

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Sérgio Rodrigues Morbiolo

**“Morfometria geométrica e modelagem matemática em *Lantana
camara* L. (Verbenaceae)”**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biologia da
Universidade Estadual de Campinas como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Mestre em
Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. George John Shepherd

Campinas, 2006

UNIDADE Be
Nº CHAMADA UNICAMP
M798m
V _____ EX _____
TOMBO BCI 71359
PROC. 16-145-07
C _____ D X
PREÇO 11,00
DATA 02-02-07
BIB-ID 400166

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP

M798m

Morbiolo, Sérgio Rodrigues

Modelagem matemática e relações morfométricas do corpo vegetativo de *Lantana camara* L. (Verbenaceae) no Brasil / Sérgio Rodrigues Morbiolo. -- Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: George John Shepherd.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Plantas invasoras. 2. Pragas. 3. Alometria. 4. Algoritmos genéticos. I. Shepherd, George John. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Título em inglês: Mathematical modeling and morphometric relations in the vegetative body of *Lantana camara* L. (Verbenaceae) in Brazil.

Palavras-chave em inglês: Weeds; Alien plants; Allometry; Genetic algorithms.

Área de concentração: Biologia Vegetal.

Titulação: Mestre em Biologia Vegetal.

Banca examinadora: George John Shepherd, João Semir, Julie Dutilh.

Data da defesa: 31/07/2006.

Programa de Pós-Graduação: Biologia Vegetal.

Campinas, 31 de julho de 2006.

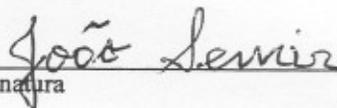
BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George John Shepherd (Orientador)



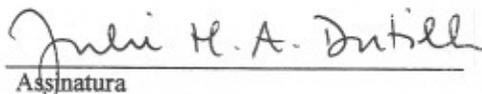
Assinatura

Prof. Dr. João Semir



Assinatura

Profª. Dra. Julie Dutilh



Assinatura

Profª. Dra Ingrid Koch

Assinatura

20070798

“Se hoje enxergo mais longe, é porque me apóio sobre o ombro de gigantes”.

Isaac Newton, físico inglês.

Agradecimentos

É muito difícil agradecer a todos os que participaram, direta ou indiretamente, da execução deste trabalho. Primeiramente, gostaria de agradecer àquela que foi, durante o meu curso de Mestrado, minha namorada, noiva e finalmente esposa, Gisele Fiorelli Morbiolo. Durante esse tempo, foi também motorista, auxiliar de campo e de laboratório, além de tantos outros cargos que uma perfeita companheira pode executar. Agradeço também a Rafael Luís Fonseca, Paulo Roberto Guimarães Junior e João Luiz Mazza Aranha Filho, pela imensa contribuição à edição deste trabalho e também à minha formação pessoal e profissional. Devo também às minhas famílias, no plural, os Morbiolo (minha família de nascimento) e os Fiorelli (a família que adotei como minha antes mesmo de meu casamento), que me ampararam e ofereceram suporte dos mais variados modos, além dos Calíço Corniani e dos Canabrava Garrido, por auxílios diversos no período final da execução do trabalho.

No campo profissional, agradeço aos curadores dos herbários visitados, que gentilmente cederam informações ou me deixaram à vontade para a coleta de dados: Washington Marcondes-Ferreira (UEC), José Rubens Pirani (SPF), Reyjane Patrícia Oliveira (HUEFS), Carlos Alberto Cid Ferreira (INPA) e Maria Salete Marchioreto (PABA). Grande parte das melhorias deste trabalho são fruto de sugestões dadas por A. Townsend Peterson, Ricardo Scachetti, Arthur Chapman e César Augusto de Freitas Anselmo, que revisaram o manuscrito, e por Leonardo Meireles, que auxiliou na análise de parte dos dados. No Departamento de Botânica e Taxonomia da Unicamp, agradeço imensamente aos membros da banca do exame de qualificação e da defesa de tese, Prof. Dr. João Semir, Profa. Dra. Julie Henriette Antoinette Dutilh, Profa. Dra. Ingrid Koch e Profa. Dra. Angela Borges Martins, além de meu orientador Prof. Dr. George John Shepherd, que contribuíram de maneira precisa e decisiva para a edição deste trabalho e à minha formação profissional, além de nunca perderem a confiança em mim. É a esses gigantes que me refiro.

Finalmente, agradeço a Deus por ter colocado todos eles em minha vida. Muito Obrigado.

Índice

Resumo.....	1
Abstract.....	3
Introdução geral.....	5
Objetivos.....	9
Capítulo 1. Estudo das relações morfométricas do corpo vegetativo em <i>Lantana camara</i> L. (Verbenaceae)...	11
Resumo.....	13
Abstract.....	15
Introdução.....	17
Material e métodos.....	19
Resultados e discussão.....	25
Referências bibliográficas.....	28
Figuras.....	31
Capítulo 2. Modelagem do potencial invasivo de <i>Lantana camara</i> L. (Verbenaceae).....	81
Abstract.....	83
Resumo.....	85
Introdução.....	87
Material e métodos.....	87

Resultados e Discussão	90
Referências bibliográficas.....	94
Tabelas.....	101
Figuras	105
Considerações finais	111
Referências bibliográficas gerais	113

Índice de figuras

Figura 1.1. Mapa de distribuição dos locais de coleta das amostras.....	31
Figura 1.2. Medidas coletadas na planta.....	33
Figura 1.3. Método para a extração dos coeficientes da curva do contorno.	35
Figura 1.4. Ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais.	37
Figura 1.5. Vetores da ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais.	39
Figura 1.6. Ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais.	41
Figura 1.7. Vetores da ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais.	43
Figura 1.8. Ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais.	45
Figura 1.9. Vetores da ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais.	47
Figura 1.10. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples.	49
Figura 1.11. Distribuição das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 2 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.	51

Figura 1.12. Distribuição das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.....	53
Figura 1.13. . Distribuição das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 2 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.....	55
Figura 1.14. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples discriminados por local de coleta (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra e estrada do Observatório de Cabras).....	57
Figura 1.15. Ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais.	59
Figura 1.16. Vetores da ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais.....	61
Figura 1.17. Ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais.	63
Figura 1.18. Vetores da ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais.....	65
Figura 1.19. Ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais.	67
Figura 1.20. Vetores da ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais.....	69
Figura 1.21. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples.....	71

Figura 1.22. Distribuição das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 2 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.	73
Figura 1.23. Distribuição das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.	75
Figura 1.24. Distribuição das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 2 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.	77
Figura 1.25. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples discriminados por local de coleta (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra e estrada do Observatório de Cabras).	79
Figura 2.1. Topo: Pontos indicando a distribuição da espécie na região dos neotrópicos (distribuição nativa). Abaixo: modelo de distribuição projetado para <i>L. camara</i> nos neotrópicos.	105
Figura 2.2. Topo: Pontos indicando a distribuição da espécie na região da África Sub-Saara. Abaixo: modelo de distribuição projetado para <i>L. camara</i> na África.	107
Figura 2.3. Topo: Pontos indicando a distribuição da espécie na Indo-Malásia e na Australásia. Abaixo: modelo de distribuição projetado para <i>L. camara</i> na região.	109

Resumo

A taxonomia de *Lantana camara* tem sido alvo de discussão de estudiosos em todo o mundo. A variabilidade morfológica, ecológica e química da espécie é extremamente grande. Alguns autores consideram que *L. camara* seja um complexo de espécie ao invés de um táxon monotípico, algumas vezes descrito como composto por até 150 táxons diferentes.

Neste trabalho, a variabilidade de *L. camara* é colocada a prova através de dois métodos: a morfometria geométrica e a modelagem matemática. Os métodos morfométricos são utilizados para analisar a variabilidade morfológica do corpo vegetativo dos indivíduos da espécie no Brasil, país que faz parte da região original de distribuição da espécie, a América tropical. A análise dos dados é feita por métodos multivariados a fim de verificar se existe uma unidade taxonômica nas amostras brasileiras da espécie ou não. É verificado que não existe qualquer ponto confiável em que se possa reconhecer táxons específicos ou subespecíficos em todo o território; apesar da grande discrepância entre os extremos, as medidas formam um contínuo.

No segundo capítulo, um algoritmo genético (GARP) é utilizado para traçar um mapa de distribuição potencial da espécie sobre o mundo, baseado em pontos de ocorrência da espécie em áreas nativas da América tropical. Verifica-se uma grande área potencial de distribuição no Novo Mundo e em outros continentes; porém, não houve previsão de ocorrência potencial na Austrália e na África do Sul. Estes dois países estão entre os que mais investem em programas de erradicação da espécie, com populações muito bem estabelecidas em áreas naturais e cultivadas. Como o algoritmo não previu possibilidade de ocupação desses países por *L. camara*, infere-se, então, que as linhagens ocorrentes nesses países sejam relativamente distantes taxonomicamente da espécie típica, podendo ser oriundas de hibridização e manipulação horticultural. Aparentemente, é necessária uma revisão da espécie em nível mundial.

Abstract

The taxonomy of *Lantana camara* has been the target of discussion by taxonomists all over the world. The morphological, ecological and chemical plasticity observed is very extensive. Some authors consider that *L. camara* is a species complex instead of a monotypic taxon, composed of up to 150 different taxa.

In this study, the variability of *L. camara* is studied using two methods: geometric morphology and mathematical modelling. Morphological methods are used to analyze the morphological variability of the vegetative parts of Brazilian populations. Brazil is within the native distribution for the species, which occurs over a large part of the Neotropics. The data analysis is made using multivariate methods to verify if there is any obvious morphological discontinuity within Brazilian samples which would allow specific or infraspecific taxa to be recognized. It does not appear to be possible to define reliable subdivisions within this taxon; in spite of the huge discrepancy among the more extreme samples, the measures are continuous.

In the second chapter, a genetic algorithm (GARP) is used to draw a potential distribution map of the species over the world, based on occurrence points of *Lantana camara* in areas of the Neotropics where it is native. In spite of having an extremely widespread distribution in the Americas and other continents, no potential occurrence is predicted for Australia and South Africa, two of the countries with the most active eradication programs for this species. It is inferred that the variants found in these countries may be taxonomically distant from the typical species, possibly resulting from horticultural hybridization and manipulation. A comprehensive review of the species at world level is necessary.

Introdução geral

Lantana camara é um arbusto perene, com seu centro de radiação localizado em algum ponto da América tropical, provavelmente no território brasileiro. De crescimento vigoroso, atinge cerca de 1 metro de altura e costuma florescer e frutificar praticamente por todo o ano, exceto nos meses de inverno nas regiões mais frias. As inflorescências são características, em forma de espiga curta, globosa e compacta, com flores em número de 20 a 35 (Kissmann & Groth, 2000). A maturação das flores é sequencial, da base para o ápice, estando as flores mais velhas localizadas externamente às mais novas na inflorescência globosa, com os botões no centro. A cor das flores varia bastante, podendo ser amarelas, vermelhas, rosadas, alaranjadas, roxas, lilases ou brancas, com as inflorescências ostentando combinações destas cores, e linhagens ornamentais podendo apresentar ainda maior coleção de cores. Apesar dessa variação, a maioria das linhagens apresenta uma característica em comum: as inflorescências apresentam flores em estágio reprodutivo, botões e flores senis; as flores que ainda apresentam viabilidade reprodutiva ostentam corolas com cores diferentes das demais. As plantas mantêm as flores senis por algum tempo, com flores diferentes, para que os polinizadores formem imagens de procura bem definidas (Weiss, 1997). As flores em estágio reprodutivo ativo apresentam uma coloração geralmente tendendo ao amarelo ou ao branco, enquanto que as flores mais velhas e os botões geralmente têm cores que tendem ao vermelho, rosa-escuro ou roxo (Kissmann & Groth, 2000). Mesmo em linhagens que não apresentam alteração acentuada nas cores das pétalas, costuma-se ver guias de néctar brancos ou amarelos indicando as flores em fase reprodutiva (Penz & Krenn, 2000). Especula-se também que os tripses (ordem *Thysanoptera*) tenham participação ativa na polinização (Sharma et al, 2005). *Lantana camara* costuma ser uma importante fonte de néctar para os visitantes nas regiões onde é encontrada (Sharma et al, 2005).

A planta apresenta grande variabilidade morfológica e química e grande tolerância a variações ambientais (Goulson & Derwent, 2004). Esse fator, aliado ao potencial ornamental e caráter rústico da planta, faz

com que seja cultivada em praticamente todo o mundo como planta de jardim (Goulson & Derwent, 2004). Em alguns casos, pode escapar do cultivo e estabelecer-se em populações naturalizadas uma vez que apresenta disponibilidade de polinizadores (especialmente borboletas e *Apis mellifera* fora da região de distribuição nativa [Goulson & Darwent, 2004; Sharma et al, 2005]) e é facilmente dispersa por aves frugívoras (Mandon-Dalguer, 2004; Sharma et al, 2005).

A última redelimitação do gênero *Lantana* para o Brasil foi feito por Silva em 1999 e sinonimizou 13 táxons como *Lantana camara*. Anteriormente, *L. camara* era considerada um complexo de espécies, sendo ainda considerado como tal por alguns autores. (Stirton, 1977, Kissmann & Groth, 2000). Não há consenso sobre o número de táxons que estaria envolvido: fala-se até em algumas centenas de linhagens selvagens e cultivadas (Pereira, 2001; Goulson & Derwent, 2004; Kok, 2006). Sugere-se que os cultivares sejam derivados hibridização com espécies diferentes ou taxa subespecíficos de *L. camara*, sendo muitos deles de origem indeterminada (Stirton, 1977; Spies, 1984; Broughton, 2000). Sugere-se também que a espécie seja fruto de hibridização horticultural realizada na Europa desde sua introdução entre os séculos XV e XVI (Pereira, 2001), tendo sido criadas diversas linhagens (Thomas, 2000). As variedades criadas teriam sido levadas às colônias tropicais e subtropicais dos países europeus (Stirton, 1977; Palmer & Pullen, 1995; Pereira & Barreto, 2001).

Sabe-se que a espécie é predominantemente autoincompatível, sendo a maioria dos cultivares estéril ou pouco viável reprodutivamente; esse fenômeno pode ocorrer por problemas citológicos, como aneuploidias ou instabilidade meiótica (Kok, 2006; Sharma et al, 2005). em alguns casos esporádicos, estabiliza-se e passa a produzir algumas sementes, podendo fugir de cultivo e estabelecer populações (Baars et al, 2003; Walter, 1999). O cruzamento destas populações com aquelas já estabelecidas aumenta ainda mais a variabilidade genética da espécie (Agriculture and Research Management Council of Australia, 2001). Nas regiões invadidas por *L. camara* é comum a presença de populações com vários níveis de ploidia, sendo as diplóides pouco invasivas

(Sharma et al, 2005; Kok, 2006). São relatados casos de $2n=22, 33, 44, 55, 66$ e 99 cromossomos (Kissmann & Groth, 2000), apesar de dados precisos sobre ploidia em populações brasileiras não serem encontrados na literatura.

A espécie apresenta uma imensa tolerância por ambientes. Populações estabelecem-se em diversos habitats e em uma variedade de tipos de solo (Sharma et al, 2005). Não mostra clara associação com habitats, estando presente em áreas de dunas, florestas e regiões pantanosas em áreas invadidas. É pouco comum em florestas densas, mas estabelece-se facilmente em clareiras e outras formações abertas e iluminadas como bordas de matas, ecótonos, pastos, encostas de montanhas e ambientes degradados (Gentle & Duggin, 1998; Agriculture and Research Management Council of Australia, 2001; Goulson & Derwent, 2004; Sharma et al, 2005; Totland, 2005; Williams, 2005), onde consegue interromper processos de regeneração de ambientes degradados através da liberação ao solo de compostos tóxicos. Como invasora, é bastante eficiente como competidora com espécies nativas, reduzindo a germinação, retardando crescimento de plântulas e aumentando a mortalidade, alterando a estrutura e florística da região, reduzindo a riqueza de espécies conforme aumenta a densidade da infestação (Gentle & Duggin, 1997; Sharma et al, 2005), sendo esse fenômeno um dos possíveis responsáveis pelo sucesso da espécie como invasora em certas comunidades (Gentle & Duggin, 1997). As populações se formam em densas reboleiras de arbustos grandes, com até 4 metros de altura e diâmetro (pode chegar a alturas de 12 a 15m como trepadeira apoiada [Agriculture and Research Management Council of Australia, 2001; Sharma et al, 2005; Totland, 2005]), sob os quais os propágulos de espécies nativas não conseguem se estabelecer (Gentle & Duggin, 1997; Totland, 2005). Tais formações não são observadas em sua região de origem, onde normalmente apresentam-se esparsas e em forma de arbustos pouco densos de menos de 2m de altura (Pereira & Barreto, 2001; Sharma et al, 2005).

