso seco, em toneladas por hectare, podem ser visualizadas na Tabela 6 onde se percebe que na seleção dos genótipos deve-se ater tanto à produção dos rizomas quanto à produção de curcumina. Apesar da produção ser um item muito importante, genótipos com menor peso total (PT) e peso seco (PS) como o acesso 5 (LAVR) que os acessos 20 (IAC-) e 21 (MRWA1) apresentam teor de curcumina mais alto compensando a menor produção. Baseando-se nos resultados da Tabela 6 são indicados para a seleção os genótipos 19 (MRED), 8 (SARO) e 16 (MRAL). Os acessos 20 (IAC-) e 21 (MRWA1) apresentam médias altas para PS, mas possuem teor baixo de curcumina. Tais genótipos (20 e 21) poderiam ser selecionados e melhorados como fonte alternativa de amido. Leonel e Cereda (2002) afirmam que o amido do açafrão não tem sido muito utilizado pela indústria, porque sua extração é considerada como uma atividade secundária. Porém, a utilização do rizoma de açafrão como uma matéria prima para a indústria de amido é interessante, devido ao elevado teor de amido (25 a 70%) e ao fato que no processo de extração não interferir na obtenção dos produtos comerciais.

4.1.2 Análise de Divergência Genética

4.1.2.1 Medida de dissimilaridade e critério de agrupamento

Na Tabela 7 são apresentadas as medidas de dissimilaridade expressas pela distância generalizada de Mahalanobis entre cada par de acessos. Observa-se, pelos valores obtidos, que os acessos 20 (IAC-) e 21 (MRWA1), apesar do local de origem ser diferente,

foram os que apresentam as maiores distâncias em relação aos demais acessos e menor diferença entre si. No campo, pôde-se observar que tanto o diâmetro dos rizomas quanto a cor clara dos dois genótipos são muito similares não sendo possível a identificação destes se ocorrer uma mistura entre eles. O menor valor ocorreu entre os acessos 14 (MRIN2) e 17 (MRAF1).

Tabela 6. Classificação crescente dos 21 acessos quanto à produção de curcumina por área do experimento I. Goiânia – GO (julho/2003).

Acessos		PT	PS	TC (t/ha)
19	MRED	47,04	11,48	1,18
16	MRAL	39,48	9,33	0,96
8	SARO	33,41	8,00	0,90
15	MRIN3	35,85	8,89	0,90
9	MRHE	37,63	8,81	0,86
12	MRWA3	31,33	8,00	0,85
11	MRWA2	36,81	8,52	0,85
18	MRAF2	34,22	8,59	0,83
17	MRAF1	32,59	7,78	0,81
14	MRIN2	30,52	7,48	0,79
7	HENR	29,78	7,26	0,76
6	IAC +	35,04	7,85	0,73
10	DUAR	31,63	7,56	0,70
4	IBIT	27,19	6,96	0,68
3	BOTU	27,33	6,59	0,67
13	MRIN1	28,81	6,96	0,64
1	ALEX	24,59	5,70	0,60
2	GOIA	25,78	6,07	0,60
5	LAVR	21,93	5,48	0,52
20	IAC -	45,33	12,96	0,12
21	MRWA1	36,44	10,22	0,07

Além dos acessos 20 (IAC-) e 21 (MRWA1, os genótipos mais divergentes e mais indicados para o programa de melhoramento visando hibridação

- 1 (ALEX) para apenas o acesso 19 (MRED),
- 4 (IBIT) para os acessos 16 e 1,
- 6 (IAC +) para cinco acessos,
- 8 (SARO) para nove acessos
- 19 (MRED) para quatro acessos.

Tabela 7. Estimativas das distâncias de Mahalanobis entre 21 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) do experimento I (2 anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).

Acessos		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		GOIA	BOTU	IBIT	LAVR	IAC+	HENR	SARO	MRHE	DUAR	MRWA2	MRWA3	MRIN1	MRIN2	MRIN3	MRAL	MRAF1	MRAF2	MRED	IAC-	MRWA1
1	ALEX	10,21	6,34	19,06	13,94	20,03	2,96	3,39	15,02	17,74	7,85	6,86	16,42	5,55	8,96	7,19	6,24	19,03	18,70	816,50	790,64
2	GOIA	-	1,07	6,79	1,89	4,56	6,02	15,22	6,35	5,44	3,87	10,73	5,45	3,37	6,11	5,37	2,36	6,73	17,86	719,70	697,46
3	BOTU	-	-	7,27	3,08	7,90	3,19	9,32	6,89	6,15	3,42	7,16	6,52	1,51	3,64	3,42	1,25	7,21	15,28	746,95	726,26
4	IBIT	-	-	-	5,17	7,41	9,25	25,25	3,52	3,85	8,08	11,64	4,13	7,76	6,75	8,86	8,66	2,15	11,79	648,86	628,92
5	LAVR	-	-	-	-	5,34	7,57	20,99	7,23	3,74	5,85	10,69	2,65	5,85	5,64	7,69	5,87	4,55	18,07	666,83	646,64
6	IAC +	-	-	-	-	-	11,72	27,49	3,12	4,06	3,98	16,10	3,50	9,73	8,68	7,17	7,76	4,71	14,21	635,35	613,17
7	HENR	-	-	-	-	-	-	5,27	6,77	10,06	2,83	1,50	8,58	1,25	2,27	1,99	2,27	7,77	8,09	743,49	722,49
8	SARO	-	-	-	-	-	-	-	20,50	25,55	11,53	7,24	25,23	6,26	10,58	8,22	7,09	23,49	18,55	865,00	844,73
9	MRHE	-	-	-	-	-	-	-	-	3,25	2,54	9,94	3,35	6,55	4,59	3,71	6,05	2,42	6,24	655,66	634,30
10	DUAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,40	14,55	0,89	9,61	5,55	7,09	9,09	3,50	14,37	641,83	621,64
11	MRWA2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,75	4,60	2,96	2,31	0,71	2,23	4,82	7,11	698,77	677,77
12	MRWA3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,77	3,03	2,97	4,00	5,08	8,34	6,12	724,16	706,78
13	MRIN1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,97	4,89	6,82	8,90	2,63	12,73	622,96	602,29
14	MRIN2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,71	2,06	0,42	6,63	9,70	749,45	729,97
15	MRIN3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,26	3,49	3,51	5,69	693,28	677,09
16	MRAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,81	5,45	5,52	720,03	701,41
17	MRAF1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,18	10,91	752,48	732,29
18	MRAF2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,72	622,92	606,36
19	MRED	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	660,48	645,16
20	IAC -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,98
21	MRWA1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Na Tabela 8 estão relacionados os grupos formados na aplicação do método aglomerativo proposto por Tocher sobre as medidas resultantes da estatística de Mahalanobis.

As estimativas das distâncias genéticas permitiram a formação de cinco grupos distintos, pelo método de Tocher. Nove acessos formam o grupo I, sete acessos o grupo II, os grupos III e IV são formados por dois acessos cada e o acesso 19 (MRED), destacando-se mais uma vez, ficando isolado no grupo V. Pinheiro et al. (2003) trabalharam basicamente com o mesmo grupo de acessos e verificaram a baixa divergência genética molecular dos acessos de Mara Rosa através de marcadores RAPD. Isto não se repetiu com marcadores morfo-agronômicos, pois verifica-se acessos de Mara Rosa nos cinco grupos, indicando ao contrário, uma boa divergência entre eles.

O dendrograma formado pelo critério do vizinho mais próximo (Figura 2), a partir das distâncias genéticas entre os grupos, não permitiu visualizar claramente a formação dos grupos de acessos. A grande divergência dos acessos 20 (IAC-) e 21 (MRWA1) em relação aos demais tiveram grande influência na escala do gráfico, dificultando uma comparação clara dos resultados obtidos entre os dois métodos de agrupamento. Porém, mesmo assim, ainda é possível verificar no dendrograma que, além da grande divergência entre os acessos 20 (IAC-) e 21 (MRWA1), o acesso 19 (MRED) continua isolado dos demais.

Tabela 8. Grupos de similaridade genética entre 21 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.), estabelecidos pelo método de Tocher, a partir da distância generalizada de Mahalanobis.

Grupo	Acessos								
I	14 MRIN2	17 MRAF1	3 BOTU	7 HENR	16 MRAL	11 MRWA2	15 MRIN3	2 GOIA	12 MRWA3
II	10 DUAR	13 MRIN1	18 MRAF2	9 MRHE	4 IBIT	6 IAC+	5 LAVR		
III	1 ALEX	8 SARO							
IV	20 IAC-	21 MRWA1							
V	19 MRED								

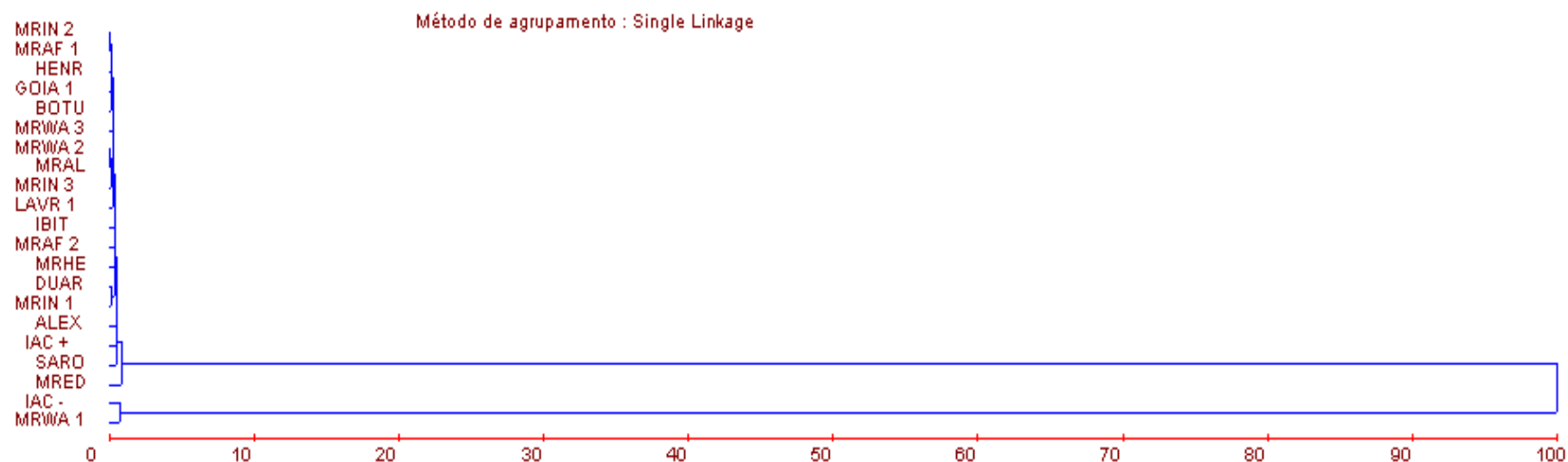


Figura 2. Dendrograma ilustrativo do padrão de similaridade entre 21 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) obtidos pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis. Experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).

