

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**VARIABILIDADE FENOTÍPICA DE *Anacardium*  
*othonianum* Rizz. NO NORTE DE MINAS GERAIS**

**JANAÍNA GONÇALVES GOMES**

2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**VARIABILIDADE FENOTÍPICA DE *Anacardium othonianum* Rizz. NO NORTE DE  
MINAS GERAIS**

**JANAÍNA GONÇALVES GOMES**

*Sob a Orientação do Professor*

**MAURÍCIO BALLESTEIRO PEREIRA**

*e co-orientação do Professor*

**VALDIR DIOLA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRuralRJ, Área de concentração em Produção Vegetal.

Seropédica, RJ  
Abril de 2013

583.77

G633v

T

Gomes, Janaína Gonçalves, 1986-  
Variabilidade fenotípica de  
Anacardium othonianum Rizz. no Norte  
de Minas Gerais / Janaína Gonçalves  
Gomes. - 2013.  
69 f.: il.

Orientador: Maurício Ballesteiro  
Pereira.

Dissertação (mestrado) -  
Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro, Curso de Pós-Graduação  
em Fitotecnia, 2013.

Bibliografia: f. 49-58.

1. Cajuí - Variedades - Minas  
Gerais - Teses. 2. Cajuí - Genética  
- Minas Gerais - Teses. 3. Plantas  
dos cerrados - Minas Gerais -  
Teses. 4. Cerrados - Minas Gerais  
- Teses. 5. Análise multivariada -  
Teses. I. Pereira, Maurício  
Ballesteiro, 1954-. II.  
Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro. Curso de Pós-Graduação  
em Fitotecnia. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

JANAÍNA GONÇALVES GOMES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências,  
no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Melhoramento Vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 12/04/2013



Dr. Mauricio Ballesteiro Pereira (UFRRJ)  
(orientador)



Dra. Ana Lúcia Cunha Dornelles (UFRRJ)



Dr. Paulo Sergio Nascimento Lopes (UFMG)

**Aos meus pais,**  
*Erildo Gonçalves Gomes e Maria Cláudia Cordeiro Gonçalves, como reconhecimento pelo esforço e incentivo dispensados para a minha formação e aperfeiçoamento profissional e pessoal.*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado-sanduíche realizado na Argentina.

À Facultad de Ciencias Agrarias da Universidad Nacional Del Litoral pela recepção e oportunidade de conhecer a infraestrutura e trabalhos desenvolvidos.

Ao Professor Maurício Ballesteiro Pereira pelo incentivo, apoio, orientação e exemplo de conduta.

Ao Professor Paulo Sergio Nascimento Lopes pela amizade, motivação, incentivo e disponibilização de recursos para realização da pesquisa.

Ao Professor Valdir Diola pela contribuição com a pesquisa.

À Professora Ana Lúcia Dorneles pela colaboração e incentivo no período de mestrado.

Aos Professores Pablo A. Thomas e Jonicélia Araújo pela orientação e acolhida no período de estadia na UNL.

Aos moradores das comunidades rurais nas quais foram realizadas as coletas, em especial à Dona Rosarinha, pela sempre simpática recepção e acolhida.

Ao amigo Roberto Cardoso de Moura pela amizade, companheirismo, incentivo, motivação e por toda a colaboração nas expedições de coleta de dados nas regiões de pesquisa.

Aos meus pais, Erildo e Cláudia pelo apoio, confiança, pelo exemplo e indispensável suporte emocional.

Ao amigo Lucas Allan pelo companheirismo e apoio nas expedições de pesquisa.

Aos amigos Vinícius D'Ávilla e André Guimarães pela amizade, companheirismo e pelos valiosos momentos de convívio, descontração e alegria.

Aos amigos Roberta e Uirá pela presença, colaboração constante, conversas e momentos de descontração.

À todos os colegas da UFRRJ, em especial aos amigos do Laboratório de Genética e Melhoramento Vegetal, Andréa, Nathalia, Mayara, Pietro, Érika, Glaycianne e Elizabeth pelos momentos de agradável convivência e companheirismo.

Aos amigos do Grupo de Estudos em Frutíferas Exóticas e Nativas (GEFEN) pela acolhida e colaboração.

A todos que contribuíram de alguma maneira para minha formação profissional e realização desse trabalho.

## RESUMO

GOMES, Janaína Gonçalves. **Variabilidade fenotípica de *Anacardium othonianum* Rizz. no Norte de Minas Gerais.** 2013. 79p Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

O cajuí (*Anacardium othonianum* Rizz.) é uma espécie frutífera de ocorrência natural no Cerrado brasileiro. Este é explorado unicamente por meio do extrativismo, sendo uma fonte alternativa de alimentação e renda para populações carentes que vivem nesse bioma. O aumento da exploração de áreas de Cerrado tem gerado perdas na biodiversidade do bioma o que deixa em risco a diversidade genética de muitas espécies, entre elas o cajuí. Nesse trabalho, objetivou-se estudar a variabilidade fenotípica do cajuí, em quatro localidades do norte do estado de Minas Gerais, usando como indicadores caracteres da planta e dos frutos, empregando para isso técnicas de análise multivariada, como cálculo de componentes principais, descarte de variáveis, medidas de dissimilaridade baseadas em caracteres contínuos e multicategóricos, e técnicas de agrupamento por otimização de Tocher e UPGMA. Posteriormente, comparou-se os resultados com os dados da análise das características químicas dos solos das diferentes localidades. As informações utilizadas para esse estudo foram obtidas de 120 plantas de cajuí distribuídas em quatro diferentes populações na região Norte do estado de Minas Gerais, mais precisamente em comunidades rurais dos municípios de Cônego Marinho (Cabeceira dos Cochos), Januária (Tabua), Chapada Gaúcha e São João das Missões (Xacriabás). A análise de componentes principais possibilitou a eliminação de variáveis quantitativas consideradas redundantes nas análises e mostrou que as variáveis referentes ao porte das plantas são mais importantes na formação dos grupos por terem explicado maior parte da variação no primeiro componente. Os agrupamentos gerados por meio dos dados quantitativos permitiram observar a associação de indivíduos de populações que se encontram geograficamente mais próximas e também mostraram a tendência de formação de grupos associados à origem geográfica. Por outro lado, a maioria das variáveis qualitativas analisadas, apesar de apresentarem ampla variabilidade, não possibilitou discriminação sem ambiguidades dos indivíduos e os padrões de distribuição dessa variabilidade foram considerados inadequados para caracterizar grupos de indivíduos de origem geográfica comum. Em relação às análises de solo observou-se que as amostras apresentaram um padrão de agrupamento que refletiu adequadamente o grau de relacionamento esperado entre elas, considerando que formaram grupos bem definidos com relação às origens geográficas. Verificou-se que ocorre diversidade nas populações avaliadas e que o padrão de agrupamento observado por meio das variáveis quantitativas, quando comparado ao das análises de solo, possibilita concluir que a maior parte da variação observada é devido às variações ambientais.

**Palavras-chave:** Cerrado. Cajuí. Análise multivariada.

## ABSTRACT

GOMES, Janaína Gonçalves. **Phenotypic variability of *Anacardium othonianum* Rizz. in the North of Minas Gerais.** 2013. 79p Dissertation (Master in Plant Science) Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

The cajuí (*Anacardium othonianum* Rizz.) is a fruit species naturally occurring in the Brazilian Cerrado. This is operated solely through the extraction, being an alternative source of food and income for poor people who live in this biome. The increased exploitation of Cerrado areas have generated losses in biodiversity biome leaving at risk the genetic diversity of many species, including the cajuí. In this work we aimed to study the phenotypic variability of cajuí in four locations in the northern state of Minas Gerais, using as indicators plants and fruits characters, employing for this multivariate analysis, such as calculation of principal components, disposal of variables, dissimilarity measures based on continuous and multicategorical characters, and clustering techniques for optimization Tocher and UPGMA. Subsequently, we compared the results with data from the analysis of the chemical characteristics of soils in different locations. The information used for this study were obtained from 120 cajuí plants distributed in four different populations in northern of Minas Gerais state, more specifically in rural communities in the municipalities of Cônego Marinho (Cabeceira dos Cochos), Januária (Tabua), Chapada Gaúcha and São João das Missões (Xacriabás). The principal component analysis allowed the elimination of quantitative variables considered redundant in the analysis and showed that the variables related to the plants size are more important in the formation of groups to have explained most of the variation in the first component. The clusters generated by the quantitative data allowed to observe the association of individuals from populations that are geographically closer and also showed a tendency to form groups associated with geographical origin. On the other hand, most of the qualitative variables analyzed, despite showing considerable variability, did not allow unambiguous discrimination of individuals and the distribution patterns of variability were considered inadequate to characterize groups of individuals of common geographic origin. Regarding the soil analysis showed that the samples had a standard grouping that adequately reflected the degree of expected relationship between them, considering that formed a well-defined group with respect to geographical origins. It was found that diversity in the population is evaluated and the grouping pattern observed by means of quantitative variables, when compared to the analysis of soil, possible to conclude that most of the observed variation is due to environmental variations.

**Key words:** Cerrado. Cajuí. Multivariate analysis.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Distância aproximada entre as quatro áreas de coleta de dados de plantas de cajuí no Norte de Minas Gerais.....	20
<b>Tabela 2.</b>	Número de plantas e rótulos de identificação dos indivíduos avaliados com relação às características relativas aos pedúnculos e castanhas nas populações de cajuí.....	21
<b>Tabela 3.</b>	Número de indivíduos avaliados, valores máximos, médias, mínimos e coeficientes de variação das características altura da planta (ALT), diâmetro da copa (DCO), diâmetro do caule (DCA), número de ramificações (NR) e índice de conformação da copa em árvores de cajuí originadas de quatro diferentes populações na região Norte de Minas Gerais.....	27
<b>Tabela 4.</b>	Número de indivíduos avaliados, valores máximos, médias, mínimos e coeficientes de variação das características comprimento da castanha (CCA), largura da castanha (LCA), espessura da castanha (ECA), comprimento do pedúnculo (CPE), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), diâmetro basal do pedúnculo (DBP), peso médio total (PT), peso da castanha (PCA) e peso do pedúnculo (PPE) em frutos de cajuí originados de quatro diferentes populações na região Norte de Minas Gerais.....	28
<b>Tabela 5.</b>	Estimativas das variâncias (autovalor $\lambda_j$ ), variância acumulada (%) e autovetores das variáveis altura da planta (ALT), diâmetro médio do caule (DCA), diâmetro médio da copa (DCO), índice de conformação da copa (ICC), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), peso médio total (PT) e peso médio do pedúnculo (PPE) de plantas de cajuí originadas de quatro populações no Norte de Minas Gerais.....	30
<b>Tabela 6.</b>	Conjunto de cargas totais associadas das variáveis altura da planta (ALT), diâmetro médio do caule (DCA), diâmetro médio da copa (DCO), índice de conformação da copa (ICC), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), peso médio total (PT) e peso médio do pedúnculo (PPE) de plantas de cajuí originadas de quatro populações no Norte de Minas Gerais.....	30
<b>Tabela 7.</b>	Agrupamento de 67 matrizes de cajuí ( <i>A. othonianum</i> ), originadas de quatro áreas na região do Norte de Minas Gerais, baseado em sete diferentes descritores morfométricos pelo método de Tocher.....	32
<b>Tabela 8.</b>	Representação dos grupos originados pelo dendrograma de análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelas distâncias de Mahalanobis dos caracteres quantitativos em 67 indivíduos de cajuí	33

originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.....

<b>Tabela 9.</b>	Frequência relativa de categorias das variáveis multicategóricas: hábito da planta (HAB), presença ou ausência de rachadura no caule (RAC), formato do pedúnculo (FPE), formato da castanha (FCA), formato do limbo (FL), formato do ápice do limbo (FAL), plano de secção do limbo (PSL) em árvores de cajuí originadas de quatro diferentes populações na região Norte de Minas Gerais.....	36
<b>Tabela 10.</b>	Agrupamento de 67 matrizes de cajuí ( <i>A. othonianum</i> ) pelo método de Tocher com base no índice de dissimilaridade dos dados binários, mediante avaliação de caracteres multicategóricos.....	37
<b>Tabela 11.</b>	Representação dos grupos originados pelo dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelo índice de dissimilaridade dos dados binários dos caracteres multicategóricos, avaliados em 67 indivíduos de cajuí originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.....	40
<b>Tabela 12.</b>	Análise de solo contendo teores médios de Na (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Ca (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Mg (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), K (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), H+Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), S (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), T (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), V (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) em amostras coletadas em quatro regiões no Norte de Minas.	42
<b>Tabela 13.</b>	Estimativas das variâncias (autovalor $\lambda_j$ ), variância acumulada (%) e autovetores das variáveis Na (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Ca (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Mg (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), K (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), H+Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), S (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), T (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), V (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) em amostras coletadas em quatro regiões no Norte de Minas.....	43
<b>Tabela 14.</b>	Conjunto de cargas totais associadas das variáveis do solo Na (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Ca (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Mg (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), K (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), H+Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), S (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), T (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), V (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) em amostras coletadas em quatro regiões no Norte de Minas.....	44
<b>Tabela 15.</b>	Agrupamento 16 amostras de solo originadas de quatro áreas na região do Norte de Minas Gerais, baseado em 15 variáveis referentes à análise de solo pelo método de Tocher.....	46

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Primeiro registro conhecido do gênero <i>Anacardium</i> , representando a colheita de frutos. Feita pelo naturalista francês André de Thevet (1558).....	6
<b>Figura 2.</b>	(A) Árvore de cajuí. (B) Inflorescência de cajuí. (C) Frutos verdes de cajuí. (D) Frutos de cajuí.....	11
<b>Figura 3.</b>	(A) Mapa do Estado de Minas Gerais com a distribuição dos pontos de coleta de dados de <i>Anacardium othonianum</i> Rizz. (B) Imagem de satélite das áreas de estudo identificadas com o nome das regiões de coleta.....	18
<b>Figura 4.</b>	Gráfico 3D dos escores em relação aos componentes principais 1, 2 e 3 das 7 variáveis altura da planta (ALT), diâmetro médio do caule (DCA), diâmetro médio da copa (DCO), índice de conformação da copa (ICC), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), peso médio total (PT) e peso médio do pedúnculo (PPE) de plantas de cajuí originadas de quatro populações no Norte de Minas Gerais.....	31
<b>Figura 5.</b>	Dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelas distâncias de Mahalanobis dos caracteres quantitativos em 67 indivíduos de cajuí originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.....	34
<b>Figura 6.</b>	Dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelo índice de dissimilaridade dos dados binários dos caracteres multicategóricos, avaliados em 67 indivíduos de cajuí originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.....	39
<b>Figura 7.</b>	Gráfico 3D dos escores em relação aos componentes principais 1, 2 e 3 das 15 variáveis Na (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Ca (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Mg (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), K (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), H+Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), Al (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), S (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), T (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), V (Cmolc / dm <sup>3</sup> ), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) referentes à análise de solo de amostras coletadas em quatro regiões no Norte de Minas.....	45
<b>Figura 8.</b>	Dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelas distâncias de Mahalanobis de 16 amostras de solo de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1	Cerrado .....	3
2.1.1	Aspectos gerais .....	3
2.1.2	Frutíferas nativas do Cerrado.....	4
2.2	Espécies do gênero <i>Anacardium</i> .....	<b>5</b>
2.2.1	Aspectos morfológicos e de biologia reprodutiva .....	7
2.2.2	Descrição de algumas espécies do gênero <i>Anacardium</i> .....	8
2.3	Cajuí ( <i>Anacardium othonianum</i> Rizz.).....	10
2.4	Análises da diversidade genética.....	12
2.4.1	Análises de Componentes principais.....	13
2.4.2	Análises de agrupamento.....	14
2.4.3	Algumas medidas de distância.....	15
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1	Áreas de pesquisa .....	18
3.2	Coleta de dados .....	20
3.2.1	Caracteres quantitativos .....	20
3.2.2	Caracteres qualitativos.....	21
3.3	Coleta e análise de solo.....	22
3.4	Análise dos dados.....	22
3.4.1	Análise de variância .....	22
3.4.2	Componentes principais e descarte de variáveis .....	23
3.4.3	Medidas de dissimilaridade .....	24
3.4.4	Análise de agrupamento.....	24
3.4.5	Correlação entre medidas de dissimilaridade .....	26

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
4.1	Análise da diversidade baseada em dados quantitativos.....	27
4.1.1	Análise descritiva.....	27
4.1.2	Análise de componentes principais .....	28
4.1.3	Análise de agrupamentos.....	31
4.2	Análise da diversidade baseada em dados qualitativos .....	35
4.2.1	Análise descritiva.....	35
4.2.2	Análise de agrupamentos .....	37
4.3	Análise da diversidade de solos .....	40
4.3.1	Análise descritiva.....	40
4.3.2	Análise de componentes principais .....	42
4.3.3	Análise de agrupamentos.....	45
4.4	Análise comparativa da diversidade por meio dos dados quantitativos, qualitativos e de solo.....	47
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## INTRODUÇÃO

O Norte de Minas Gerais é caracterizado pela predominância do bioma cerrado, que por sua vez ocupa uma área expressiva do território brasileiro. Como consequência de sua extensão, ocorre grande variabilidade de clima e de solos e, também, uma grande diversidade da fauna e da flora (SILVA et al., 1994; RIBEIRO; WALTER, 1998). Nesse contexto, as frutíferas do Cerrado ocupam lugar de destaque, pois apresentam frutas com sabores marcantes e peculiares, com elevados teores de vitaminas, proteínas, sais minerais e açúcares, entre outros (ALMEIDA et al., 1987; BARBOSA, 1996). Tradicionalmente, as populações locais as consomem "in natura" ou em preparações culinárias (ALMEIDA et al., 1987). Entretanto, essas espécies não são cultivadas, sendo exploradas unicamente por meio do extrativismo.

O cajuí (*Anacardium othonianum* Rizz.) é uma árvore frutífera rústica, de ocorrência natural no cerrado brasileiro. É uma planta que se destaca pelo intenso uso na alimentação regional. A exploração da espécie é feita de forma artesanal, com pequena eficiência e exigindo grandes deslocamentos dos agricultores para a coleta dos frutos. Além disso, esse tipo de exploração extrativista pode gerar perdas de material genético, pois os frutos de alta qualidade originados de genótipos superiores são coletados, impedindo a reprodução natural a partir desses, representando também uma seleção negativa. Desta forma, a possibilidade da perda de plantas com frutos de alto valor nutricional, econômico, aliado à preocupação com a conservação dessas espécies, justificam uma exploração mais racional. Esta exploração racional torna-se ainda mais importante, uma vez que ela pode significar uma importante fonte de renda, levando os agricultores a reduzirem o ritmo das suas atividades agropecuárias sobre as vazantes, veredas e regiões de matas ciliares, passando a utilizar de forma mais rentável e sustentável as frutíferas do cerrado. Entretanto, a exploração racional ainda é limitada.

Atualmente, diversas espécies nativas em regiões de predomínio do bioma Cerrado vêm sofrendo com o intenso processo de erosão genética, diante disso a prioridade é a conservação e domesticação, porém para isto é necessário caracterizar os níveis de variabilidade e entender a dinâmica de movimentação dos alelos na população (MELO JÚNIOR, et al., 2004).

Estudos de variabilidade visam elucidar relações genéticas, quantificar ou prever o nível de variabilidade total existente e a sua distribuição entre e/ou dentro de unidades taxonômicas, quer elas sejam indivíduos, acessos de bancos de germoplasma, linhagens, cultivares, populações (de sistemas controlados de acasalamento ou naturais) e espécies. Este conhecimento tem proporcionado importantes contribuições ao melhoramento genético, ao gerenciamento de bancos de germoplasma, a conservação de recursos genéticos e ao entendimento dos processos evolutivos das espécies. Estudos de variabilidade fenotípica e genética são importantes para o conhecimento da divergência genética existente na espécie. Esses fornecem parâmetros para a escolha de progenitores, que ao serem cruzados, possibilitam maior efeito heterótico, e de variação genética, aumentando as chances de obtenção de genótipos superiores, que possibilitam o processo de domesticação e melhor aproveitamento da espécie.

Nesse contexto, torna-se extremamente necessário desenvolver estudos na área da variabilidade fenotípica e genética do cajuí, pois contribuem sobremaneira para viabilizar a exploração racional, a conservação e o processo de domesticação desta espécie gerando assim, renda, emprego e melhoria da qualidade de vida das populações carentes que vivem no

meio rural.