Além dos problemas apresentados para as comunidades naturais, *L. camara* apresenta ainda uma composição tóxica cujo potencial varia entre as linhagens (Kok, 2006; Goulson & Derwent, 2004; Aluja, 1970), podendo levar animais grandes como gado à morte em alguns dias, mesmo após a ingestão de uma quantidade relativamente pequena (1-2% do peso do animal) de folhas frescas de *L. camara* durante esse período (Tokarnia et al, 2002; Department of Natural Resources and Mines, 2003). Casos de envenenamento ocorrem inclusive em sua região de origem, especialmente em gado estabelecido em pastos invadidos pela planta (Tokarnia et al, 2002).

Devido à capacidade de estabelecer-se em áreas naturais e cultivadas, aliadas à facilidade em escapar de cultivo e aos efeitos negativos que causa em locais invadidos, *Lantana camara* é considerada hoje uma das 10 maiores pragas do mundo (Holm et al, 1977; Sharma et al, 1988; Fensham, 1994; Mauchamp et al, 1998; Islam et al, 2001; Totland, 2005). É também ranqueada como uma das 100 piores espécies alienígenas invasoras segundo o Invasive Species Specialist Group (ISSG, 2001). Hoje, a distribuição é ampla, entre os paralelos 35°N e 35°S, sendo naturalizada em pelo menos 60 países (Baars et al, 2003; Sharma et al, 2005).

A invasão por espécies exóticas é hoje um dos mais importantes problemas sofridos por ambientes naturais, estando atrás apenas da destruição dos habitats (Sharma et al, 2005). Apesar de a invasão ser um fenômeno natural, os recentes aumentos na taxa de invasão são claramente um efeito antrópico, uma vez que distúrbios, regulares ou esporádicos, são agentes facilitadores de invasão (Duggin & Gentle, 1998; Sharma et al, 2005). Espécies invasoras, por sua vez, tendem a ser mais competitivas que as espécies nativas, além de sofrer menor pressão por predadores e antagonistas naturais (Sharma et al, 2005). A maioria das invasoras são espécies exóticas e representam ameaças aos ecossistemas invadidos em virtude de suas qualidades agressivas, que podem incluir crescimento superior por competição eficiente por recursos, dispersão eficiente e rápido estabelecimento (Gentle & Duggin, 1998; Ellison, 2004; Sharma et al, 2005).

O complexo *Lantana camara latu sensu* hoje é um problema ecológico e econômico em vários países. Quatro países, especialmente, apresentam programas de biocontrole estabelecidos há várias décadas visando seu controle: Austrália (Agriculture and Research Management Council of Australia, 2001), Índia (Sharma et al, 2005), África do Sul (Simelane, 2002; Heystek & Baars, 2005) e Estados Unidos, pela invasão das ilhas do Havai (Baars & Heystek, 2003), com programas de biocontrole iniciados em 1902 (Baars & Heystek, 2003; Pereira et al, 2003). Pelo menos 38 espécies de insetos (Broughton, 2000; Trujillo, 2005) e 25 espécies de fungos (Barreto et al, 1995; Ellison & Banet, 2004) foram lançados como biocontrole em 29 países. Em pouquíssimos casos o controle apresentou-se eficiente, sendo a maior parte dos efeitos restritos a umas poucas localidades, de eficiência transitória e restritos a algumas variedades (Cilliers & Naser 1991, Baars & Naser 1999; Palmer et al., 2000; Goulson & Derwent, 2004; Simelane, 2005). Um dos maiores problemas apresentados é a variabilidade da espécie, que pode mostrar-se não suscetível aos biocontroles aplicados, devido a incompatibilidade dos organismos com o ambiente ou presença de compostos químicos diferentes das apresentadas na região de origem e antagonismo com espécies nativas (Thomas & Ellison, 2000; Williams, 2004; Heystek & Baars, 2005).

Objetivos

O conjunto de dados apresentado mostra que a variabilidade de *L. camara* é bastante grande, especialmente quando se enfoca diferenças das populações entre os continentes; portanto, faz-se necessária uma revisão comparativa da espécie, verificando-se a diferença entre as linhagens estabelecidas em várias regiões invadidas e a área onde a espécie é nativa. Visando estabelecer subsídios para elucidar a relação taxonômica entre as linhagens, o presente trabalho tem como objetivo esclarecer as seguintes questões: 1) Usando dados morfométricos no corpo vegetativo, é possível estabelecer divisões taxonômicas em *L. camara* no Brasil? 2) Qual o potencial invasivo da espécie típica, e qual a sua participação na invasão do dito complexo *Lantana camara latu sensu* no resto do mundo? 3) Através da comparação do padrão de distribuição potencial e da distribuição

observada, pode-se dizer que a espécie é contínua e válida para populações em todo o mundo? 4) Quais as informações taxonômicas que podem ser inferidas através da combinação dos resultados das análises de morfometria e de modelagem?

**Capítulo 1. Estudo das relações morfométricas do corpo
vegetativo em *Lantana camara* L. (Verbenaceae)**

Resumo

A espécie *Lantana camara* L. (Verbenaceae) é conhecida por sua grande variabilidade morfológica, que se reflete na grande variedade de ambientes que pode colonizar, inclusive como planta invasora de ocorrência semi-espontânea. O presente trabalho visa estabelecer a relação entre medidas lineares rígidas e quantitativas da parte vegetativa da planta: folhas (comprimento, largura, pecíolo, pedúnculo de inflorescência subtendida e parâmetros de equação de quarto grau que descreve a borda do limbo) e caule (comprimento, diâmetro e densidade de espinhos), todos a partir de dados coletados em acervos de herbários do estado de São Paulo e material fresco coletado no campo. Os dados foram utilizados para uma análise de PCA para estabelecer uma relação entre as variações dos valores das medidas acima citadas, uma análise de agrupamento para verificar se o complexo *L. camara* corresponde a várias espécies ou uma única dividida em subespécies, variedades e formas, uma análise de disposição geográfica dos grupos obtidos dentro da região de amostragem, uma análise de discriminantes para detectar pontos passíveis de separação taxonômica e uma análise de RDA para relacionar os dados com variáveis ambientais. As análises mostraram que, apesar da grande diversidade, as medidas formam uma distribuição contínua, de modo que não se pode definir separações. Não houve correlação óbvia com marcos morfológicos mais conspícuos, como presença/ausência de espinhos, ou com variáveis ambientais, não sendo explicada pelo ambiente a maior parte da variação observada. Estes resultados sugerem fortemente que esta espécie deve ser tratada como uma unidade taxonômica altamente variável e polimórfica.

Abstract

The species *Lantana camara* L. (Verbenaceae) is known for its extensive phenotypic plasticity, which is reflected in its wide ecological tolerance as an invasive weed. This study aims to establish the relations among metrical linear and quantitative measures of the vegetative body of the plants: leaves (blade length, width, petiole length, subtended inflorescence peduncule and parameters of the 4th grade equation that describe the leaf blade form) and stem (length, diameter and spine density), all from data collected from herbarium specimens and fresh material collected in the field. The data were analyzed using multivariate methods to detect grouping, relationships among measures, and to investigate the relationship between measures and environmental data. The analysis showed no obvious discontinuities in the measures obtained from this sample set, and instead presented a highly variable but continuous pattern of variation. There was no obvious correlation with more conspicuous morphological markers, such as presence/absence of stem prickles, or with environmental variables and it was not possible to explain most of the observed variation. These results strongly suggest that this species must be treated as a single, highly variable, taxonomic unit.

Introdução

Lantana camara é uma espécie originária da América do Sul, mas hoje encontra-se estabelecida em populações sobre muitos países em todos os continentes (Silva, 1999). A espécie é conhecida por sua tolerância e capacidade de adaptação a variações do ambiente, podendo estabelecer-se como planta invasora em uma grande diversidade de ambientes ao redor do mundo (Morbiolo & Fonseca, dados não publicados). É considerada hoje uma das piores pragas vegetais do mundo (Holm et al, 1977).

Trata-se de um arbusto com até 1,5m de altura, podendo ser cespitoso ou parcialmente prostrado, algumas vezes atingindo até 4m de altura com forma de arbusto grande ou até mesmo árvore. Os ramos podem ser aculeados, principalmente nas porções não lenhosas. As flores são dispostas em espigas curtas com formato aproximado globoso, posicionados de forma que as mais jovens localizam-se interiormente na inflorescência, enquanto que aquelas que já passaram por seu período fértil, polinizadas ou não, dispõem-se exteriormente e inferiormente às demais flores e botões. As flores mais velhas apresentam a corola de cor diferenciada daquelas em período fértil, geralmente com cores mais avermelhadas ou arroxeadas, mais escuras. Os frutos surgem em seguida ao fim do ciclo de formação de flores na inflorescência, sendo drupas esféricas a ovais de cor negra azulada (Kissmann & Groth, 2000) em número de 20 a 30, avidamente dispersas por aves. As folhas são inteiras, dispostas de forma oposta cruzada, com pecíolos de 0,5 a 1,5cm de comprimento, limbo com 2,5-10 cm de comprimento por 1,2-6,5cm de largura, ápices acuminados a agudos, margens serradas, crenadas ou denteadas e bases atenuadas, obtusas a cordadas (Silva, 1999). As inflorescências são axilares, dispostas em número simultâneo de uma, raramente duas, por axila (em raros casos trata-se de uma inflorescência bifurcada); dispõem-se até quatro gemas por axila, podendo formar inflorescências ou ramos, geralmente as primeiras gemas formando conjuntos florais (Múlgura de Romero et al, 2002). A inflorescência apresenta brácteas estreito-ovais a oblongas que caem na formação dos frutos e medem 5-8mm de comprimento por 1-1,5mm de largura (Silva,

1999). Folhas, brácteas, pedúnculos e ramos podem apresentar uma densidade variável de tricomas, com texturas que variam de macio a rígido. A espécie é bastante variável em termos de forma, hábito, morfologia, composição química, fenologia e tolerância a ambientes, por conseguinte apresenta grandes problemas taxonômicos (Stirton, 1977).

Muitos táxons foram descritos, sendo um grande número deles sinonimizado em *Lantana camara* em uma revisão do gênero para o Brasil feita recentemente (Silva, 1999). Autores estrangeiros, porém, atestam que a variabilidade de *L. camara* vai além dos limites da circunscrição da espécie, devendo ser criados outros táxons para as populações estabelecidas nas regiões de ocorrência da planta como invasora. Muitas dessas variedades podem ter sido originadas de hibridizações entre espécies aparentadas ou de fuga de cultivo de linhagens hortícolas (Agriculture and Research Management Council of Australia, 2001; Williams, 2004). A criação de cultivares ornamentais, aliás, é uma prática que tem sido realizada na Europa desde que as primeiras plantas foram levadas da América, em meados do século XVI (Pereira & Barreto, 2001, Thomas & Ellison, 2000).

Poucos trabalhos utilizando dados morfométricos são publicados com plantas. Muitos deles utilizam esse tipo de dados para a descrição de forma de microestruturas como células e estruturas infracelulares (Kofidis, 2003; Panou-Filotheou, 2001), outros comparam tamanho e forma de estruturas e órgãos em populações estabelecidas em diferentes regiões (Elkarmi, 2006). Dados morfométricos podem ser utilizados para táxons próximos (Monteiro & Reis, 1999; Lanta, 2003), mostrando que a ferramenta é eficiente para o estabelecimento de relações filogenéticas e taxonômicas. Utilizando dados morfométricos, Van der Berg et al. (1998) demonstraram que o complexo *Solanum brevicaulis* (Solanaceae) apresenta variações contínuas e não haveria motivo para utilização de mais de um táxon para o grupo. Lanta (2003) utilizou dados morfométricos para demonstrar a relação de duas espécies de *Amaranthus* (*A. cruentus* e *A. retroflexus*) com seu híbrido. Foi demonstrado que os dados morfológicos agruparam as amostras em três grupos distintos, com o grupo dos

híbridos em posição intermediária. Andres-Agustin (2006) utilizou métodos morfométricos para o estabelecimento de características diagnósticas para cultivares de *Annona cherimola* na América Central e no México.

Este trabalho tem como objetivo estabelecer subsídios para auxiliar a taxonomia da espécie no Brasil, seja inferindo “pontos de corte” entre táxons, seja mostrando que a unidade da espécie no país é real. Para isso, serão utilizados métodos morfométricos aplicados ao corpo vegetativo de indivíduos coletados no campo e depositados em herbários brasileiros.

Material e métodos

Material examinado: Os dados foram obtidos de acervos dos herbários da Universidade de São Paulo (SPF) e da Universidade Estadual de Campinas (UEC) e de materiais coletados na estrada do observatório de Cabras e na Mata Municipal de Santa Genebra, ambas em Campinas, Estado de São Paulo, Brasil. No total, foram medidos materiais de 195 indivíduos, cujos locais de coleta estão representados no mapa da figura 1.1. Foram considerados materiais viáveis para medidas aqueles que apresentassem pelo menos uma inflorescência em fase de florescimento posicionada na axila de uma folha inteira e pelo menos uma seqüência de três entrenós inteiros posicionados proximalmente em relação em uma inflorescência. Foram medidas 458 folhas e 236 conjuntos de três entrenós.

Coleta de dados: Foram selecionadas até três folhas em cujas axilas estivessem localizadas inflorescências maduras, até três seqüências de três entrenós em cujo nó distal houvesse uma inflorescência madura e, se possível, até três folhas de cuja axila saísse uma ramificação lateral. A utilização de folhas de inflorescência e folhas de ramo foi necessária para verificar se o formato das folhas variaria com a idade, uma vez que folhas de ramo são mais velhas que folhas de inflorescência. As folhas escolhidas não poderiam apresentar-se

galhadas, amassadas ou com as bordas destruídas e não poderiam apresentar formatos aberrantes em relação às demais.

Primeiramente, para cada uma das folhas escolhidas, foram tiradas as medidas de comprimento máximo (distância entre o ponto de inserção do pecíolo com o limbo e a extremidade distal da nervura central), largura máxima (maior distância ortogonal à nervura central entre as laterais do limbo), comprimento do pecíolo, largura e profundidade dos dentes (sendo escolhido um dente ao acaso próximo ao limite do terço distal do limbo) e comprimento do pedúnculo da inflorescência ou do primeiro entrenó do ramo subjacente. Então, as silhuetas das folhas selecionadas foram copiadas em papel vegetal e digitalizadas. Em software de manipulação gráfica foi implantada uma grade nas silhuetas, que foi usada como parâmetro para a medição. O eixo da grade foi ajustado de modo que o ponto zero estivesse localizado na extremidade proximal do limbo, na inserção deste com o pecíolo, e o ponto 10 fosse coincidente com a extremidade distal da folha. Deste modo, o eixo maior da folha foi dividido igualmente em 10 segmentos. Foram medidas as distâncias entre as duas laterais do limbo ortogonalmente com o eixo da grade através de cada um dos pontos. Desse modo, foram obtidas 11 medidas, doravante denominadas larguras da folha, sendo as distâncias em relação aos pontos 0 e 10 sempre iguais a zero. As medidas foram normalizadas em relação ao comprimento da folha e multiplicadas por 5 (multiplicadas por 10 para a normalização e dividida por 2 para emular a distância média entre as bordas e a nervura central em cada ponto). Para os entrenós, foram tiradas as medidas de comprimento e largura na área central de até três conjuntos de três entrenós consecutivos. Foram contados os acúleos maiores que 1mm nessa região e, desse modo, foi obtida a densidade de espinhos dos conjuntos em unidades por milímetro de comprimento.

As onze larguras obtidas foram plotadas em um gráfico e a partir desses dados foi desenhada a curva correspondente a uma função do quarto grau que, segundo o método dos quadrados mínimos, melhor se aproxima dos dados no intervalo de 0 a 10. Os índices da equação da curva, os valores que multiplicam x , x^2 , x^3 e x^4 ,

correspondem aos valores i_1 , i_2 , i_3 e i_4 da folha, respectivamente. Na figura 1.2 o método para extração dos índices está representado. Para as medições, é considerado o âmbito da folha externamente aos dentes da borda.

São computados para cada um dos indivíduos os seguintes valores:

- Folhas com inflorescência na axila (doravante “folhas de inflorescência”): Comprimento do limbo, largura máxima, comprimento do pecíolo, comprimento do pedúnculo da inflorescência, largura dos dentes, profundidade dos dentes, índices i_1 , i_2 , i_3 e i_4 .
- Folhas com ramo na axila (deste ponto em diante chamadas “folhas de ramo”): Comprimento do limbo, largura máxima, comprimento do pecíolo, comprimento do primeiro entrenó do ramo subjacente, largura dos dentes, profundidade dos dentes, índices i_1 , i_2 , i_3 e i_4 .
- Comprimento do primeiro entrenó, largura do primeiro entrenó, comprimento do segundo entrenó, largura do segundo entrenó, comprimento do terceiro entrenó, largura do terceiro entrenó, densidade dos espinhos em unidades por milímetro.

Cada um dos valores corresponde a médias aritméticas entre até três unidades de cada um dos tipos (folhas de inflorescência, folhas de ramo e conjuntos de entrenós) que estiverem disponíveis e viáveis em cada uma das amostras. São 27 valores por amostra, o que está em conformidade com a sugestão de que haja pelo menos três vezes mais amostras que variáveis por amostra (Monteiro & Reis, 1999).