4.1.2.2 Variáveis canônicas

As estimativas dos autovalores correspondentes às duas primeiras variáveis canônicas explicaram 98,36% da variação total (Tabela 9), permitindo uma descrição satisfatória da divergência genética entre os acessos através da dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (Figura 3). Verificou-se, novamente, que os acessos 20 e 21 são os mais divergentes, e todos os demais acessos aparecem reunidos num segundo grupo. Eliminando os acessos 20 e 21 da análise, pôde-se visualizar a dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas e aos acessos do segundo grupo (Figura 4). A dispersão gráfica no espaço bidimensional da Figura 3 revela claramente a formação de quatro grupos. Exatamente os mesmos grupos obtidos pelo método de Tocher (Tabela 8).

4.1.3 Contribuição relativa dos descritores para divergência

As contribuições relativas dos descritores avaliados para a divergência genética dos 21 acessos de açafrão estão descritas na Tabela 10. Todos os descritores avaliados contribuíram para a determinação da divergência genética entre os acessos, porém, de maneira muito desproporcional. Os descritores: NC, PC, ND, PD e PT, quando somados, contribuíram com somente 16,52 % na avaliação da divergência genética entre os acessos.

O descritor PC, por exemplo, contribui com apenas 0,82 % indicando que tal descritor não promoveu mudanças significativas nos resultados e poderia ser descartado em um experimento futuro. TC foi o descritor que contribui mais fortemente para a divergência genética (64,77 %), sendo seguido por PS (18,71 %). Juntos os dois descritores alcançaram 83,47 % da variação total. O fato de TC mostrar alta contribuição para a divergência genética influenciou grandemente todas as demais análises, como ficou constatado no dendrograma formado pelo critério do vizinho mais próximo (Figura 2) e na dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (Figura 3).

Tabela 9. Variáveis Canônicas obtidas da análise de sete variáveis originadas da transformação, por condensação pivotal, das variáveis originais, e a importância relativa dos descritores nas variáveis canônicas referente ao Experimento I (Goiânia – julho/2003).

Variável canônica	Variância (autovalor λ_j)	Variância acumulada (%)	Importância relativa dos descritores nas variáveis canônicas						
			X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
VC1	66,80690	96,8894	0,70291	-0,34978	-0,54703	0,00241	3,2943	-3,18339	1,11080
VC2	1,01500	98,3614	-1,39245	2,73503	0,09095	1,65993	-4,5689	1,78447	0,24051
VC3	0,40900	98,9546	0,73097	-1,41005	1,09295	-1,12288	1,4232	0,22735	-0,00004
VC4	0,32410	99,4246	0,67159	-1,37491	0,04641	-1,02092	-2,1299	3,69484	0,10777
VC5	0,22850	99,7561	-0,11836	-0,83194	-0,97855	1,66800	0,3383	-0,03212	0,04561
VC6	0,16810	99,9999	0,86472	0,32709	-1,28653	1,40623	-0,4712	-0,21608	-0,12215
VC7	0,00006	100	-0,00405	-30,31234	-0,00675	-104,70029	129,1398	0,00010	0,00049

(X1: número de rizomas-cabeça; X2: peso dos rizomas-cabeça; X3: número de rizomas-dedo; X4: peso dos rizomas-dedo; X5: peso total (rizoma cabeça e rizoma-dedo); X6: peso do rizoma seco e moído; X7: teor de curcumina).

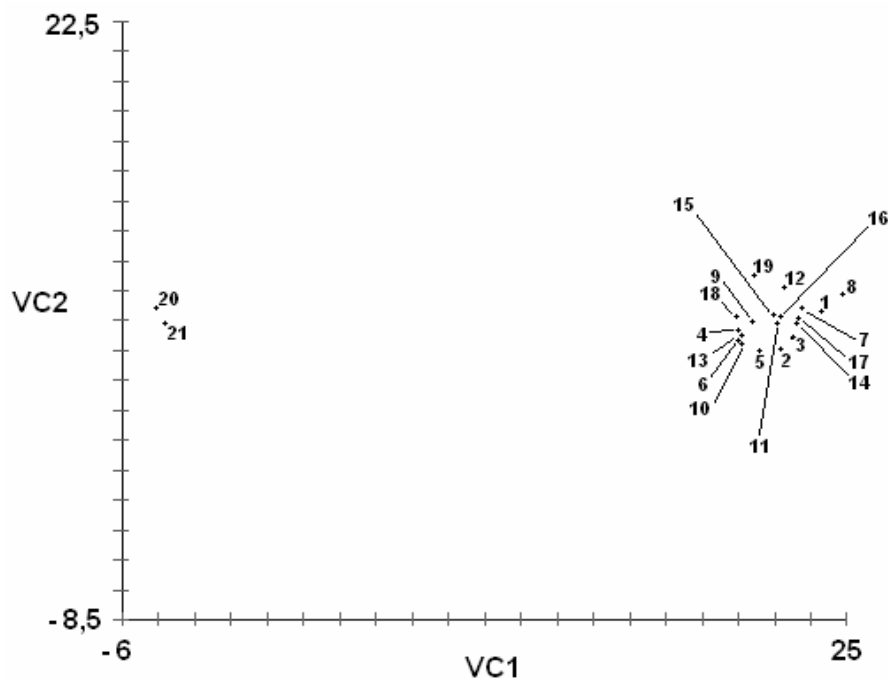


Figura 3. Dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2). Experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).

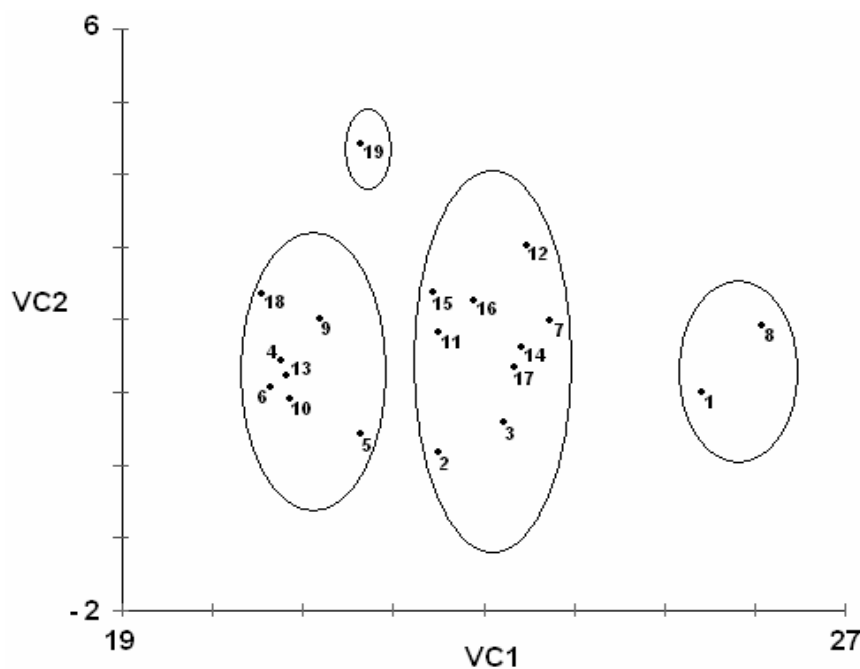


Figura 4. Dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC1 e VC2) em relação aos acessos 1 a 19. (Os círculos indicam os acessos que formam os grupos indicados pelo método de otimização de Tocher). Experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).

Tabela 10. Contribuição relativa dos descritores para a diversidade baseado na distância de Mahalanobis utilizando o critério de Singh (1981) - experimento I (dois anos de cultivo). Goiânia – GO (julho/2003).

Variável	Valor %	Variável	Valor %
NC	3,6912	PT	5,0325
PC*	0,8173	PS	18,7064
ND	2,6475	TC	64,7738
PD	4,3313		

* Sugestão de variável para descarte

4.2 EXPERIMENTO II

4.2.1 Análise de variância

Pode-se perceber nos resultados da análise de variância apresentada na Tabela 11, entre os descritores da parte aérea da planta, somente número de planta-mãe (NPM), número de florescimento (NFL) e dias do plantio ao florescimento (DFL) não apresentaram diferenças significativas, porém número de perfilho por planta (NPF/P) foi significativo a 5% e os demais apresentaram significância ao nível de 1 % de probabilidade. Pode-se inferir que o número de plantas-mãe (NPM) é consequência do número de rizomas-semente, ou seja, rizomas-cabeça (NC) utilizados no plantio, indicando que houve boa emergência no campo. Os dados de florescimento mostraram os mais altos CVs, o que é previsível pois eles estão sujeitos a maior influência ambiental. Além disso, os valores médios sofreram desvios parecidos por apresentarem parcelas com nenhuma inflorescência (NFL) e conseqüentemente com zero dia do plantio ao florescimento (DFL).

As diferenças significativas no número total de plantas (NP) foram devidas ao número de perfilhos, o que pode ser observado tanto na ausência de significância do número de planta-mãe, quanto na significância do número de perfilhos (NPF) e no número de perfilhos por planta (NPF/P) (Tabela12).

Na tabela das médias (Tabela 13) podemos confirmar essas variâncias citadas acima como também a variância do número de folhas (NF), da área foliar (AF) e da altura média (AM), pois os descritores apresentaram significância a 5 % pelo teste de Scott-Knott. Apenas o número de perfilhos por planta (NPF/P) não confirmou o resultado da análise de variância, por não apresentar diferença significativa na média o que talvez poderia ser detectada pelo teste de Tukey.

O número de rizomas-cabeça (NC) não foi significativo na análise de variância da Tabela 12, no entanto, o descritor peso do rizoma-cabeça (PC) apresentou significância a 5% de probabilidade indicando que há diferenças quanto ao peso dos rizomas, ou seja, há variabilidade quanto ao tamanho dos rizomas-cabeça. Os descritores número de rizomas-dedo (ND), peso dos rizomas-dedo (PD), peso total dos rizomas (PT), peso dos rizomas secos e moídos (PS) e teor de curcumina (TC) mostraram variabilidade a 1 % de probabilidade.

Os resultados das análises de variância sugerem que os caracteres agronômicos considerados e teor de curcumina (TC) foram importantes para identificar a divergência genética, exceto número de plantas-mãe (NPM), número de rizomas-cabeça (NC), número de florescimento na parcela (NFL), e número de dias do plantio ao florescimento (DFL).

Constatou-se que os acessos foram mais contrastantes com base em ND, PD, PC, PS, PT e principalmente em TC (Tabela 14). A variabilidade de PC em relação aos demais descritores se deveu ao fato de, no plantio, os rizomas-cabeça terem sofrido uma seleção quanto ao tamanho, preferindo-se os maiores em detrimento dos menores. No que concerne aos seis descritores mais divergentes, TC (%) mostrou valores médios maiores para o acesso 8 (HENR), seguidos pelos acessos: 1 (ALEX), 2 (GOIA), 3 (BOTU), 5 (LAVR), 9 (DUAR), 14 (MRDQ) e 18 (MRAN). O menor valor de TC foi o acesso 7 IAC- apesar de ter tido os maiores valores para PT e PS.