Dessa forma, os objetivos dessa pesquisa foram estudar a variabilidade fenotípica do cajuí, em quatro localidades do norte do estado de Minas Gerais, usando como indicadores caracteres da planta e dos frutos, utilizando-os no cálculo dos componentes principais, das medidas de dissimilaridade e em técnicas de agrupamento, comparando os resultados com as características químicas dos solos das diferentes localidades.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cerrado

#### 2.1.1 Aspectos gerais

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, ocupando uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup>, cerca de 23% do território nacional. Inclui a totalidade do Distrito Federal, mais da metade do estado de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais e Tocantins, além de porções em outros seis estados (IBGE, 2004).

Cerrado quer dizer fechado, isto é, uma vegetação densa que bloqueia a vista e o livre movimento, ao contrário do que ocorre nos campos (BORGES, 1985; ALHO e MARTINS, 1995). Em geral é chamado “Gerais” no Norte de Minas Gerais, “Chapada” no Maranhão e Piauí, “Agreste” na Chapada do Araripe e “Tabuleiros” na parte leste do Nordeste (EITEN, 1983).

Como os grandes biomas mundiais, cuja distribuição regional de espécies é determinada pelas condições climáticas (temperatura e precipitação, principalmente) e a distribuição local relacionada às condições de solo e relevo (RICKLEFS, 2003), a vegetação do Cerrado é delimitada por fatores climáticos e edáficos. É considerada uma savana neotropical estacional por apresentar gramíneas entre árvores e arbustos, extratos de vegetação comuns nas savanas africanas, e por estar inserido na zona tropical (temperaturas médias entre 20° e 27° C), com duas estações bem definidas de pluviosidade (inverno seco e verão chuvoso), com médias pluviométricas anuais de 1200 a 1800 mm. A duração do período chuvoso varia de três a seis meses, podendo ser maior em certos casos (RIZZINI, 1976; KLINK, 1993), com déficit hídrico variando de um a dez meses, dependendo do local dentro dos cerrados (ADÁMOLI et al. 1987).

Com relação aos fatores pedológicos, os solos são geralmente profundos, porosos, altamente intemperizados, com baixa fertilidade e pH baixo, sendo latossolos e neossolos quartzarêmicos os de maior ocorrência, representando 60% das áreas (REATTO; MARTINS, 2005). Quanto ao relevo, o cerrado ocupa maciços de planaltos sedimentares e de cimeira, com superfície aplainada e altitudes que variam de 300 a 1700 m (AB’SÁBER, 2003).

Alvim e Araújo (1952) e Alvim (1954) defenderam a teoria da influência dos fatores pedológicos na definição da vegetação dos cerrados, onde afirmam que a distribuição dos cerrados, dentro de seu próprio marco fitogeográfico, está regulada pelo solo, mais do que por qualquer outro fator ecológico. Porém, essa teoria foi contestada, em parte, por diversos outros pesquisadores, bem como por Alvim e Silva (1982) que definem que a origem dos cerrados está associada não somente à pobreza mineral do solo, mas também à deficiência hídrica durante a estação seca. Goodland (1971) sugere que o problema dos cerrados seriam os solos carentes em nutrientes associado à concentração alta de alumínio. Sanchez (1981) considera, juntamente com a baixa fertilidade do solo, uma formação de laterita favoreceria a vegetação. Giannotti (1988) argumentou que apesar de se considerar a supremacia dos fatores edáficos sobre os climáticos é necessário conjugar os conhecimentos de ambos para melhor compreensão. Em contrapartida, Cochrane e Sanchez (1981) afirmam que os solos pobres podem ser o resultado, muito mais que a causa, dessa vegetação.

A vegetação dos cerrados é constituída, basicamente por dois extratos: um arbóreo/arbustivo de caráter lenhoso e outro herbáceos/subarbustivo, formado por gramíneas, outras ervas e pequenos subarbustos (COUTINHO,1992; SILVA et al., 2008). Esses podem ocorrer de maneira isolada resultando na formação dos cerradões e nos campos limpos, respectivamente, ou em conjunto, formando as fisionomias savânicas ou ecótonos, denominados cerrado *sensu stricto*, campo sujo e campo cerrado (COUTINHO, 1978). Matas de galeria, matas mesófilas, veredas e campos úmidos também podem ocorrer, mas em menor frequência (RATTER et al., 1997; RIBEIRO; BRIDGEWATER, 1997).

As dimensões do Cerrado têm diminuído nas últimas décadas devido às pressões antrópicas pela construção de rodovias, pelo aumento dos perímetros urbanos e, principalmente, pela expansão da fronteira agrícola, através de áreas destinadas ao plantio de grandes culturas (AB'SÁBER, 2003). Cerca de 49% de sua área foi desmatada. Os níveis de desmatamento são bastante variados, por Unidade da Federação, sendo o maior para São Paulo, com cerca de 90% e o menor para Rondônia, com apenas 3% (IBGE, 2012), ainda assim, o Cerrado tem apenas 2,3 % de sua área destinada à proteção integral. Esse processo de devastação é bastante preocupante, por gerar desequilíbrio nos ecossistemas e grande perda da biodiversidade. Já são cerca de 131 espécies da flora do Cerrado ameaçadas de extinção. A atenção do meio científico tem sido atraída pela perda em riqueza e endemismo das espécies vegetais e também pelo potencial de exploração que muitas dessas plantas apresentam.

### 2.1.2 Frutíferas nativas do cerrado

O cerrado *sensu stricto* é a formação vegetal mais comum no cerrado, uma formação do tipo savana, onde convivem gramíneas com espécies lenhosas. Esta formação é a mais rica em espécies nativas frutíferas com interesse para aproveitamento alimentar.

As espécies frutíferas do cerrado apresentam grande potencial para utilização agrícola. Essas pertencem a um grande número de famílias botânicas com gêneros bem diversificados, cujas espécies ostentam frutos variados, quanto ao formato, tamanho, cor e sabor (FERREIRA, 1980). Dentre algumas dessas famílias pode-se citar as anonáceas, anacardiáceas, mirtáceas, apocináceas e cariocaráceas (NAVES, 1999), bem como um número elevado de espécies de palmeiras (GARDNER, 1975; SAINT-HILAIRE, 1975; POHL, 1976).

Algumas espécies frutíferas, nativas ou subespontâneas são: araticum-do-cerrado (*Annona crassiflora* Mart.), araçá (*Psidium cattleianum* Sabine), araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh), guamirim (*Myrcia glabra* (O. Berg) D. Legrand), araçá-roxo (*Psidium myrtoides* O. Berg), bacuri (*Scheelea phalerata* (Mart. ex Spreng) Burret), bacupari (*Rheedia gardneriana* Planch. & Triana), baru (*Dipteryx alata* Vogel), cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), café-de-bugre (*Cordia ecalyculata* Vell.), fruta do lobo (*Solanum lycocarpum* A. St.-Hil), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne), marmelinho (*Diospyros inconstans* Jacq.), pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), goiabeira (*Psidium guajava* L.), gravatás (*Bromeliaceae*), marmeleiro (*Croton alagoensis* Müll. Arg.), jenipapo (*Genipa americana* L.), ingá (*Inga spp.*), mamacadela (*Brosimum gaudichaudii* Trécul), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), cajuzinho do campo (*Anacardium humile* A. St.-Hil.), cajuí (*Anacardium othonianum* Rizz.), pitanga do cerrado (*Eugenia calycina* Cambess.), guapeva (*Fevillea trilobata* L.), veludo-branco (*Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera), coquinho-azedo (*Butia capitata* (Mart.) Becc.) (NAVES, 1999; VIEIRA, 2005).

A forma de consumo desses frutos é muito variada pelas populações locais e esses desempenham, ainda, um papel ecológico primordial nos ecossistemas como fonte de alimentos para fauna (pássaros, roedores, tatus, canídeos etc.) e mesmo para o gado. Os animais agem como dispersores naturais de sementes, podendo-se admitir que o caráter atrativo e alimentício dos frutos resulta de um processo de co-evolução entre plantas e animais, por um longo período de tempo (CHAVES, 2007), atuando como provedores de fluxo gênico das espécies consumidas (AGOSTINI-COSTA et al., 2006).

O aproveitamento das frutas nativas por populações humanas dá-se desde os primórdios da ocupação (BARBOSA, 1996). O consumo dessas, consagrado há milênios pelos índios, foi de suma importância para a sobrevivência dos primeiros desbravadores e colonizadores da região. Através da adaptação e do desenvolvimento de técnicas de beneficiamento desses frutos, o homem elaborou verdadeiros tesouros culinários regionais, tais como licores, doces, geleias, mingaus, bolos, sucos, sorvetes e aperitivos (SILVA et al., 2008). Os frutos têm grande aceitação popular apresentam sabores *sui generis* e elevados teores de açúcares, proteínas, vitaminas e sais minerais (ÁVIDOS; FERREIRA, 2007).

Segundo Agostini-Costa et al. (2006) as fruteiras nativas estão adaptadas aos solos locais e praticamente não necessitam de insumos químicos, apresentando baixo custo de implantação e manutenção de pomar. Além de serem usadas na formação de pomares domésticos e comerciais, as fruteiras nativas do cerrado podem ser utilizadas com sucesso na recuperação de áreas desmatadas ou degradadas; no plantio em parques e jardins; no plantio em áreas acidentadas, para controle de erosão e no plantio de áreas de proteção ambiental. Além dessas características, muitas espécies fazem parte da flora apícola do cerrado e suas folhas e cascas são empregadas na medicina popular (SILVA et al., 2001). Uma grande variedade dessas frutas nativas está sendo comercializada em feiras, nas margens de rodovias, nas Centrais de Abastecimento (CEASA's) e, até mesmo, em redes de hipermercados, com preços competitivos e com grande aceitação pelo consumidor (AGOSTINI-COSTA et al., 2006).

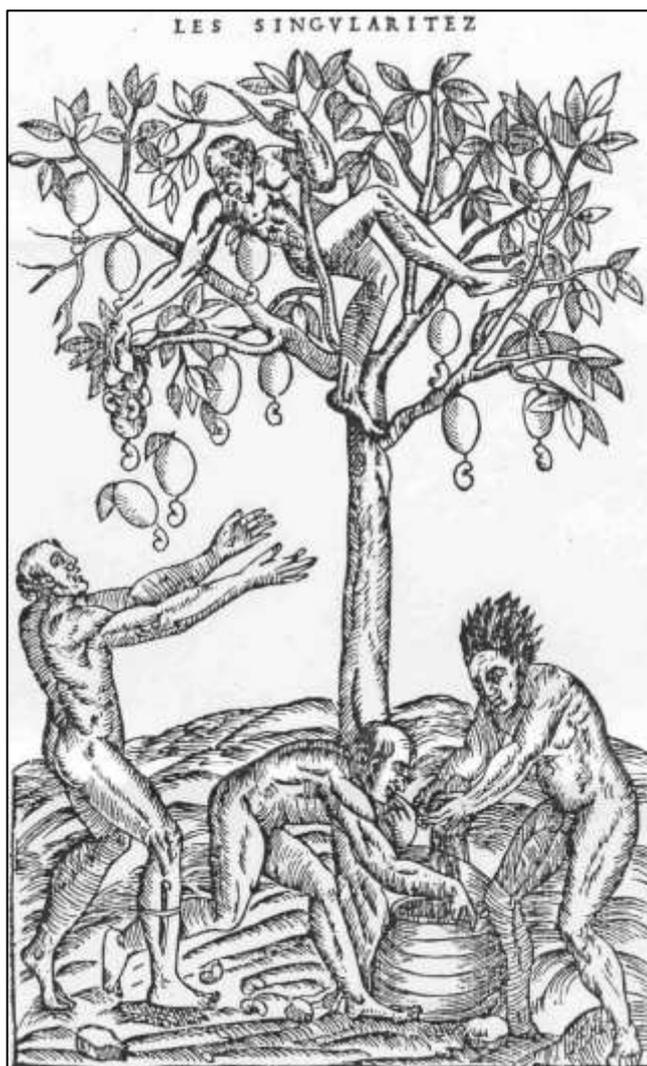
No Norte de Minas Gerais há predomínio do bioma cerrado e hoje se observa a existência de mercado potencial e emergente para as frutas nativas, a ser mais bem explorado pelos agricultores, pois todo o aproveitamento desses frutos tem sido feito de forma extrativista e, muitas vezes, predatória. Devido ao processo acelerado de expansão agrícola no cerrado e à exploração extrativista e predatória, tem-se observado quedas anuais significativas nas safras desses produtos, tornando imprescindível que seu cultivo seja iniciado (SILVA et al., 2008). Se consideradas as comunidades tradicionais que vivem do uso dos produtos do ecossistema para a sobrevivência, é necessário o estabelecimento de planos de manejo adequado para possibilitar o uso dos recursos naturais sem torná-los escassos.

## **2.2 Espécies do gênero *Anacardium***

*Anacardium* (L.) é o gênero tipo da família Anacardiaceae. Esta família é composta por árvores ou arbustos de folhas alternas, coriáceas e sem estípulas, sempre providas de canais resiníferos em seus ramos (FERREIRA, 1973). Vários gêneros são produtores de frutos comestíveis, como *Mangifera* (mangas), *Spondias* (cajás e umbu) e *Anacardium* (cajus), além de outros possuidores de madeira de ótima qualidade como *Astronium* (Gonçalo Alves, aroeiras) e *Schinopsis* (braúna e quebracho) (PESSONI, 2007).

A referência mais antiga do gênero foi feita pelo naturalista francês André de Thevet,

após uma visita pela costa Nordeste e Norte do Brasil (JOHNSON, 1974). É uma ilustração que retrata a colheita de frutos de um cajueiro.



**Figura 1** – Primeiro registro conhecido do gênero *Anacardium*, representando a colheita de frutos. Feita pelo naturalista francês André de Thevet (1558).

De acordo com Mitchell e Mori (1987), *Anacardium* é um pequeno gênero de árvores, arbustos e subarbustos nativos neotrópicos. Esse apresenta um pequeno número de espécies, todas elas originárias das Américas Central e do Sul, à exceção do *Anacardium encardium*, provavelmente procedente da Malásia. Pela taxonomia clássica são reconhecidas entre 21 e 22 espécies de *Anacardium* (FERREIRA, 1973; BARROS, 1995; FERRÃO, 1995). Entretanto, Mitchell e Mori (1987) reconheceram a existência de dez espécies apenas, baseados em dados de coleções de diversos herbários e trabalho realizados no Panamá, Guiana Francesa, Amazônia e regiões Nordeste e Centro Oeste do Brasil. Das 22 espécies relacionadas, apenas quatro não são encontradas vegetando naturalmente no Brasil (LIMA, 1988). No entanto, a identificação das espécies não é nada fácil, além de que algumas delas inter cruzam (GRANDO, 2009).

A distribuição natural do gênero *Anacardium* estende-se desde Honduras, na América Central, até o sul do Paraná e leste do Paraguai. Nenhuma espécie ocorre a oeste da cordilheira andina, na América do Sul, à exceção de *A. excelsum* (MITCHELL; MORI, 1987). Segundo os mesmos autores este gênero possui dois centros de diversidade: um centro localizado na Amazônia Central, ilustrado pela ocorrência de 4 espécies nas cercanias de Manaus (*A. giganteum*, *A. spruceanum*, *A. parvifolium* e *A. microsepalum*) e um centro localizado no Planalto Central do Brasil, onde três espécies correlatas ocupam o mesmo habitat (*A. humile*, *A. nanum*, *A. cobrybosum*).

Segundo Barros (1995), em termos de comportamento ecológico, as espécies de *Anacardium* que ocorrem no Brasil dividem-se em espécies do Cerrado e espécies da Amazônia. As espécies de floresta são constituídas por árvores do dossel ou emergentes (*A. excelsum*, *A. giganteum*, *A. microsepalum*, *A. parvifolium* e *A. spruceanum*). As que ocorrem no cerrado, em geral, apresentam porte menor (arbustivas), sendo que as da mata são de porte alto (MITCHELL; MORI, 1987).

A espécie de maior importância é a *A. occidentale*, sendo a única do gênero cultivada comercialmente no Brasil, principalmente na região Nordeste. De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003), esse responde por mais de 95% da produção nacional. As outras espécies são exploradas unicamente por meio do extrativismo.

### 2.2.1 Aspectos morfológicos e de biologia reprodutiva

As plantas são arbustos ou subarbustos, perenifólios; ramos inermes, eretos ou semipendentes; sistema caulinar subterrâneo bem desenvolvido nas espécies geoxílicas campestres. Apresentam folhas simples, adensadas em direção ao ápice, cartáceas ou coriáceas, pecioladas, margem inteira, ondulada, base assimétrica, venação broquidródoma ou cladódroma, face adaxial com nervuras planas ou impressas, às vezes proeminentes, face abaxial com nervuras geralmente proeminentes, domácias nas axilas das nervuras secundárias de face abaxial (LUZ, 2011).

As flores das espécies de *Anacardium* são reunidas em inflorescências terminais ou axilares, formando panículas esparsas ou densas, com flores estaminadas e hermafroditas. As flores bissexuadas apresentam cálice imbricado, com cinco sépalas lanceoladas ou ovais, corola pentâmera, campanulada ou cilíndrica, imbricada na pré-floração e reflexa na antese, geralmente apresentando cor avermelhada ou rósea na parte interna ou superior (FERREIRA, 1973; MITCHELL e MORI, 1987). As características morfológicas das flores contribuíram de modo efetivo para a determinação das espécies do gênero *Anacardium* conhecidas (BARROS, 1988).

Os pedicelos das flores bissexuadas desse gênero, uma vez fertilizadas, aumentam de tamanho, formando o pedúnculo suculento denominado genericamente de caju. A “frutificação dupla” é uma característica do gênero e essa é constituída pela combinação do desenvolvimento do fruto verdadeiro constituído por uma drupa rígida e o pedúnculo suculento. Os dois componentes desta frutificação apresentam diferentes taxas de desenvolvimento. A drupa (castanha) alcança a maturação primeiro que o pedicelo. O desenvolvimento do pedicelo é caracterizado pelo crescimento inicial no comprimento, seguido pelo aumento no diâmetro, na medida em que se torna mais suculento. No processo de maturação o pedúnculo gradualmente perde o sabor adstringente através da conversão de taninos livres em formas insolúveis. A cor vermelha brilhante, frequente nos pedúnculos de

várias espécies, é resultante da acumulação de antocianinas nas camadas subepidérmicas (MITCHELL; MORI, 1987).

No planalto central brasileiro existem três espécies simpátricas que florescem no mesmo período, são elas: *A. othonianum*, *A. humile* e *A. nanum*. Essas apresentam as flores virtualmente idênticas em morfologia e, ainda os mesmos tipos de vetores para polinização, que são abelhas e borboletas (MITCHELL; MORI, 1987). Os mesmos autores relatam que parece haver poucas barreiras extrínsecas ao cruzamento entre elas, o que explicaria a existência de indivíduos nas populações naturais que apresentam características intermediárias entre as espécies.

A dispersão das sementes se dá em geral por meio de animais, sendo que os morcegos frugívoros são os principais agentes dispersores das espécies de *Anacardium* que apresentam pedúnculo carnoso e suculento (JOHNSON, 1974; MITCHELL; MORI, 1987). Sabe-se ainda que a castanha e o pedúnculo juntos flutuam em água, o que possibilita a dispersão das espécies também pelos rios (JOHNSON, 1974). Outro fator relevante é a distribuição e dispersão atual de *A. occidentale* é resultante, em grande parte, de atividades antrópicas desde o período pré-colombiano (MITCHELL; MORI, 1987).

## 2.2.2 Descrição de algumas espécies do gênero *Anacardium*

### a) *Anacardium humile* St. Hilaire

Essa espécie é conhecida como cajuí, caju-do-campo, caju-do-cerrado, cajuzinho-do-cerrado, caju-mirim, cajuzinho-do-mato e caju-anão. (HOEHNE, 1946; MITCHELL; MORI, 1987; ALMEIDA et al. 1998; SILVA, 2001). Sinonímias botânicas são *A. humile* Martius; *Monodynamus humilis* Pohl; *A. pumilum* St. Hilaire; *A. subterraneum* Liais (MITCHELL; MORI, 1987).

À primeira vista é uma planta pequena, de até 40 cm de altura, com folhas coriáceas e inflorescência terminal; no entanto, sua forma de vida é caméfito, caracterizando-se por apresentar estruturas arbóreas aéreas com estruturas de vida subterrânea (LÓPEZ-NARANJO, 1975; LORENZI, 2006). Caracteriza-se por vários ramos eretos com base num xilopódio (caule subterrâneo) desenvolvido (FERREIRA, 1973).