Os índices da equação da curva, apesar de aparentemente não apresentarem significado biológico algum, são bastante eficientes na descrição da forma da folha como um todo. A influência de cada um dos índices pode ser explicada matematicamente em relação à equação descritora da curva do limbo:

$$y(x) = i_4 \cdot x^4 + i_3 \cdot x^3 + i_2 \cdot x^2 + i_1 \cdot x$$

Equação 1

A equação representa a função interpolante dos pontos derivados das medidas das larguras da folha sobre a grade, função que descreve fielmente a forma do limbo da folha. Isoladamente, cada um dos índices explica pouco sobre a forma da folha; pode-se dizer apenas que i_1 atua principalmente na forma da base do limbo, i_2 influi a partir de um quinto até a extremidade, i_3 tem participação especial a partir do segundo terço da folha e i_4 atua fortemente na metade distal e na forma do ápice. Em todos os casos, o aumento do valor do índice tende a “alargar” a folha.

A grande vantagem do uso de índices de equação para descrição de contornos é a redução de variáveis para a análise multivariada, a chamada redução dimensional dos dados (Monteiro & Reis, 1999). Inicialmente, a planilha de dados conta com 11 pares ordenados de coordenadas de pontos sobre a curva da borda do limbo, compondo 22 variáveis. A transformação reduz o conjunto para quatro, uma vez que a função é representada por uma equação de quarto grau sem termo independente (a linha passa pela origem).

Os quatro índices resultantes não são totalmente independentes entre si, como seriam os pares ordenados das medidas; sabendo que $y(10)$ é sempre igual a zero (que representa a extremidade distal da folha), temos que

$$10^4 \cdot i_4 + 10^3 \cdot i_3 + 10^2 \cdot i_2 + 10 \cdot i_1 = 0$$

Equação 2

O grau de liberdade desse conjunto é 3, um dos índices à escolha poderia ser descartado sem problemas para a análise multivariada. Além dessa informação, a equação pode suprir o valor dos ângulos basais e distais das folhas das amostras, com precisão muito maior que se fosse medido com instrumentos, através da primeira derivada da equação da função.

$$y'(x) = 4i_4 \cdot x^3 + 3i_3 \cdot x^2 + 2i_2 \cdot x^1 + i_1$$

Equação 3

Sabe-se que a derivada de uma função é definida como a tangente do ângulo formada pelo segmento de reta representado por $(x_1, y(x_1))$ e $(x_2, y(x_2))$, quando a distância entre x_1 e x_2 tende a zero (Leithold, 2002).

Dessa forma, o ângulo é medido exatamente na base (ponto 0), com exatidão e por um segmento de reta de comprimento desprezível. Seguindo esse raciocínio, temos que o ângulo α do ápice e β da base podem ser definidos pelas fórmulas

$$\alpha = -\arctg(y'(10)) = -\arctg(4000 \cdot i_4 + 300 \cdot i_3 + 20 \cdot i_2 + i_1)$$

Equação 4

$$\beta = \arctg(y'(0)) = \arctg(i_1)$$

Equação 5

Pode-se ver que i_1 é exatamente o valor da tangente do ângulo da base, sendo esta sua influência para a forma da base da folha dito anteriormente.

Também a área da folha pode ser extraída a partir dos índices. Pode-se definir integral como a soma dos segmentos de reta paralelos ao eixo Y localizados no plano XOY com extremos em $(x, 0)$ e $(x, y(x))$. De outra forma, define-se a integral como a área da figura compreendida entre a linha da função e o eixo x. Desse modo, a área foliar pode ser obtida pela integral da função y de 0 a 10 multiplicada por 2 (uma vez que a função retrata apenas meia folha), multiplicada por um fator de reversão de normalização.

$$A_{folha} = 2 \cdot \int_0^{10} y(x) \cdot \left(\frac{comp}{10} \right)^2$$

Equação 6

Onde *comp* corresponde ao comprimento da folha desde a base até o ápice do limbo. A integral não limitada de $y(x)$ é definida como

$$\int y(x) = \frac{i_4 \cdot x^5}{5} + \frac{i_3 \cdot x^4}{4} + \frac{i_2 \cdot x^3}{3} + \frac{i_1 \cdot x^2}{2}$$

Equação 7

A integral de $y(x)$ de 0 a 10 é postulada como o módulo das diferenças entre a integral de $y(x)$ para 10 e para 0 (Leithold, 2002). Sabendo que a integral de $y(x)$ para 0 é zero, tem-se que a integral de $y(x)$ de 0 a 10 é igual à integral de $y(x)$ para 10. Substituindo 10 em x na equação 7 e esta na equação 6 e simplificando os termos, temos que a área da folha é igual a

$$A_{folha} = (400 \cdot i_4 + 50 \cdot i_3 + \frac{20}{3} i_2 + i_1) \cdot (comp)^2$$

Equação 8

A unidade da área é o quadrado da fornecida no comprimento da folha.

Apesar de biologicamente significantes, as medidas dos ângulos e da área foliar não devem ser incorporadas à análise multivariada em casos como esse. Por serem funções de outras das variáveis que já estão fazendo parte da análise, esses valores não acrescentam nenhuma informação relevante.

Dados ambientais: Além das medidas citadas foram obtidos dados ambientais em relação a cada um dos pontos de ocorrência estudados. Os valores são baseados no banco de dados Hydro-1K do U. S. Geological Survey para o relevo e no Intergovernmental Panel from Climate de 1961 a 1990.

Análise dos dados: A análise foi feita com dois subconjuntos de dados: no primeiro, foram utilizados todos os indivíduos (195), com dados em relação às folhas de inflorescência e ramos. No segundo conjunto, foram utilizados dados de folhas de inflorescência, entrenós e folhas de ramos, apenas para indivíduos que apresentaram este tipo de estrutura, num total de 78 indivíduos.

Os dados foram analisados utilizando o *software* Fitopac 1.6, de autoria do Prof. Dr. George John Shepherd. Os métodos utilizados foram Análise de Componentes Principais (PCA), análises de agrupamento baseados em distância euclidiana simples como coeficientes, análise de discriminantes e RDA (com os dados ambientais e escores do PCA). Foram feitos três tipos de agrupamento: ligação simples (mínima), ligação completa (máxima) e ligação por média de grupo (UPGMA).

Resultados e discussão

A ordenação nos componentes principais (PCA) gerou os gráficos mostrados nas figuras 1.3, 1.4 e 1.5 para os planos definidos pelos eixos 1 e 2, 1 e 3 e 2 e 3, respectivamente, para o primeiro subconjunto de dados e 1.6, 1.7 e 1.8 para o segundo subconjunto. Em nenhum dos pares de eixos houve um agrupamento claro entre indivíduos. A análise de componentes principais não indicou qualquer ponto inequívoco de secção em táxons em nenhum dos dois conjuntos de dados.

Na análise por ligação completa foram detectados cinco grupos para cada um dos subconjuntos de dados. Esses grupos foram aplicados aos dendrogramas de ligação simples e UPGMA. Em nenhum dos casos os grupos foram estáveis e constantes, mostrando que o modo de análise pode fazer os indivíduos flutuarem entre os

grupos; pode-se deduzir que tais grupos não são constantes e estáveis e, portanto, não são aplicáveis como delimitadores de possíveis unidades taxonômicas. Os grupos foram plotados nos gráficos de PCA e, novamente, não houve separações ou estrutura nos dados mostrados. Desse modo, os grupos não podem ser considerados para separação de táxons em nenhum dos subconjuntos de dados.

Em uma terceira análise, os gráficos de PCA para primeiro, segundo e terceiro eixos e dendrogramas de agrupamento foram editados a partir de dados de localidades (Estados brasileiros e localidades de Mata de Santa Genebra e estrada do Observatório de Cabras, em Campinas, São Paulo). Em nenhum dos casos houve um agrupamento claro por localidades, mostrando que os possíveis morfos retratados pelas diferenças de medidas estão espalhados pelo território do País, não mostrando qualquer identidade geográfica. Os gráficos destas análises estão reproduzidos nas figuras 1.9 a 1.14.

As análises de discriminante foram feitas utilizando a Região Geopolítica de coleta, presença de acúleos e local de coleta (este apenas para dados de Santa Genebra e da estrada do Observatório de Cabras) como parâmetros de discriminante. Nos dois primeiros casos não houve qualquer possibilidade de separação ($p > 0,4$); na terceira análise, houve uma discreta separação entre os dois conjuntos de dados, com 75% de discriminação ($p < 0,001$). As variáveis mais influentes nessa separação foram índices de curva 3 e 4, largura de folha e comprimento de folha. As duas últimas medidas relacionaram-se negativamente, mostrando que as folhas apresentam formatos diferentes entre as amostras dos locais.

O RDA não conseguiu estabelecer qualquer relação entre os escores de PCA resultantes da primeira análise e as variáveis ambientais: os três primeiros eixos da ordenação acumularam 9,7% de variância. Esse resultado indica que a variação morfológica de *L. camara* não é fortemente relacionado com pressões ambientais. A variabilidade morfológica aparentemente não tem fundo ambiental, sendo mais fortemente influenciada por variação genética.

A falta de consistência dos agrupamentos em ambos os conjuntos de dados indica que, segundo as medidas tomadas, não existe qualquer possibilidade de separação em táxons menores que *L. camara*. Desse modo, a espécie forma um contínuo por todo o território, mesmo havendo grande distância entre os extremos de cada uma das medidas. White (in Hopkins et al, 1998) descreve uma situação semelhante em *Diospyros natalensis* na África. Vários táxons foram descritos em diversos ambientes dentro da área de distribuição, e uma análise mais detalhada mostrou serem variações extremas de uma única espécie. *Diospyros natalensis* é descrita como uma **ocloespécie**, um táxon contínuo com grande variação morfológica; o padrão total, porém, é difuso demais para justificar o uso de mais de um táxon. *Lantana camara* se encaixaria exatamente nessa categoria, assim como *Solanum brevicaule* estudado por Van der Berg (1998). Segundo Silva (1999), realmente não existe separação taxonômica plausível abaixo de *Lantana camara*, tendo sido sinonimizados vários táxons na espécie típica. Ao contrário de afirmações de Stirton (1977) e outros (Kissmann & Groth, 2000), que afirmaram um grande número de subdivisões para o que é nomeado como *Lantana camara latu sensu*.

Muitos relatos na literatura indicam uma grande variabilidade morfológica para *L. camara* ao redor do mundo (Agriculture and Research Management Council of Australia, 2001; Goulson & Derwent, 2004; Williams, 2004; Kok, 2006; Thomas & Ellison, 2000; Pereira & Barreto, 2001; Broughton, 2000). Tais trabalhos, porém, não se referem a estudos abrangentes e comparativos entre populações de vários continentes, ficando muito difícil a verificação da continuidade de caracteres como é observado no Brasil; se tal continuidade for observada em escala mundial, a utilização de diferentes nomes para descrever táxons do complexo perde o sentido. Faz-se necessária uma verificação de variações morfológicas entre populações em escala mundial e de forma comparativa para que se possa tirar alguma conclusão sobre a unidade taxonômica de *L. camara*.

Referências bibliográficas

- AGRICULTURE & RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA & NEW ZEALAND,
AUSTRALIAN & NEW ZEALAND ENVIRONMENT & CONSERVATION COUNCIL AND
FORESTRY MINISTERS. 2001. Weeds of National Significance: *Lantana* (*Lantana camara*) Strategic
Plan. National Weeds Strategy Executive Committee, Launceston.
- ANDRÉS-AGUSTÍN, J., GONZALEZ-ANDRÉS, F., NIETO-ÁNGEL, R. & BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.
2006. *Morphometry of the organs of cherimoya (Annona cherimola Mill.) and analysis of fruit parameters
for the characterization of cultivars, and Mexican germplasm selections*. Scientia Horticulturae 107
(2006):337–346.
- APPELGREN, K. & MATTILA, J. 2005. *Variation in vegetation communities in shallow bays of the northern
Baltic Sea*. Aquatic Botany 83 (2005):1–13.
- BAARS, J. R.; URBAN, A. J. & HILL, M. P. 2003. *Biology, host range, and risk assessment supporting release
in Africa of Falconia intermedia (Heteroptera : Miridae), a new biocontrol agent for Lantana camara*.
Biological Control 28(3):282-292.
- BROUGHTON, S. 2000. *Review and evaluation of lantana biocontrol programs*. Biological Control 17(3):272-
286.
- DAVIS, P. H. & HEYWOOD, V. H. 1963. *Principles of Angiosperm Taxonomy*. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- ELKARMI, A.; ABU EIDEH, R. 2006. *Allometry of Urtica urens in polluted and unpolluted habitats*. J. Plant
Biol. 49(1):9-15.
- GOULSON, D. & DERWENT, L. C. 2004 *Synergistic interactions between an exotic honeybee and an exotic
weed: pollination of Lantana camara in Australia*. Weed Research 44(3):195-202.

- HOPKINS, H. C. F., HUXLEY, C. R., PANNELL, C. M., PRANCE, G. T. & WHITE, F. 1998. *The Biological Monograph*. Royal Botanical Gardens, Kew.
- KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A. M. & MOUSTAKAS, M. 2003. *Contemporary seasonal and altitudinal variations of leaf structural features in oregano (Origanum vulgare L.)*. Annals of Botany 92:635-645
- LANTA, V; HAVRANEK, P; ONDREJ, V. *Morphometry analysis and seed germination of Amaranthus cruentus, A. retroflexus and their hybrid (A. x turicensis)*. Plant Soil Environ. 49(8): 364-369.
- LEITHOLD, L. 2002. *O Cálculo com Geometria Analítica*. Habra, São Paulo.
- MAFFEI, M. & MUCCIARELLI, M. 2003. *Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping*. Field Crops Research 84(2003):229-240.
- MONTEIRO, L. R. & REIS, S. F. 1999. *Princípios de Morfometria Geométrica*. Holos, São Paulo, Brasil.
- MÚLGURA DE ROMERO, M; MARTÍNEZ, S., ATKINS, S. & ROTMAN, A. D. 2002. *Morfología de las inflorescencias en Verbenaceae, Verbenoideae III: Tribu Lantanae*. Darwiniana 40(1-4):1-15.
- PANOU-FILOTHEOU, H., BOSABALIDIS, A. M. & KARATAGLIS, S. 2001. *Effects of copper toxicity on leaves of oregano (Origanum vulgare subsp. hirtum)*. Annals of Botany 88:207-214
- PEREIRA, J. M. & BARRETO, R. W. 2001. *Additions to the mycobiota of the weed Lantana camara (Verbenaceae) in southeastern Brazil*. Mycopathologia 151(2):71-80.
- SILVA, T. R. S. 1999. *Revisão e Redelimitação do gênero Lantana L. no Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- THOMAS, SE; ELLISON, CA. 2000. *A Century of Classical Biological Control of Lantana camara: Can Pathogens Make a Significant Difference?* Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds 1:97-104.

- VAN DER BERG, R. G., MILLER, J. T., UGARTE, M. L., KARDOLUS, J. P., VILLAND, J., NIENHUIS, J. & SPOONER, D. M. 1998. *Collapse of morphological species in the wild potato Solanum brevicaule complex (Solanaceae: Sect. Petota)*. American Journal of Botany 85(1):92-109.
- WALTER, D. E. 1999. *Cryptic inhabitants of a noxious weed: Mites (Arachnida : Acari) on Lantana camara L. invading forests in Queensland*. Australian Journal Of Entomology 38:197-200.
- WILLIAMS, H. E. 2004 *Unsuitability of Charidotis pygmaea for biocontrol of Lantana camara in Africa*. Biocontrol 49(2):211-223

Figuras

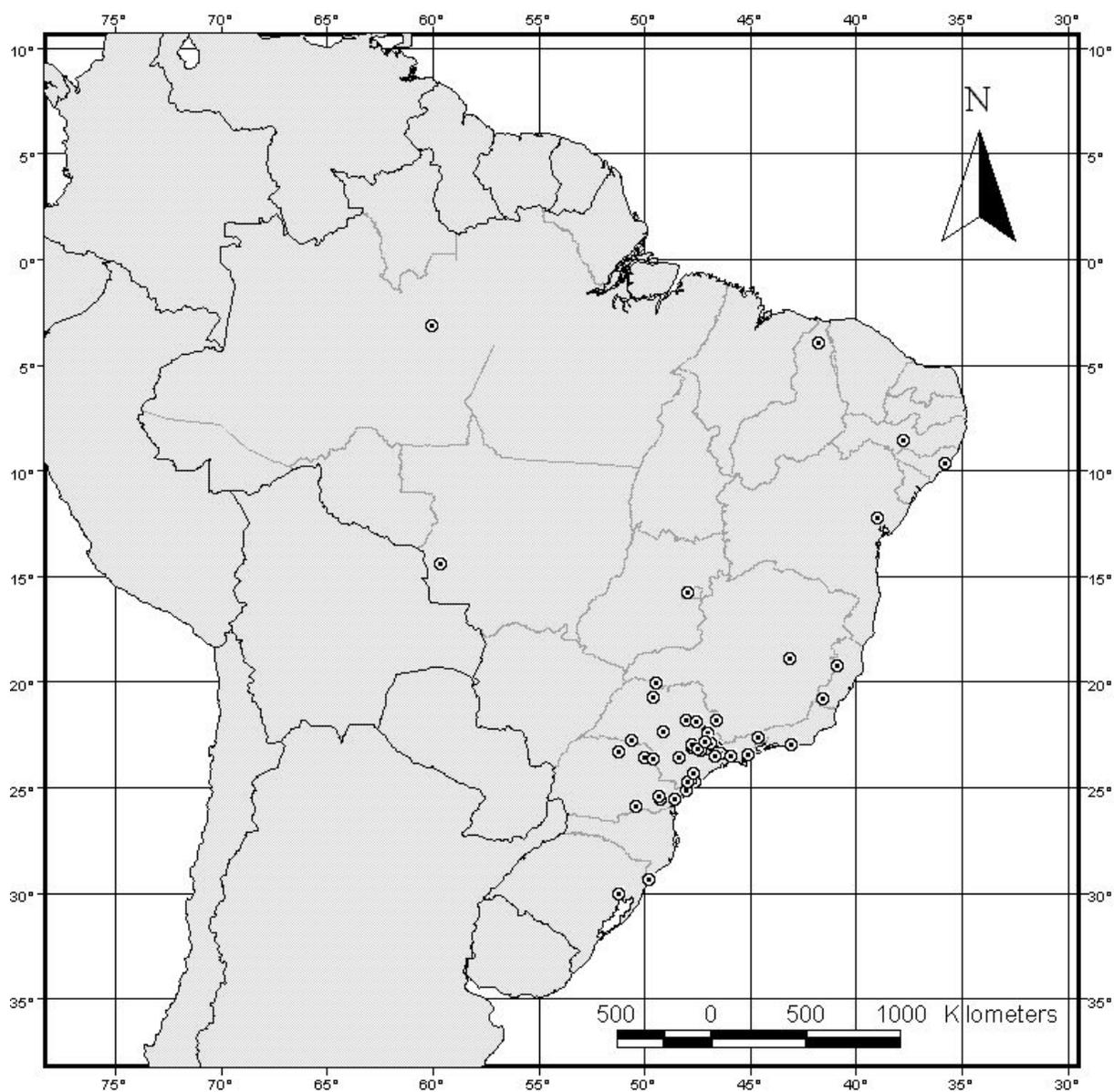


Figura 1.1. Mapa de distribuição dos locais de coleta das amostras.
Amostras que não contém representação precisa, ao menos em nível de município, não estão representados no mapa.