Na Tabela 15, observam-se os resultados em ordem decrescente de PT, PS, TC destacando-se novamente o acesso 8 (HENR) em maior produtividade de curcumina (TC t/ha), também podem ser indicados os genótipos: 5 (LAVR), 3 (BOTU), 14 (MRDQ) e 9 (DUAR). Esses acessos devem ser testados em Mara Rosa, pois a melhor performance do acesso 8 (HENR) pode ser devida a maior adaptação por se tratar de genótipos oriundos da localidade do plantio do experimento. Nota-se também que é importante a verificação da produção de curcumina por área, pois, apesar de alguns acessos possuírem menor teor de curcumina que outros acabam superando estes de maior valor quando comparados a produção de curcumina por área e com isso afetando a indicação dos genótipos para cultivares.

Tabela 11. Resumo da análise de variância dos descritores da parte aérea dos 33 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) do experimento II tomados no primeiro ciclo da cultura. Goiânia – GO (setembro/2004).

FV	GL	QM								
		NPM	NPF	NPF/P	NP	NF	AF	NFL	DFL	AM
Bloco	3	2,31	24,19	3,82	16,22	214,13	15471791,49	30,51	48600,04	214,11
Tratamento	32	1,05	29,84**	1,31*	33,02**	824,57**	79295439,43**	4,47	7045,28	334,04**
Resíduo	96	0,98	13,78	0,73	17,38	315,30	29440178,83	5,09	5924,06	69,90
Média		4,54	10,19	2,30	14,73	65,99	14639,02	1,61	95,91	58,75
CV %		21,84	36,43	37,17	28,31	26,91	37,07	140,52	80,25	14,23

*, ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.
(NP: número de plantas/1m, NPM: número de planta-mãe /1m, NPF: número de perfilhos/1m, NF: número de folhas/1m, AF: área foliar/1m, NFL: número de florescimentos na parcela, DFL : dias da emergência ao florescimento, AM : altura média/1m).

Tabela 12. Resumo da análise de variância dos descritores avaliados em pós-colheita dos 33 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) do experimento II tomados no primeiro ciclo da cultura. Goiânia – GO (setembro/2004).

FV	GL	QM						
		ND	PD (t/ha)	NC	PC (t/ha)	PT (t/ha)	PS (t/ha)	TC (%)
Bloco	2	15124,96	32,93	500,38	7,93	76,36	1,41	1,04
Tratamento	32	13557,12**	155,83**	67,91	8,04*	214,28**	8,99**	3,42**
Resíduo	96	6211,24	63,41	51,88	5,07	97,92	3,81	0,17
Média		320,77	26,57	30,15	7,22	33,84	7,17	4,97
CV %		24,57	29,97	23,89	31,21	29,2468	27,22	8,25

*, ** significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

(ND: número de rizomas-dedo, PD: peso dos rizomas-dedo, NC: número de rizomas-cabeça, PC: peso dos rizomas-cabeça, PT: peso total dos rizomas, PS: rendimento dos rizomas secos e moídos (g), TC: teor de curcumina)

Tabela 13. Valores médios relativos aos descritores da parte aérea dos acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) do experimento II. Goiânia – GO (setembro/2004).

Acessos	NPM	NPF	NPF/P	NP	NF	AF	NFL	DFL	AM
1 ALEX	5,25 a	8,00b	1,49 a	13,25 b	70,00 a	15074,72 b	0,50 a	41,50 a	59,94 c
2 GOIA	5,25 a	14,50 a	2,78 a	19,75 a	90,50 a	17948,01 a	2,25 a	88,50 a	57,15 c
3 BOTU	4,75 a	13,25 a	2,68 a	18,00 a	88,00 a	22425,44 a	0,00 a	0,00 a	64,68 b
4 IBIT	4,50 a	7,50b	1,71 a	12,00b	57,00b	11195,63 b	2,00 a	171,50 a	59,52 c
5 LAVR	5,00 a	12,75 a	2,60 a	17,75 a	92,25 a	25159,05 a	1,25 a	130,00 a	79,22 a
6 IAC+	4,75 a	11,75 a	2,54 a	16,50 a	81,25 a	18253,95 a	1,25 a	83,00 a	69,96 b
7 IAC-	5,75 a	3,25b	0,55 a	9,00b	48,75b	22681,01 a	4,00 a	122,50 a	89,05 a
8 HENR	4,75 a	13,75 a	2,95 a	18,50 a	77,25 a	17016,24 a	1,75 a	83,00 a	62,21 c
9 DUAR	5,00 a	16,25 a	3,46 a	21,25 a	95,00 a	21127,21 a	2,00 a	130,00 a	66,73 b
10 IAC 4	5,25 a	12,25 a	2,33 a	17,50 a	88,50 a	21929,00 a	1,50 a	130,00 a	68,51 b
11 MREDI	4,50 a	10,50 a	2,35 a	15,00 a	61,50b	13962,03 b	2,25 a	171,50 a	55,36 c
12 MRTE	4,50 a	10,25 a	2,28 a	14,75 a	60,75b	11767,99 b	1,50 a	41,50 a	51,17 c
13 MRWI	4,50 a	10,75 a	2,50 a	15,25 a	66,50b	14394,21 b	1,00 a	88,50 a	53,83 c
14 MRDQ	4,75 a	13,00 a	2,73 a	17,75 a	77,75 a	18949,79 a	1,00 a	130,00 a	64,22 b
15 MRMA	3,75 a	10,25 a	2,74 a	14,00b	51,00b	11451,05 b	0,25 a	41,50 a	54,88 c
16 MRDE	4,50 a	11,50 a	2,52 a	16,00 a	67,25b	13759,71 b	1,50 a	88,50 a	50,65 c
17 MRDI	3,75 a	7,00b	1,91 a	10,75b	41,00b	6881,14 b	1,25 a	85,50 a	45,34 c
18 MRAN	4,25 a	6,75b	1,59 a	11,00 a	58,25b	11720,05 b	1,50 a	88,50 a	60,37 c
19 MRJV	5,00 a	10,75 a	2,24 a	15,75 a	75,00 a	15079,40 b	1,50 a	171,50 a	58,50 c
20 MRNE	4,75 a	7,75b	1,77 a	12,50b	60,00b	13161,87 b	0,75 a	83,00 a	68,21 b
21 MRBE	4,00 a	8,75b	2,29 a	12,75b	58,25b	10945,89 b	1,25 a	41,50 a	50,53 c
22 MRPE	4,25 a	9,75b	2,30 a	14,00b	58,25b	12450,66 b	0,75 a	41,50 a	56,97 c
23 MRMO	4,75 a	11,50 a	2,75 a	16,25 a	61,25b	12579,34 b	1,00 a	88,50 a	53,84 c
24 MRZB	3,75 a	7,25b	1,83 a	11,00b	47,25b	10732,78 b	5,25 a	130,00 a	54,97 c
25 MRES	4,25 a	7,25b	1,82 a	11,50b	49,75b	7948,03 b	2,25 a	83,00 a	47,21 c
26 MRMJ	5,00 a	10,75 a	2,13 a	15,75 a	67,75b	14445,44 b	1,25 a	130,00 a	54,10 c
27 MRSE	4,25 a	7,25b	1,83 a	11,50b	45,50b	8040,25 b	0,75 a	88,50 a	45,64 c
28 MRGA	4,00 a	8,00b	2,12 a	12,00b	55,00b	10826,55 b	3,75 a	130,00 a	60,55 c
29 MRRA	4,50 a	10,50 a	2,34 a	15,00 a	71,00 a	15846,65 b	1,50 a	83,00 a	57,50 c
30 MRCL	4,00 a	9,50b	2,45 a	13,50b	61,75b	14629,30 b	1,75 a	124,50 a	57,14 c
31 MRSF	4,25 a	13,50 a	3,14 a	17,75 a	73,50 a	15010,51 b	1,25 a	130,00 a	53,19 c
32 LAVR2	4,75 a	9,00b	2,05 a	13,75b	55,75b	11573,97 b	2,25 a	83,00 a	53,43 c
33 IAC3	3,50 a	11,50 a	3,30 a	15,00 a	65,25b	14120,97 b	1,00 a	41,50 a	54,21 c

(NPM: número de planta-mãe; NPF: número de perfilhos; NPF/P: número de perfilhos por planta; NP: número total de planta; NF: número de folhas; AF: área foliar; NFL: número de florescimento; DFL: número de dias do plantio ao florescimento; AM: altura média da planta).

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 14. Valores médios relativos aos descritores dos rizomas dos acessos de açafão (*Curcuma. longa* L.) do experimento II. Goiânia – GO (setembro/2004).

		ND	PD	NC	PC	PT	PS	TC
1	ALEX	262,25b	20,959b	26,00 a	5,972b	26,950b	5,875 b	5,5 b
2	GOIA	341,25 a	33,264 a	29,50 a	7,347b	40,600a	8,425 a	5,6 b
3	BOTU	384,75 a	34,944 a	31,75 a	9,459a	44,400a	9,250 a	5,5 b
4	IBIT	312,25b	23,667b	33,00 a	7,069b	30,750b	7,100b	5,0 c
5	LAVR	411,75a	36,653 a	36,00 a	10,264a	46,925a	9,950 a	5,4 b
6	IAC+	402,25a	35,292 a	33,00 a	9,000a	44,275a	8,950b	5,0 c
7	IAC-	447,25a	44,861 a	16,00 a	7,514b	52,375a	11,200 a	0,5 f
8	HENR	391,25a	33,097 a	34,25 a	9,584a	42,675a	9,275 a	6,4 a
9	DUAR	415,00a	33,722 a	33,50 a	9,236a	42,975a	8,850 a	5,6 b
10	IAC 4	378,00a	33,625 a	31,50 a	8,986a	42,625b	8,975 a	5,1 c
11	MREDI	341,50a	29,445 a	32,25 a	8,583a	38,050a	7,825 a	4,9 c
12	MRTE	268,50b	20,917b	36,25 a	7,847b	30,250b	6,425 b	5,3 c
13	MRWI	304,75b	23,959b	30,00 a	6,681b	30,650b	6,575 b	5,0 c
14	MRDQ	368,00a	31,084 a	34,00 a	9,986a	41,050a	8,800 a	5,7 b
15	MRMA	291,00b	24,139b	29,25 a	6,847b	31,000b	6,475 b	4,7 c
16	MRDE	251,25b	22,486b	34,25 a	7,097b	29,575b	6,450b	5,0 c
17	MRDI	235,25b	19,472b	31,75 a	6,000b	25,475b	5,350b	4,9 c
18	MRAN	322,50b	23,833b	26,00 a	5,986b	29,825b	6,375 b	5,4 b
19	MRJV	276,75b	22,472b	29,25 a	6,431b	28,900b	6,225 b	5,1 c
20	MRNE	339,50a	27,250b	28,75 a	6,625b	33,900b	6,975 b	4,9 c
21	MRBE	265,25b	20,320b	25,25 a	5,459b	25,775b	5,725 b	5,2 c
22	MRPE	252,75b	28,653 a	27,00 a	5,722b	34,350b	7,350b	5,2 c
23	MRMO	227,50b	20,320b	24,25 a	5,278b	25,625b	5,575 b	5,1 c
24	MRZB	345,50a	24,042b	30,50 a	6,835b	30,875b	6,450b	5,2 c
25	MRES	285,50b	19,194b	29,25 a	5,861b	25,075b	5,400b	4,2 d
26	MRMJ	273,25b	22,306b	30,50 a	7,111b	29,425b	6,200b	4,8 c
27	MRSE	259,50b	18,736b	30,00 a	5,625b	24,350b	5,200b	3,6 e
28	MRGA	270,25b	21,486b	26,75 a	5,431b	26,925b	5,650b	5,1 c
29	MRRA	285,75b	22,917b	26,00 a	6,444b	29,350b	6,300b	5,3 c
30	MRCL	340,50a	25,125b	28,75 a	7,278b	32,375b	6,650b	5,0 c
31	MRSF	318,00b	24,306b	30,75 a	6,486b	30,800b	6,650b	5,0 c
32	LAVR2	349,50a	27,820b	34,50 a	6,903b	34,725b	7,250b	5,1 c
33	IAC3	367,25a	26,528b	35,25 a	7,166b	33,675b	6,950b	5,1 c