É uma planta nativa do Brasil, ocorrendo no Piauí, em Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo, mas principalmente no Planalto Central (NAVES, 1999). Ocorre, ainda, na região de Santa Cruz na Bolívia, região oriental do Paraguai, sudeste de Rondônia e sul do Paraná (RIBEIRO et al., 1986; MITCHELL; MORI, 1987). Habita o cerrado e o campo rupestre (MENDONÇA et al., 1998).

O *A. humile* floresce entre os meses de julho e setembro e são polinizados por abelhas (LORENZI, 2006), sendo *Apis mellifera* a principal espécie, embora Barbosa (1997) tenha classificado que a polinização é realizada por insetos pequenos, que incluem, além de abelhas, pequenos besouros, moscas, vespas e borboletas. A dispersão zoocórica é realizada principalmente por canídeos silvestres neotropicais nos períodos secos do ano, uma vez que a escassez de água no inverno diminui a disponibilidade de animais na dieta dos mesmos (DALPONTE; LIMA, 1999; BUENO et al., 2002).

O pedicelo (pseudofruto) do fruto é tuberizado, desenvolvido, carnosos, suculento de sabor ácido, cônico ou piriforme de cor avermelhada ou amarelada quando maduro. O fruto é uma drupa reniforme de cor cinza ou marrom na maturidade (FERREIRA, 1973; MITCHELL; MORI, 1987).

Do ponto de vista ecológico, o *A. humile* está em vantagem competitiva em relação à maioria dos subarbustos, arbustos e árvores baixas dos cerrados do Brasil Central, por apresentar raízes profundas e por ser subterrânea a maior parte da biomassa caulinar (AGOSTINI-COSTA et al., 2006). Por essas mesmas características está entre as espécies melhor protegidas contra seca e fogo (LÓPEZ-NARANJO; PERNIA, 1990). Apresenta a característica de desenvolver-se formando espaços entre esta espécie e outras espécies que se desenvolvem ao seu redor, o que sugere a presença de agentes alelopáticos nos extratos aquosos de caules e folhas (PERIOTO, 2003).

b) *Anacardium nanum* St. Hilaire

Popularmente conhecida como cajuzinho e caju-rasteiro. Sinonímia botânica para essa espécie é *A. pumila* Walpers (MITCHELL; MORI, 1987). É um subarbusto de caule tortuoso, rasteiro e subterrâneo com dispersão pelo Distrito Federal, região central de Goiás, Minas Gerais até São Paulo (FERREIRA, 1973; MITCHELL; MORI, 1987; MENDONÇA et al., 1998).

Pode medir de 30 a 150 cm de altura, com tronco subterrâneo de 35-65 cm de diâmetro, com ramificações laterais mais frágeis. Acima do solo o pecíolo é rígido, ramificado ou não. As folhas frequentemente são sésseis, coriáceas, pubescentes a vilosas abaxialmente, glabras e puberosas adaxialmente, base geralmente auriculata e assimétrica (MITCHELL; MORI, 1987).

O *A. nanum* floresce entre os meses de maio a agosto e é polinizado por abelhas e borboletas (MITCHELL; MORI, 1987).

c) *Anacardium corymbosum* Barbosa Rodrigues

Apresenta-se como uma espécie subarbutiva, endêmica com ocorrência restrita no estado do Mato Grosso, mas é abundante na região. Também é conhecida como caju rasteiro e cajuzinho. Habita regiões de campo e cerrado (MITCHELL; MORI, 1987; MENDONÇA et al. 1998). É frequente a associação dessa espécie com o *A. humile* (MITCHELL; MORI, 1987).

O *A. corymbosum* Barb. Rod. é um subarbusto que pode medir entre 50 a 150 cm. Apresenta tronco subterrâneo e ramificações adjacentes rígidas. Floresce no período de junho a outubro e apresenta hipocarpo obcônico a piriforme de coloração vermelha, seu fruto é uma drupa sub-reniforme de coloração marrom escura na maturidade. Seus frutos são consumidos por mamíferos e pássaros da região (MITCHELL; MORI, 1987).

d) *Anacardium amilcarianum* O. March.

Nativa do Brasil Central, habitando a Ilha do Bananal, arbusto de aproximadamente cinco metros de altura (MACHADO, 1949 citado por NAVES, 1999).

e) *Anacardium curatellifolium* St. Hilaire

Espécie nativa do Planalto Central do Central, habitando, de preferência solos lateríticos, forma troncos grossos, curtos e tortuosos (RIZINI, 1969).

### **2.3 Cajuí (*Anacardium othonianum* Rizzini)**

O *Anacardium othonianum* Rizz. é popularmente conhecido como cajuí, cajuzinho-do-campo, cajuzinho-do-cerrado ou cajuzinho-de-árvore-do-cerrado, é uma árvore frutífera rústica, de ocorrência natural no cerrado brasileiro. Esta espécie é típica dos cerrados do Planalto Central do Brasil, dispersa pelo Distrito Federal e Goiás, onde é bastante conhecida e apreciada, sendo o principal cajueiro de importância econômica para a região (AGOSTINI-COSTA et al., 2006).

O cajuí distingue-se das demais espécies da região por apresentar porte arbóreo. Seu nome é uma homenagem ao Dr. Othon Xavier de Brito Machado, primeiro botânico a descrever um cajueiro arbóreo do cerrado (RIZINI, 1969).

A árvore de cajuí é considerada de porte médio, apresentando de 3 m a 6 m de altura e tronco com 20 cm a 40 cm de diâmetro (Figura 2). No cerrado goiano foi observada a presença de plantas adultas com altura variando entre 0,90 m e 7,60 m, com média de 2,75 m (NAVES, 1999). Os ramos são crassos, sulcados e ferruginosos. As folhas são alternas, elípticas, de ápice obtuso a emarginado, com base subcordada, crassas, coriácea, glabras, com 12 cm a 17 cm de comprimento por 8 cm a 11 cm de largura e pecíolo de 4 mm a 8 mm de comprimento. As flores estão reunidas em panículas amplas mais ou menos corimbosas variando de 15 cm a 25 cm de diâmetro, apresenta flores hermafroditas e unissexuais, sendo que as masculinas aparecem no início da floração e as hermafroditas no fim. As brácteas são foliosas, pilosas e as pétalas são estreitas, alongadas, avermelhadas e extremamente pubérrulas. O ovário é oblíquo, com estigma puntiforme, e os estames, em número de oito, são crescidos na base. O fruto verdadeiro é uma núcula reniforme, com pericarpo duro e seco, de cor parda, alcançando o seu tamanho final antes mesmo do pedicelo se tornar espessado e modificado na forma de uma baga (BARROSO et al., 1999). O fruto tem 1,5 cm a 2,0 cm de comprimento por 1,2 cm a 1,5 cm de largura, profundamente escavado na parte central. O pedúnculo (pseudofruto) é de cor avermelhada, com 3 cm a 4 cm de comprimento, sucoso e ácido (RIZZINI, 1969).



**Figura 2** – (A) Árvore de cajuí. (B) Inflorescência de cajuí. (C) Frutos verdes de cajuí. (D) Frutos de cajuí.

Esta espécie é bastante produtiva, floresce de setembro a outubro e frutifica em novembro. Os frutos, entre 200 e 600 por planta, pesam entre 5 e 10 g e são colhidos a partir do segundo ou terceiro ano de produção. As flores são polinizadas por abelhas e vespas (MENDONÇA et al., 1998). Suas sementes germinam com facilidade e suas folhas, entretanto, apresentam-se bastante atacadas por fungos (FERREIRA, 1973).

O cajuí apresenta uma distribuição restrita, com maior presença no cerrado e menor no cerradão, ocorrendo principalmente em litossolos, e ou em solos com concreções ou cascalho. Os cajueiros apresentaram maior densidade populacional com o aumento da acidez do solo, e plantas mais desenvolvidas (maior área basal do tronco) com a diminuição da saturação em alumínio (NAVES, 1999). O mesmo autor observou que essa espécie tolera bem os períodos de secas e os solos pobres com pH entre 4,5 e 6,5 e que a preferência desta espécie por ambientes concrecionários, muitas vezes associados aos solos com maiores declividades, faz com que tenha elevado potencial para exploração, preservação e manejo de grandes áreas do cerrado.

O cajuí é bastante explorado na sua região de ocorrência, sua polpa, obtida dos pedúnculos maduros, apesar da elevada acidez, é consumida “in natura” ou na forma de sucos, licores, compotas, doces, geléias, passas, vinhos e aguardentes. Pedúnculos verdes servem de acompanhamento para pratos de peixes, camarão e carnes. A castanha torrada é consumida com sal ou, se moída, entra como ingrediente em vários pratos da cozinha brasileira (FERREIRA, 1973; SILVA et al., 1994). O uso medicinal popular do cajuí abrange praticamente todas as partes da planta. O chá da raiz é purgativo; mas também é usado para tratar diabetes e reumatismo quando macerado em vinho (HIRSCHMANN; ARIAS, 1990; ALMEIDA et al., 1998). A casca é estimulante e usada também como gargarejo para inflamação da garganta. As folhas e a casca são empregadas no combate à diarreia e como expectorante (FERREIRA, 1980; PINTO, 1993; ALMEIDA et al., 1998). A casca fornece

tinta e ainda é usada em curtumes devido à grande quantidade de tanino (ALMEIDA et al., 1998).

Mitchell e Mori (1987) consideraram essa espécie como membro do ecótipo de *A. occidentale*, circunscrito na região dos cerrados e caracterizado por apresentar folhas mais coriáceas, onduladas e subsésseis, assim como pseudofruto menor e mais ácido que o ecótipo das áreas de restingas. Entretanto, acadêmicos e pesquisadores da região Centro-oeste tratam como espécie e sugerem que estudos futuros mais aprofundados na área da botânica poderão esclarecer melhor as dúvidas com relação à autenticidade ou não da espécie (AGOSTINI-COSTA et al., 2006).

## 2.4 Análises da Diversidade genética

A quantidade de variação genética presente numa população ou espécie, em consequência de processos evolutivos, corresponde à diversidade genética (IBPGR, 1991), cuja importância para a agricultura começa na conservação e aumenta com a sua utilização em programas de melhoramento para diferentes propósitos.

O nível de diversidade genética é influenciado pelos fatores que afetam a frequência alélica em populações de acasalamentos ao acaso e são derivados de processos evolutivos. Sem essas alterações evolutivas não haveria nenhuma adaptação para adversidades das condições ambientais e nenhuma seleção natural poderia ter ocorrido (OKIGBO, 1992). Assim, a dinâmica de mudanças das propriedades genéticas de populações naturais é regulada por vários acontecimentos imperceptíveis em curto espaço de tempo, mas com efeitos marcantes ao longo de muitas gerações.

Estudos sobre diversidade genética são utilizados em programas de melhoramento que objetivam a identificação de genitores, ou mesmo a identificação de combinações promissoras e que possibilitem maior efeito heterótico na progênie (OLIVEIRA et al., 1999; ARAÚJO et al., 2002). Esse efeito consiste no alto desempenho alcançado pelo cruzamento de linhagens que possuem boa capacidade combinatória, em geral resultando em aumento do rendimento (ALLARD, 1971). A comunidade científica, ultimamente, também tem se preocupado com a estrutura genética de populações naturais. Esse tipo de trabalho é fundamental para conhecer como as populações de plantas estão estruturadas e a partir daí estabelecer planos de conservação e manejo apropriados, buscando assegurar a preservação das espécies e do ecossistema. Esses estudos ainda são importantes na identificação de populações e locais de coleta de germoplasma com elevada diversidade e, em estudos de evolução, permitem melhor compreensão das relações filogenéticas entre espécies (PERECIN, 2000).

Nas análises de diversidade genética empregam-se diferentes técnicas estatísticas que permitem obter inferências mais precisas sobre grande número de genótipos e características (MARTINELLO et al., 2001). Técnicas analíticas multivariadas permitem a manipulação simultânea de múltiplas medidas, tomadas de cada indivíduo sob investigação e são amplamente utilizadas em estudos de diversidade, independente do tipo de dados analisados, sejam eles bioquímicos, morfológicos ou marcadores moleculares (MOHAMMADI e PRASAMA, 2003). Entre os algoritmos principais destacam-se as análises de componentes principais, análise discriminante e análises de agrupamento (PESSONI, 2007).

### 2.4.1 Análises de Componentes principais

A análise de componentes principais é uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais (VARELLA, 2008). É um método que tem por finalidade básica a análise dos dados visando sua redução, eliminação de sobreposições e a escolha de formas mais representativas de dados a partir de combinações lineares de variáveis originais. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados (VARELLA, 2008). Esta ortogonalidade ou ausência de correlação entre os índices é uma propriedade desejável porque indica que eles estão medindo diferentes “dimensões” dos dados (MANLY, 1998).

Esta técnica pode ser utilizada para geração de índices e agrupamento de indivíduos. A análise agrupa os indivíduos de uma população segundo a variação de suas características (VARELLA, 2008).

O método dos componentes principais é, do ponto de vista estatístico, utilizado para encontrar combinações lineares com grande variância, considerando que em muitos estudos exploratórios o número de variáveis disponíveis é muito elevado e o principal interesse do pesquisador se concentra nos desvios das observações (ANDERSON, 1984). Ainda segundo Anderson (1984), uma maneira de reduzir o número de variáveis a serem manipuladas é descartar combinações lineares que apresentem baixa variância, mantendo somente aquelas com variância elevada. Também é buscada uma ordenação decrescente da grandeza destes índices de tal forma que o componente 1, retenha o máximo de variabilidade disponível, o componente 2 o máximo da variabilidade restante disponível e assim por diante (MANLY, 1998; CRUZ; CARNEIRO, 2003).

A expectativa de uma análise de componentes principais é que a maior parte da variação dos dados possa ser descrita adequadamente por poucos componentes, enquanto as variâncias dos componentes remanescentes sejam tão baixas que possam ser negligenciadas (MANLY, 1998). Neste sentido, a análise busca algumas poucas combinações lineares que possam ser utilizadas para descrever os dados, de modo que a perda de informação seja a menor possível. Esta tentativa de redução da dimensionalidade pode ser qualificada como “redução parcimoniosa” dos dados (MARDIA et al., 1997).

É importante ressaltar que a análise de componentes principais nem sempre apresenta o objetivo de redução de variáveis originais em um número inferior de variáveis transformadas. Os melhores resultados são obtidos quando as variáveis originais são altamente correlacionadas, seja positiva ou negativamente. Neste caso, a análise de componentes principais será importante em estabelecer medidas relacionadas com as dimensões implícitas nos dados assim como apontar redundância de informações contidas nas variáveis originais, com muitas delas medindo coisas semelhantes (MANLY, 1998).

A técnica de componentes principais apresenta, como outro aspecto importante, a possibilidade de avaliar a contribuição relativa de cada uma das variáveis originais na divergência das entidades sob avaliação.

## 2.4.2 Análises de agrupamento

A análise de agrupamento é uma técnica multivariada que tem por objetivo proporcionar uma ou várias partições na massa de dados, em grupos, por algum critério de classificação, de tal forma que exista homogeneidade dentro e heterogeneidade entre grupos (SNEATH; SOKAL, 1973; MARDIA et al., 1997). Em estudos envolvendo grande quantidade de genótipos torna-se impraticável o reconhecimento e limitação visual dos indivíduos que estabelecem algum tipo de relação de similaridade (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Portanto, utilizam-se os métodos de agrupamento, os quais devem ser criteriosamente analisados, pois propiciam diferentes resultados. Assim, indivíduos com descrições similares são matematicamente alocados no mesmo grupo. Os grupos resultantes devem então exibir elevada homogeneidade interna e alta heterogeneidade externa (entre grupos). Por isso, se a classificação for bem sucedida, espera-se que os indivíduos dentro de um grupo formem aglomerados quando plotados geometricamente e, simultaneamente, se distanciem dos aglomerados formados pelos indivíduos de outros grupos (PESSONI, 2007).

Vários são os tipos de técnicas de agrupamento encontradas na literatura (JOHNSON; WICHERN, 1992; CRUZ; REGAZZI, 1994; MARDIA et al., 1997). Entretanto, de acordo com Mohammadi e Prasanna (2003), existem dois tipos básicos de métodos de agrupamento: métodos baseados em modelos e métodos baseados em distâncias.

Nos métodos baseados em modelos se assume que as observações de cada grupo constituem amostras aleatórias de algum modelo paramétrico particular. Inferências a respeito dos parâmetros de cada grupo, assim como dos membros dos grupos são estimados conjuntamente, utilizando métodos estatísticos padrões tais como máxima verossimilhança ou métodos Bayesianos.

Os métodos baseados em distâncias são os mais frequentemente utilizados. Nesses uma matriz de distâncias entre os indivíduos é utilizada como entrada de dados, na análise realizada por meio de um algoritmo de agrupamento específico. Este tipo de método conduz a uma representação gráfica (tais como árvore ou dendograma) que permite identificação visual dos grupos. Os métodos de distância podem ser divididos em duas categorias: hierárquicos e não hierárquicos. Nos hierárquicos os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, caracterizando-se pelo estabelecimento do dendograma ou diagrama de árvore (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Entre os métodos hierárquicos destacam-se o UPGMA (Unweighted Paired Group Method using Arithmetic Averages) de Sneath e Sokal (1973) e o método da variância mínima de Ward (WARD, 1963).

Os procedimentos de agrupamento não-hierárquicos são também chamados de “agrupamento de k-médias”. Esse não envolvem a construção de árvores ou dendogramas e raramente é utilizado em análises de diversidade intra-específica, já que dificilmente se dispõe de informação *a priori* sobre o número ótimo de grupos necessário para uma alocação acurada dos indivíduos (MOHAMMADI; PRASANNA, 2003).

### 2.4.3 Algumas medidas de distância

Diversos coeficientes ou índices de dissimilaridades têm sido propostos para expressar a distância entre amostras e populações (CRUZ; CARNEIRO, 2003). A seguir, estão apresentados alguns coeficientes de similaridade utilizados para estabelecer o conceito de distância entre objetos.

#### a) *Distância Euclidiana*

A distância euclidiana é, sem dúvida, a medida de distância mais utilizada para a análise de agrupamentos. Considerando o caso mais simples, no qual existem  $n$  indivíduos, onde cada um dos quais possuem valores para  $p$  variáveis, a distância euclidiana entre eles é obtida mediante o teorema de Pitágoras, para um espaço multidimensional (VICINI, 2005).

Quando estimada a partir das variáveis originais, a distância euclidiana apresenta a inconveniência de ser influenciada pela escala de medida, pelo número de variáveis e pela correlação existente entre as mesmas (MANLY, 1986). É recomendável a padronização das variáveis antes de se obter o valor da distância euclidiana, devido aos dados não apresentarem, normalmente, o mesmo padrão de medidas, sendo assim os dados passarão a apresentar a variância igual à unidade.

Considerando dois indivíduos  $i$  e  $i'$ , a distância entre eles é dada por:

$$d_{ii'} = \left[ \sum_{j=1}^p (X_{ij} - X_{i'j})^2 \right]^{1/2}$$

#### b) *Distância euclidiana média*

A distância euclidiana cresce à medida que cresce o número de variáveis. Uma maneira de eliminar o efeito do número de variáveis é utilizando a distância euclidiana média. De acordo com Vicini (2005), a distância entre dois agrupamentos é obtida pela média das distâncias, sendo possível encontrar o valor da distância por meio da média aritmética. Assim, a distância entre cada conglomerado tem o mesmo peso.

A distância euclidiana média é dada por:

$$d_{ij'} = \left[ \frac{1}{v} \sum_{j=1}^p (X_{ij} - X_{i'j'})^2 \right]^{1/2}$$

c) *Distância de Mahalanobis ( $D^2$ )*

A distância de Mahalanobis tem sido muito utilizada nas análises envolvendo variáveis contínuas (OLIVEIRA et al., 1999; MARTINELLO et al., 2001). Este método apresenta a vantagem de estar relacionado ao uso de variâncias e co-variâncias residuais dependentes dos dados experimentais, que permitem a obtenção da matriz de dispersão residual (CRUZ ; CARNEIRO, 2003).

Conforme Cruz (1990), a distância de Mahalanobis, considera a variabilidade de cada unidade amostral, sendo recomendada para dados provenientes de delineamento experimentais, e, principalmente, quando as variáveis são correlacionadas. Quando as correlações entre as variáveis forem nulas, consideram-se as variáveis padronizadas, e a distância de Mahalanobis é equivalente à distância euclidiana.