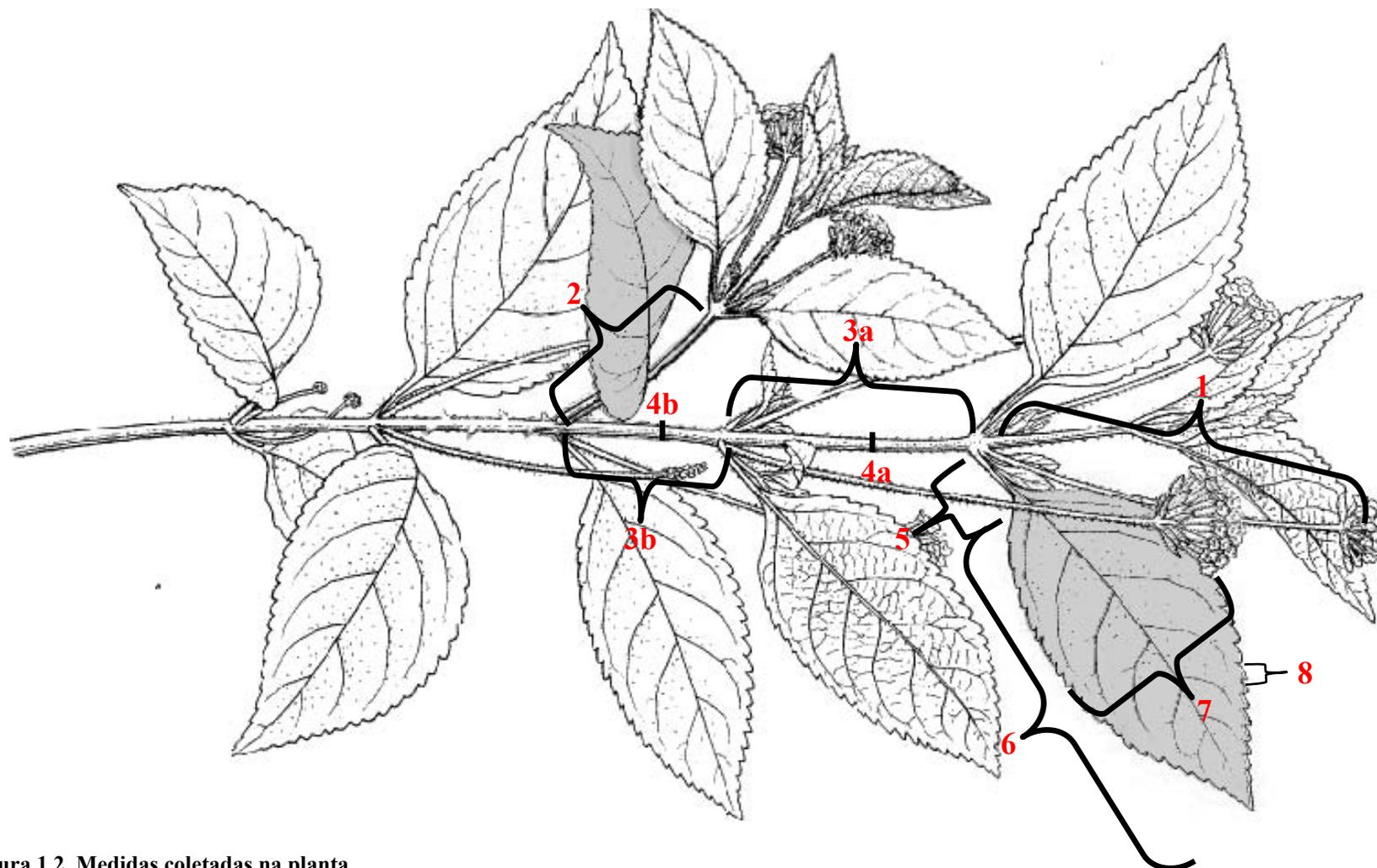


Figura 1.2. Medidas coletadas na planta.

1. Comprimento do pedúnculo da inflorescência; 2. Comprimento do primeiro entrenó do ramo localizado na axila da folha; 3. Comprimento dos primeiros entrenós subjacentes a uma inflorescência; 4. Largura dos primeiros entrenós subjacentes a uma inflorescência; 5. Comprimento do pecíolo da folha; 6. Comprimento total do limbo da folha sobre a nervura central; 7. Largura máxima do limbo da folha; 8. Medidas (largura e profundidade) dos dentes da folha. Na figura estão destacadas duas folhas, de onde são coletadas as medidas para a edição de contorno. O destaque da esquerda indica uma folha de ramo, ou seja, uma folha em cuja axila se localiza um ramo secundário, e o destaque da direita mostra uma folha de inflorescência (Imagem adaptada do sistema Vascular Tropicos do Missouri Botanical Garden).

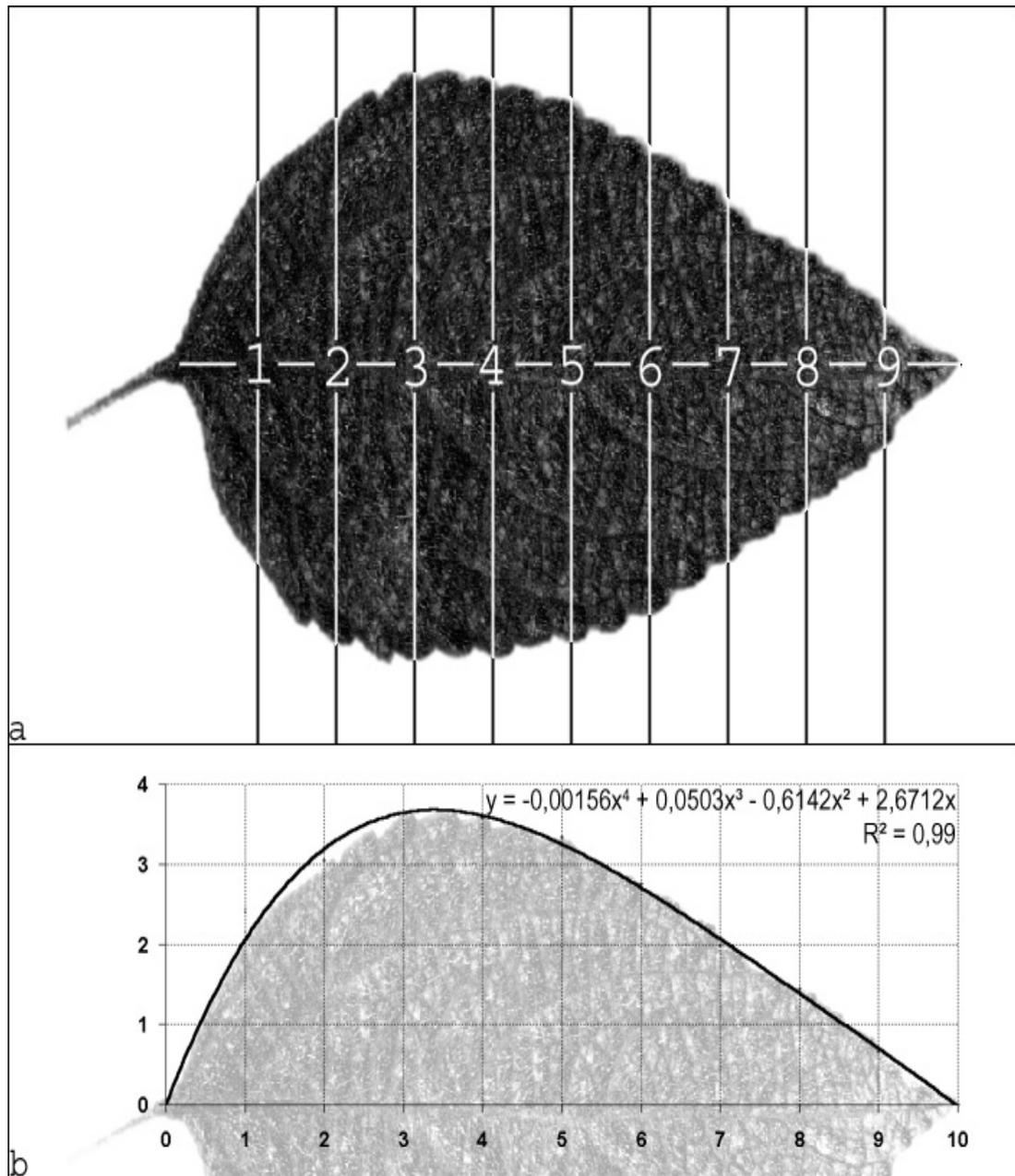


Figura 1.3. Método para a extração dos coeficientes da curva do contorno.
a. grade sobre imagem digital da folha, indicando os pontos para medição das larguras; **b.** larguras normalizadas plotadas sobre gráfico, edição da curva e extração da equação. Os coeficientes da curva no exemplo são: $i_4=-0,00156$; $i_3=0,0503$; $i_2=-0,6142$; e $i_1=2,6712$.

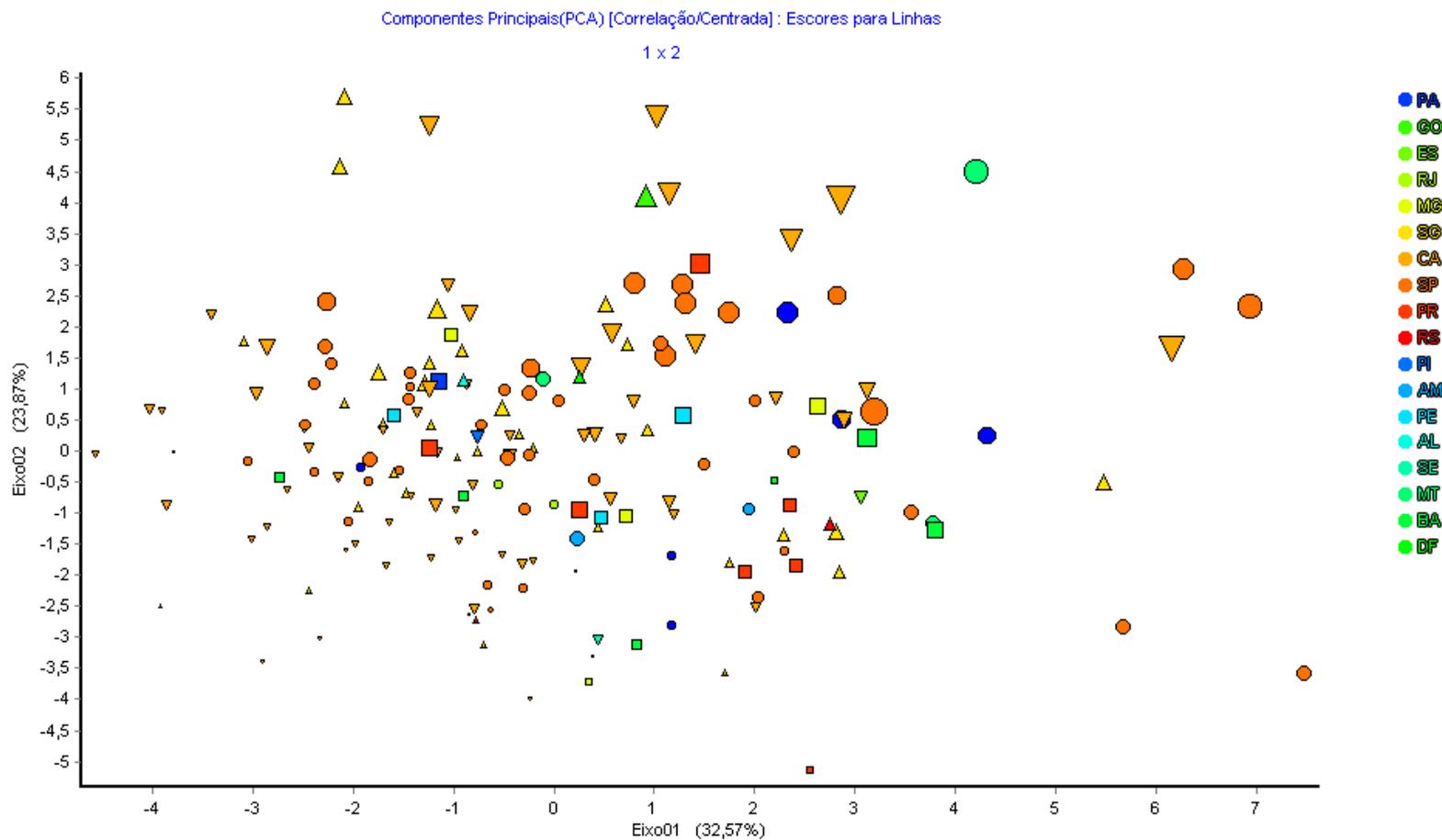


Figura 1.4. Ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais. As cores e símbolos indicam as localidades (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra [SG] e estrada do Observatório de Cabras [CA]), e o tamanho dos símbolos é proporcional ao comprimento máximo das folhas.