(ND: número de rizomas-dedo; PD: peso dos rizomas-dedo; NC: número de rizomas-cabeça; PC: peso dos rizomas-cabeça; PT: peso total dos rizomas; OS: peso seco do rizoma (e moído); TC: teor de curcumina). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Scott-Knott.

Tabela 15. Classificação decrescente dos acessos quanto à produção de curcumina por área do experimento II. Goiânia – GO.

Acessos		PT (t/ha)	PS (t/ha)	TC (t/ha)
8	HENR	42,68	9,28	0,59
5	LAVR	46,93	9,95	0,54
3	BOTU	44,40	9,25	0,51
14	MRDQ	41,05	8,80	0,50
9	DUAR	42,98	8,85	0,50
2	GOIA	40,60	8,43	0,47
10	IAC 4	42,63	8,98	0,46
6	IAC+	44,28	8,95	0,45
11	MREDI	38,05	7,83	0,38
22	MRPE	34,35	7,35	0,38
32	LAVR2	34,73	7,25	0,37
4	IBIT	30,75	7,10	0,36
33	IAC3	33,68	6,95	0,35
18	MRAN	29,83	6,38	0,34
20	MRNE	33,90	6,98	0,34
12	MRTE	30,25	6,43	0,34
24	MRZB	30,88	6,45	0,34
29	MRRA	29,35	6,30	0,33
30	MRCL	32,38	6,65	0,33
31	MRSF	30,80	6,65	0,33
13	MRWI	30,65	6,58	0,33
1	ALEX	26,95	5,88	0,32
16	MRDE	29,58	6,45	0,32
19	MRJV	28,90	6,23	0,32
15	MRMA	31,00	6,48	0,30
21	MRBE	25,78	5,73	0,30
26	MRMJ	29,43	6,20	0,30
28	MRGA	26,93	5,65	0,29
23	MRMO	25,63	5,58	0,28
17	MRDI	25,48	5,35	0,26
25	MRES	25,08	5,40	0,23
27	MRSE	24,35	5,20	0,19
7	IAC-	52,38	11,20	0,06

Com relação às estimativas de correlação merece destaque a correlação positiva do descritor número de perfilhos (NPF) com quase todos os outros descritores, exceto com número de florescimento que é negativa, indicando que é interessante a ausência de florescimento na cultura (Tabela 16). A correlação fenotípica positiva significativa entre número de perfilhos (NPF) e peso dos rizomas cabeça (PC), apesar de não ser significativa na correlação genotípica, possui valores altos e apresenta correlação genética positiva com número de perfilhos por planta (NPF/P), sendo então interessante a seleção de rizomas-cabeça de maior porte, já que há também correlação genotípica e fenotípica entre o número de perfilhos (NPF) e o teor de curcumina (TC), o peso do rizoma-cabeça (PC) e teor de curcumina (TC).

Observa-se que o número de folhas (NF) tem uma forte correlação positiva com teor de curcumina (TC), apesar da área foliar apresentar correlação negativa e não significativa com teor de curcumina (TC). Foi verificado no campo que a planta adulta apresenta no máximo 10 folhas verdes adultas e que as folhas do acesso 7 (IAC-) tinham as folhas maiores e mais largas do que as dos demais acessos. Percebe-se que de modo geral as características agrônômicas da cultura do açafrão são fortemente correlacionadas, o que justifica o uso das medidas de dissimilaridades usando a distância de Mahalanobis, que leva em consideração essas correlações. Ázara et al. (2001) verificou que a correlação entre altura de planta e número de perfilhos por planta é negativa não diferindo do resultado encontrado no experimento II.

4.2.2 Análise de divergência genética

4.2.2.1 Medida de dissimilaridade e técnicas de agrupamento

Na Tabela 17, pode-se observar, como era esperado, que a menor distância fosse encontrada dentre os acessos de Mara Rosa. Os que apresentaram menor distância foram os acessos 13(MRWI) e 29 (MRRA) com valor de 1,84. A maior distância foi verificada nos acessos 7 (IAC-) e 8 (HENR) com 391,45. A segunda maior distância (115,77) ocorreu entre os acessos 7 (IAC-) e 2 (GOIA) com 362,41. Quanto à origem, os acessos 13 (MRWI) e 29 (MRRA) são de Mara Rosa, os acessos 2 (GOIA) e 8 (HENR) de Goiânia, enquanto o acesso 7 (IAC-) é de Campinas. Este resultado indica que existe divergência genética associada com a localização geográfica.

Tabela 16. Correlações fenotípicas (diagonal acima) e genotípicas (diagonal abaixo) entre os descritores avaliados nos 33 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) no experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).

	NPM	NPF	NPF/P	NP	NF	AF	NFL	DFL	AM	ND	PD (t/ha)	NC	PC (t/ha)	PT (t/ha)	PS (t/ha)	TC (%)
NPM	1	0,1902 *	-0,2033 *	0,3590 **	0,5399 **	0,6819 **	0,0068	0,2276 *	0,6340 **	0,3980 **	0,5804 **	-0,1880	0,4046 **	0,5733 **	0,5989 **	-0,2053 *
NPF	-0,2398 *	1	0,9043 **	0,9846 **	0,8420 **	0,5185 **	-0,3515 **	-0,0096	0,0340	0,2680 **	0,2826 **	0,5597 **	0,5821 **	0,3537 **	0,3344 **	0,6334 **
NPF/P	-0,1331	1,0324 *	1	0,8235 **	0,5925 **	0,2482 *	-0,3626 **	-0,1065	-0,1877	0,1256	0,0667	0,5748 **	0,3811 **	0,1300	0,1003	0,6353 **
NP	-0,1780	0,9980 *	1,0378 *	1	0,8967 **	0,6145 **	-0,3329 **	0,0315	0,1453	0,3257 **	0,3721 **	0,4986 **	0,6255 **	0,4384 **	0,4247 **	0,5656 **
NF	0,8592	0,8764 **	0,7453 *	0,9442 **	1	0,8096 **	-0,2712 **	0,0733	0,4311 **	0,4990 **	0,5327 **	0,3631 **	0,6906 **	0,5856 **	0,5773 **	0,4766 **
AF	2,0350 *	0,3669	0,0585	0,5044	0,7382 *	1	-0,0547	0,1277	0,8103 **	0,7573 **	0,8461 **	0,0534	0,7720 **	0,8668 **	0,8695 **	-0,0062
NFL	99,0000	99,0000	99,0000	99,0000	99,0000	99,0000	1	0,4898 **	0,1856	0,2447 **	0,1569	-0,2218 *	-0,0536	0,1229	0,1240	-0,3214 **
DFL	-0,4127	-0,3275	-0,2869	-0,3588	-0,0049	0,1349	99,0000	1	0,2191 *	0,1963 *	0,1101	0,0417	0,1696	0,1190	0,1363	-0,1376
AM	2,5168 **	-0,1064	-0,4465	0,0560	0,4189	0,8863 **	99,0000	0,5066	1	0,7670 **	0,8480 **	-0,2338 *	0,5614 **	0,8267 **	0,8369 **	-0,3057 **
ND	1,1070	0,1531	-0,0172	0,2273	0,5235	0,9237 **	99,0000	0,3895	1,0457	1	0,8886 **	0,1568	0,7753 **	0,9021 **	0,8857 **	-0,1247
PD (t/ha)	2,1338 *	0,1435	-0,1596	0,2844	0,5035	0,9616 **	99,0000	0,1057	1,0369	0,9752 **	1	-0,0103	0,7364 **	0,9894 **	0,9829 **	-0,2174 *
NC	-2,6915	1,0042	1,2476 *	0,8426	0,4249	-0,4001	99,0000	-0,4470	-0,6696 *	-0,5458	-0,8864	1	0,5401 **	0,1050	0,0846	0,5975 **
PC (t/ha)	1,6653	0,6973	0,3509	0,8153	0,8231 *	0,9072 *	99,0000	0,4349	0,7375 *	0,8714 *	0,6978	-0,0416	1	0,8243 **	0,8160 **	0,2196 *
PT (t/ha)	2,1801 *	0,2432	-0,0842	0,3885	0,5778	0,9964 **	99,0000	0,1353	1,0341	0,9974 **	0,9922 **	-0,7863	0,7826	1	0,9929 **	-0,1406
PS (t/ha)	2,2655 *	0,2231	-0,1157	0,3737	0,5522	0,9843 **	99,0000	0,2023	1,0319	0,9873 **	0,9906 **	-0,7679	0,8018	1,0019 **	1	-0,1526
TC (%)	-0,7977 *	0,8728	0,9654 *	0,8327 *	0,6064 *	-0,0252	99,0000	-0,3556	-0,3689 **	-0,1633	-0,2903 *	1,3715 *	0,3946 *	-0,1930	-0,2124	1

*, ** significativos ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste t.

(NP: número de plantas/1m, NPM: número de planta-mãe /1m, NPF: número de perfis/1m, NF: número de folhas/1m, AF: área foliar/1m, NFL: número de florescimentos na parcela, DFL : dias da emergência ao florescimento, AM : altura média/1m, ND: número de rizomas-dedo, NC: número de rizomas-cabeça, PC: peso dos rizomas-cabeça, PD: peso dos rizomas-dedo (g), REND: rendimento dos rizomas secos e moídos (g)

Tabela 17. Estimativas das distâncias de Mahalanobis entre 33 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) do experimento II (um ano de cultivo).
Goiânia – GO (setembro/2004).