De acordo com Vicini (2005), a forma mais simples de explicar como obter tal medida é a forma matricial, sendo que essa medida entre duas unidades amostrais (tratamentos, indivíduos, populações),  $i$  e  $i'$ , é fornecida pela notação:

$$D_{ii'}^2 = (\vec{X}_i - \vec{X}_{i'}) S^{-1} (\vec{X}_i - \vec{X}_{i'})$$

Onde :

- $\vec{X}_i = [\bar{X}_{i1}, \bar{X}_{i2}, \dots, \bar{X}_{ip}]$
- $\vec{X}_{i'} = [\bar{X}_{i'1}, \bar{X}_{i'2}, \dots, \bar{X}_{i'p}]$
- $\vec{X}_i$  e  $\vec{X}_{i'}$  = vetores p-dimensionais de médias  $i$
- $i \neq i'$  e  $i, i' = 1, 2, \dots, n$ .
- S = matriz de dispersão amostral

A matriz de dispersão amostral é comum a todas as unidades que, no caso de delineamentos experimentais, trata-se da matriz de variâncias e covariâncias residuais.

d) *Distâncias a partir de dados binários e variáveis multicategóricas*

Encontram-se na literatura diversos coeficientes propostos na determinação das distâncias a partir de dados binários, como: Coincidência simples, Sokal e Sneath, Rogers e Tanimoto, Russel e Rao, Jaccard, Sorenson, Distribuição binária de Sokal, Ochiai, Baroni-Urbani-Buser, Nei e Li, Haman, Yuli, Ochiai II, entre outros. De acordo com Cruz e Carneiro (2003) os mais utilizados são o coeficiente de coincidência simples, Nei e Li e Jaccard.

O coeficiente de coincidência, embora seja idêntico ao quadrado da distância euclidiana média, apresenta a desvantagem de considerar o fator de similaridade de coincidência do tipo (0-0), categoria ausente nos dois genótipos. Nos índices de Jaccard e de Nei e Li são excluídos esse tipo de coincidência e considerados apenas a coincidência do tipo (1-1), presença da categoria em ambos os genótipos. O coeficiente de Nei e Li difere de Jaccard por considerar que a coincidência do tipo (1-1) seja menos esperada (KAMADA, 2006).

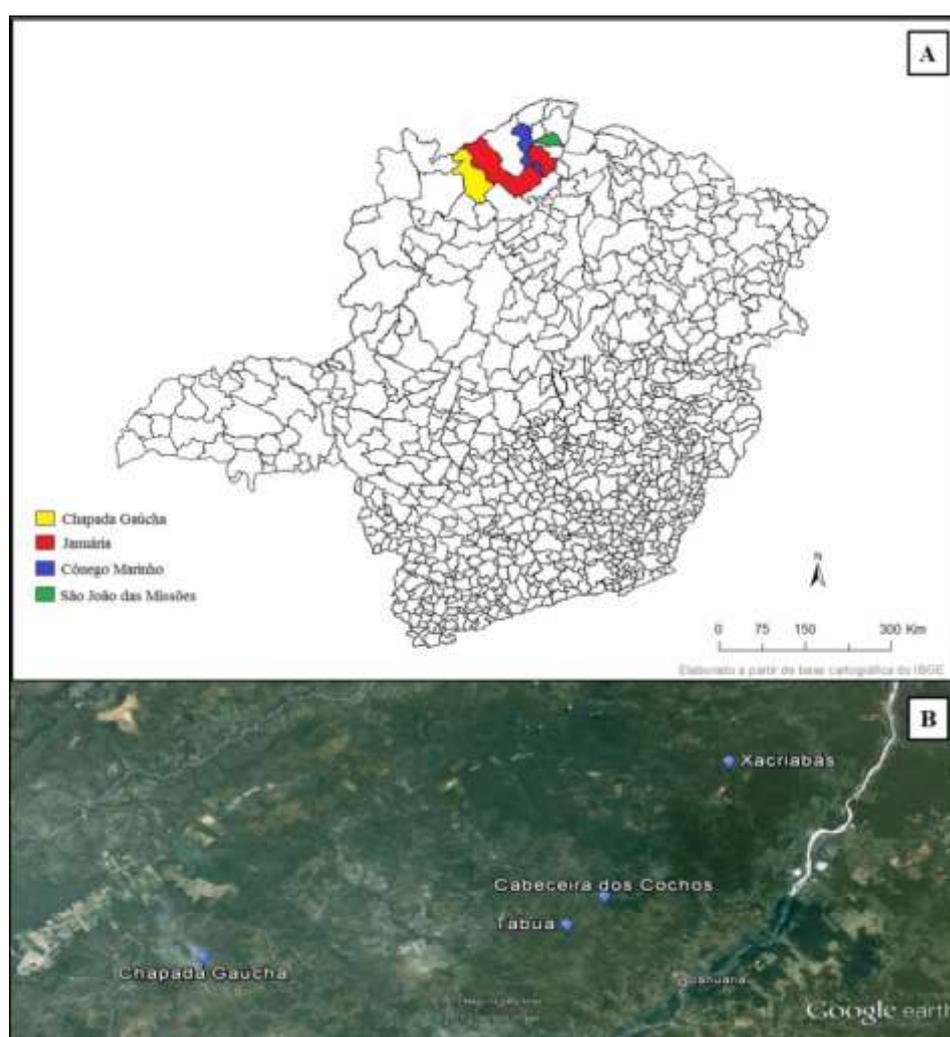
Em trabalhos de diversidade de populações naturais da mesma espécie geralmente é recomendado o uso do coeficiente de Nei e Li por esperar-se que a frequência de coincidências do tipo 1-1 seja baixa, portanto esse coeficiente é indicado para estudos que apresentem essa característica. O índice Jaccard, por outro lado, será recomendado em populações onde a coincidência de ocorrência do tipo 1-1 pode ser admitida como fenômeno esperado, a exemplo de avaliações de genótipos de determinada variedade agrônômica (KAMADA, 2006).

Para variáveis multicategóricas usa-se o índice de similaridade, em que determinado valor expressa a porcentagem de coincidência de similaridade considerando os vários caracteres analisados. Assim, obtém-se a matriz de dissimilaridade a partir desses índices para posterior realização das análises de agrupamento. Esses índices são utilizados mediante a sua conversão em dados binários. Os caracteres cujos fenótipos são quantificados pela atribuição de valores às suas classes fenotípicas, ou comumente denominados caracteres qualitativos, recebem notas ou valores (0, 1, 2, 3, ...) conforme os critérios determinados pelo pesquisador (CRUZ; CARNEIRO, 2003). As categorias ou classes fenotípicas de um caráter são, então, convertidas em informações do tipo ausência (0) ou presença (1) em relação a todas as categorias e genótipos (KAMADA, 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Áreas de pesquisa

As informações utilizadas para esse estudo foram obtidas em 120 plantas de cajuí distribuídas em quatro diferentes populações na região Norte do estado de Minas Gerais, nas comunidades rurais dos municípios de Cônego Marinho (Cabeceira dos Cochos), Januária (Tabua), Chapada Gaúcha e São João das Missões (Xacriabás) (Figura 3). Para definição das áreas a serem estudadas fez-se uma ampla pesquisa para que as populações ficassem mais representativas e uniformemente distribuídas na região. Definiu-se uma distância mínima de 10 km entre as áreas (Tabela 1).



**Figura 3** – (A) Mapa do Estado de Minas Gerais com a distribuição dos pontos de coleta de dados de *Anacardium othonianum* Rizz. (B) Imagem de satélite das áreas de estudo identificadas com o nome das regiões de coleta.

As áreas de coleta foram identificadas com o nome da comunidade local e algumas características das regiões dos municípios em que se encontram seguem abaixo:

- a) *Comunidade Rural de Tabua*: localiza-se na zona rural do município de **Januária**, que se encontra a 603 km da capital do estado, Belo Horizonte. Sua localização corresponde às coordenadas 15° 22' S e 44° 37' W, com altitude máxima de 794 m (Morro do Itapiraçaba) e mínima de 444 m (Foz do Rio Peruaçu) acima do nível do mar. A vegetação predominante é a de cerrado, apresentando algumas áreas de transição para caatinga, além de áreas de veredas. Na área da Comunidade de Tabua encontra-se um cerrado em fase de regeneração. As chuvas são escassas, irregulares e concentradas no verão. A temperatura média anual é de 25°, com máxima de 32° C e mínima de 18°.
- b) *Comunidade Rural Cabeceira dos Cochos*: encontra-se na região do município de **Cônego Marinho** a uma distância de 634 km de Belo Horizonte. Sua localização corresponde às coordenadas 15° 17' S e 44° 24' W. O ponto mais alto da cidade é 640 m acima do nível do mar. As características da vegetação e climáticas assemelham-se às condições de Januária. A região de coleta de dados também se encontra em uma área de cerrado em regeneração.
- c) *Chapada Gaúcha*: o município de **Chapada Gaúcha** está localizado na região noroeste do estado e encontra-se a aproximadamente 531 km da capital. Sua localização corresponde às coordenadas 15° 27' S e 45° 23' W. Apresenta duas estações climáticas bem definidas, uma seca e uma chuvosa, sendo que nos últimos 5 anos apresentou uma precipitação média de aproximadamente 955 mm. A temperatura média anual é de 23° C. A área de coleta de dados é próxima à comunidade de Morro do Fogo que se encontra em região avizinhada a Reserva de Serra das Araras, porém ainda sofre com as atividades antrópicas.
- d) *Reserva Indígena Xacriabás*: encontra-se no município **São João das Missões** e se concentra em uma área de 53,4 mil hectares, que corresponde a aproximadamente 78% da superfície total da municipalidade. Situa-se na micro-região do Vale do Peruaçu (Alto Médio São Francisco) e fica a uma distância de 663 km da capital do estado. A sede do município fica a uma altitude de 480 m com relação ao nível do mar e corresponde às coordenadas 14° 53' S 44° 05' W. O clima é quente e seco, com chuvas concentradas no verão e seca no inverno. A vegetação predominante é típica de cerrado com algumas áreas mescladas de caatinga. A área de coleta encontra-se mais conservada sendo observada uma maior densidade de espécies que nas demais.

**Tabela 1** – Distância aproximada entre as quatro áreas de coleta de dados de plantas de cajuí no Norte de Minas Gerais.

<b>Regiões</b>	<b>Chapada Gaúcha</b>	<b>Tabua</b>	<b>Xacriabás</b>
<b>Cabeceira dos Cochos</b>	96 km	14 km	50 km
<b>Chapada Gaúcha</b>		84 km	135 km
<b>Tabua</b>			61 km

### 3.2 Coleta de dados

Os caracteres foram avaliados no mês de outubro de 2011 (período de produção da planta) e no mês de junho de 2012. As plantas foram selecionadas aleatoriamente respeitando-se uma distância mínima de 30 m entre elas.

Os frutos foram coletados maduros e foram conservados em caixas de isopor para avaliação posterior à visita.

#### 3.2.1 Caracteres quantitativos

Baseado na lista de descritores do cajueiro estabelecida pelo IBPGRF (1986), quatorze características quantitativas foram empregadas no estudo. As variáveis utilizadas foram referentes ao porte da planta, pedúnculo e castanha, conforme relação a seguir:

- a) Altura máxima da planta (ALT), em metros;
- b) Diâmetro médio do caule a 10 cm do solo (DCA), em centímetros;
- c) Diâmetro médio da copa (DCO), considerando a média dos eixos Norte-Sul e Leste-Oeste, em metros;
- d) Comprimento do pedúnculo (CPE), em centímetros;
- e) Diâmetro da base do pedúnculo (DBP), em centímetros;
- f) Diâmetro do ápice do pedúnculo (DAP), em centímetros;
- g) Peso fresco do pedúnculo (PPE), em gramas;
- h) Comprimento da castanha (CCA), em centímetros;
- i) Largura da castanha (LCA), em centímetros;
- j) Espessura da castanha (ECA), em centímetros;
- k) Peso fresco da castanha (PCA), em gramas;
- l) Peso fresco médio total (PTC), considerando castanha mais pedúnculo, em gramas;
- m) Número de ramificações (NR);
- n) Índice de conformação da copa (ICC).

O índice de conformação da copa (ICC) é obtido pela relação entre a altura da planta e o diâmetro médio da copa. Essa medida indica o quão simétrica é a copa. Dessa forma, valores próximos a 1 indicam uma copa simétrica, concomitantemente valores mais altos indicam uma copa mais esguia e valores mais baixos uma copa espreada. (SILVA JUNIOR et al., 2007)

As características relativas aos pedúnculos e castanhas foram avaliadas em 67 das 120 plantas, sendo que essas não se apresentam distribuídas igualmente nas quatro populações (Tabela 2). Isso se deve à escassez de chuvas na região no período de floração, chuva essa, definida como “chuva da flor do caju” pela população local. Isso fez com que muitas plantas tivessem a morte prematura das inflorescências e não produzissem frutos.

**Tabela 2.** Número de plantas e rótulos de identificação dos indivíduos avaliados com relação às características relativas aos pedúnculos e castanhas nas populações de cajuí.

População	Número de plantas avaliadas	Rótulos de identificação dos indivíduos
Xacriabás	6	1, 2, 3, 4, 5 e 6
Chapada Gaúcha	20	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26
Tabua	17	27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 e 43
Cabeceira dos Cochós	24	44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 e 67

Foram avaliados 10 frutos por planta, este número foi considerado suficiente para obter médias com confiabilidade igual ou superior a 90 % devido a testes preliminares de repetibilidade realizados em estudos com dados coletados em 2008 na mesma região. O que corrobora com Pessoni e Cruz (2005) que em estudos com *A. occidentale* também encontraram valores semelhantes de confiabilidade.

Os dados referentes ao porte da planta foram avaliados nas 120 plantas.

### 3.2.2 Caracteres qualitativos

Baseado na lista de descritores do cajueiro estabelecida pelo IBPGRF (1986), sete características qualitativas foram empregadas no estudo. As variáveis utilizadas foram referentes à planta, pedúnculo, castanha e folha, conforme relação a seguir:

- Hábito da planta (HAB): 1- ereta e compacta, 2-ereta e aberta, 3-aberta e projetada horizontalmente;
- Presença ou ausência de rachadura no caule (RAC): 1- presença, 2- ausência;
- Formato do pedúnculo (FPE): 1- cilíndrico, 2-cônico a obovado, 3-redondo, 4-piriforme;
- Formato da castanha (FCA): 1-forma de rim, 2 – oblongo-elipsóide;
- Formato do limbo (FL): 1- obovado, 2-ovado, 3-oblongo, 4-circular;

- f) Formato do ápice do limbo (FAL): 1-pontiagudo, 2-arredondado, 3-indentado;
- g) Plano de secção do limbo (PSL): 1-plano, 2-reflexo, 3-encurvado, 4-torcido.

Assim como para as variáveis quantitativas, os dados coletados referentes ao pedúnculo e castanha foram 67 em plantas (Tabela 2).

### 3.3 Coleta e análise de solo

As amostras de solo foram coletadas de maneira que fossem mais representativas, sendo assim buscou-se que as áreas amostradas fossem mais homogêneas possíveis. Para a retirada das amostras foram obedecidos os seguintes critérios: em cada área avaliada efetuou-se a coleta de quatro amostras compostas, cada amostra foi composta por quatro sub-amostras, coletadas espacialmente bem distribuídas em cada área. As amostras simples de solo foram retiradas com o auxílio de um trato holandês a uma profundidade de 0 a 20 cm em todas as populações. Uma vez coletadas as sub-amostras, estas eram bem misturadas e extraía-se uma amostra composta, que era embalada em sacos plásticos devidamente etiquetados e mantidos na sombra, até o momento de serem transportados.

A análise das amostras do solo foi efetuada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ. Foram determinadas as seguintes características: teores de  $\text{Na}^+$  (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ),  $\text{Ca}^{2+}$  (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ),  $\text{Mg}^{2+}$  (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ), K (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ), H+Al (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ),  $\text{Al}^{3+}$  (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ), soma de bases - S (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ), CTC pH 7 - T (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ), saturação por bases - V (Cmolc /  $\text{dm}^3$ ), saturação por alumínio - m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L).

A identificação das amostras para as análises foi a seguinte:

- Tabua: 1, 2, 3 e 4;
- Xacriabás: 5, 6, 7 e 8;
- Cabeceira dos Cochos: 9, 10, 11 e 12;
- Chapada Gaúcha: 13, 14, 15 e 16.

### 3.4 Análises dos dados

#### 3.4.1 Análise de variância

Para as variáveis quantitativas das árvores, castanhas e pedúnculos foram estimados a média, o máximo, o mínimo e o coeficiente de variação de cada população. Os valores para peso do pedúnculo e peso da castanha foram obtidos pela média aritmética do peso conjunto de 10 pedúnculos e 10 castanhas.

### 3.4.2 Componentes principais e descarte de variáveis

A divergência dos grupos foi avaliada por meio do emprego de análises baseadas em componentes principais. Para isso foram utilizadas as médias das variáveis dos indivíduos.

A análise de componentes principais foi realizada a partir de dados padronizados. Na padronização tem-se que  $x_i = \frac{X_i - m}{S_x}$  sendo  $S_x$  o desvio-padrão da variável  $X$ . De acordo com (CRUZ, 2006), para realização da análise considera-se que  $x_{ij}$  é a média padronizada do  $j$ -ésimo caráter ( $j= 1, 2, \dots, v$ ) avaliado  $n$ -ésimo indivíduo ( $i= 1, 2, \dots, g$ ) e  $R$  a matriz de covariâncias ou de correlação entre esses caracteres. A técnica dos componentes consiste em transformar o conjunto de  $v$  variáveis  $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iv})$  em um novo conjunto  $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iv})$ , que são funções lineares dos  $x_i$ 's e independentes entre si. As seguintes propriedades são verificadas:

- Se  $y_{i1}$  é um componente principal, então:  
$$y_{i1} = a_1 x_{i1} + a_2 x_{i2} + \dots + a_v x_{iv}$$
- Se  $y_{i2}$  é outro componente principal, então:  
$$y_{i2} = b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_v x_{iv}$$
- Entre todos os componentes,  $y_{i1}$  apresenta a maior variância,  $y_{i2}$  a segunda maior variância e assim sucessivamente.

A técnica de componentes principais também foi utilizada com o objetivo de avaliar a importância de cada variável e promover a eliminação das que pouco contribuíssem em termos de variação no grupo avaliado. A importância relativa dos caracteres empregados na discriminação dos grupos foi avaliada utilizando o critério proposto por Pereira e Pereira (2004). Esse autor leva em consideração que de acordo com a natureza matemática dos componentes principais, pode-se sugerir uma regra de eliminação de variáveis que leve em conta a importância dos três primeiros componentes.

De acordo com Pereira e Pereira (2004), pela expressão  $\sigma_{xi}^2 = \sum_j C_{ij}^2 \lambda_j$  pode-se dizer que a variância de cada variável tem um componente,  $C_{i1}^2 \lambda_1$  no primeiro componente,  $C_{i2}^2 \lambda_2$  no segundo e  $C_{i3}^2 \lambda_3$  no terceiro. As variáveis mais importantes nestes três primeiros componentes serão as que apresentarem maior  $\sum_j C_{ij}^2 \lambda_j$  e, conseqüentemente deve-se descartar as de menor somatório. Pelas propriedades dos componentes principais, a correlação de uma variável com um componente é  $r_{ij} = c_{ij} \sqrt{\frac{\lambda_j}{\sigma_i}}$  ou  $r_{ij} = c_{ij} \sqrt{\lambda_j}$  se os dados forem estandardizados ( $\sigma_i = 1$ ). Então,  $c_{ij}^2 = \frac{r_{ij}^2}{\lambda_j}$  e a participação de cada componente na variância das variáveis será  $C_{ij}^2 \lambda_j = r_{ij}^2$ , ou seja, o coeficiente de determinação da variável  $i$  pelo componente  $j$ . Assim, as variáveis mais importantes para os três primeiros componentes foram as de maior soma  $r_{i1}^2 + r_{i2}^2 + r_{i3}^2$ , e as que apresentaram menor soma foram descartadas.

As variáveis foram descartadas até que os primeiros componentes explicassem um mínimo de 70% da variação.

### 3.4.3 Medidas de dissimilaridade

As inter-relações dos grupos com base nas variáveis quantitativas foram avaliadas determinadas por meio da distância de Mahalanobis.