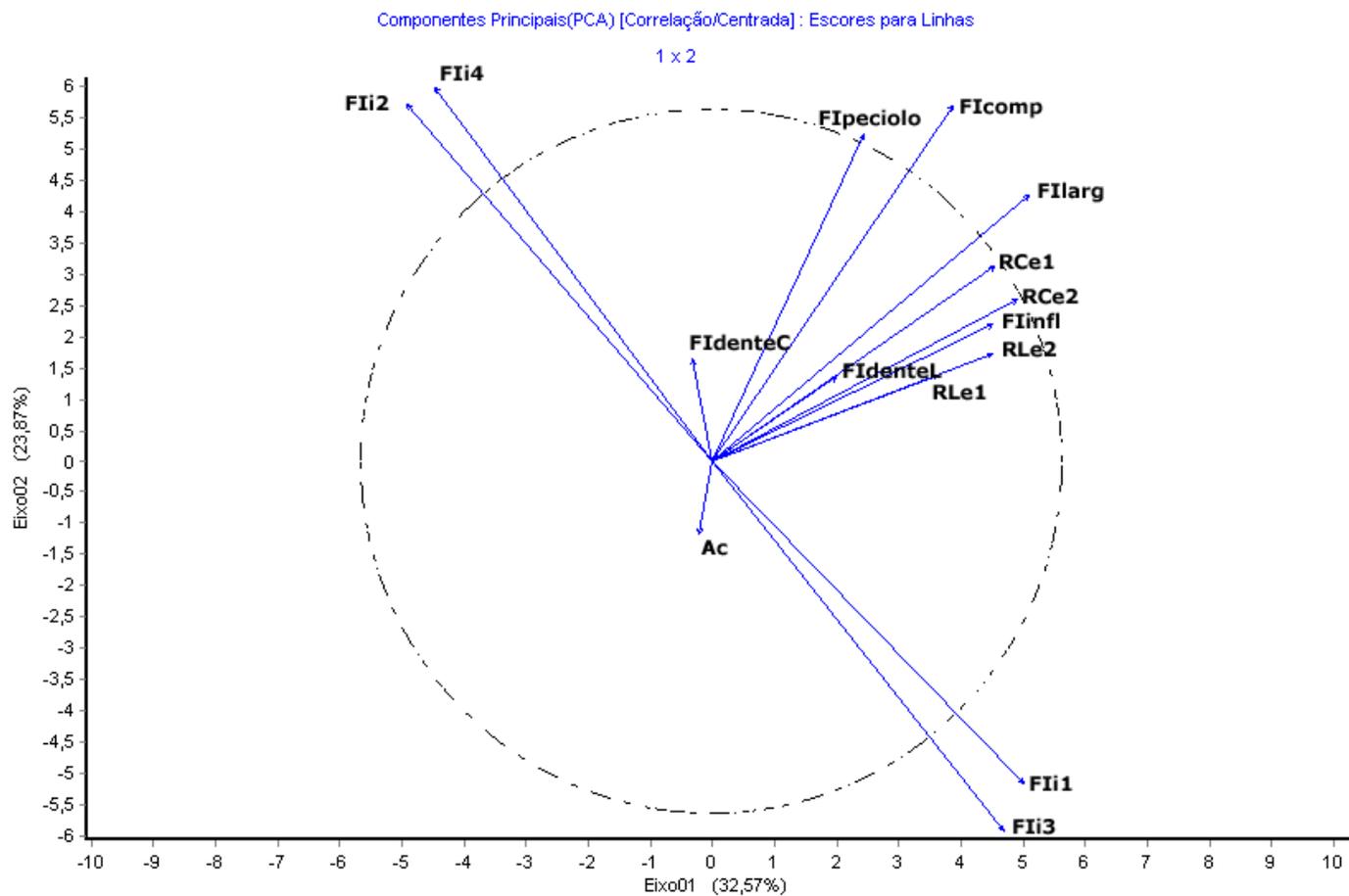


Figura 1.5. Vetores da ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais. Variáveis da análise: Fli1-Fli4: Índices de curva; FIpeciolo: Comprimento do pecíolo; FIcomp: Comprimento do limbo; FIlarg: Largura máxima do limbo; FIdenteC e FIdenteL: Comprimento e largura dos dentes do limbo; Infl: Comprimento do pedúnculo da inflorescência; RCe1 e RCe2: Comprimento dos entrenós 1 e 2; RLe1 e RLe2: Largura dos entrenós 1 e 2;RAc: Densidade de acúleos.

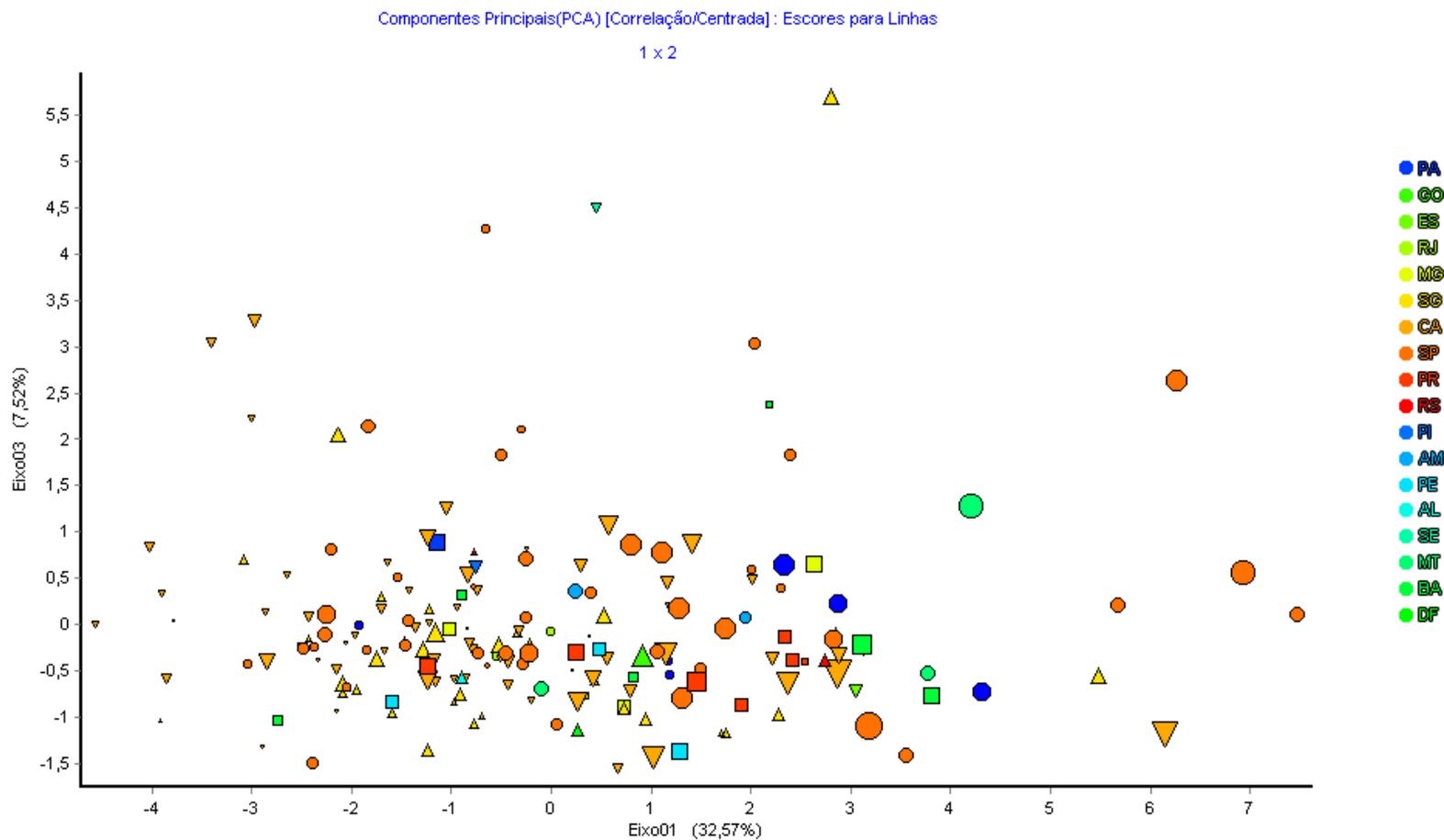


Figura 1.6. Ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais. As cores e símbolos indicam as localidades (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra [SG] e estrada do Observatório de Cabras [CA]), e o tamanho dos símbolos é proporcional ao comprimento máximo das folhas.

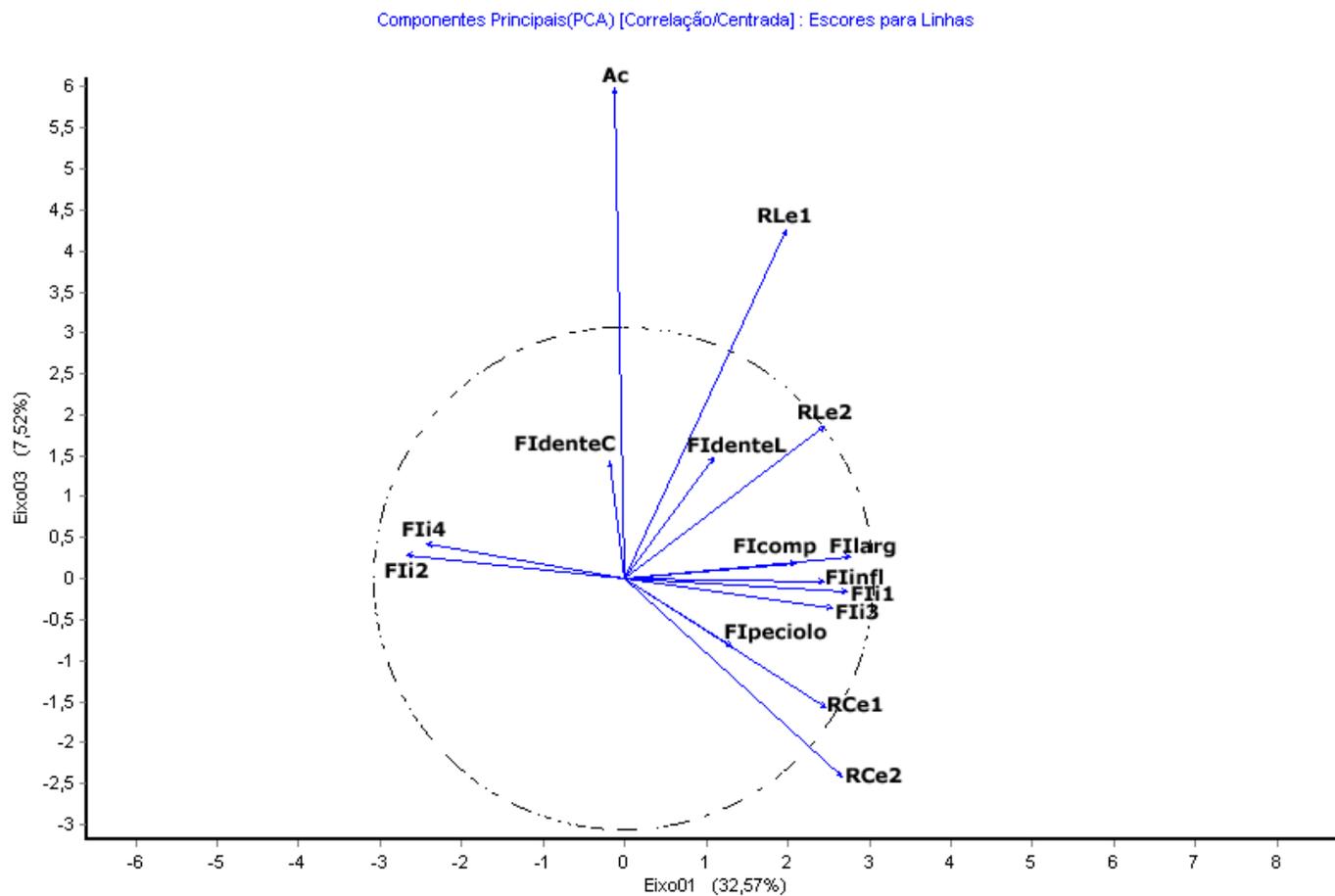


Figura 1.7. Vetores da ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais. Variáveis da análise: FIi1-FIi4: Índices de curva; FIpeciolo: Comprimento do peciolo; FIcomp: Comprimento do limbo; FIlarg: Largura máxima do limbo; FIdenteC e FIdenteL: Comprimento e largura dos dentes do limbo; Infl: Comprimento do pedúnculo da inflorescência; RCe1 e RCe2: Comprimento dos entrenós 1 e 2; RLe1 e RLe2: Largura dos entrenós 1 e 2; RAC: Densidade de acúleos.

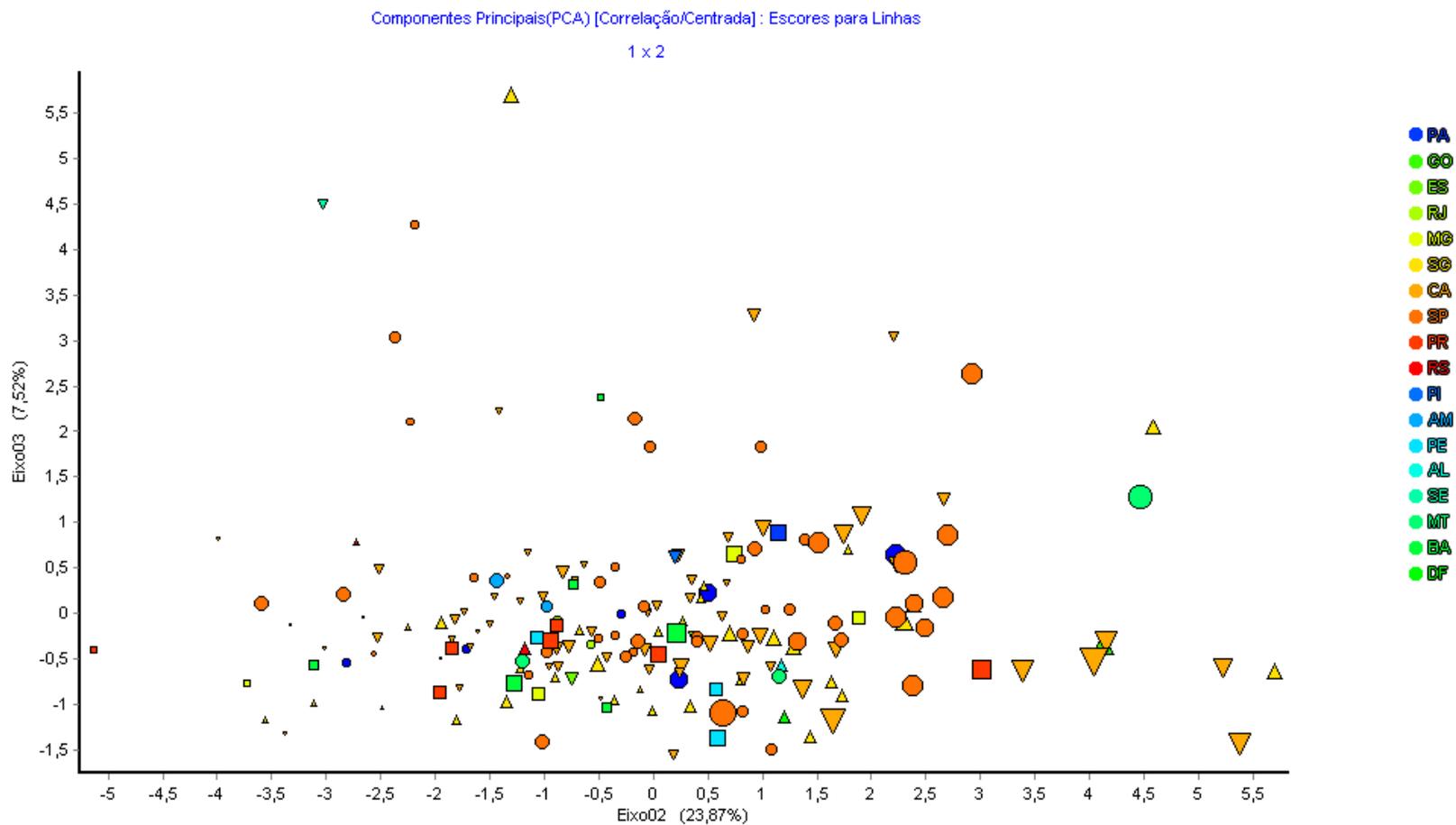


Figura 1.8. Ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais.
As cores e símbolos indicam as localidades (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra [SG] e estrada do Observatório de Cabras [CA]), e o tamanho dos símbolos é proporcional ao comprimento máximo das folhas.

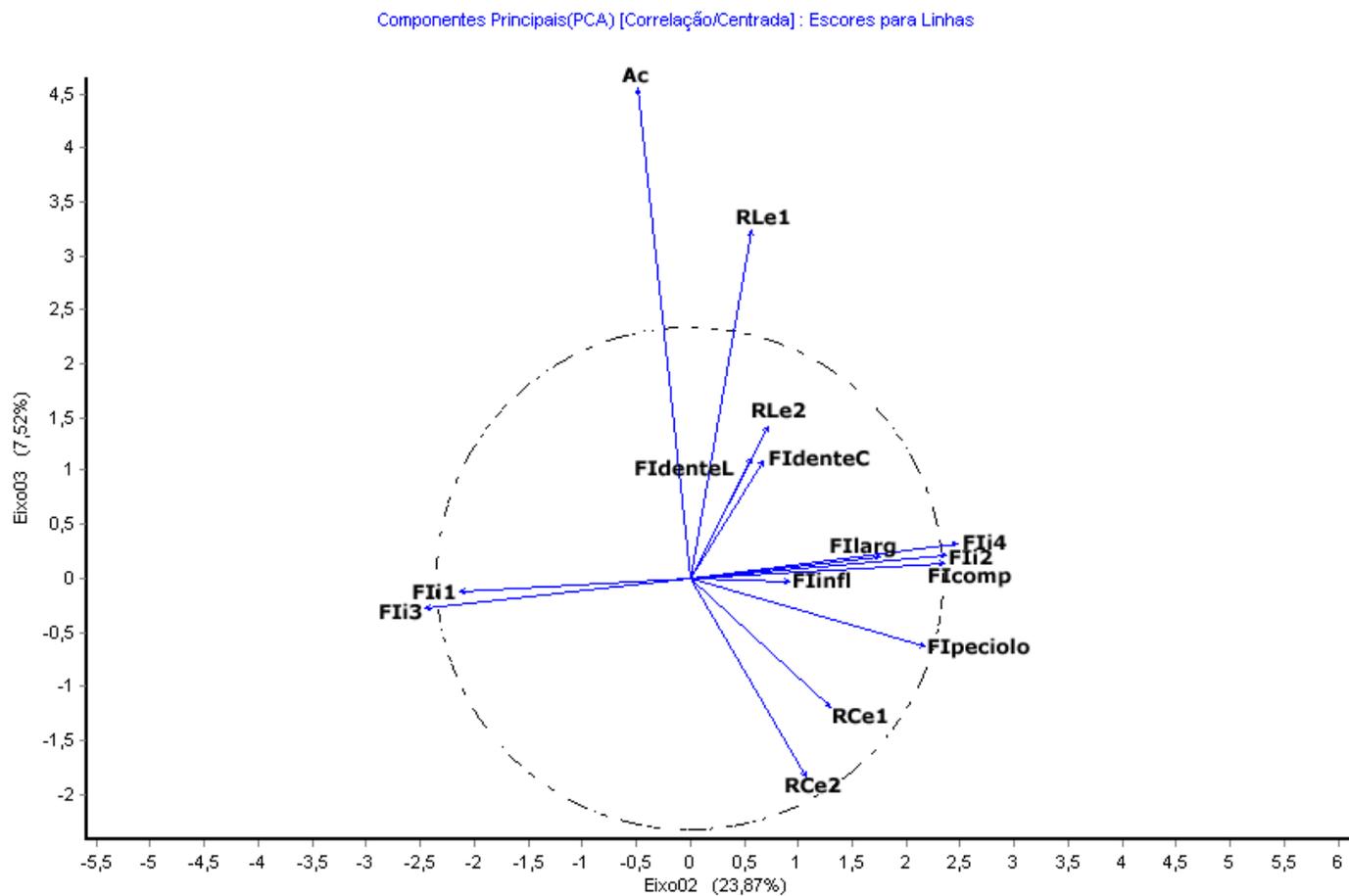


Figura 1.9. Vetores da ordenação das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais. Variáveis da análise: FIi1-FIi4: Índices de curva; FIpecíolo: Comprimento do pecíolo; FIcomp: Comprimento do limbo; FIlarg: Largura máxima do limbo; FIdentC e FIdentL: Comprimento e largura dos dentes do limbo; Infl: Comprimento do pedúnculo da inflorescência; RCe1 e RCe2: Comprimento dos entrenós 1 e 2; RLe1 e RLe2: Largura dos entrenós 1 e 2; RAc: Densidade de acúleos.