Acessos		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		GOIA	BOTU	IBIT	LAVR	IAC+	IAC-	HENR	DUAR	IAC4	MREDI	MRTE	MRWI	MRDQ	MRMA	MRDE	MRDI	MRAN
1	ALEX	15,80	10,80	14,40	11,60	13,58	315,65	20,19	15,43	8,05	14,59	16,27	6,22	11,50	14,20	9,70	12,12	7,27
2	GOIA		15,84	23,58	20,78	10,34	362,41	18,31	6,63	12,77	19,87	25,04	13,87	18,85	24,41	14,74	20,74	10,88
3	BOTU			24,08	10,49	14,96	314,83	18,55	14,73	7,40	14,93	19,67	9,60	9,97	14,28	11,36	16,43	11,76
4	IBIT				12,25	12,40	278,99	21,79	15,72	9,79	10,27	24,29	9,59	10,69	14,39	13,41	14,88	8,19
5	LAVR					9,12	289,27	21,18	11,26	3,70	16,16	28,22	11,96	9,43	18,97	17,49	23,67	9,21
6	IAC+						294,27	22,57	5,15	6,01	14,32	27,38	11,41	15,10	16,98	17,99	20,87	5,20
7	IAC-							391,45	346,91	274,84	270,51	337,99	281,92	319,87	252,12	311,28	305,25	310,77
8	HENR								13,41	22,27	23,14	22,48	22,53	8,36	27,84	23,09	26,38	16,89
9	DUAR									8,55	16,54	25,11	12,72	11,30	22,19	17,71	23,96	7,82
10	IAC 4										7,87	22,45	5,24	7,83	12,24	10,53	15,54	5,91
11	MREDI											17,38	5,07	6,99	5,81	7,79	6,36	11,62
12	MRTE												14,33	16,49	15,81	12,21	13,17	21,24
13	MRWI													9,18	4,26	3,19	5,08	7,51
14	MRDQ															12,70	10,88	10,72
15	MRMA																7,09	14,51
16	MRDE																	13,09
17	MRDI																	13,48

Continua...

Tabela 17 – Continuação.

Acessos		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
		MRJV	MRNE	MRBE	MRPE	MRMO	MRZB	MRES	MRMJ	MRSE	MRGA	MRRA	MRCL	MRSF	LAVR2	IAC3
1	ALEX	7,54	9,57	6,32	10,80	10,06	22,58	18,51	8,42	29,82	11,51	4,88	9,68	13,95	8,64	13,67
2	GOIA	12,49	21,02	10,53	13,41	23,16	22,42	24,58	18,83	43,73	12,68	10,51	16,85	9,99	16,12	13,33
3	BOTU	18,71	20,87	10,17	12,52	22,19	15,82	24,08	13,34	35,93	18,89	6,15	10,12	13,09	14,02	13,41
4	IBIT	7,96	9,47	10,24	17,85	17,01	18,70	10,77	11,20	22,22	8,88	11,56	11,13	11,54	12,43	17,80
5	LAVR	12,20	10,67	15,48	18,57	23,48	20,55	25,23	15,43	37,25	13,58	9,83	10,77	14,59	15,90	15,70
6	IAC+	9,05	5,37	10,99	15,93	21,64	20,01	15,29	15,38	30,81	6,39	10,04	10,42	11,13	13,56	11,32
7	IAC-	309,09	264,89	301,41	290,20	280,82	310,01	244,45	277,23	204,13	297,05	298,22	280,20	306,03	299,42	326,15
8	HENR	25,46	27,13	18,37	23,28	26,76	22,25	38,78	27,94	63,10	22,79	19,59	24,10	24,39	17,74	23,99
9	DUAR	9,18	14,00	11,65	20,43	22,32	20,56	22,93	17,58	43,06	9,87	9,97	12,10	8,75	16,15	10,94
10	IAC 4	5,94	9,04	7,90	12,86	15,82	16,90	13,70	6,84	23,70	9,44	3,62	4,78	7,34	12,17	12,70
11	MREDI	9,82	14,37	8,04	12,60	10,89	13,38	8,46	3,49	15,13	11,25	6,67	3,92	9,17	9,84	16,48
12	MRTE	21,88	25,86	14,20	18,56	17,20	22,91	22,87	14,87	34,56	21,24	15,10	18,91	20,19	14,72	21,55
13	MRWI	5,22	9,96	2,20	6,97	6,25	14,98	7,26	2,35	13,96	7,95	1,84	2,68	3,54	5,15	6,62
14	MRDQ	12,40	17,11	10,42	16,75	15,63	15,69	20,96	9,48	34,57	15,52	7,72	8,74	12,90	12,82	18,29
15	MRMA	15,11	12,68	6,85	7,66	7,26	16,12	7,81	5,65	10,95	12,27	7,79	6,58	10,29	7,54	12,79
16	MRDE	8,88	18,52	5,11	7,55	9,98	15,99	11,12	3,46	17,80	11,84	4,77	8,08	5,86	7,89	10,49
17	MRDI	12,58	17,73	6,33	8,05	10,35	14,02	10,03	4,97	15,75	11,83	7,76	7,76	10,43	6,42	1,36
18	MRAN	7,20	6,63	5,08	12,85	18,29	10,80	13,27	11,83	29,82	3,90	4,85	5,94	8,80	9,16	9,17
19	MRJV		9,43	6,95	14,53	11,19	23,71	12,21	5,86	22,63	7,07	5,41	7,19	5,74	12,46	12,11
20	MRNE			11,33	13,42	13,72	23,20	13,90	13,54	24,33	6,51	11,55	10,83	15,45	9,08	13,87
21	MRBE				7,00	8,38	12,90	7,85	6,22	19,61	6,06	2,02	4,65	4,95	6,46	6,84
22	MRPE					8,56	19,90	17,35	11,19	24,59	11,26	8,60	12,68	11,91	6,04	12,79
23	MRMO						29,65	15,65	7,77	20,38	14,59	10,04	12,33	14,05	9,20	17,84
24	MRZB							17,89	18,19	30,05	11,09	11,97	10,28	15,63	13,60	15,96
25	MRES								7,47	5,64	10,48	10,50	8,73	10,08	13,57	15,96
26	MRMJ									11,64	11,53	3,95	4,59	6,96	9,76	14,65
27	MRSE										25,16	21,05	17,38	19,77	23,56	28,30
28	MRGA											6,82	7,24	8,35	8,86	9,10
29	MRRA												2,46	4,34	8,48	8,21
30	MRCL													5,52	8,72	7,96
31	MRSF														11,14	6,06
32	LAVR2															7,58

Foram formados dois grupos: um com o acesso 7 (IAC-) enquanto os demais compõem o segundo grupo pelo método de agrupamento de Tocher (Tabela 18). No agrupamento do vizinho mais próximo (Figura 5) os resultados são semelhantes ao agrupamento formado pelo método de Tocher, ou seja, houve a formação de dois grupos sem as subdivisões verificadas no experimento I (método de Tocher).

Pinheiro et al. (2003) analisaram a divergência genética molecular em acessos de açafrão, utilizando marcadores RAPD, e verificaram a formação de dois grupos em que os acessos do IAC distanciaram-se dos acessos de Mara Rosa e estes, do gengibre, utilizado como padrão. Teles et al. (2002) verificaram a associação entre divergência genética obtida por marcadores moleculares RAPD e descritores morfológicos em açafrão. Analisando vinte acessos de açafrão com base em descritores morfológicos (altura de plantas e número de perfilhos) agrupando-os através de distância de Mahalanobis, compararam com o agrupamento obtido com marcadores RAPD, os agrupamentos encontrados pelos diferentes critérios foram semelhantes, pois houve correlação positiva e significativa ($r=0,46$).

Tabela 18. Grupos de similaridade genética entre 33 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.), estabelecidos pelo método de Tocher, a partir da distância generalizada de Mahalanobis. Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).

Grupo	Acessos									
I	13	29	21	30	26	16	31	11	17	15
	MRWI	MRRA	MRBE	MRCL	MRMJ	MRDE	MRSF	MREDI	MRDI	MRMA
	32	10	19	18	28	1	22	33	23	25
	LAVR2	IAC4	MRJV	MRAN	MRGA	ALEX	MRPE	IAC3	MRMO	MRES
	20	4	14	6	9	5	3	2	24	12
	MRNE	IBIT	MRDQ	IAC+	DUAR	LAVR	BOTU	GOIA	MRZB	MRTE
	8	27								
II	HENR	MRSE								
	7									
	IAC-									

Constam como seleção para futura hibridação na Tabela 19 os cinco genótipos mais produtivos em ordem decrescente e seus cinco mais divergentes totalizando onze genótipos mais divergentes. Onde o genótipo 27 (MRSE) é o segundo mais divergente e para todos os genótipos selecionados como produtivos enquanto o genótipo 25 (MRES) é o terceiro mais divergente para os genótipos 8 (HENR), 5 (LAVR), 3 (BOTU), 14 (MRDQ) com exceção do 9 (DUAR) onde ele aparece como o quinto mais divergente.



Figura 5. Dendrograma ilustrativo do padrão de similaridade entre 33 acessos de açafrão (*Curcuma longa* L.) obtidos pelo método do vizinho mais próximo, com base na distância de Mahalanobis. Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).

Tabela 19. Distância de Mahalanobis entre os acessos mais produtivos e os seus cinco mais divergentes. Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).

> Diverg	> Prod	8	5	3	14	9
		HENR	LAVR	BOTU	MRDQ	DUART
7	IAC -	391,45	289,27	314,83	319,87	346,91
27	MRSE	63,10	37,25	35,93	34,57	43,06
25	MRES	38,78	25,23	24,08	29,96	22,93
26	MRMJ	27,93				
15	MRMA	27,84				
12	MRTE		28,22			25,11
17	MRDI		23,67			23,96
4	IBIT			24,08		
23	MRMO			22,19		
2	GOIA				18,85	
33	IAC3				18,29	

4.2.2.2 Variáveis canônicas

A análise por variáveis canônicas resulta de transformações ortogonais que sequencialmente maximizam a variância entre os acessos. As estimativas dos autovalores utilizando a distância de Mahalanobis são apresentadas na Tabela 20 e, na Tabela 21, a importância dos descritores nas variáveis canônicas. Observa-se que houve acúmulo de 73,14 % da variação total nas duas primeiras variáveis canônicas. Geralmente, os pesquisadores têm optado pela representação gráfica quando as duas primeiras variáveis canônicas retiverem acima de 70% da variação total disponível. Deve-se complementar a análise com a dispersão gráfica em relação a terceira e ou a quarta variável canônica (Cruz, 2001).