Para a diversidade com base nas informações multicategóricas os dados foram codificados para um sistema binário, de modo que as múltiplas categorias de uma variável foram representadas por diferentes colunas da matriz, utilizando valores iguais a 1 na coluna correspondente ao estado de caráter do acesso em questão e zeros nas demais. A partir dos dados codificados foram calculadas as dissimilaridades entre todos os pares de acessos, por meio das seguintes informações (CRUZ, 2006):

$a_j$ : número de concordância do tipo 1-1 para a  $j$ -ésima variável;

$b_j$ : número de discordância do tipo 1-0 para a  $j$ -ésima variável;

$c_j$ : número de discordância do tipo 0-1 para a  $j$ -ésima variável.

Assim, o índice de dissimilaridade ( $d_{ii'}$ ) foi obtido pela expressão:

$$d_{ii'} = \sum_{j=1}^v \frac{b_j + c_j}{a_j + b_j + c_j}$$

### 3.4.4 Análise de agrupamento

Com base nas variáveis quantitativas e qualitativas dos indivíduos avaliados e nos dados da análise de solo das áreas de pesquisa os indivíduos foram agrupados segundo os critérios de dissimilaridade pelos métodos de otimização de Tocher e método hierárquico UPGMA.

O método de Tocher é uma técnica de otimização que agrupa os indivíduos mantendo-se o critério de que as distâncias intragrupos sejam sempre menores do que as intergrupo (CRUZ, 2006). Nesse método a distância entre o indivíduo  $k$  e o grupo formado pelos indivíduos  $ij$  é dada por:

$$d_{(ij)k} = d_{ij} + d_{jk}$$

A inclusão do indivíduo  $k$  no grupo é feita considerando se  $\frac{d_{(grupo)k}}{n} \leq \theta$ , sendo  $n$  o número de indivíduos que constitui o grupo original.

A distância média intragrupo é dada por:

$$\bar{d}_i = \frac{2 \sum_{j>}^n \sum_{j'}^n d_{jj'}}{n(n-1)}$$

Em que  $n$  é o número de acessos dentro do grupo  $i$ .

A distância média intergrupo é dada por:

$$\bar{d}_i = \frac{2 \sum_{j=1}^{n_1} \sum_{j'=1}^{n_2} d_{jj'}}{n_1 n_2}$$

Em que  $n_1$  e  $n_2$  são os números de acesso dentro dos grupos  $i$  e  $i'$ , respectivamente.

No método UPGMA, a distribuição dos indivíduos no dendograma não segue um critério de formação dos grupos, uma vez que o principal aspecto desse método consiste nas ramificações obtidas. Os indivíduos são agrupados aos pares, utilizando-se médias aritméticas da dissimilaridade. O dendograma prioriza os genótipos com maior similaridade, e, segundo Cruz (2006) as distâncias entre um indivíduo  $k$  e um grupo formado pelos indivíduos  $i$  e  $j$  é dada por:

$$d_{(ij)k} = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2}$$

Em que  $d_{(ij)k}$  é dada pela média das distâncias dos pares de indivíduos ( $i$  e  $j$ ) e ( $j$  e  $k$ ).

Com esses valores, uma nova matriz de dissimilaridade é construída, reduzindo-se a sua dimensionalidade passo a passo. Com a construção do dendograma, novas distâncias são estimadas. Assim, por exemplo, se um acesso  $k$  for incorporado a um grupo ( $ij$ ), a distância

deste novo grupo ( $ijk$ ) em relação a outro acesso ( $l$ ) ou a outro grupo ( $lm$ ) será dada por:

$$d_{(ij.k)l} = \frac{d_{il} + d_{jl} + d_{kl}}{3}$$

e

$$d_{(ij.k)lm} = \frac{d_{il} + d_{im} + d_{jl} + d_{jm} + d_{kl} + d_{km}}{6}$$

### 3.4.5 Correlação entre medidas de dissimilaridade

As associações entre as medidas de dissimilaridades obtidas das variáveis quantitativas e qualitativas foram verificadas através da correlação entre matrizes, cujas significâncias foram testadas por meio do Teste de Mantel (teste Z). O valor de Z é dado por:

$$Z = \sum_{i,j=1}^n X_{ij}Y_{ij}$$

Onde  $X_{ij}$  e  $Y_{ij}$  são elementos das matrizes X e Y a serem comparadas. A significância de Z é testada comparando-se o valor obtido a partir dos dados observados com uma distribuição nula, construída a partir do cálculo de Z de diversas correlações entre uma das matrizes na forma original com outra sendo aleatorizada a cada cálculo do novo coeficiente de correlação. A significância de Z para esse trabalho foi avaliada com base em 1000 simulações aleatórias.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2001) e do programa Microsoft Office Excel.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise da diversidade baseada em dados quantitativos

#### 4.1.1 Análise descritiva

Os valores das médias, máximos, mínimos e coeficientes de variação (CV's) das 14 características quantitativas avaliadas são apresentados nas tabelas 3 e 4. De modo geral observaram-se altos valores de CV para as variáveis relativas ao porte da planta (Tabela 3). Isso mostra que há uma grande variabilidade para essas características dentro das populações. Esse fator pode ser atribuído ao fato de ser uma população natural, onde não se tem uma uniformidade entre as plantas, espaçamento, ambientes e nem o controle de idade das mesmas.

Com relação à altura das plantas, a maior média foi encontrada na população de Tabua (2,11 m), porém a planta mais alta foi observada em Cabeceira dos Cochos, atingindo 4,45 m. Valores um pouco superiores foram encontrados por Gomes (2009) em estudos na região de Januária e por e Naves (1999) em estudos no cerrado goiano, em que observaram valores médios de 2,38 m e 2,75 m, com intervalos de variação entre 1,22 m e 6,05 m, e 0,90 m e 7,60 m, respectivamente.

**Tabela 3** – Número de indivíduos avaliados, valores máximos, médias, mínimos e coeficientes de variação das características altura da planta (ALT), diâmetro da copa (DCO), diâmetro do caule (DCA), número de ramificações (NR) e índice de conformação da copa em árvores de cajú originadas de quatro diferentes populações na região Norte de Minas Gerais.

Variáveis	População															
	Cabeceira dos Cochos				Chapada Gaúcha				Tabua				Xacriabás			
	Min	Med	Max	CV	Min	Med	Max	CV	Min	Med	Max	CV	Min	Med	Max	CV
ALT (m)	0,82	2,02	4,45	41,21	0,75	1,99	3,97	43,80	0,90	2,11	3,65	36,62	0,86	1,84	2,84	27,80
DCO (m)	1,28	3,31	7,66	44,45	0,72	5,88	7,79	51,44	0,73	3,08	5,98	43,46	0,84	2,81	10,53	69,03
DCA (cm)	2,33	5,92	11,90	39,72	1,67	6,32	14,27	58,89	1,00	2,60	6,36	16,55	0,40	5,50	11,62	44,60
NR	1,00	3,00	10,00	81,65	1,00	3,30	16,00	88,67	1,00	1,97	5,00	66,07	1,00	1,60	5,00	55,90
ICC	0,26	0,67	1,41	39,71	0,12	0,43	1,48	66,24	0,34	0,78	1,80	44,58	0,14	0,58	1,69	56,62
<b>Nº de indivíduos</b>	30			30			30			30						

A população de Cabeceira dos Cochos apresentou maiores médias para as variáveis diâmetro médio da copa e do caule, 5,88 m e 6,32 cm, respectivamente. Entretanto, com relação à variável diâmetro médio da copa, a população Xacriabás apresentou um intervalo de variação superior, sendo encontradas plantas com diâmetro de projeção da copa entre 0,84 m até 10,53 m, observou-se, ainda, nessa população o menor valor médio de projeção da copa, o que pode estar relacionado com o maior adensamento da vegetação por se tratar de uma área de reserva indígena que se mantém mais preservada. Gomes (2009) observou uma variação de 1,11 m a 16,79 m, com média de 4,03 m para o diâmetro médio da copa.

A variável número de ramificações apresentou os maiores valores de CV para grande parte das populações mostrando que há grande variação para essa variável. As populações de Cabeceira dos Cochos e Chapada Gaúcha apresentaram as maiores médias (3 e 3,3 respectivamente) e também os valores máximos superiores (Tabela 3). O índice de conformação da planta também apresentou alto valor de CV em todas as populações pelo fato das plantas apresentarem grande variação para essa características.

As variáveis relacionadas às características dos frutos apresentaram baixos valores de CV (Tabela 4), sendo as características relacionadas ao peso do fruto (PT, PCA e PPE) as que apresentaram os valores mais altos. A população Xacriabás apresentou maiores médias para as variáveis comprimento da castanha (15,37 mm) e comprimento do pedúnculo (27,92 mm), em contrapartida a população Tabua apresentou as menores médias para as mesmas variáveis, 13,84 mm e 22,32 mm, respectivamente, mostrando que essas populações apresentam os maiores e menores frutos. Rizzini (1969) em estudos realizados no Planalto Central brasileiro relatou intervalos de variação de 15 mm a 20 mm para a variável comprimento da castanha, valores relativamente próximos aos encontrados por Gomes (2009), que observou uma média de 14,82 mm com intervalo de variação entre 11,99 mm e 18,41 mm.

**Tabela 4** – Número de indivíduos avaliados, valores máximos, médias, mínimos e coeficientes de variação das características comprimento da castanha (CCA), largura da castanha (LCA), espessura da castanha (ECA), comprimento do pedúnculo (CPE), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), diâmetro basal do pedúnculo (DBP), peso médio total (PT), peso da castanha (PCA) e peso do pedúnculo (PPE) em frutos de cajuí originados de quatro diferentes populações na região Norte de Minas Gerais.

Variáveis	População															
	Cabeceira dos Cochos				Chapada Gaúcha				Tabua				Xacriabás			
				CV				CV				CV				CV
	Min	Med	Max		Min	Med	Max		Min	Med	Max		Min	Med	Max	
CCA (mm)	12,29	14,41	17,68	9,62	10,46	13,85	19,03	16,87	11,63	13,84	16,15	10,14	12,96	15,37	18,32	13,80
LCA (mm)	11,61	13,50	16,23	7,73	9,58	12,38	16,91	14,13	10,25	11,92	14,12	9,36	9,94	11,98	14,72	17,78
ECA (mm)	7,79	9,39	11,59	9,79	7,09	8,76	11,03	12,54	7,13	8,19	9,48	8,24	7,56	8,15	8,63	5,86
CPE (mm)	14,80	24,54	31,98	18,78	16,26	24,23	40,35	25,46	17,51	22,32	30,45	13,92	24,52	27,92	31,17	9,67
DAP (mm)	19,57	24,38	28,24	10,89	19,16	23,90	30,00	14,80	16,36	21,55	25,64	14,39	20,80	22,83	26,73	11,21
DBP (mm)	11,71	16,51	21,59	16,81	12,52	16,37	21,75	19,02	10,73	14,56	19,82	18,63	11,24	13,82	19,62	21,69
PT (g)	5,60	9,30	13,47	26,00	4,47	9,11	19,00	48,82	4,00	6,89	10,70	30,03	5,17	8,19	11,00	25,63
PCA (g)	0,67	0,98	1,53	22,53	0,47	0,83	1,71	40,27	0,47	0,89	2,00	37,50	0,33	0,81	1,25	42,40
PPE (g)	4,80	8,32	12,33	27,43	2,28	8,27	17,80	51,32	3,00	6,02	9,70	32,60	4,83	7,38	9,75	25,02
Nº de indivíduos	24				20				17				6			

#### 4.1.2 Análise de Componentes Principais

Os componentes principais são apresentados por ordem decrescente de importância, isto é, o primeiro explica o máximo possível da variabilidade dos dados originais, já o segundo o máximo possível da variabilidade ainda não explicada após o efeito do primeiro componente, e assim por diante. O último componente será o que menor contribuição dará

para a explicação da variabilidade total dos dados originais. Na primeira análise de componentes principais realizada com os dados quantitativos observou-se que os dois primeiros componentes explicaram 58,79 % da variação total. Com o objetivo de eliminar as variáveis que contribuíssem pouco, em termos de variação, nos grupos, procedeu-se a realização da técnica de descarte de variáveis, que foi realizada até que os primeiros componentes acumulassem de 70 a 80 % da variação total, tornando-se assim, segundo Cruz (1990), adequadas para representação gráfica em três dimensões.

Usando o critério sugerido por Pereira e Pereira (2004) determinou-se que as variáveis de menor importância foram, pela ordem, diâmetro basal do pedúnculo, espessura da castanha, comprimento do pedúnculo, número de ramificações, comprimento da castanha, peso médio da castanha e largura da castanha. Essas correspondem a um total de 50 % das variáveis analisadas. Pode-se dizer então que essas variáveis são dispensáveis ou redundantes na análise por provavelmente apresentarem alta correlação com as variáveis de maior importância. Diante disso, todas as demais análises foram realizadas com as variáveis restantes: altura máxima da planta, diâmetro médio do caule, diâmetro médio da copa, índice de conformação da copa, diâmetro apical do pedúnculo, peso médio total e peso médio do pedúnculo.

Posteriormente ao descarte das variáveis, na análise de componentes principais observou-se que os dois primeiros componentes passaram a explicar 70,80 % da variação total (Tabela 5). Os valores dos autovetores e as cargas totais associadas permitiram verificar que o primeiro componente apresentou como variável de maior importância o peso médio do pedúnculo, seguido do peso médio total e diâmetro apical do pedúnculo. Todas essas variáveis apresentaram alta correlação entre si e são relacionadas ao “duplo fruto” (castanha + pedúnculo), principalmente ao pedúnculo, visto que esse é responsável pela maior parte do volume, chegando a representar cerca de 90% do peso total. Isso leva a concluir que essas variáveis são importantes para a avaliação da diversidade na espécie. A variável que apresentou menor efeito no primeiro componente foi a altura máxima da planta que, em contrapartida, no segundo componente principal obteve maior relevância. Essa apareceu associada a outras variáveis relacionadas ao porte da planta que se mostram na ordem de: altura máxima da planta, diâmetro médio do caule e diâmetro médio da copa (Tabelas 5 e 6).

Alves (2011) em estudos com *A. humile*, na região sudoeste do estado do Goiás observou em análise de componentes principais que os três primeiros componentes principais explicaram 75,25% da variância total, sendo que as variáveis mais importantes para o primeiro e segundo componentes foram comprimento do pedúnculo e largura do pedúnculo, respectivamente. Pessoni (2007) em estudos com *Anacardium* spp no Banco Ativo de Germoplasma do Cajueiro, no estado do Ceará, relata que o primeiro componente principal concentrou quase toda a variação disponível, respondendo por 95,3% da variação total dos dados. Observou, ainda, que as variáveis analisadas apresentaram pesos semelhantes para esse componente, à exceção da altura da planta, que teve um efeito um pouco menor no primeiro componente ao mesmo tempo em que foi a de maior efeito no segundo componente principal, indicando com isso que é a variável de menor importância na discriminação dos grupos.

**Tabela 5** - Estimativas das variâncias (autovalor  $\lambda_j$ ), variância acumulada (%) e autovetores das variáveis altura da planta (ALT), diâmetro médio do caule (DCA), diâmetro médio da copa (DCO), índice de conformação da copa (ICC), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), peso médio total (PT) e peso médio do pedúnculo (PPE) de plantas de cajuí originadas de quatro populações no Norte de Minas Gerais.

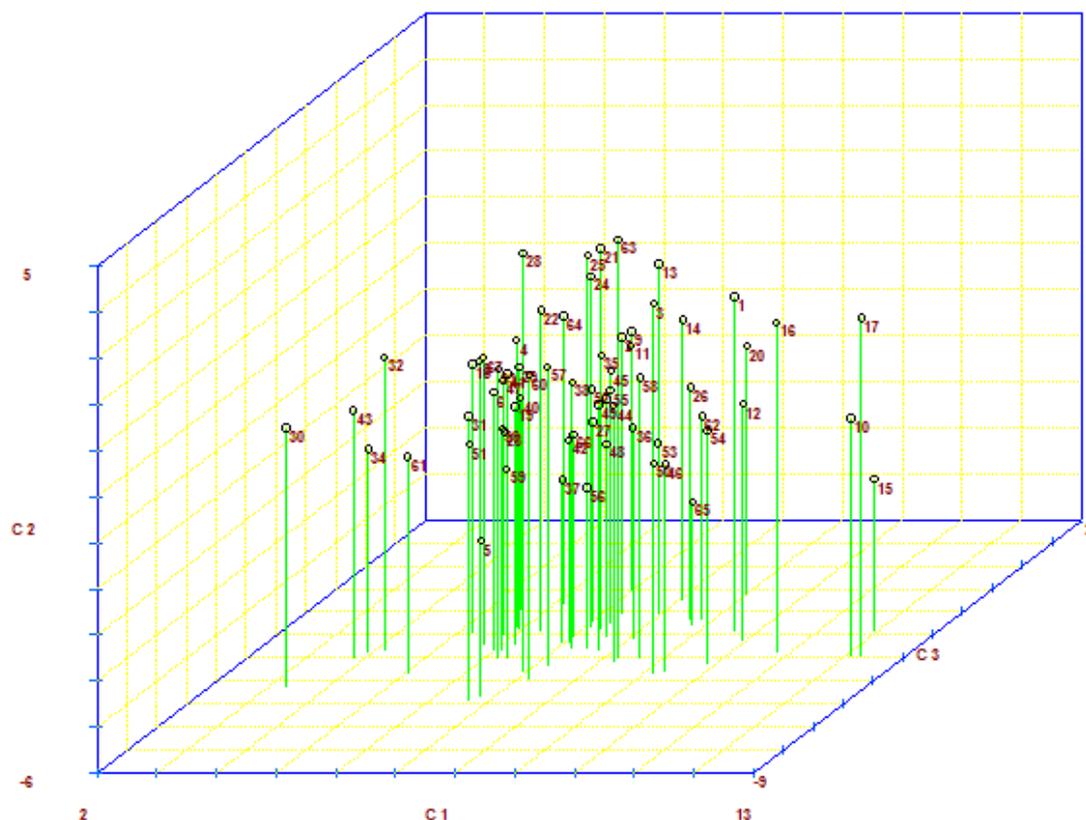
$\lambda_j$	Variância acumulada	Autovetores das variáveis						
		ALT	DCA	DCO	ICC	DAP	PT	PPE
3,2972	47,1023	0,2079	0,2741	0,2936	-0,2525	0,4771	0,5002	0,5038
1,6590	70,8025	0,572	0,5136	0,4166	-0,0953	-0,2909	-0,267	-0,2655
1,3765	90,4672	-0,3797	-0,277	0,4812	-0,7125	-0,0738	-0,1435	-0,1177
0,3845	95,9599	-0,4435	0,7198	-0,4119	-0,2939	0,0917	-0,1005	-0,103
0,1604	98,2512	0,3898	-0,21	-0,2872	-0,2701	0,6634	-0,3354	-0,3097
0,1194	99,9566	0,3698	-0,148	-0,5065	-0,5094	-0,4836	0,2024	0,2247
0,0030	100	-0,0079	0,0113	0,0026	0,0262	-0,0039	-0,7031	0,7105

**Tabela 6** – Conjunto de cargas totais associadas das variáveis altura da planta (ALT), diâmetro médio do caule (DCA), diâmetro médio da copa (DCO), índice de conformação da copa (ICC), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), peso médio total (PT) e peso médio do pedúnculo (PPE) de plantas de cajuí originadas de quatro populações no Norte de Minas Gerais.

Componente	Conjunto de cargas totais associadas das variáveis						
	ALT	DCA	DCO	ICC	DAP	PT	PPE
C1	0,3775	0,4978	0,5332	-0,4585	0,8662	0,9083	0,9148
C2	0,7367	0,6616	0,5366	-0,1228	-0,3747	-0,3439	-0,342
C3	-0,4455	-0,325	0,5645	-0,836	-0,0866	-0,1684	-0,1381
C4	-0,275	0,4464	-0,2554	-0,1822	0,0568	-0,0623	-0,0639
C5	0,1561	-0,0841	-0,115	-0,1082	0,2657	-0,1343	-0,124
C6	0,1278	-0,0511	-0,175	-0,176	-0,1671	0,0699	0,0777
C7	-0,0004	0,0006	0,0001	0,0014	-0,0002	-0,0387	0,0391

A dispersão gráfica das plantas em relação aos três primeiros componentes principais, gerada por meio dos escores determinados pelos mesmos, permitiu visualizar variabilidade nas populações (Figura 4). Pode-se observar que ocorreu uma proximidade e sobreposição na dispersão de algumas plantas dificultando e até impossibilitando a distinção de grupos, que não foram formados exclusivamente por origem geográfica. Alguns indivíduos apresentaram-se um pouco deslocados do grupo maior, indicando que sejam mais distintos, isso é observado para alguns indivíduos originados das populações de Chapada Gaúcha (10, 15, e 17) e Tabua (30). Entretanto isso ocorreu apenas para algumas plantas, não sendo possível a delimitação e distinção completa de toda a população. Alves (2011), em estudos com *A. humile* originados de 3 diferentes municípios do sudoeste do estado do Goiás também não observou formação de

grupos por origem geográfica.