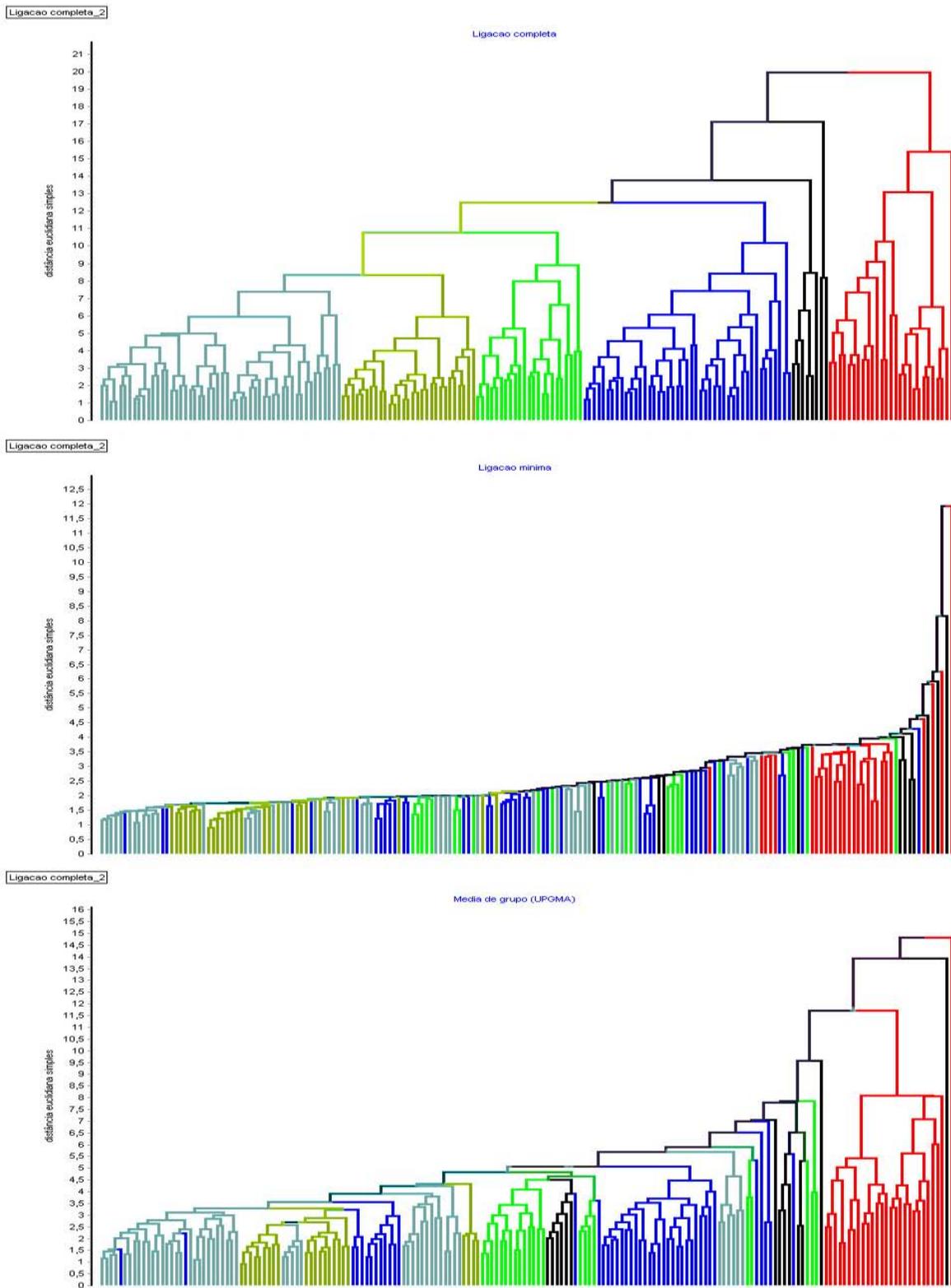


Figura 1.10. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples.

Os grupos formados em agrupamento por ligação completa (topo) foram aplicados à ligação simples (centro) e à média de grupo (abaixo).

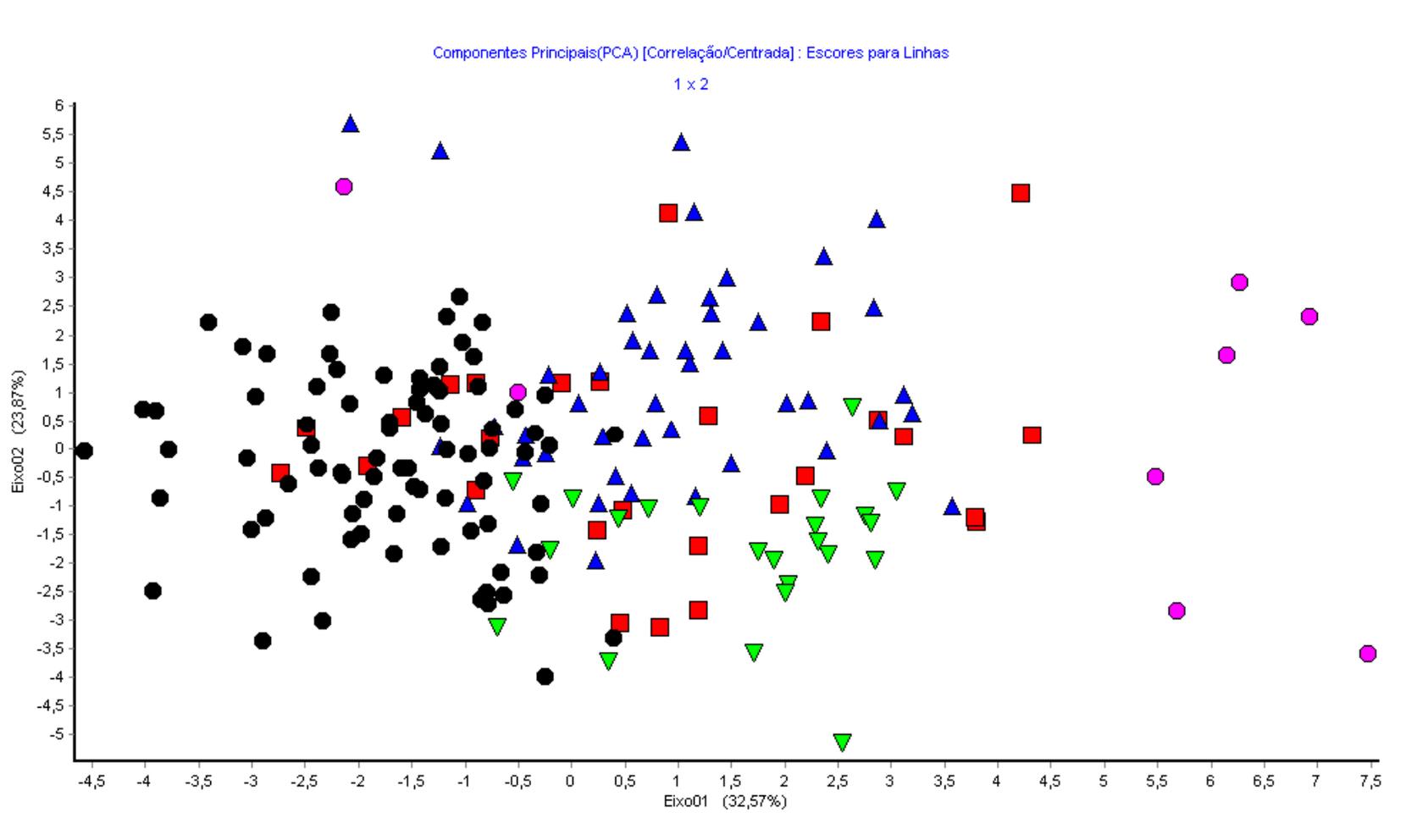


Figura 1.11. Distribuição das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 2 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.

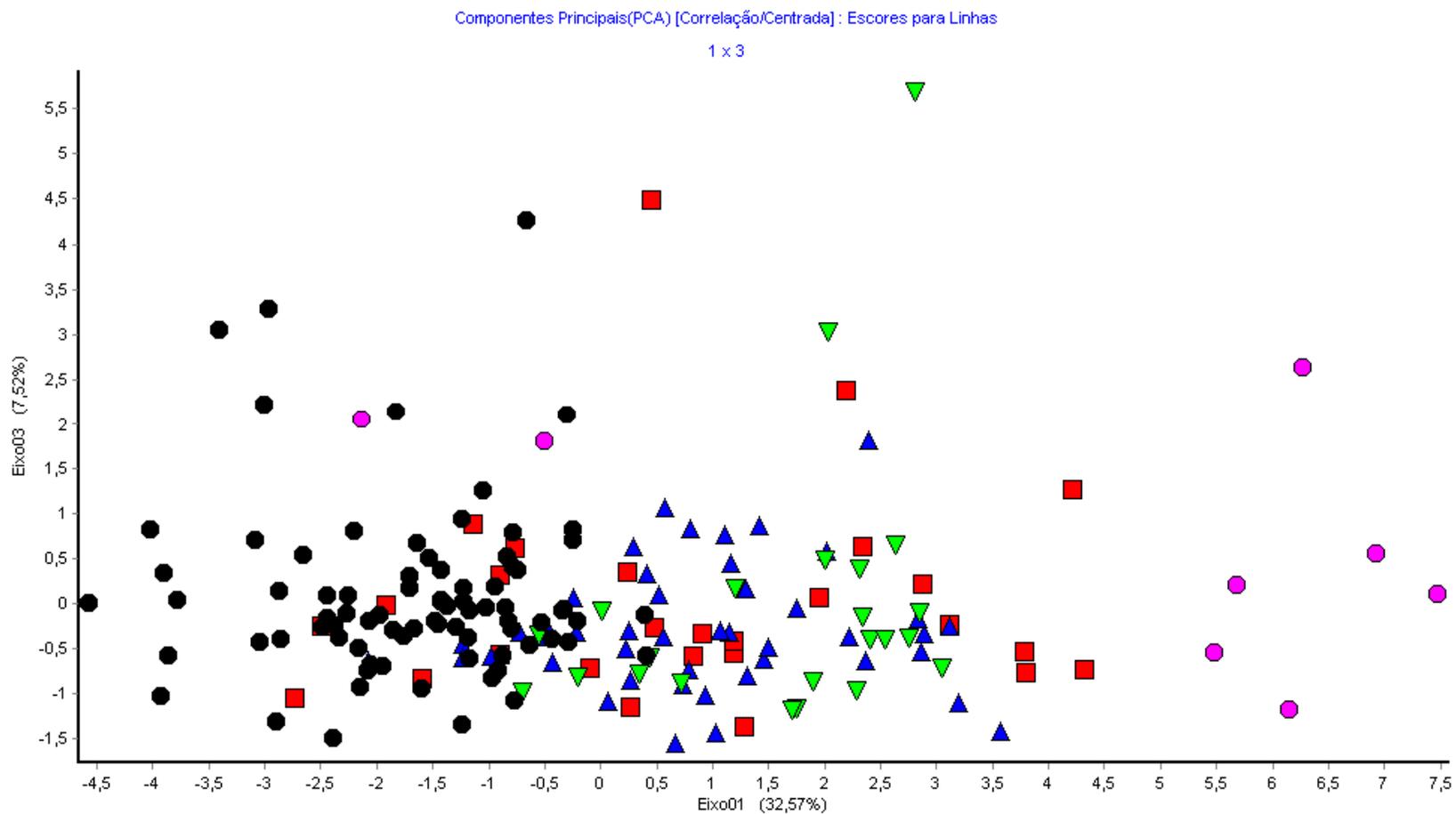


Figura 1.12. Distribuição das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 1 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.