É importante ressaltar que os valores encontrados no experimento II são os que ocorrem mais comumente nos experimentos agrícolas. Resultados onde uma ou duas variáveis explicam a variação total são exceções.

A dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas consta na Figura 6. As demais variáveis canônicas estão no anexo D. Verificou-se que o acesso 7 (IAC-) é o mais divergente, e todos os demais genótipos formam um outro grupo. Este resultado está de acordo com o obtido pelo dendrograma do vizinho mais próximo e pelo método de Tocher.

Tabela 20. Variáveis Canônicas obtidas da análise de dezesseis variáveis, originadas da transformação, por condensação pivotal, das variáveis originais referente ao experimento II. Goiânia – GO (setembro/2004).

Variável canônica	Variância (autovalor λ)	Variância acumulada (%)
VC1	64,02555	64,02555
VC2	9,114712	73,14027
VC3	5,494692	78,63496
VC4	4,188804	82,82376
VC5	3,705726	86,52949
VC6	3,539339	90,06883
VC7	2,270898	92,33972
VC8	1,830044	94,16977
VC9	1,55171	95,72148
VC10	1,20465	96,92613
VC11	1,060547	97,98668
VC12	0,947914	98,93459
VC13	0,528172	99,46276
VC14	0,343228	99,80599
VC15	0,194009	100
VC16	0	100

Tabela 21. Importância relativa dos descritores nas variáveis canônicas referentes ao experimento II (Goiânia – setembro/2004).

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆
VC1	81,20984	307,0295	-0,55776	-344,432	1,402139	-1,02224	0,082868	-0,03107	-0,09798	-0,09369	2,178229	0,77239	0,433932	-0,9607	-2,017090	0,956699
VC2	-16,1546	-58,9612	-0,13292	65,82836	1,739751	-1,4361	0,149417	0,083941	0,99304	0,843105	1,660266	-0,23941	0,242995	-2,745420	6,294330	10,4317
VC3	-11,3164	-42,5481	-0,83076	49,52816	-3,21083	2,019484	0,159473	-0,46644	-0,24361	-0,20266	-3,09509	-0,36534	0,242738	1,976302	1,726803	0,417627
VC4	-2,97048	2,358678	-3,31859	0,949428	0,023431	0,285095	0,753037	-0,14379	-0,30931	0,895132	1,036485	-0,12621	0,461258	-1,7856	-0,05599	-0,17258
VC5	-34,3510	-133,126	1,118899	148,5087	0,220115	-1,90365	0,025964	0,50192	0,665805	0,253848	-0,5453	-0,3799	1,60161	-2,451762	0,048847	0,016769
VC6	0,165815	4,705093	-1,19535	-4,45939	0,478346	0,895938	-0,5722	0,70098	-0,59044	-0,00807	0,257915	-0,53347	1,391177	-1,713060	0,309026	-0,20285
VC7	-34,8341	-129,771	0,174219	146,7919	0,786288	-2,00978	0,262463	0,055206	-0,01532	-0,14975	-2,05093	-0,95643	0,028985	1,909544	1,56755	-0,189
VC8	-11,2714	-40,9798	-0,5393	46,33304	1,174849	-0,97616	0,273675	-0,37365	0,229549	0,184971	-12,3221	-0,30702	-2,79601	15,63736	-0,96055	-0,17197
VC9	-13,4895	-53,6452	1,464509	59,38326	-0,66185	0,503198	-0,32397	-0,0274	0,152648	0,630116	-2,78185	0,621176	-1,05531	2,795665	-0,03763	-0,06555
VC10	-67,0475	-246,083	-1,53546	277,9829	0,397411	-0,31083	-0,0263	-0,12274	0,243439	-0,2951	0,978303	1,13754	-0,78353	-3,342052	7,95086	-0,16146
VC11	-74,6133	-280,24	0,589876	314,1796	0,240166	0,28094	0,235642	-0,21633	-0,17716	0,567876	-2,58872	-0,29772	-0,84547	-1,1600	3,620876	0,012756
VC12	3,411437	11,36261	0,056955	-13,2428	0,75143	-1,08385	-0,29988	-0,42116	-0,15068	0,466612	5,160532	-0,44483	2,445933	-7,343060	6,37052	-0,0798
VC13	14,56586	49,77734	0,692065	-57,0347	-0,42201	0,805063	0,067928	0,158622	-0,58766	0,411935	-0,65135	0,346097	-0,82661	1,46014	-0,42448	0,130437
VC14	11,3612	42,41639	-0,30906	-46,678	-0,24671	-0,16219	0,560453	-0,52807	0,431772	-0,10089	6,233389	0,286603	2,240908	-8,38784	-0,28147	-0,09961
VC15	10,25726	33,31976	1,992942	-40,4042	0,932506	-0,22618	0,347076	-0,06975	-0,25776	-0,6492	1,796464	-0,09147	1,167117	-1,799610	0,057433	-0,00272
VC16	-9912,02	-37118,6	0	41693,74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(X₁: número total de planta, X₂: número de planta-mãe, X₃: número de perfilhos, X₄: número de perfilhos por planta, X₅: número de folhas, X₆: área foliar, X₇: número de florescimento, X₈: dias do plantio ao florescimento, X₉: altura média da planta, X₁₀: número de rizomas-dedo, X₁₁: peso dos rizomas-dedo, X₁₂: número de rizomas-cabeça, X₁₃: peso dos rizomas-cabeça, X₁₄: peso total dos rizomas, X₁₅: peso seco do rizoma (e moído), X₁₆: teor de curcumina).

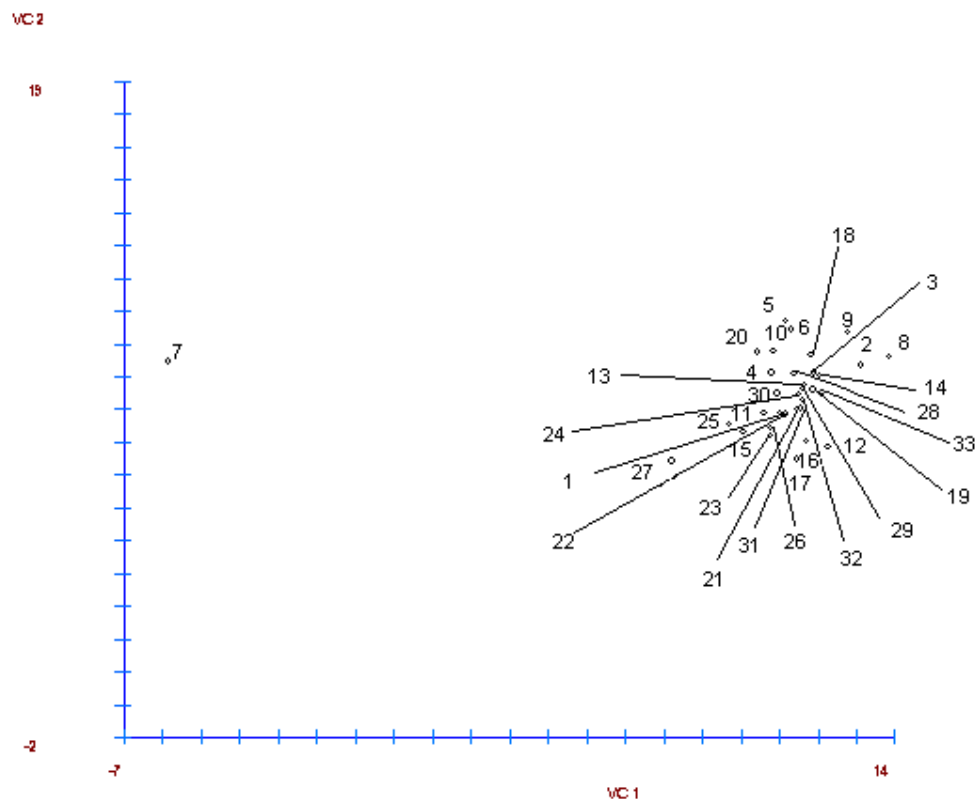


Figura 6. Dispersão gráfica dos escores em relação às duas primeiras variáveis canônicas relativas aos descritores do experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).

4.2.3 Contribuição relativa dos descritores para a divergência

A contribuição relativa dos descritores avaliados para a divergência genética dos 33 acessos de açafrão está descrita na Tabela 22. Todas as características avaliadas contribuíram para a determinação da divergência genética entre os acessos, porém de maneira proporcionalmente desiguais. Verifica-se que a característica número de perfilhos (NPF) contribuiu com 48,97 %, número total de plantas (NP) contribuiu com 42,80 %, número de planta mãe (NPM) contribuiu com 5,98 % e que juntas contribuíram 97,73 % na avaliação da divergência genética entre os acessos, dada pela distância de Mahalanobis (D2).

Cada um dos outros descritores contribuiu com menos de 1%, Peso total (PT) atingiu apenas 0,0067 %, sendo então, este descritor sugerido para descarte. No experimento I os caracteres de maior importância foram teor de curcumina (TC) e peso seco (PS) enquanto no experimento II foram número de perfilho (NPF) e número de

plantas (NP). Essas diferenças são devidas ao maior número de descritores no experimento II. Quando analisados apenas os descritores do outro experimento, ou seja, os dados de produção, obteve-se resultado semelhante ao do experimento I.

Tabela 22. Contribuição relativa dos descritores para a diversidade baseado na distância de Mahalanobis utilizando o critério de Singh (1981). Experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).

Variável	Valor (%)
NPM	5,9783
NPF	48,9574
NPF/P	0,0870
NP	42,7964
NF	0,2919
AF	0,0590
NFL	0,0319
DFL	0,0480
AM	0,1454
ND	0,0995
PD	0,1707
NC	0,1237
PC	0,0517
PT*	0,0067
PS	0,3063
TC	0,8461

* sugestão para descarte: PT

Nas espécies cujas plantas podem ser propagadas vegetativamente, o genótipo de cada planta pode ser transmitido através das gerações de forma precisa, na ausência de mutação, portanto pode-se selecionar os genótipos HENR (do Experimento II) e MRED (Experimento I) como cultivar. Mas convém verificar o desempenho dos trinta e três acessos do experimento II com dois anos de cultivo, pois HENR ficou em primeira colocação entre os trinta e três acessos nos dados de um ano de cultivo (Experimento II) e em décimo primeiro entre vinte um acessos em dois anos de cultivo (Experimento I). Portanto, seria interessante uma nova análise com dois anos de cultivo para a verificação das suas performances para uma segunda seleção. É indicado também para ensaio, os outros acessos produtivos (LAVR, BOTU, DUAR, MRDQ, SARO e MRAL) para averiguar o desempenho em Mara Rosa.

Percebe-se que no experimento de dois anos de cultivos os genótipos mais produtivos quanto a produção de curcumina por área foram os de Mara Rosa, enquanto que no experimento de um ano de cultivo se sobressaíram os de outras localidades com exceção do MRDQ que é de Mara Rosa.