**Figura 4** - Gráfico 3D dos escores em relação aos componentes principais 1, 2 e 3 das 7 variáveis altura da planta (ALT), diâmetro médio do caule (DCA), diâmetro médio da copa (DCO), índice de conformação da copa (ICC), diâmetro apical do pedúnculo (DAP), peso médio total (PT) e peso médio do pedúnculo (PPE) de plantas de cajuí originadas de 4 populações no Norte de Minas Gerais.

#### 4.1.3 Análise de agrupamentos

A análise de agrupamento das 67 plantas de cajuí pelo método de Tocher discriminou 14 grupos distintos (Tabela 7). Observou-se a formação de um grupo maior (1), com uma concentração de 46,3 % do total dos indivíduos estudados. Nesse grupo observa-se a presença de indivíduos de todas as populações avaliadas, porém com maior concentração de indivíduos de Cabeceira dos Cochos e Tabua, que são as comunidades que apresentam menor distância espacial. Em outros grupos (4 e 5) também é observada a presença concomitante de indivíduos das duas populações. Sabe-se que a diversidade genética está diretamente relacionada ao sistema reprodutivo da planta, grau de fragmentação e distância entre fragmentos, o que leva a concluir que o agrupamento desses indivíduos deve-se a essa maior proximidade física entre as populações. Nos demais grupos também é claro o predomínio de indivíduos de uma ou outra população, a exceção das plantas originadas da população Xacriabás, que se apresentaram distribuídas em quatro distintos grupos, com pouca

coincidência entre eles, isso sugere que há grande diversidade dentro da população o que não possibilita a formação de um grupo exclusivo. Os indivíduos da população Cabeceira dos Cochos apresentam-se distribuídos em seis grupos, os da população Chapada Gaúcha em nove e os da população Tabua em cinco grupos.

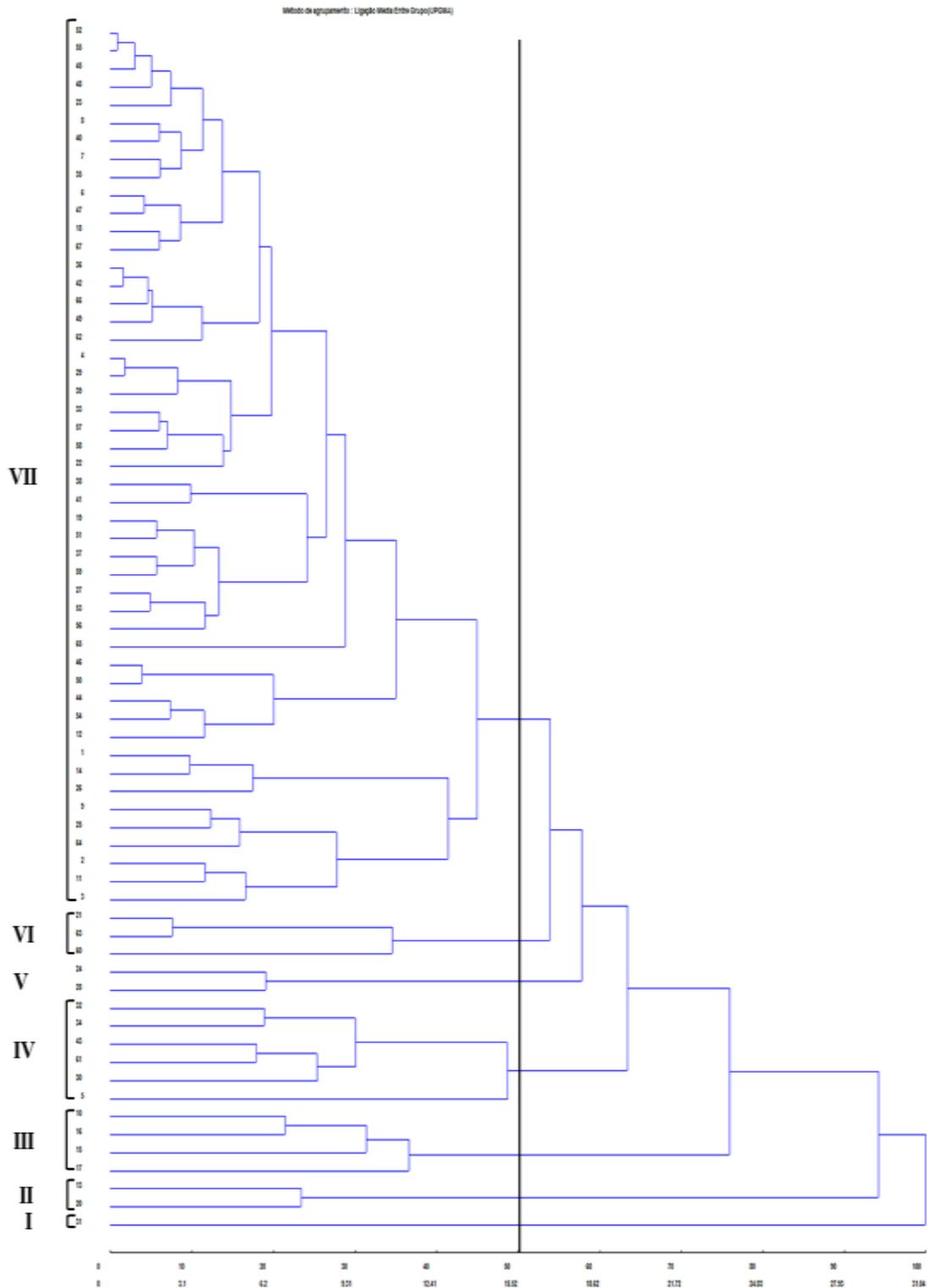
**Tabela 7** – Agrupamento de 67 matrizes de cajuí (*A. othonianum*), originadas de quatro áreas na região do Norte de Minas Gerais, baseado em sete diferentes descritores morfométricos pelo método de Tocher.

Grupo	Indivíduos			
	Xacriabás	Chapada Gaúcha	Tabua	Cabeceira dos Cochos
1	2, 6, 4	7, 19, 23, 18, 22, 8	42, 36, 49, 27, 35, 39, 29, 37, 40, 41, 38, 33	55, 52, 48, 66, 45, 47, 59, 51, 67, 64
2		12, 26		46, 50, 54, 44, 58
3	3	9, 11, 14, 13, 25		
4			31	57, 60
5		34, 43, 32, 30		61
6		16, 17		
7				53, 56, 65, 62
8		21		63
9		10, 15		
10	1			
11		20		
12	5			
13		24		
14			28	

No método de agrupamento hierárquico UPGMA os indivíduos ou populações são agrupados com base nas médias aritméticas das medidas de dissimilaridade. A representação gráfica de suas distâncias, indicada pelo comprimento das barras horizontais e as ramificações do dendrograma permite rápida visualização da magnitude das distâncias e aproximação dos indivíduos. O dendrograma obtido com base na matriz de dissimilaridade gerada pelas distâncias de Mahalanobis mostrou a formação de sete grupos distintos (Figura 5). Esses grupos foram determinados por uma linha de corte traçada a 50% da variação total. Observou-se a formação de um grupo maior (VII) com indivíduos mais similares, constituído de 73,13 % do total de indivíduos. Todas as populações encontram-se representadas nesse grupo, porém há um predomínio de Cabeceira dos Cochos que apresenta mais de 90 % de suas plantas alocadas no mesmo, sendo que apenas dois de seus representantes se encontram em um grupo distinto (VI) e um no grupo V. Como esperado, a população de Tabua também apresenta a grande maioria de seus indivíduos, cerca de 80 %, concentrados no grupo VII, isso mais uma vez representa que a menor distância entre essas populações faz com que apresentem uma maior similaridade entre seus indivíduos e conseqüentemente uma menor diversidade. A população de Chapada Gaúcha apresentou seus indivíduos distribuídos em distintos grupos, mostrando-se mais dispersa em relação às demais populações avaliadas por predominar na composição da maioria dos grupos (Tabela 8).

**Tabela 8**– Representação dos grupos originados pelo dendrograma de análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelas distâncias de Mahalanobis dos caracteres quantitativos em 67 indivíduos de cajuí originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.

Grupo	Indivíduos			
	Xacriabás	Chapada Gaúcha	Tabua	Cabeceira dos Cochos
I			31	
II		20, 13		
III		17, 15, 16, 10		
IV	5	43, 34, 32	30	61
V		24	28	
VI		21		60, 63
VII	3, 2, 1, 4, 6	11, 25, 9, 26, 14, 12, 19, 22, 18, 8, 23, 7	27, 37, 41, 38, 42, 33, 39, 29, 36, 35, 40	64, 54, 44, 50, 46, 65, 56, 53, 59, 51, 58, 57, 62, 49, 66, 67, 47, 48, 45, 55, 52



**Figura 5** – Dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelas distâncias de Mahalanobis dos caracteres quantitativos em 67 indivíduos de cajuí originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.

Os resultados demonstram uma relativa uniformidade na importância das variáveis, porém o diâmetro médio da copa apresentou 22,76 % da contribuição relativa para divergência pela metodologia de Singh (1981), que foi o valor de maior importância na avaliação. Os pares de indivíduos 13 x 31 e 52 x 55 foram os que apresentaram maior e menor distância, respectivamente. A identificação de pares de indivíduos mais distantes ou divergentes é um aspecto visado pelos fitomelhoristas, uma vez que pode orientar uma combinação de genitores para ganho em heterose (ALLARD, 1971).

## **4.2 Análise da diversidade baseada em dados qualitativos**

### **4.2.1 Análise descritiva**

Houve grande variação para a maioria das variáveis qualitativas avaliadas. Personi (2007), em estudos com 18 descritores fenotípicos de *Anacardium* spp, também observou ampla variação para a grande parte das características avaliadas. Apenas o descritor “formato do limbo” foi monomórfico em 2 populações (Tabua e Xacriabás), apresentando uma categoria alternativa somente nas populações de Cabeceira dos Cochos e Chapada Gaúcha, entretanto essa ocorreu em frequência muito baixa. A variável “formato do pedúnculo” foi a única que mostrou apenas três das quatro classes possíveis e a que apresentou maior frequência em todas as populações avaliadas foi o formato cônico a obovado, o que corrobora com Personi (2007) que também observou o predomínio dessa categoria para essa característica. Com relação ao hábito da planta, observou-se que a categoria com maior frequência nas populações Chapada Gaúcha e Xacriabás foi “aberta e projetada”, em contrapartida na população Cabeceira dos Cochos predominaram plantas com copas eretas e abertas. Dessa forma nota-se que a ocorrência de plantas de caule ereto e compacta é inferior, sendo que na população de Cabeceira dos Cochos não se observa sua ocorrência (Tabela 9).

Estudos de diversidade genética utilizando descritores morfológicos não métricos são comuns em trabalhos envolvendo a caracterização de recursos genéticos vegetais, entretanto os resultados obtidos nem sempre são satisfatórios no que se refere à diferenciação de todos os acessos analisados (COLOMBO et al., 1998; BAJRACHARYA et al., 2005). Engels (1983) afirma que a utilidade de um descritor qualitativo depende do número de estados de caráter que esse descritor pode assumir, assim como da quantidade de informação que ele compartilha com outros descritores utilizados no mesmo estudo.

Com base na lista de descritores para cajueiro elaborada pelo IBPGR (1986), foram selecionados sete descritores baseados em características qualitativas. A seleção teve como principal critério a facilidade de determinação do caráter, visto que as plantas avaliadas se encontravam em populações naturais. Das 22 categorias possíveis para os sete descritores, observou-se a ocorrência de todas, sendo que, como descrito, apenas um descritor “formato do limbo”, foi observado monomórfico em duas das populações avaliadas, enquanto o “formato do pedúnculo” apresentou apenas duas das três classes possíveis.

**Tabela 9** – Frequência relativa de categorias das variáveis multicategóricas: hábito da planta (HAB), presença ou ausência de rachadura no caule (RAC), formato do pedúnculo (FPE), formato da castanha (FCA), formato do limbo (FL), formato do ápice do limbo (FAL), plano de secção do limbo (PSL) em árvores de cajuí originadas de quatro diferentes populações na região Norte de Minas Gerais.

Populações	Categ.*	Variáveis							Nº Ind.
		HAB	RAC	FPE	FCA	FL	FAL	PSL	
<b>Cabeceira dos Cochos</b>	1	0,13	0,58	0,21	0,33	0,90	0,08	0,13	24
	2	0,54	0,42	0,46	0,67	0	0,29	0,25	
	3	0,33	-	0,33	-	0,10	0,63	0,17	
	4	-	-	0	-	0	-	0,45	
<b>Chapada Gaúcha</b>	1	0	0,70	0,20	0,40	0,88	0,10	0,30	17
	2	0,35	0,30	0,40	0,60	0	0,45	0	
	3	0,65	-	0,40	-	0,12	0,45	0,40	
	4	-	-	0	-	0	-	0,30	
<b>Tabua</b>	1	0,35	0,88	0,12	0,24	1	0,18	0,29	20
	2	0,35	0,12	0,65	0,76	0	0,47	0,18	
	3	0,30	-	0,23	-	0	0,35	0,18	
	4	-	-	0	-	0	-	0,35	
<b>Xacriabás</b>	1	0,33	0,83	0,17	0,33	1	0	0,50	6
	2	0,17	0,17	0,83	0,67	0	0,50	0	
	3	0,50	-	0	-	0	0,50	0,17	
	4	-	-	0	-	0	-	0,33	

(-) Estados não aplicáveis para às variáveis em questão.

\* Categorias: Hábito da planta (1- ereta e compacta, 2-ereta e aberta, 3-aberta e projetada horizontalmente), presença ou ausência de rachadura no caule (1presença, 2- ausência), formato do pedúnculo (1-cilíndrico, 2-cônico a obovado, 3-redondo, 4-piriforme), formato da castanha (1-forma de rim, 2 – oblongo-elipsóide), formato do limbo (1- obovado, 2-ovado, 3-oblongo, 4-circular), formato do ápice do limbo (1-pontiagudo, 2-arredondado, 3-indentado), plano de secção do limbo (1-plano, 2-reflexo, 3-encurvado, 4-torcido).

#### 4.2.2. Análise de agrupamentos

O método de otimização de Tocher distribuiu os 67 indivíduos em 11 grupos distintos (Tabela 10). Foi observada a formação de três grupos maiores (2, 3 e 4), sendo esses compostos por indivíduos de todas as populações, a exceção do grupo quatro que não apresenta representantes da população Xacriabás. Nos demais grupos também não se observa concentração de maioria de indivíduos de mesma população. Pelo contrário, todas as populações se encontram bastante dispersas nos grupos.

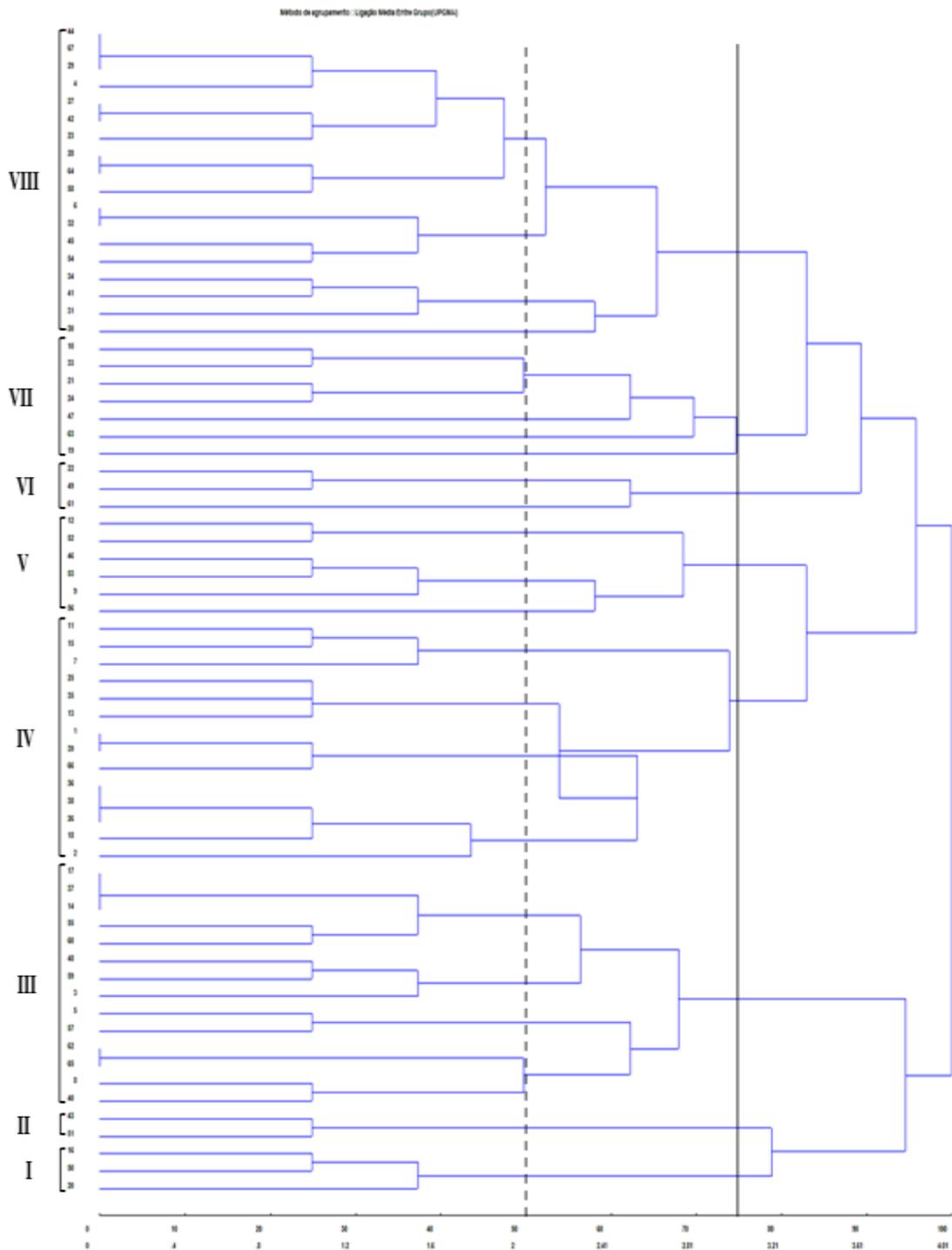
**Tabela 10** - Agrupamento de 67 matrizes de cajuí (*A. othonianum*) pelo método de Tocher com base no índice de dissimilaridade dos dados binários, mediante avaliação de caracteres multicategóricos.

Grupo	Indivíduos			
	Xacriabás	Chapada Gaúcha	Tabua	Cabeceira dos Cochos
1	1	23	39, 27, 42	66
2	6, 4, 2,		32, 45, 28, 29, 21	64, 44, 67, 54
3	3	14, 17, 10, 20, 16	37, 33	48, 55, 59, 58, 60, 50
4		26, 18, 25, 13, 11, 9, 7, 8, 12	36, 38, 35,	53, 62, 65, 52,
5	5		31, 34, 30, 41	57,
6		22		49, 61
7			43	51, 56
8		15		40
9		19, 24		63
10				46
11				47

O dendrograma de agrupamento dos 67 indivíduos obtido pelo método UPGMA é apresentado na Figura 6. Observa-se que as medidas de dissimilaridade obtidas pela combinação das sete variáveis consideradas não possibilitou a distinção de todos os indivíduos avaliados sem ambiguidades.

Uma linha de corte foi traçada a 75% da variação total, evidenciando a formação de oito grupos, sendo desses cinco grupos maiores (com 5 cinco ou mais indivíduos) e outros três grupos menores. Não foi observado nenhum grupo completamente composto por indivíduos da mesma população e somente em três dos maiores grupos (3, 4 e 8) verificou-se a tendência de maior concentração de indivíduos de uma população (Cabeceira dos Cochós, Chapada Gaúcha e Tabua, respectivamente), porém também houve número considerável de outras populações nos mesmos grupos (Tabela 11).