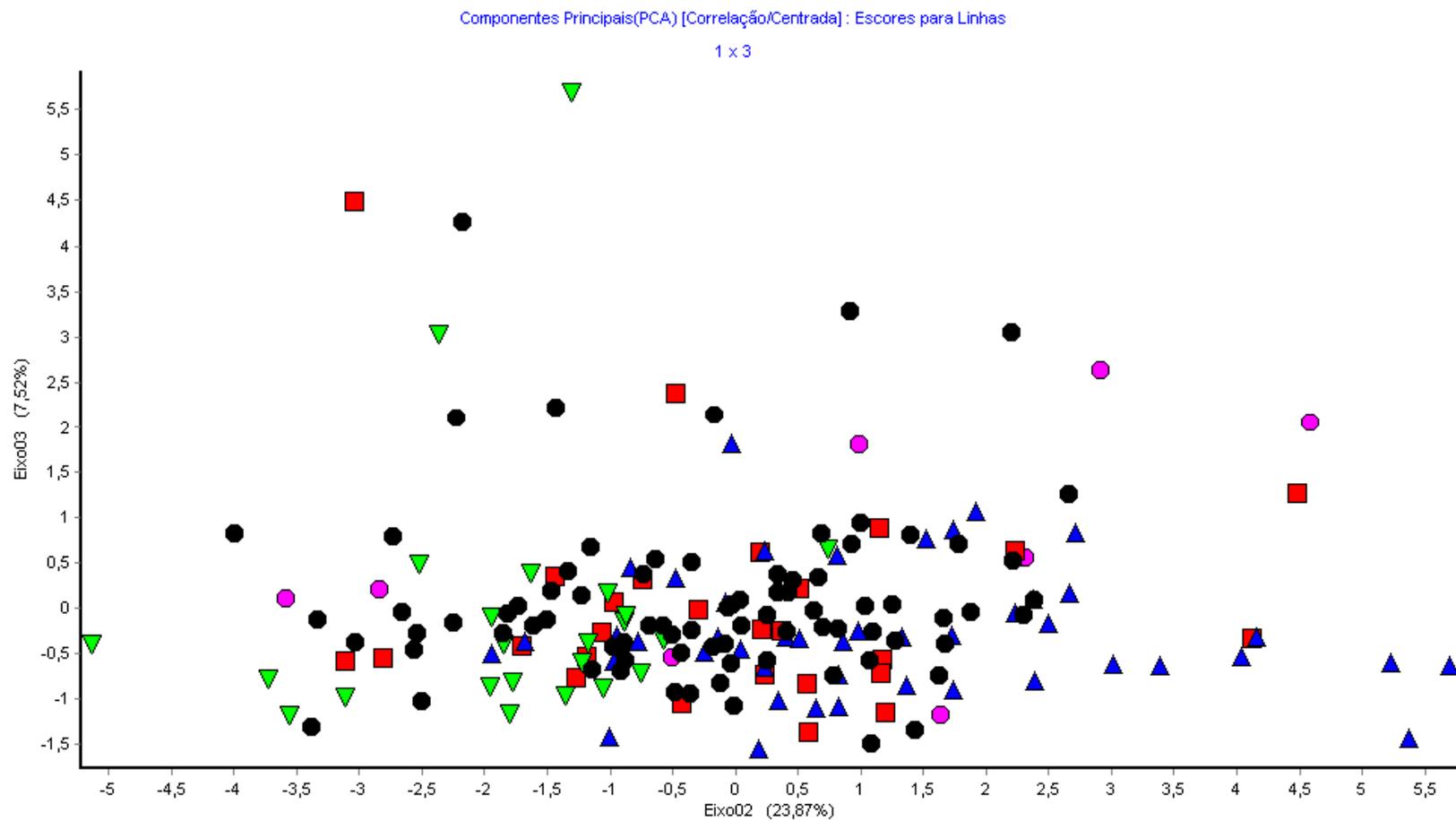
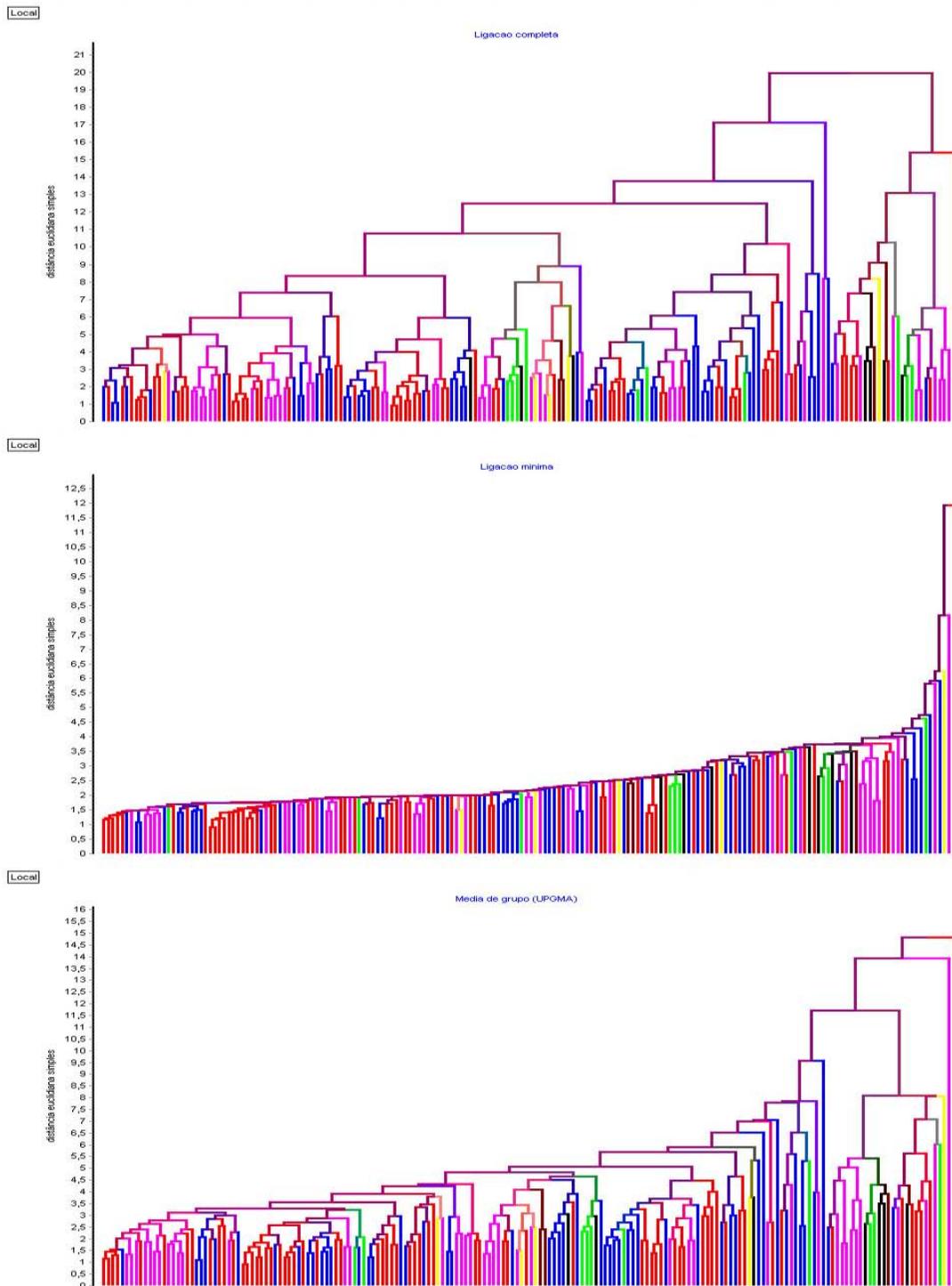


Figura 1.13. . Distribuição das amostras do primeiro conjunto de dados nos eixos 2 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.



**Figura 1.14. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples discriminados por local de coleta (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra e estrada do Observatório de Cabras).
 Topo: Ligação completa; Centro: Ligação simples; Abaixo: Média de grupo (UPGMA).**

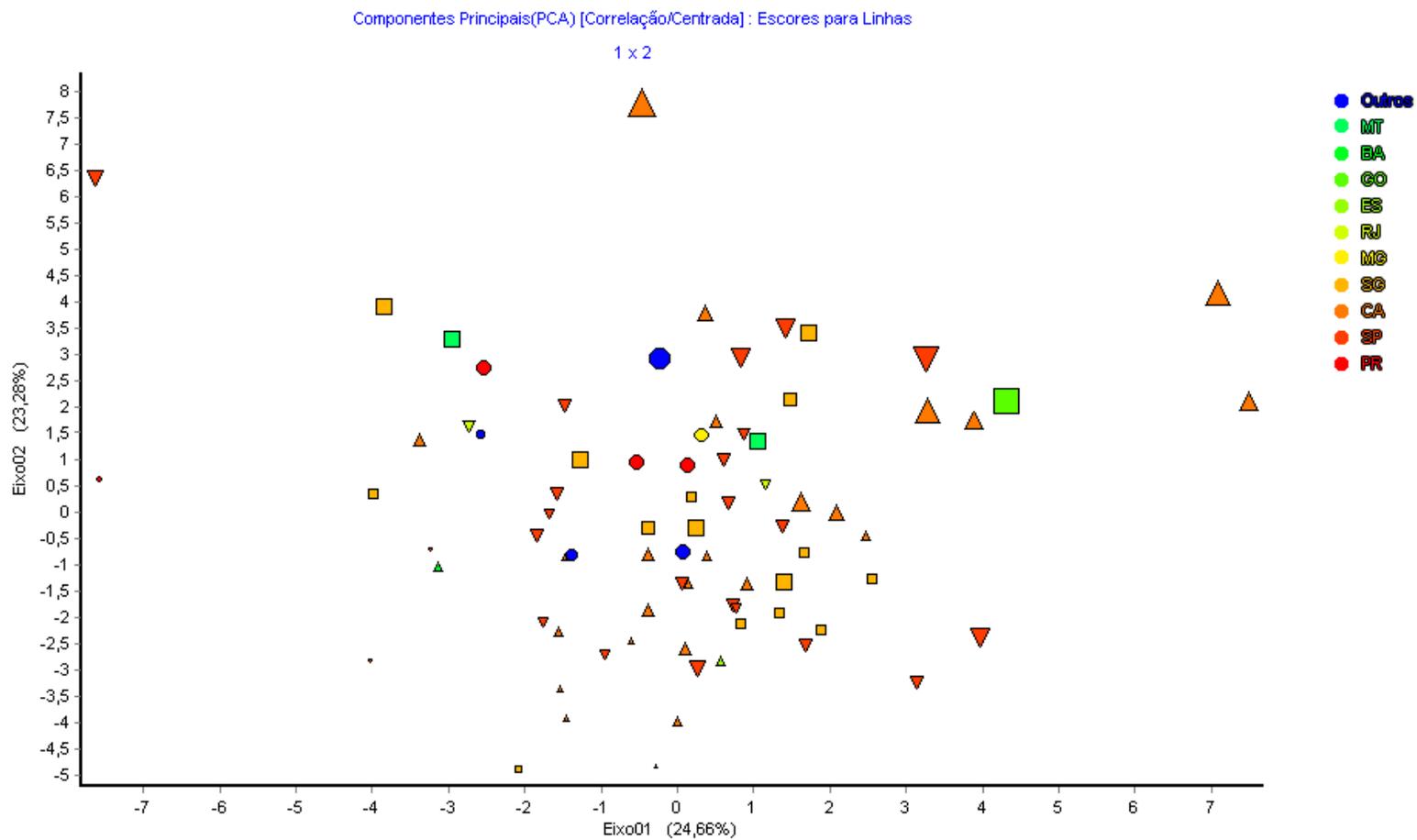


Figura 1.15. Ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais. As cores e símbolos indicam as localidades (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra [SG] e estrada do Observatório de Cabras [CA]), e o tamanho dos símbolos é proporcional ao comprimento máximo das folhas.

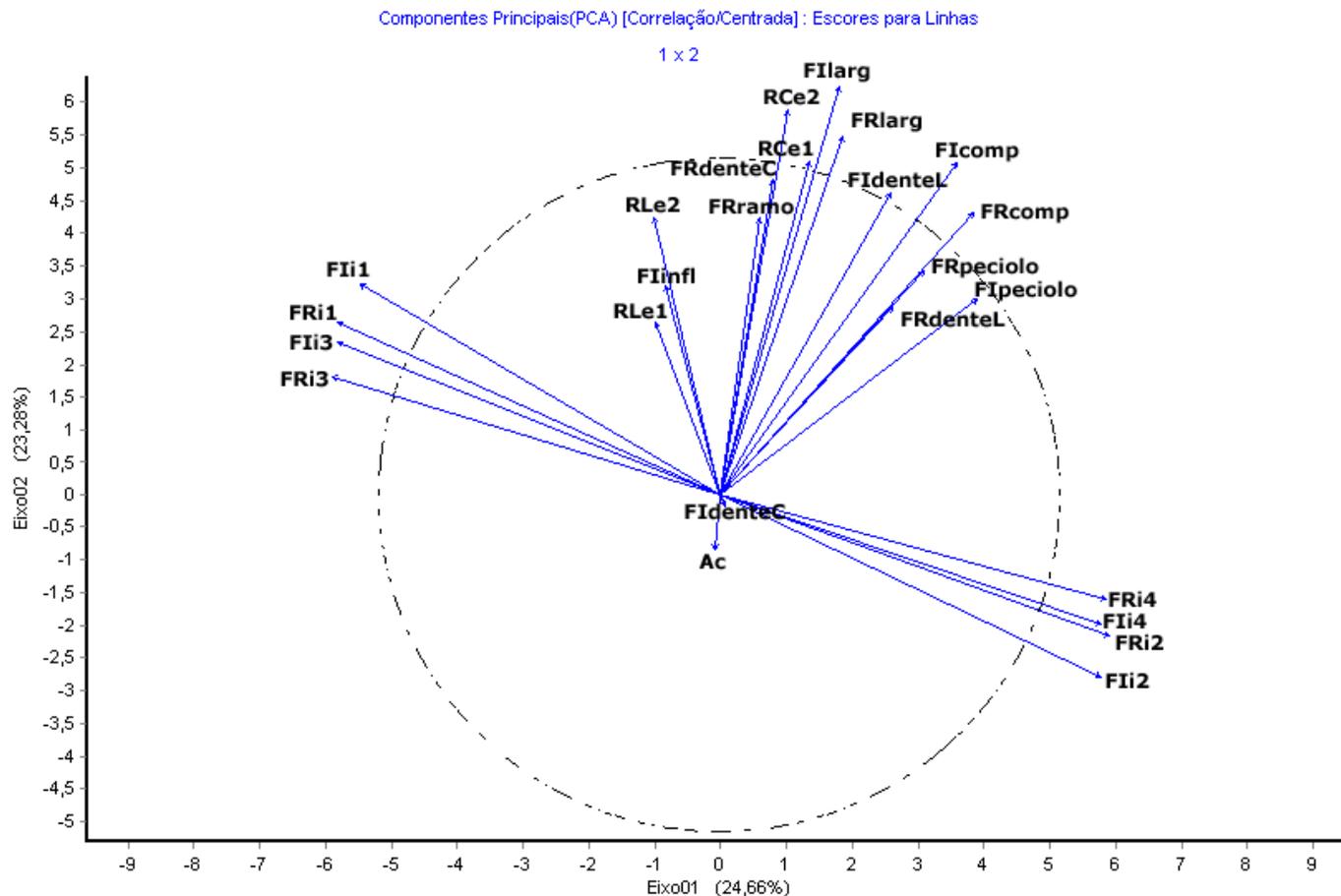


Figura 1.16. Vetores da ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 2 dos componentes principais. Variáveis da análise: FIi1-FIi4, FRi1-FRI4: Índices de curva; FIpeciolo, FRpeciolo: Comprimento do pecíolo; Ficom, FRcomp: Comprimento do limbo; FIlarg, FRIarg: Largura máxima do limbo; FIdenteC, FRdenteC e FIdenteL, FRdenteL: Comprimento e largura dos dentes do limbo; Infl: Comprimento do pedúnculo da inflorescência; Ramo: Comprimento do primeiro entrenó do ramo sob a axila da folha; RCe1 e RCe2: Comprimento dos entrenós 1 e 2; RLe1 e RLe2: Largura dos entrenós 1 e 2; RAc: Densidade de acúleos. Os vetores cujo nome inicia com FR referem-se a folhas de ramo, e iniciados com FI referem-se a folhas de inflorescência.

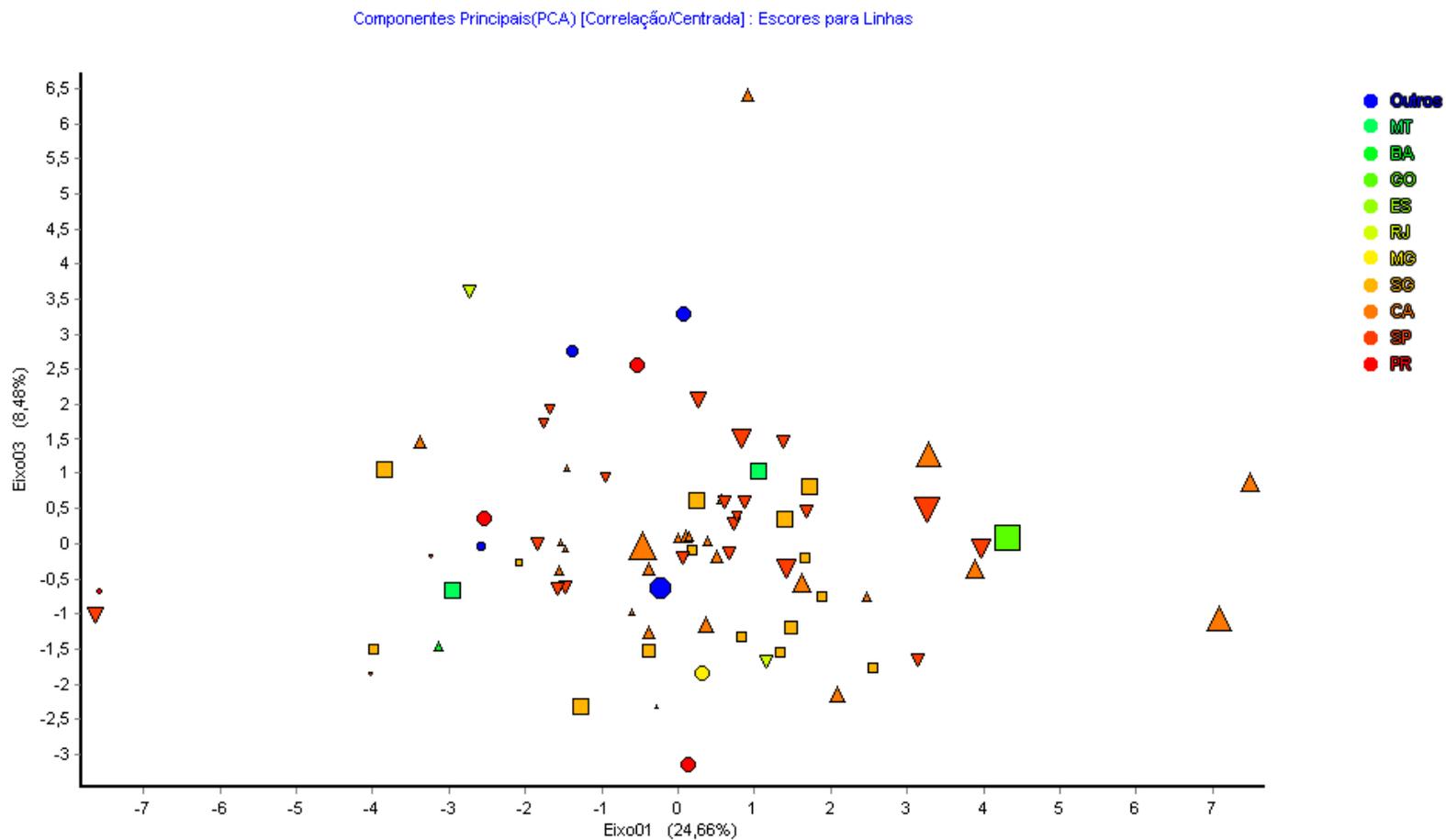


Figura 1.17. Ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais. As cores e símbolos indicam as localidades (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra [SG] e estrada do Observatório de Cabras [CA]), e o tamanho dos símbolos é proporcional ao comprimento máximo das folhas.