Não é conhecida ainda se há propagação sexual da espécie. Estudos neste sentido são necessários para a obtenção de novos cultivares obtidos por hibridação como também estudos sobre a viabilidade do pólen. Consta na literatura científica da Índia que a espécie é poliplóide. Isto explica a não obtenção de frutos nas tentativas de cruzamentos, mas seria de interesse verificar o nível de ploidia de nossos genótipos. Convém saber se é possível a obtenção de cruzamentos com a duplicação dos cromossomos para ter-se novos cultivares ou se é necessário induzir mutações.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu extrair as seguintes conclusões:

- Os agricultores de Mara Rosa não utilizam um mesmo genótipo;
- Existe variabilidade para a seleção de genótipos promissores;
- As características agronômicas da cultura do açafrão são fortemente correlacionadas, o que justifica o uso das medidas de dissimilaridades usando a distância de Mahalanobis, que leva em consideração essas correlações;
- Os métodos de estimação da divergência genética em acessos de açafrão, através das distâncias generalizadas de Mahalanobis (Tocher e vizinho mais próximo) ou das variáveis canônicas foram equivalentes e ambos conduziram aos mesmos resultados de agrupamento;
- Os caracteres que apresentaram maior variabilidade no experimento I e contribuíram para a divergência foram TC e PS, sendo que o acesso MRED mostrou altos valores para estes descritores além de maior divergência entre os demais acessos;
- A maior contribuição dos descritores número de perfilhos e número de plantas no experimento II é consequência da maior quantidade e variabilidade de descritores inseridos na análise;
- Confirma-se o incremento no teor de curcumina, quando a colheita é realizada com dois anos de cultivo;
- Os resultados permitiram indicar os genótipos: MRED e HENR como o mais produtivo de cada experimento, além dos genótipos MRAL, SARO, MRIN3 e MRHE do experimento I e LAVR, BOTU, MRDQ e DUAR do experimento II.

AHMAD, Z.; KATTIYAR, R.P.; SHYAM, R. Genetic divergence in triticales. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.40, n.1, p.35-38, 1980.

ÁZARA, N.A.; TELES F.L.; ZUCCHI, M.I.; AGUIAR, A.V.; MOURA, N.F.; LIMA, L.P.M.S.; SILVA, R.P.; PINHEIRO, J.B. Variabilidade genotípica entre acessos de açafrão. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 48., 2002. Águas de Lindóia. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. 1 CD-ROM.

ARORA, R.B.; BASU, N.; KAPOOR, M.K.; JAIN, A.P. Anti-inflammatory studies on *Curcuma longa* L. (turmeric). **Indian Journal of Medical Research**, v.59, p. 1289-1295, aug. 1971.

ARUNACHALAM, V. Genetic distance in plant breeding. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.41, n.2, p.226-236, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13624**: cúrcuma: determinação do teor de curcumina: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1996.

BALTAZAR, A.B.S. **Uso de açafrão (*Curcuma longa* L.) para controle de insetos em milho (*Zea mays* L.) armazenado**. 1994. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Pré-Processamento de Produtos Agropecuários)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

BEALE, E.M.L.; KENDALL, M.G.; MANN, D.W. The discarding of variables in multivariate analysis. **Biometrika**, Oxford, v.54, n.3-4, p.357-366, 1967.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

CARVALHO, C.M.; SOUZA, R.J.; FILHO, A.B.C. Produtividade da cúrcuma (*Curcuma longa* L.) cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n.2, p.330-335, mar./abr., 2001.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Unicamp, 2003. 208 p.

CECÍLIO FILHO, A.B. 1996. **Épocas e densidades de plantio sobre a fenologia e rendimento econômico da cúrcuma (*Curcuma longa*)**. 1996. 120 f. Tese (Doutorado em agronomia: Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

CORREA, M.P. Dicionário de plantas úteis do Brasil. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1926. 747 p.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, Departamento de Genética, 1987. 75 p. (monografia)

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C.D. **Programa GENES**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 1997, 390 p.

CURI, P.R. Análise de agrupamento: métodos seqüenciais, aglomerativos e hierárquicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.35, n.10, p.1416-1429, out. 1983.

DHAR, M.L.; DHAR, M.M.; DHAWAN, B.N.; MEHROTRA, B.N.; RAY, C. Screening of Indian plants for biological activity. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Dehli, v.6, n.4, p.232-247, 1968.

DIAS, L.A.S.; KAGEYAMA, P.Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v.20, n.1 p.63-70, 1997.

DONALISIO, M.G.R.; SOUZA, C.J.; DUARTE, F.R. Instruções para o cultivo do gengibre. **O agrônomo**, Campinas, v.32, p.176-180, 1980.

DUDLEY, J.W. Modification of methods for identifying populations to be used for improving parents of elite single crosses. **Crop Science**, v.27, n.5, p.940-943, 1987.

FERREIRA, A.C. **Uso do açafrão (*Curcuma longa* L.) na redução de *Staphylococcus aureus* 12600 em ricota**. 2003. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C.; SANTOS, M.X.; RAMALHO, M.A.P. Métodos de avaliação genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.9, p. 1189-1194, set. 1995.

GARG, S.N.; BANSAL, R.P.; GUPTA, M.M.; KUMAR, S. Variation in the rhizome essential oil and curcumin contents and oil quality in the land races of turmeric *Curcuma longa* of North Indian plains. **Flavor and Fragrance Journal**, v14, n.5, p.315-318, sep./oct. 1999.

GOTO, R. **Épocas de plantio, adubação fosfatada e unidades térmicas em cultura de açafrão (*Curcuma longa* L.)**. 1993. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção

Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1993.

GOVINDARAJAN, V.S.; STAHL, W.H. Turmeric: Chemistry, technology and quality. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.12, n.3, p.199-301, 1980.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal components analysis. I: Artificial data. **Applied Statistics**, London, v.21, p.160-173, 1972.

KRISHNAMURTHY, N.; MATHEW, A.G.; NAMBU DIRI, E.S.; SHIVASHANKAR, S.; LEWIS Y.S.; NATARAJAN C.P. Oil and Oleoresin of Turmeric. **Tropical Science**, v.18, n.1, p.37-45, 1976.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, p.65-69, jan./abr. 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

LUTOMSKI, J.; KEDZIA, B.; DEBSKA, W. Effect of an alcohol extract and active ingredients from *Curcuma longa* on bacteria and fungi. **Planta Medica**, Stuttgart, v.26, n.5, p.9-19, 1974.

MAIA, N.B.; BOVI, O.A.; DUARTE, F.R.; SORIA, L.G.; ALMEIDA, J.A.R. Influência de tipos de rizomas de multiplicação no crescimento de cúrcuma. **Bragantia**, Campinas, v.54, n.1, p. 33-37, 1995.

MALUF, W.R.; FERREIRA, P.E.; MIRANDA, J.E.C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in F₁ in hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, v.6, n.3, p.453-460, 1983.

MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. London; New York: Academic Press, 1979. 521 p.

MARINOZZI, G. **Estudo da cadeia produtiva do açafrão (*Curcuma longa* L.) e do sistema produtivo local da região de Mara Rosa - GO**. Relatório de atividades: projeto integrado de pesquisa: estudo sócio econômico do agronegócio do açafrão na região de Mara Rosa. Goiânia, jan. 2002.

MENEZES JÚNIOR, A. **Produtividade de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) em função de tipos de rizomas-“sementes” e cobertura morta**. 2000. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

MIRANDA, J.E.C.; CRUZ, C.D.; COSTA, C.P. Predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) pela divergência genética dos progenitores. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.11, p.929-937, 1988.

MIRANDA, J.E.C.; CRUZ, C.D.; COSTA, C.P. Predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) pela divergência genética dos progenitores. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.11, n.4, p.929-937, 1988.

MOLL, R.H.; SALHUANA, W.S.; ROBINSON, H.F. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. **Crop Science**, v.2, n.3, p.197-198, 1962.

MOLL, R.H.; LONQUIST, J.H.; FORTUNA, J.V.; JOHNSON, C.E. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. **Genetics**, v.52, p.139-144, jul. 1965.

NADKARNI, K.M.; NADKARNI, A.K. Indian Materia Médica, Popular Prakashan, Bombay, 1976.

NAYAR, N.M.; RAVINDRAN, P.N. Herb spices. In: SMART, J.; SIMMONDS, N.W. (Ed.). **Evolution of Crop Plants**. 2. ed. New York: Longman Scientific and Technical, 1995. p.491-494.

OLIVEIRA, V.P.; GRIRALDINI, J.E.; SACRAMENTO, C.K. O cultivo das plantas produtoras de corantes. **Revista Brasileira de Corantes Naturais**, Vitória da Conquista, v.1, n.1, p.232-237, 1992.

PEREIRA, A.S.; STRINGHETA, P.C. Considerações sobre a cultura e processamento de açafrão. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.16, n.2, p.102-105, nov. 1998.

PINHEIRO, J. B.; ZUCCHI, M.I.; TELES, F.L.; ÁZARA, N.A. Diversidade genética molecular em acessos de açafrão utilizando marcadores RAPD. **Ácta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.195-199, 2003.

PRASAD, S.K.; SINGH, T.P. Heterosis in relation to genetic divergence in maize (*Zea mays* L.). **Euphytica**, v.35, n.3, p.919-924, 1986.

PRUTHI, J.S. **Spices and condiments: chemistry, microbiology, technology**. New York: Academic Press, 1980. 449 p.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: Wiley 1952. 390 p.

REQUEJO, L.M.H. A cultura da *Curcuma longa* L. São Paulo, Cooperativa Agrícola de Cotia, 1998. (Relatório interno)

ROHLF, F.J. Adaptive hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v.19, n.1, p.58-82, mar. 1970.

SAMBAIAH, K.; RATANKUMAR, S.; KAMANNA, V.S.; SATYARANAYANA, M.N.; RAO, M.V.L. Influence of turmeric and curcumin on growth, blood constituents and serum enzymes in rats. **Journal of Food Science and Technology**, v.19, n.5, p. 187-190, 1982.

SANTOS, C.A.F.; OLIVEIRA, C.A.V.; MENESES, E.A. Seleção de descritores na caracterização e avaliação preliminar de germoplasma de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.7 p.971-975, jul. 1995.

SHAMINA, A.; ZACHARIAH, T.J.; SASIKUMAR, B.; GEORGE, J.K. Biochemical variation in turmeric (*Curcuma longa* Linn.) accessions based on isozyme polymorphism. **The Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.73, n.4, p.479-484, 1998.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

SMARTT, J.; SIMMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**. Edinburgh: Longman, 1992. 333 p.

SU, H.C.F.; HORVAT, R.; JILANI, G. Isolation, purification and characterization of insect repellents from *Curcuma longa* L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.30, n.2, p.290-292, mar. 1982.