Os padrões de agrupamento expostos demonstram que não houve a formação clara de grupos associados com a origem geográfica dos indivíduos. A obtenção desses resultados indica que os descritores eleitos não são considerados muito eficientes para discriminar esses grupos. Isso ocorreu porque aparentemente não houveram categorias fenotípicas mutuamente exclusivas dos descritores entre as populações avaliadas. Portanto, a variabilidade observada encontra-se dispersa entre todos os indivíduos avaliados, indicando que a divergência genética não está associada com o grupo de origem.



**Figura 6** - Dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelo índice de dissimilaridade dos dados binários dos caracteres multicategóricos, avaliados em 67 indivíduos de cajuí originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.

**Tabela 11**– Representação dos grupos originados pelo dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelo índice de dissimilaridade dos dados binários dos caracteres multicategóricos, avaliados em 67 indivíduos de cajuí originados de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.

Grupo	Indivíduos			
	Xacriabás	Chapada Gaúcha	Tabua	Cabeceira dos Cochos
I		16, 20		50
II			43	51
III	5, 3	8, 14, 17	40, 37	65, 62, 57, 59, 48, 60, 55
IV	2, 1	18, 26, 13, 25, 7, 15, 11	38, 36, 39, 35	66
V		9, 12		56, 53, 46, 52,
VI		22		61, 49
VII		19, 24, 21, 10	33	63, 47
VIII	6, 4	23	30, 31, 41, 34, 32, 28, 42, 27, 29	54, 45, 58, 64, 67, 44

### 4.3 Análise da diversidade de solos

#### 4.3.1 Análise descritiva

O resultado da análise de solo das médias das amostras coletadas nas populações se encontra apresentado na Tabela 12. Os solos das quatro localidades apresentaram acidez elevada. Para determinar a acidez do solo, são considerados a acidez ativa (pH) e trocável ( $Al^{+3}$ ), a saturação por alumínio (m) e por bases (V), a capacidade tampão, estimada por meio da acidez potencial (H+Al), e o teor de matéria orgânica (ALVAREZ V. et al., 1999). Pelo critério agrônômico os valores observados de pH dos solos são baixos o que faz com que sejam considerados inadequados para cultivo. Naves (1999), em estudos realizados em áreas de cerrado no interior do estado de Goiás, obteve valores de pH entre 5 e 5,6 nas

profundidades de 0 a 20 cm e 20 cm a 40 cm do solo, resultados esses ligeiramente superiores aos encontrados nesse trabalho, o que poderia ser explicado por este autor ter optado por ambientes com menor ação antrópica possível.

Foi observado que, em geral, os coeficientes de variação para as áreas com relação às variáveis do solo apresentaram baixos valores. A área de Chapada Gaúcha foi a que apresentou os valores mais altos de CV para a maioria dos caracteres, mostrando que é uma região de maior variabilidade de solos. A população Xacriabás apresentou alta variação com relação ao  $C_{org}$ . Segundo Gomes et al. (2004) as diferenças dos teores médios de carbono da camada superficial dos solos e, conseqüentemente, de retenção de água, estão associadas às diferenças de textura de áreas bem drenadas da região dos Cerrados. Entretanto, a relação de causa e efeito é mais complexa e aleatória do que se pode imaginar à primeira vista. As diferenças podem ser magnificadas pela maior proporção de matéria orgânica particulada (fração lábil derivada da vegetação) de solos de textura mais grosseira (NEUFELDT et al., 2002), onde os eventos de fogo seriam potencialmente mais drásticos.

A área de Cabeceira dos Cochos apresenta valores inferiores às demais na grande maioria das variáveis, sendo superior apenas quando se trata de Al, m e n, que são características indesejáveis ao solo (Tabela 12). Os solos da população Xacriabás se mostram um pouco superiores aos demais, isso ocorre por se tratar de uma área pouco antropizada. Porém, de maneira geral são solos com baixa fertilidade e ácidos. De acordo com Jacomini (1964) os solos que ocorrem sob os cerrados apresentam grande variação em suas características morfológicas e físicas. Entretanto, esses apresentam como características comuns a elevada acidez, toxidez por alumínio e, em certos casos, de manganês, alta deficiência de nutrientes, especialmente de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, devido ao alto grau de intemperização, alta capacidade de fixação de fósforo e baixa capacidade de troca de cátions, que facilita a lixiviação de cátions do solo e necessidade generalizada do fósforo para as plantas, sendo este o nutriente mais deficiente (HARDY, 1962; ALMEIDA NETO, 1980; LOPES, 1985; PERES, 1987; COCHRANE;AZEVEDO, 1988).

**Tabela 12** - Análise de solo contendo teores médios de Na (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Ca (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Mg (Cmolc / dm<sup>3</sup>), K (Cmolc / dm<sup>3</sup>), H+Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), S (Cmolc / dm<sup>3</sup>), T (Cmolc / dm<sup>3</sup>), V (Cmolc / dm<sup>3</sup>), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) em amostras coletadas em 4 regiões no Norte de Minas.

Análise química	Região			
	Tabua	Xacriabás	Cabeceira	Chapada Gaúcha
Na	0,01	0,01	0,01	0,01
Ca	0,25	0,38	0,25	0,33
Mg	0,15	0,18	0,10	0,13
K	0,05	0,06	0,04	0,06
H+Al	2,60	2,73	2,38	2,73
Al	0,59	0,73	0,81	0,85
S	0,46	0,62	0,40	0,51
T	3,06	3,34	2,78	3,24
V	15,35	18,52	14,60	16,34
M	56,35	53,77	66,87	60,28
n	0,26	0,21	0,25	0,19
pH <sub>água</sub> (1:2,5)	5,05	5,08	4,78	5,08
C <sub>org</sub>	0,84	1,98	1,22	0,73
P	5,25	5,75	3,25	4,50
K	21,00	23,00	17,25	22,00

#### 4.3.2 Análise de componentes principais

Na análise de componentes principais observou-se que os três primeiros componentes responderam por 74,55 % da variação total. As variáveis de maior relevância no primeiro componente foram o teor de K, a soma de bases (S) e a capacidade de troca catiônica (T), como pode ser observado pelos valores dos autovetores e das cargas totais associadas (Tabela 13 e 14). No segundo componente as variáveis de maior efeito foram teor de Al, saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

**Tabela 13** - Estimativas das variâncias (autovalor  $\lambda_j$ ), variância acumulada (%) e autovetores das variáveis Na (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Ca (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Mg (Cmolc / dm<sup>3</sup>), K (Cmolc / dm<sup>3</sup>), H+Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), S (Cmolc / dm<sup>3</sup>), T (Cmolc / dm<sup>3</sup>), V (Cmolc / dm<sup>3</sup>), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) em amostras coletadas em quatro regiões no Norte de Minas.

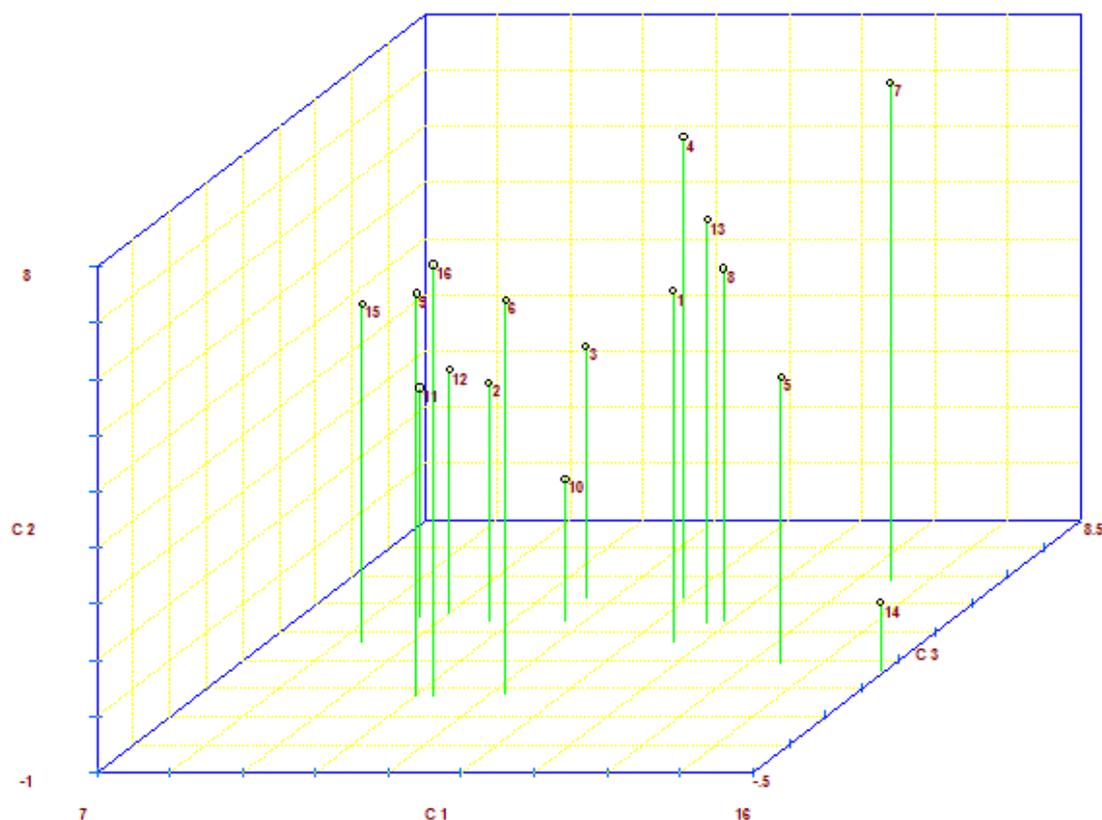
$\lambda_j$	Var. acum. (%)	Autovetores das variáveis														
		Na	Ca	Mg	K	H+ Al	Al	S	T	V	m	N	pH água	Corg	P	K
5,003	33,35	0,08	0,27	0,27	0,37	0,33	0,19	0,38	0,37	0,11	-0,15	-0,08	0,07	0,18	0,25	0,37
4,355	62,39	-0,08	0,30	0,00	-0,16	-0,28	-0,38	0,22	-0,21	0,42	-0,43	-0,06	0,36	0,10	0,19	-0,16
1,825	74,55	0,35	-0,17	-0,17	0,23	-0,11	-0,20	-0,17	-0,13	-0,10	-0,02	0,65	0,11	0,28	0,31	0,23
1,260	82,95	-0,12	0,33	-0,53	-0,02	-0,05	0,16	0,04	-0,04	0,06	0,14	-0,11	-0,28	0,67	-0,11	-0,02
0,847	88,60	0,90	0,17	-0,08	-0,14	0,06	-0,02	0,08	0,07	0,02	-0,06	-0,17	-0,01	-0,05	-0,27	-0,14
0,650	92,93	-0,14	0,14	-0,53	0,09	0,27	-0,18	-0,09	0,22	-0,35	-0,10	-0,06	0,55	-0,18	-0,17	0,09
0,466	96,04	0,12	-0,15	-0,01	-0,24	0,11	0,00	-0,16	0,07	-0,25	0,14	-0,42	0,14	0,20	0,70	-0,24
0,326	98,21	-0,12	0,05	0,24	-0,33	0,32	-0,34	0,11	0,31	-0,29	-0,22	0,35	-0,23	0,25	-0,12	-0,33
0,171	99,35	-0,01	-0,01	0,28	-0,18	-0,04	0,38	0,08	-0,02	0,03	0,35	0,23	0,62	0,30	-0,23	-0,18
0,088	99,93	-0,02	0,31	-0,29	-0,23	0,11	0,39	0,10	0,12	0,18	0,06	0,42	-0,10	-0,43	0,35	-0,23
0,008	99,99	0,00	0,39	0,11	0,06	-0,21	-0,38	0,37	-0,12	-0,31	0,60	0,02	-0,05	-0,16	0,08	0,06
0,001	100,00	0,00	0,17	0,09	0,01	-0,32	0,40	0,14	-0,27	-0,63	-0,46	0,00	-0,03	-0,01	0,02	0,01
0,000	100,00	0,00	0,43	0,22	0,05	0,52	-0,01	-0,43	-0,56	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
0	100,00	0,00	0,01	0,01	-0,71	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71
0,000	0,00	0,00	0,41	0,21	0,04	-0,43	-0,01	-0,61	0,48	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03

**Tabela 14** – Conjunto de cargas totais associadas das variáveis do solo Na (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Ca (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Mg (Cmolc / dm<sup>3</sup>), K (Cmolc / dm<sup>3</sup>), H+Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), S (Cmolc / dm<sup>3</sup>), T (Cmolc / dm<sup>3</sup>), V (Cmolc / dm<sup>3</sup>), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) em amostras coletadas em quatro regiões no Norte de Minas.

Com P	Conjunto de cargas totais avaliadas das variáveis														
	Na	Ca	Mg	K	H+ Al	Al	S	T	V	m	n	pH água	Corg	P	K
C1	0,17	0,60	0,61	0,84	0,74	0,42	0,84	0,84	0,24	-0,32	-0,17	0,16	0,40	0,56	0,84
C2	-0,16	0,63	0,01	-0,33	-0,58	-0,79	0,45	-0,44	0,88	-0,90	-0,12	0,75	0,20	0,39	-0,33
C3	0,47	-0,23	-0,23	0,31	-0,15	-0,27	-0,22	-0,18	-0,13	-0,03	0,88	0,15	0,38	0,42	0,31
C4	-0,14	0,37	-0,59	-0,02	-0,06	0,18	0,04	-0,04	0,07	0,16	-0,12	-0,32	0,75	-0,13	-0,02
C5	0,83	0,15	-0,08	-0,13	0,05	-0,02	0,07	0,06	0,01	-0,05	-0,15	-0,01	-0,05	-0,25	-0,13
C6	-0,11	0,12	-0,42	0,07	0,21	-0,15	-0,07	0,18	-0,28	-0,08	-0,05	0,45	-0,14	-0,14	0,07
C7	0,08	-0,10	0,00	-0,16	0,07	0,00	-0,11	0,05	-0,17	0,10	-0,29	0,09	0,13	0,48	-0,16
C8	-0,07	0,03	0,14	-0,19	0,18	-0,20	0,06	0,18	-0,17	-0,13	0,20	-0,13	0,14	-0,07	-0,19
C9	0,00	0,00	0,12	-0,07	-0,01	0,16	0,03	-0,01	0,01	0,14	0,09	0,26	0,12	-0,10	-0,07
C10	0,00	0,09	-0,09	-0,07	0,03	0,12	0,03	0,03	0,05	0,02	0,13	-0,03	-0,13	0,10	-0,07
C11	0,00	0,04	0,01	0,01	-0,02	-0,04	0,03	-0,01	-0,03	0,05	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,01
C12	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,01	-0,01	-0,02	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A diversidade presente nos solos das áreas estudadas é representada no gráfico de dispersão gerado por meio dos escores determinados pelos três primeiros componentes principais (Figura 7). Não foram observadas sobreposições ou proximidade excessiva entre as amostras, o que facilita a visualização e interpretação. A amostra 14 (Chapada Gaúcha), apresentou-se deslocada das demais, isso se deve aos altos valores de H+Al (4,1 Cmolc / dm<sup>3</sup>), CTC (4,7 Cmolc / dm<sup>3</sup>) e saturação por alumínio (72,17 %) mostrados. Outra amostra que se distanciou das demais foi a amostra 7 (Xacriabás), que apresentou o valor mais alto de C<sub>org</sub>, o que a diferencia das amostras das outras áreas de pesquisa.

Observa-se que as amostras não são agrupadas por origem geográfica, sendo que as diferentes áreas são encontradas dispersas e misturadas.



**Figura 7** - Gráfico 3D dos escores em relação aos componentes principais 1, 2 e 3 das 15 variáveis Na (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Ca (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Mg (Cmolc / dm<sup>3</sup>), K (Cmolc / dm<sup>3</sup>), H+Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), Al (Cmolc / dm<sup>3</sup>), S (Cmolc / dm<sup>3</sup>), T (Cmolc / dm<sup>3</sup>), V (Cmolc / dm<sup>3</sup>), m (%), n (%), pH (1:2,5), C org (%), P (mg/L) e K (mg/L) referentes à análise de solo de amostras coletadas em quatro regiões no Norte de Minas,

#### 4.3.3 Análise de agrupamentos

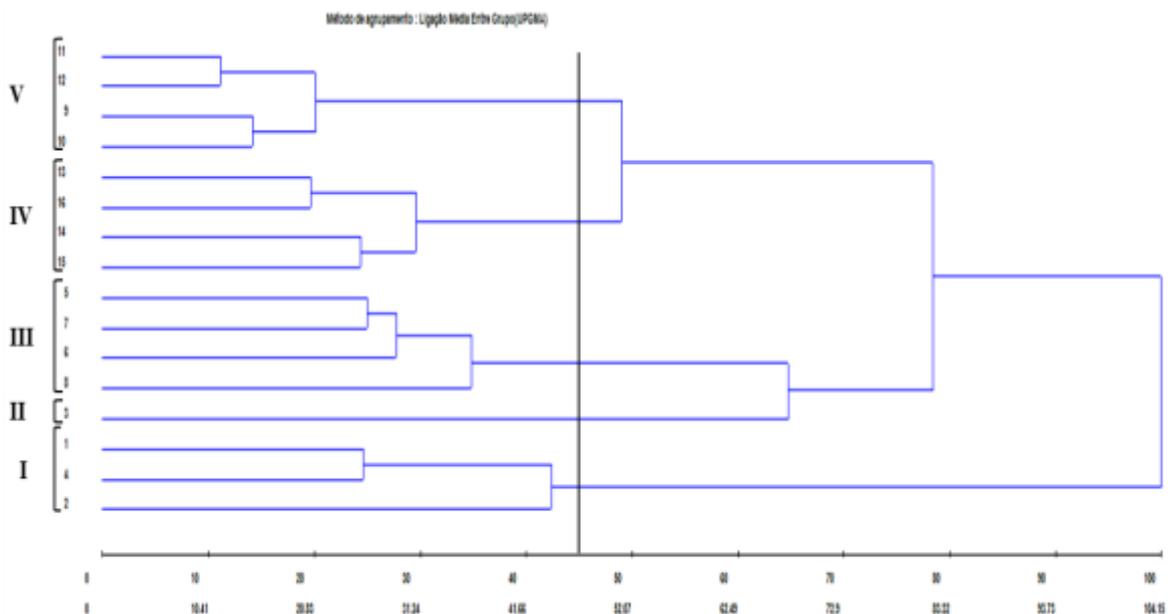
O agrupamento das 16 amostras por meio do método de Tocher discriminou três grupos (Tabela 15). Observou-se a formação de um grupo maior que apresenta a grande maioria das amostras avaliadas, cerca de 80%. Nesse são observadas amostras de todas as áreas estudadas, sugerindo que não há uma diversidade grande entre as regiões estudadas. A área Xacriabás foi a que apresentou maior diversidade com suas amostras distribuídas nos três grupos distintos. Ressalta-se que a amostra sete aparece formando um grupo exclusivo, o que corrobora com o observado no gráfico de dispersão dos componentes principais.

**Tabela 15**– Agrupamento 16 amostras de solo originadas de quatro áreas na região do Norte de Minas Gerais, baseado em 15 variáveis referentes à análise de solo pelo método de Tocher.

Grupo	Indivíduos			
	Tabua	Xacriabás	Cabeceira dos Cochos	Chapada Gaúcha
1	2, 3, 1, 4	8, 6,	11, 12, 10, 9,	15, 16, 13,
2		5		14
3		7		

No dendrograma de agrupamento das 16 amostras de solo obtido pelo método UPGMA observou-se que as medidas de dissimilaridade obtidas pela combinação das 15 variáveis relativas às características do solo, permitiram a distinção de todas as amostras com clareza e sem ambiguidades. Para isso foi traçada uma linha de corte a 45 % da variação total, evidenciando a formação de cinco grupos. O padrão de agrupamento observado demonstrou que houve a formação clara de grupos associados à origem geográfica (Figura 8).

O grupo I refere-se às amostras 1,2 e 4. Esse, juntamente com o grupo II, com o qual apresenta maior similaridade, representam a área de Tabua. Os grupos III, IV, V apresentam a totalidade de amostras das áreas Xacriabás, Chapada Gaúcha e Cabeceira dos Cochos, respectivamente. Esses resultados mostram que existe variabilidade entre as áreas estudadas, porém dentro dessas existem uma uniformidade maior que possibilita a formação dos grupos pela origem.