SUBBA RAO, D.; CHANDRA SEKHARA, N.; SATYANARAYANA, M.N.; SRINIVASAN, M. Effect of curcumin on serum and liver cholesterol levels in rat. **Journal of Nutrition**, v.100, p.1307-1315, 1970.

TELES F.L.; ÁZARA, N.A.; ZUCCHI, M.I.; PINHEIRO, J.B. Associação entre divergências genéticas obtidas de marcadores RAPD e descritores morfológicos em açafrão. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 48., 2002. Águas de Lindóia. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. 1 CD-ROM.

TROYER, P.F.; OPENSHAW, S.J.; KNITTLE, K.H. Measurement of genetic diversity among popular commercial corn hybrids. **Crop Science**, v.28, n.3, p.481-485, 1988.

VELAYUDHAN, K.C.; MURALIDHARAN V.K.; MALRAJ, V.J.; RANA, R.S.; BHAG SING; THOMAS, T.A. **Genetic resources of Curcuma**. Scientific Monograph-4, New Delhi-12. 1994.

VIASAN, A.C.; NIRMALAMENON, A.; MADHUSUDHANA RAO, J.; NARAYANAN, C. S.; MATHEWS, A. G. Chemical analysis of some cultivars of *Curcuma longa* Linn. **Journal of Food Science and Technology**, Chicago, v.26, n.5, p. 293-295, 1989.

YADAV, D.S., RAMESH, S. e SINGH, R. Studies on genetic variability in turmeric (*Curcuma longa* L.). In: **Journal of Hill Research**. (Abstract). v 9. p 33-36. 1996.

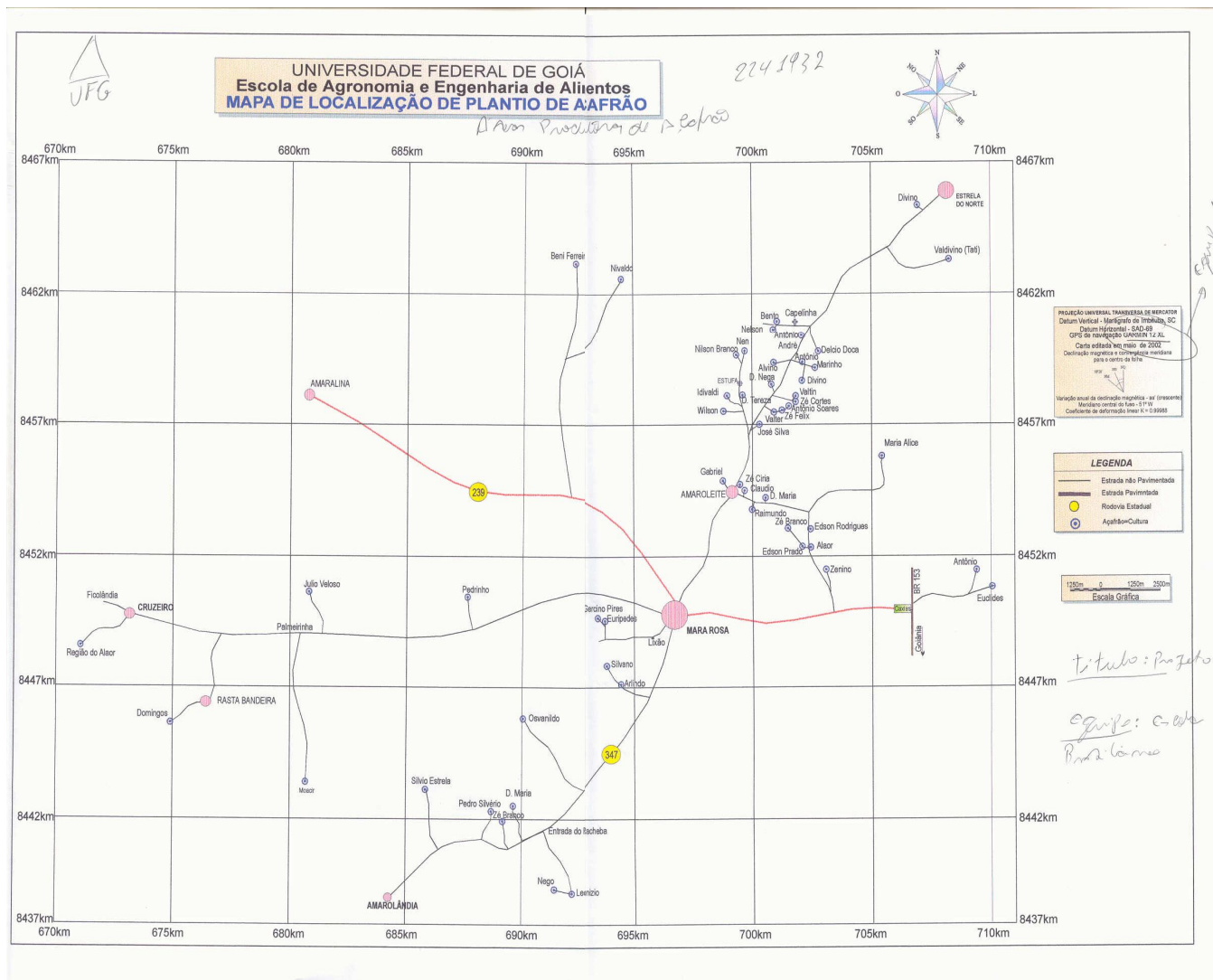
ANEXOS

Anexo A.	Áreas de açafrão do município de Mara Rosa com designação dos acessos e de seus produtores utilizados no experimento II (2003-2004).....	83
Anexo B.	Mapa de localização de plantio de açafrão no município de Mara Rosa – GO.....	84
Anexo C.	Mapa do estado de Goiás, destacando o município de Mara Rosa	85
Anexo D.	Dispersão gráfica dos escores em relação às quatro primeiras variáveis canônicas relativas aos descritores do experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004).	86

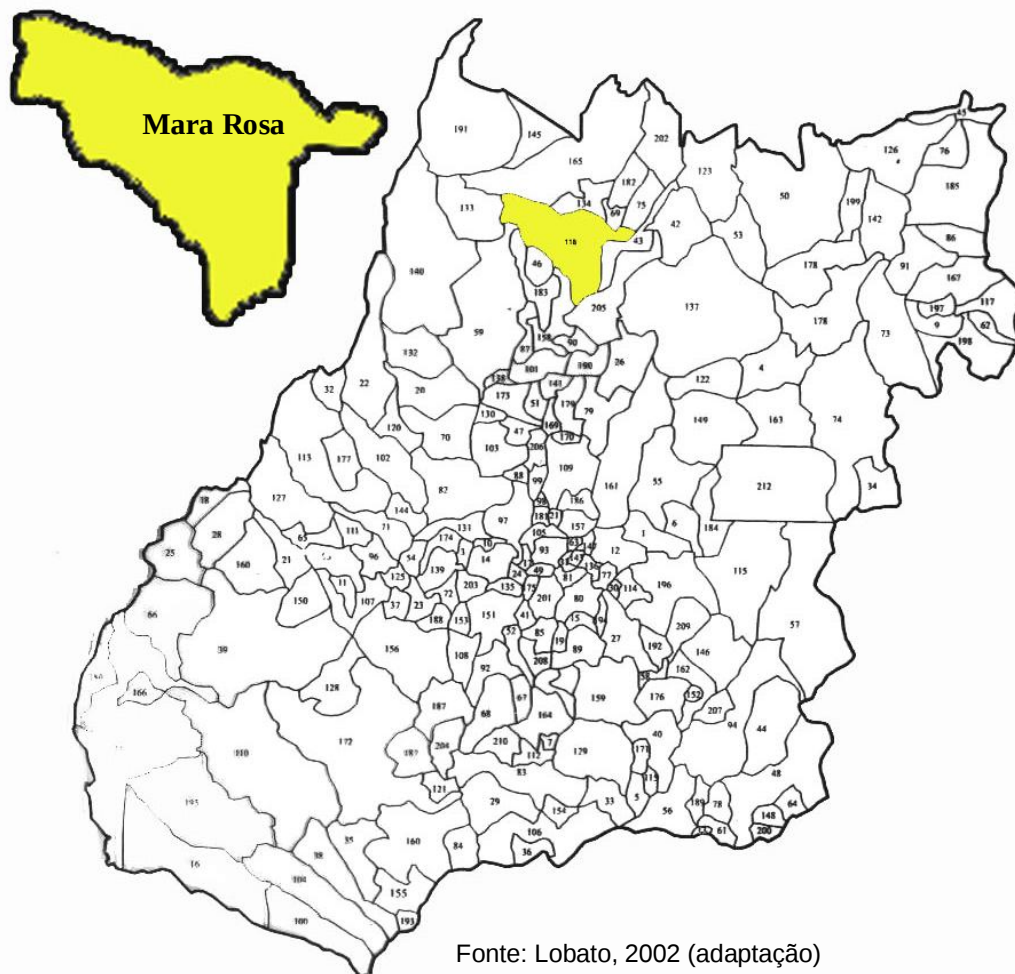
Anexo A. Áreas de açafrão do município de Mara Rosa com designação dos acessos e de seus produtores utilizados no experimento II (2003-2004)

- *Área 1- Região do pastinho*
 - o Acesso 11 - Edivaldo P. Marques
 - o Acesso 12 - Dona Tereza
 - o Acesso 13 - Wilson Eustáquio Pereira
- *Área 2 - Região Lambari/Estiva*
 - o Acesso 14 - José da Silva (Diquinho)
 - o Acesso 15 - Marinho Pereira dos Santos
 - o Acesso 17 - Divino
 - o Acesso 18 - Antônio Nunes
 - o Acesso 19 - José Venâncio
 - o Acesso 20 - Dona Nega
 - o Acesso 16 - Délcio Pereira
- *Área 3 - Região Lambari (Capelinha)*
 - o Acesso 21 - Bento Umbelino Silva
- *Área 4 - Bom Jesus*
 - o Acesso 22 - Pedrinho
 - o Acesso 23 - Moacir Miguel Leal
- *Área 5 - Amarolândia*
 - o Acesso 24 - Zé Branco
 - o Acesso 25 - Estevão José da Silva
 - o Acesso 26 - Maria José
- *Área 6 - Amaro Leite*
 - o Acesso 27 - Sebastiana (ao lado da igreja)
 - o Acesso 28 - Gabriel
 - o Acesso 29 - Raimundo Luís Gonçalves
 - o Acesso 30 - Cláudio Jesus Ferreira
 - o Acesso 31 - Sebastião Felix Moraes

Anexo B. Mapa de localização de plantio de açafrão no município de Mara Rosa – GO



Anexo C. Mapa do estado de Goiás, destacando o município de Mara Rosa



Anexo D. Dispersão gráfica dos escores em relação às quatro primeiras variáveis canônicas relativas aos descritores do experimento II (um ano de cultivo). Goiânia – GO (setembro/2004)