**Figura 8** – Dendrograma da análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA, com base na matriz de dissimilaridade determinada pelas distâncias de Mahalanobis de 16 amostras de solo de quatro regiões do Norte de Minas Gerais.

#### 4.4 Análise comparativa da diversidade por meio dos dados quantitativos, qualitativos e de solo

O teste de Mantel foi utilizado para verificar a correlação entre as matrizes de dissimilaridade obtidas dos grupos de caracteres quantitativos e qualitativos. Observou-se que as matrizes apresentaram uma correlação quase nula ( $r=0,09317$ ), porém significativa pelo teste Mantel ( $p>1$ ). A incoerência entre as matrizes é praticamente absoluta, conforme o comprovado pelo valor de coeficiente de correlação encontrado. Kamada (2006) em trabalho desenvolvido com fáfia também observou baixa correlação entre caracteres contínuos e multicategóricos e sugere que esse resultado seja mais uma informação de que os caracteres multicategóricos e contínuos são de importância distinta. Incongruência entre as matrizes de dados fenotípicos discretos e dados morfométricos e correlação nula também foram obtidas por Pessoni (2007) em trabalho com *Anacardium* spp.

De acordo com Mohammadi e Prasanna (2003), diante de tantos resultados contraditórios, as opiniões divergem a respeito da utilidade de se combinar grupos de dados de diferentes tipos de variáveis, com o propósito de analisar a diversidade genética. Os autores ainda chamam a atenção para o cuidado que deve ser tomado ao combinar dados de medidas quantitativas e qualitativas, em razão de possíveis obliquidades nas medidas de distância, baseadas em caracteres quantitativos e da alta correlação entre os caracteres qualitativos.

Diferentes padrões de agrupamento dos indivíduos, pelo método de otimização de Tocher, foram observados para as matrizes de dissimilaridade obtidas dos dados quantitativos e qualitativos (Tabelas 7 e 10). A matriz de dissimilaridade de dados quantitativos proporcionou o agrupamento com um maior número de grupos, ainda assim apresentou o grupo com o maior número de indivíduos. Por outro lado, os dados qualitativos geraram um menor número de grupos. Dentro dos grupos obtidos por essas matrizes não foi observada similaridade de comportamentos, os resultados apresentaram-se discrepantes. Nos grupos formados pela matriz de dados quantitativos observou-se o predomínio de algumas populações nos grupos, fato esse que não ocorreu nos formados pela matriz de dados qualitativos. Resultados similares foram encontrados por Pessoni (2007), que não observou similaridades entre as matrizes de distâncias empregadas no seu trabalho com *Anacardium* spp.

Com relação às amostras de solo das regiões avaliadas, observou-se no dendrograma gerado pelo agrupamento UPGMA (Figura 9) a formação de grupos bem divididos com relação à origem geográfica. Esse comportamento não foi observado nos indivíduos avaliados no agrupamento gerado pelos dados qualitativos (Figuras 6). Diante disso, sugere-se que, nesse caso, não há uma relação entre os dois tipos de variável, comportamento que já era esperado, uma vez que essa classe de caracteres, em geral, são altamente herdáveis e se expressam de modo consistente em todos os ambientes. O agrupamento gerado pelas variáveis quantitativas mostrou uma tendência de agrupar indivíduos com mesma origem geográfica, mesmo que esses não se encontrassem na totalidade em um grupo exclusivo. Essas variáveis apresentam a característica de responderem às variações ambientais, portanto, considera-se que existe uma relação entre as tendências de agrupamento das variáveis quantitativas e das amostras de solo coletadas nas áreas de pesquisa.

## 5 CONCLUSÕES

O padrão de agrupamento exibido pelas populações analisadas com base nas variáveis quantitativas é uma evidência de que as distâncias geográficas refletem o grau de relacionamento entre as populações.

As variáveis qualitativas mostraram grande variabilidade entre os indivíduos estudados e não geraram informações apropriadas para distingui-los, sem ambiguidades. Os padrões de distribuição acessados não foram considerados apropriados para caracterizar os indivíduos por origem geográfica.

O uso de menor número de descritores pode ser apropriado para avaliação de recursos do cajuí, resultando em economia de tempo e esforços no processo de caracterização.

Há diversidade entre as populações e o comportamento dos agrupamentos gerados pelas variáveis quantitativas comparado aos agrupamentos das variáveis do solo permitem inferir que a variação observada entre os indivíduos estudados se deve majoritariamente às condições ambientais do que à natureza genética.

## 6 REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160p.

ADÂMOLI, J.; MADEIRA NETO, J.S.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G. Recursos naturais dos cerrados: análise, ampliação e adequação de informações. In: **relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados**. Brasília, 1982/1985, Embrapa/Cpac, 1987. p. 41-45.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; FARIA, J.P.; NAVES, R. V.; VIEIRA, R.F. Cajus do cerrado. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Ed.) **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília- DF, 2006. p. 136-151.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético em plantas**. São Paulo: Ed. Blucher, 1971. 381p.

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. S. **De grão em grão o cerrado perde espaço**. Brasília, WWF, PRO-CER, 1995. 66p.

ALMEIDA NETO, J. X. **Caracterização das formas de fósforo e emprego de diferentes extratores para avaliar o P “disponível” em solos de Goiás**. Goiânia, Ed. da UFG. 1980. 149p.

ALMEIDA, S. P. *et al.* **Aproveitamento Alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá**. Embrapa/CPAC, Planaltina. 1987. 83 p. (Documentos 26).

ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC,1998.

ALMEIDA, S.P.; SILVA, J.A. **Piqui e Buriti: Importância alimentar a população dos cerrados**. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1994. 38p. (Documentos, 54).

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa- MG. 1999. 25-32p.

ALVES, H. P. S.; REIS, E. F.; CARVALHO, R. S.; PINTO, J. F. N. Caracterização morfológica do fruto e pseudofruto e desenvolvimento inicial de acessos de Cajuzinho do

Cerrado (*Anacardium humile* A. St. Hill). **63ª Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**. UFG. Goiânia- GO. 2011.

ALVIM, P. T.; ARAÚJO, W. El suelo como fator ecológico em el desarrollo de la vegetación em el centro-oeste del Brasil. **Turrialba**. V.2, p.153-160. 1952.

ALVIM, P. T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 16, p. 96-98. 1954.

ALVIM, P. T.; SILVA, J. E. Comparação entre os cerrados e a região amazônica em termos agroecológicos. In: MARCHETTI, D.; MACHADO, A.D. Coord. **Cerrado: uso e manejo. Simpósio sobre o cerrado**, 5, Brasília. Editerra. p.143-160. 1982.

ANDERSON, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. 2 ed. Nova York: John Wiley & Sons. 675 p. 1984.

ARAUJO, D. J.; CARVALHO, S. P.; ALVES, R. M. Divergência genética entre clones de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Schum). **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n. 1, p. 13-21, 2002.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos Cerrados – Preservação gera muitos frutos**. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/bio15/frutos.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2007.

BAJRACHARYA, J.; STEELE, K.A.; JARVIS, D. I.; STHAPIT, BR.; WITCHCOMBE, J. R. Rice landrace diversity in Nepal: variability of agro-morphological traits and SSR markers in landraces from a high-altitude site. **Field Crop Research**, n.95, p. 327-335. 2005.

BARBOSA, A.A.A. **Biologia reprodutiva de uma comunidade Campo Sujo, Uberlândia, MG**. 1997. 200p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

BARBOSA, A. S. **Sistema biogeográfico do cerrado: alguns elementos para a sua caracterização**. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 1996. 44 p.

BARROS, L. M. Biologia floral, colheita e rendimento. In: LIMA, V.P.M.S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1988. p. 301-319.

BARROS, L. M. Botânica, origem e distribuição geográfica. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. da (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPACNPAT, 1995.

BARROSO, G.M. et al. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Editora UFV, Viçosa, 1999.

BORGES, M. A. **A conquista do cerrado: uma proposição para duplicar a produção de grãos**. Brasília, CVRD. 1985. 87 p.

BUENO, A. de A.; BELENTANI, S. C. da S.; MOTTA-JÚNIOR, J. C. Feeding Ecology of the maned Wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) (Mammalia: Canidae), in the Ecological Station of Itirapina, São Paulo State, Brasil. **Biota Neotropica** 2. 2002.

CHAVES, L. J. **Melhoramento e Conservação de Espécies Frutíferas do Cerrado**. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/cbmp.2001/palestras/palestra.htm>>. Acesso em: 22 set. 2007.

COCHRANE, T. T.; SANCHEZ, L. F. Clima, paisajes y suelos de las sabanas tropicales de Suramerica. **Interciência**, v. 6. P.239-244. 1981

COCHRANE, T. T.; AZEVEDO, L. G. As savanas do trópico sul-americano: uma visão geral dos seus recursos de clima e solo para o desenvolvimento agrotecnológico baseado no inventário computadorizado de sistemas de terra do CIAT/Embrapa. In: **Savanas: Alimento e energia. Simpósio sobre o cerrado**, 6, Brasília, Embrapa/ Cpac. 1988. p.773-801.

COLOMBO, C.; SECOND, G.; VALLE, T. L.; CHARRIER, A. Genetic diversity characterization of cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz). I) RAPD markers. **Genetic and Molecular Biology**, n. 21, v.1, p.105-113. 1998.

COUTINHO, L.M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.1, p 17-23. 1978.

COUTINHO, L. M. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**. V. especial, p. 131-138. 1992.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Análise multivariada e simulação**. Viçosa-MG, UFV, 2006. 175p.

CRUZ, C.D. **Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa- MG: Editora UFV, 2003, v. 2. 585p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2004, v.1. 2 ed. 480p.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. Tese (Doutorado). ESALQ, Piracicaba, 1990.

DALPONTE, J. C.; LIMA, E. S. Disponibilidade de frutos e a dieta de *Lycalopex vetulus* (Carnivora-Canidae) em um cerrado de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, p.325-332, 1999.

EINTEN, G. **Classificação da vegetação no Brasil**. Brasília, Coordenadoria Editorial/CNPq, 1983. 305p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Agroindústria Tropical. **Cultivo do Cajueiro**. Sistema de Produção 1. Versão eletrônica Jan/2003. Fortaleza-CE. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/index.htm>> (Acesso em: novembro de 2008).

FERRÃO, J. E. M. **O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1995. 299p.

FERREIRA, M.B. **Frutos comestíveis nativos do D.F.(II): gabioba, araçás, amoreiras e cajus**. Cerrado, v.5, p. 22-25. 1973.

FERREIRA, M. B. Frutos comestíveis nativos do cerrado em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.6, p. 9-18. 1980.

GARDNER, G. **Viagem ao interior do Brasil**: principalmente nas províncias do Norte e nos distritos do ouro e do diamante durante os anos de 1836-1841. São Paulo, Itatiaia/USP, 1975, 260 p.

GIANNOTTI, E. **Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da estação experimental de Itirapina (SP)**. Campinas, 1988. 222p. Dissertação (mestrado), Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas.

GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.28. n.1. Viçosa. 2004

GOMES, J. G. **Caracterização de população natural de Cajuí (*Anacardium othonianum* Rizz.) na Sub-bacia do Rio dos Cochos, Norte de Minas Gerais**. Montes Claros-MG, 2009. 28p. Monografia (graduação), Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Minas Gerais.

GOODLAND, R. Ologotrofismo e alumínio no cerrado. In: FERRI, M.G. Coord. **Simpósio sobre o cerrado**, 3, São Paulo, Edgard Blücher Ltda./USP, p. 44-60. 1971.

GRANDO, C. **Aspectos da demografia do cajueiro-do-campo (*Anacardium humile*) em áreas de Cerrado do Estado de São Paulo e construção de bibliotecas enriquecidas de microssatélites para a espécie**. Piracicaba, 2009. 76p. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”.

HARDY, F. Problemas de fertilización en el Campo Cerrado de la parte centro oriental de Brasil. **Turrialba**, v.12, p.128-133. 1962.

HIRSCHMANN, G. S.; ARIAS, A. R. A survey of medicinal plants of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 29, p. 159-172, 1990.

HOEHNE, F. C. **Frutas indígenas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1946. 88p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2012**. Estudos e pesquisas – Informação geográfica. Rio de Janeiro. 2012. 350p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Comunicação Social. 21 de maio de 2004. Visualizado 11 de março 2013. [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169)

IBPGR. **Cashew descriptors**. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, 1986.

IBPGR. **Elserviers dictionary of plant genetic resources**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1991. 187p.

JACOMINI, P. K. T. Considerações gerais sobre alguns solos do cerrado. **Boletim Departamento de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias**, v. 15, p.131-136.1964.

JOHNSON, D. V. **O caju do Nordeste do Brasil: um estudo geográfico**. Trad. José Alexandre Robatto Orrico. Fortaleza: ETENE, 1974.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

KAMADA, T. **Avaliação da diversidade genética de populações de fáfia (*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen) por RAPD, caracteres morfológicos e teor de beta-ecdisona**. 2006. 106p. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

KLINK, C. A. Aspectos ecofisiológicos e demográficos das gramíneas das savanas neotropicais. In: AZÓCAR, A. ed. **Respuestas ecofisiológicas de plantas de ecosistemas tropicales**. Venezuela, Ediciones CIELAT. Universidad de Los Andes. 1993. p. 25-50.

LIMA, V. P. M. S. Botânica. In: LIMA, V. P. M. S.(org.) **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil S. A. 1988. p. 15-61

LOPES, A. S. Correção e adubação dos solos dos cerrados. In: **Simpósio sobre o potencial agrícola dos cerrados**, 1, Goiânia, Fundação Cargil, 1985. P. 57-59.

LÓPEZ-NARANJO, H. J. **Estrutura morfológica de *Anacardium humile* A. St.-Hil. (Anacardiaceae)**. São Paulo, 1975. 80p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo.

LÓPEZ-NARANJO, H. J.; PERNÍA, N. E. Anatomia y ecología de los organos subterráneos de *Anacardium humile* A. St.-Hil. (Anacardiaceae). **Revista Forestal Venezolana**, Mérida. V.24, p.55-76, 1990.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 2006. 627p.

LUZ, C. L. S. **Anacardiaceae R. Br. Na flora fanerógama do estado de São Paulo**. São Paulo, 2011. 94p. Dissertação (mestrado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

MARTINELLO, G. E.; LEAL, N. R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; DAHER, R. F. Divergência genética em indivíduos de quiabeiro com base em marcadores morfológicos. **Horticultura Brasileira**, v.20, p. 52-58, 2001.

MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods: a primer**. 2ed. Londres: Chapman & Hall. 215 p. 1998.

MARDIA, K.V.; KEMT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. Londres: Academic Press. 518 p. 1997.

MELO JÚNIOR, A. F. de; CARVALHO, D. de; PÓVOA, J.S.R., BEARZOTIE, E. Estrutura genética de populações naturais de pequi ( *Caryocar brasiliense* Camb.). **Scientia Florestalis**, n.66, p.56-65, 2004.

MENDONÇA, R. C.; FELFILE, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do cerrado. In: SANO, S. N.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. P. 298-306.

MITCHELL, J. D.; MORI, S. A. The cashew and its relatives (Anacardium: (Anacardiaceae)). **Memoirs of the New York Botanical Garden**, New York, v. 42, p. 76, 1987.

MOHAMMADI, S. A.. PRASANNA, B. M. Analyssis of genetic diversity in crop plants saliente estatistical tools and considerations. **Crop Science**, v. 432, p.1235-1248. 2003.

NAVES, R.V. **Espécies frutíferas nativas do cerrado de Goiás Caracterização e influências do clima e dos solos**. 1999. 206 f. Tese (Doutorado), Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

NEUFELDT, H.; RESCK, D.V.S.; AYARZA, M.A. & ZECH, W. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. **Geoderma**, 107:151-164, 2002.

OKIGBO, B. N. Conservation and use of plant germplasm in African tradicional agriculture and land use systems. In: PUTTER, A. (Ed.). Safeguarding the genetic basis of Africa's tradicional crops. **Proceedings...** Nairobi: CTA/IBPGR/KARI/unep, 1992. p .15-38.

OLIVEIRA, V. R.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, P. R. G.; BRACCINI, A. L. Avaliação da diversidade genética em pimentão através de análise multivariada. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 19-24, 1999.

PERECIN, M. B. **Diversidade genética em populações naturais de espécies de espinheira-santa (Maytenus aquifolia) Mart e M. ilicifolia Mart. Ex Reiss. (Celastraceae)**. Piracicaba: 134p. Tese (Doutorado), ESALQ, 2000.

PEREIRA, E. B. B.; PEREIRA, M. B. Um critério para descarte de variáveis na análise de componentes principais. **Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Exatas e da Terra**. Seropédica, RJ, EDUR, v. 23, n. 1-2, p. 1-7. 2004.

PERES, J. R. R. Programa nacional de pesquisa de aproveitamento dos recursos naturais e socioeconômicos dos cerrados. In: **Relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados, 1982/1985**. Brasília, Embrapa/Cpac, Planaltina, 1987. P.105-107.

PERIOTO, F. **Efeito alelopático de *Andira humilis* e de *Anacardium humile* na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* e *Raphanus sativus***. 2003. 52 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PESSONI, L. A. **Estratégias de análise de diversidade em germoplasma de cajueiro (*Anacardium spp. L.*)**. Viçosa: UFV. Tese (Doutorado). 159 p. 2007.

PESSONI, L. A.; CRUZ, C.D. Repetibilidade de variáveis morfológicas utilizadas na caracterização da diversidade genética de populações de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 2005, Gramado-RS. **Anais...** Passo Fundo-RS: SBMP, 2005. CD-ROM.

PINTO, M.N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora da Universidade de Brasília. Brasília – DF : 1993. p.607-643.

POHL, J. E. **Viagem no interior do Brasil**. São Paulo, Itatiaia/USP, 1976. 417 p.

RATTER, J.A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, Oxford, v. 80, o. 223-230, 1997.

REATTO, A.; MARTINS, É. De S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439 p.

RIBEIRO, F. J.; PROENÇA, C. E.; ALMEIDA, S. P. Potencial frutífero de algumas espécies frutíferas nativas do cerrado. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 8., 1986, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT: CNPq, 1986. v. 2, p. 491-500.

RIBEIRO, J. F. e B. WALTER, M. T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In **Cerrado: Ambiente e Flora**. Embrapa/CPAC, Planaltina, 1998. p. 87-166.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503 p.

RIGONATO, V. D.; ALMEIDA, M.G. Cultura, conhecimento popular e uso das espécies nativas pelos pequenos agricultores do Cerrado. Projeto de pesquisa financiado pelo Programa Centro Oeste de Pesquisa e Pós-Graduação – POCPG/CNPq 2001 – 2003.

RIZZINI, C. T. Espécies novas de árvores do Planalto Central Brasileiro. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. V.41, p.239-244.1969.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**: Aspectos ecológicos. São Paulo, HUCITEC, USP, v.1. 1976. 327p.

SANCHEZ, P. A. **Suelos del trópico**. Características y manejo. Costa Rica, IICA, 1981.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem à província de Goiás**. São Paulo, Itatiaia/USP, 158 p. 1975.

SILVA, A. P. P.; MELO, B.; FERNANDES, N. **Fruteiras do Cerrado**. Disponível em: <[http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/fruteiras%20do%20 cerrado.html](http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/fruteiras%20do%20cerrado.html)>. (Acesso em: novembro de 2008).

SILVA, J. A.; SILVA, D. B.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. M. R. **Frutas nativas dos Cerrados**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Brasília. 166 p. 1994.

SILVA, D. B.; SILVA, J.A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 178 p.

SILVA JUNIOR, J. F. et al. Variabilidade em populações naturais de mangabeira do litoral de Pernambuco. **Magistra**, Cruz das Almas – BA; v.19, n.4, p. 373-378, out./dez., 2007.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**: the principles and practice of numerical classification. São Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573p.

VARELLA, C. A. A. **Análise multivariada aplicada às Ciências Agrárias**: Análise de componentes principais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/multivariada%20aplicada%20as%20ociencias%20agrarias/Aulas/analise%20de%20componentes%20principais.pdf> > Acesso em: 13 de março de 2013.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215p.

WARD, J. H. Jr. Hierarchical grouping to optimized na objective function. **J. Am. Statistic. Assoc.** v. 58, p. 236-244. 1963.