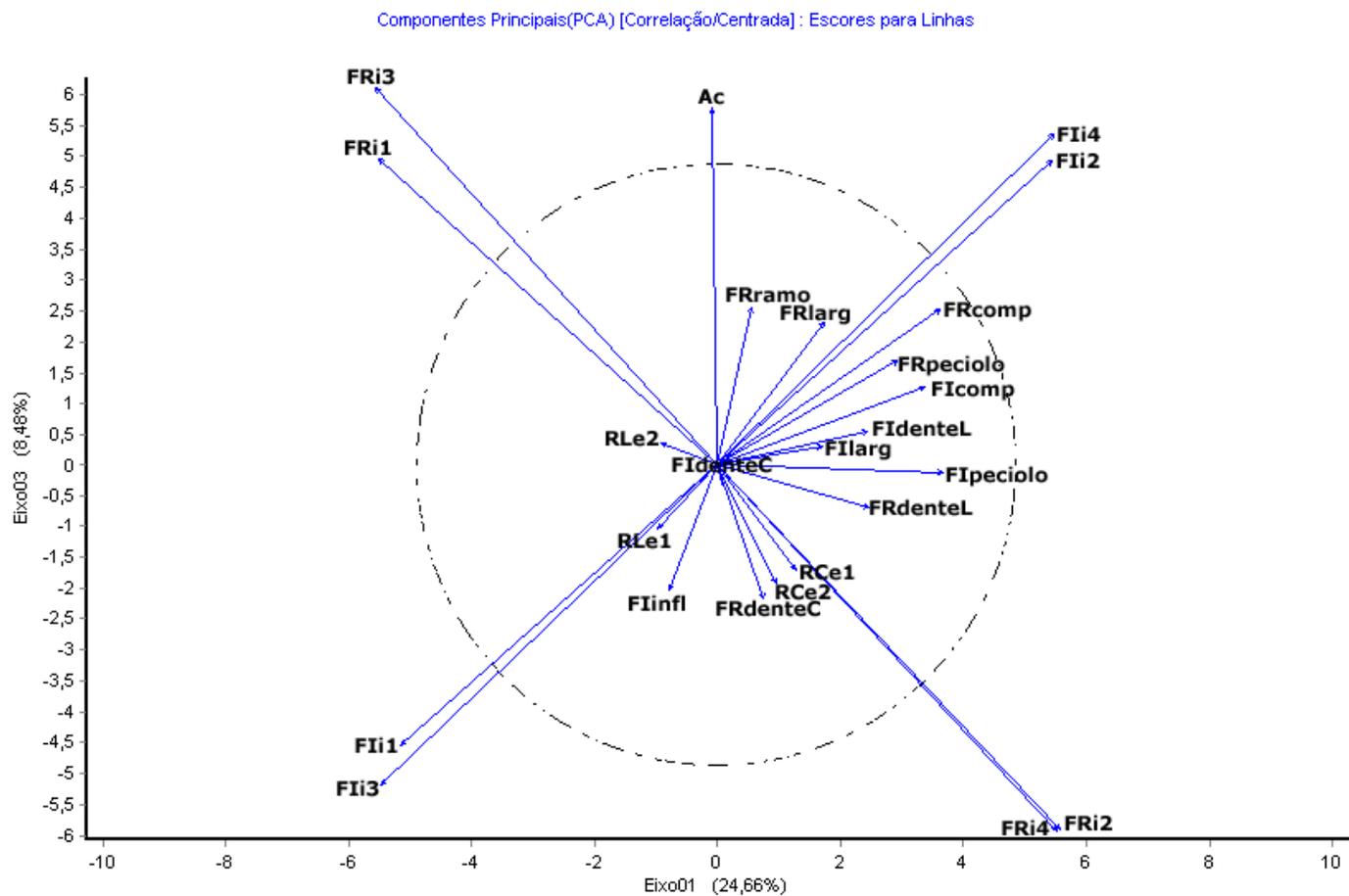


Figura 1.18. Vetores da ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 3 dos componentes principais.

Variáveis da análise: Fli1-Fli4, FRI1-FRI4: Índices de curva; FIpeciolo, FRpeciolo: Comprimento do pecíolo; Ficom, FRcomp: Comprimento do limbo; FIlarg, FRlarg: Largura máxima do limbo; Fidentel, FRdenteL: Comprimento e largura dos dentes do limbo; Infl: Comprimento do pedúnculo da inflorescência; Ramo: Comprimento do primeiro entrenó do ramo sob a axila da folha; Rce1 e Rce2: Comprimento dos entrenós 1 e 2; RLe1 e RLe2: Largura dos entrenós 1 e 2; RAC: Densidade de acúleos. Os vetores cujo nome inicia com FR referem-se a folhas de ramo, e iniciados com FI referem-se a folhas de inflorescência.

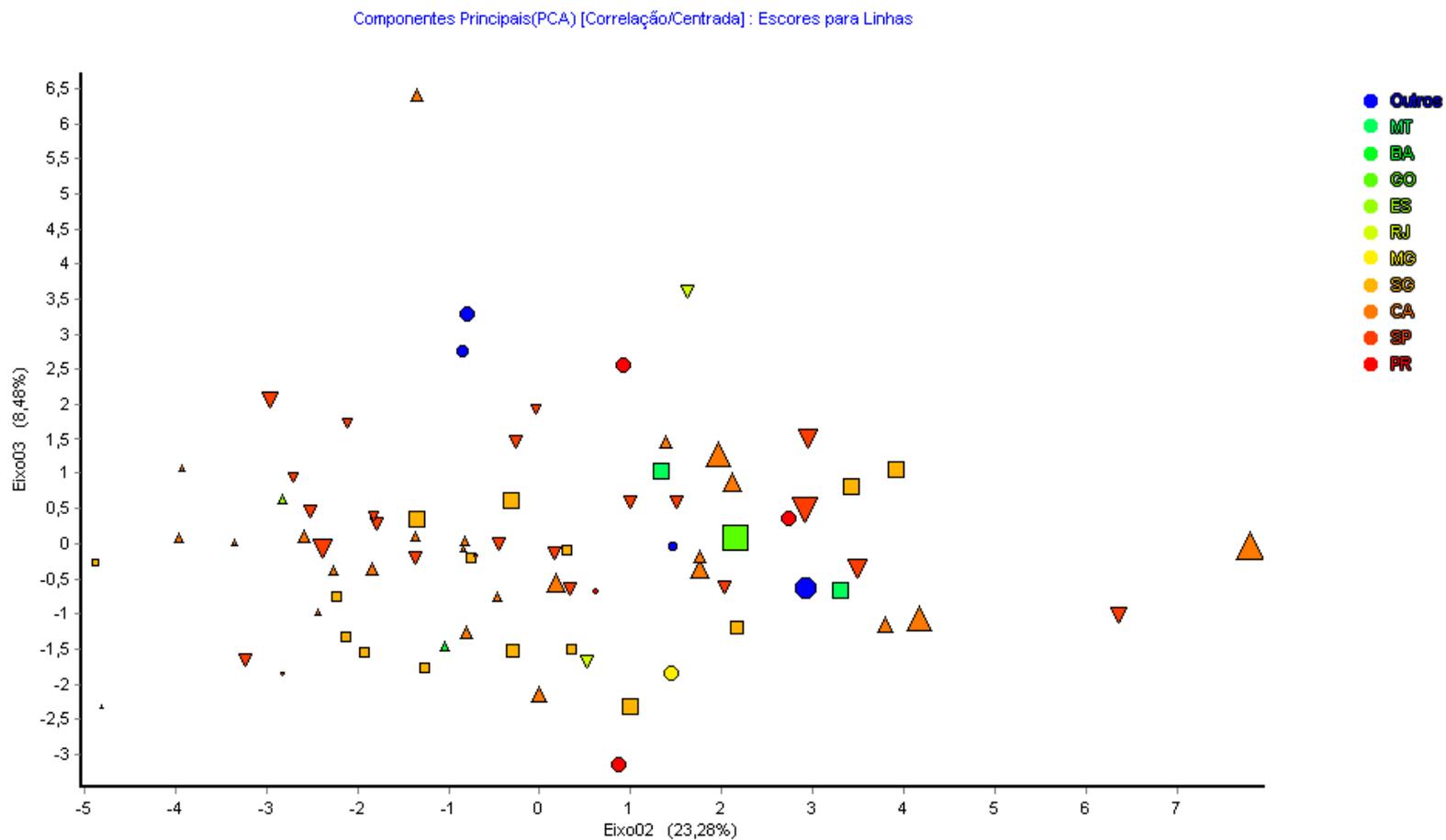


Figura 1.19. Ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais. As cores e símbolos indicam as localidades (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra [SG] e estrada do Observatório de Cabras [CA]), e o tamanho dos símbolos é proporcional ao comprimento máximo das folhas.

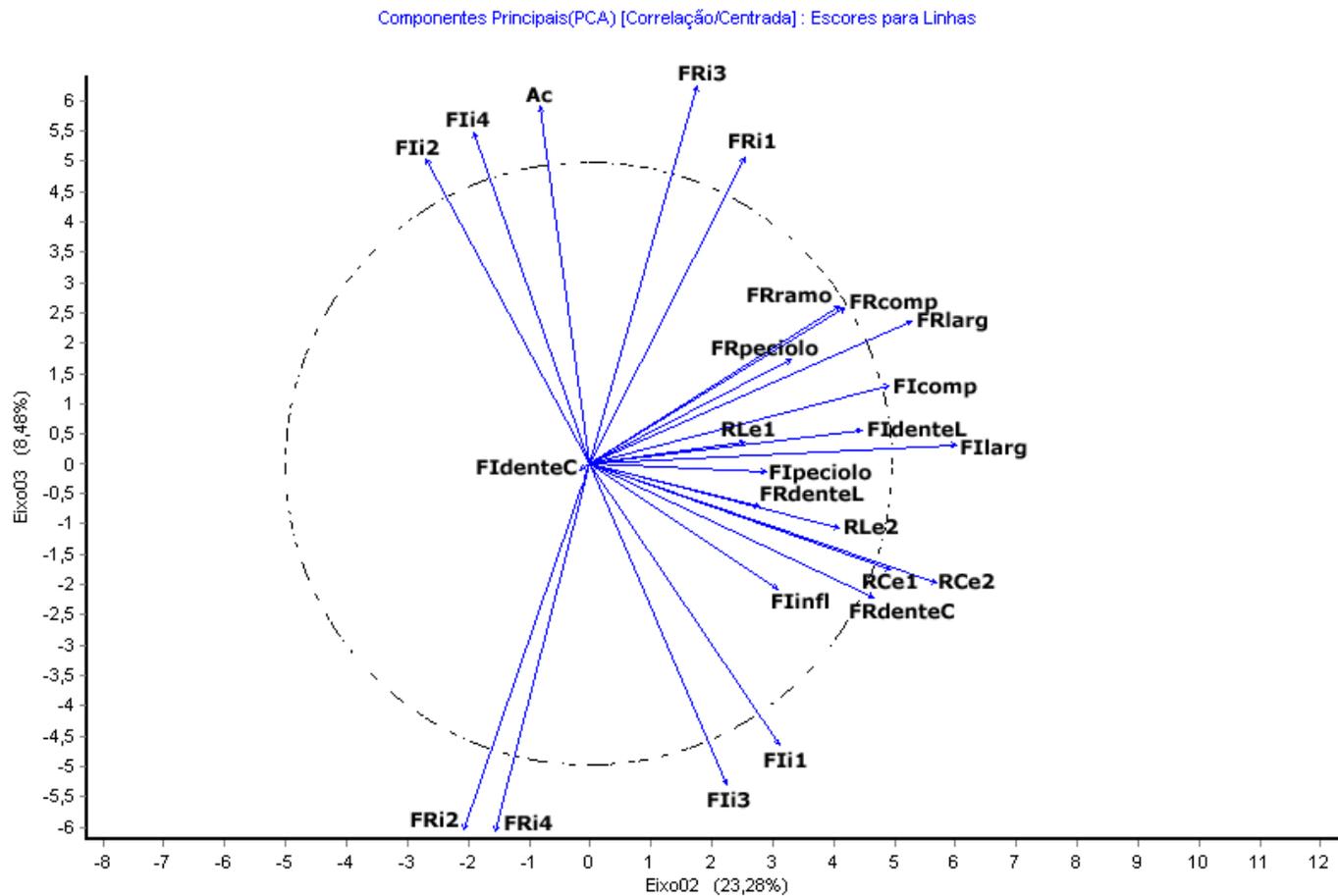


Figura 1.20. Vetores da ordenação das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 2 e 3 dos componentes principais. Variáveis da análise: FI1-FI4, FRI1-FRI4: Índices de curva; FIpeciolo, FRpeciolo: Comprimento do pecíolo; FComp, FRcomp: Comprimento do limbo; FIlarg, FRLarg: Largura máxima do limbo; FIdenteC, FRdenteC e FIdenteL, FRdenteL: Comprimento e largura dos dentes do limbo; Infl: Comprimento do pedúnculo da inflorescência; Ramo: Comprimento do primeiro entrenó do ramo sob a axila da folha; RCe1 e RCe2: Comprimento dos entrenós 1 e 2; RLe1 e RLe2: Largura dos entrenós 1 e 2; RAc: Densidade de acúleos. Os vetores cujo nome inicia com FR referem-se a folhas de ramo, e iniciados com FI referem-se a folhas de inflorescência.

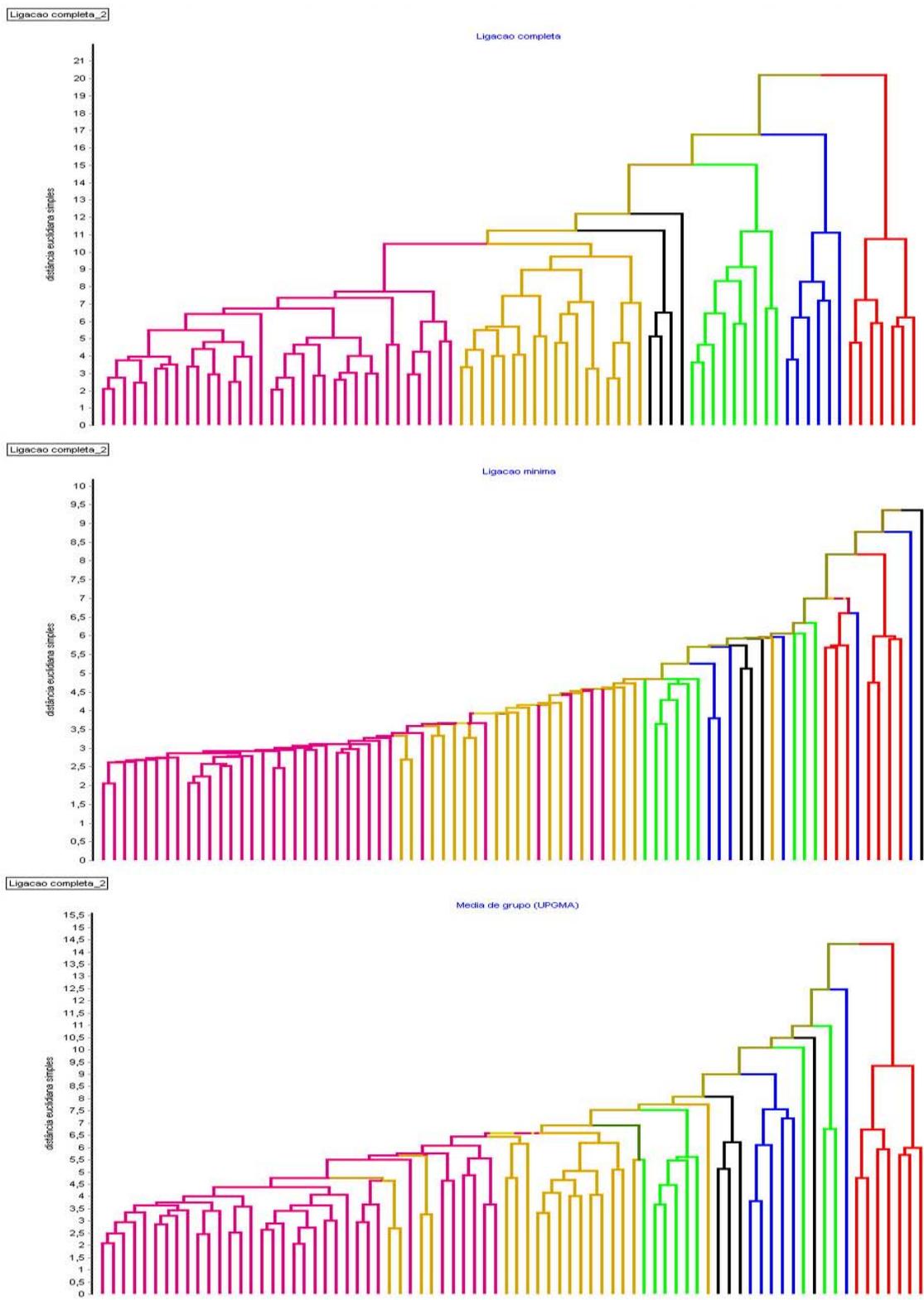


Figura 1.21. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples. Os grupos formados em agrupamento por ligação completa (topo) foram aplicados à ligação simples (centro) e à média de grupo (abaixo).

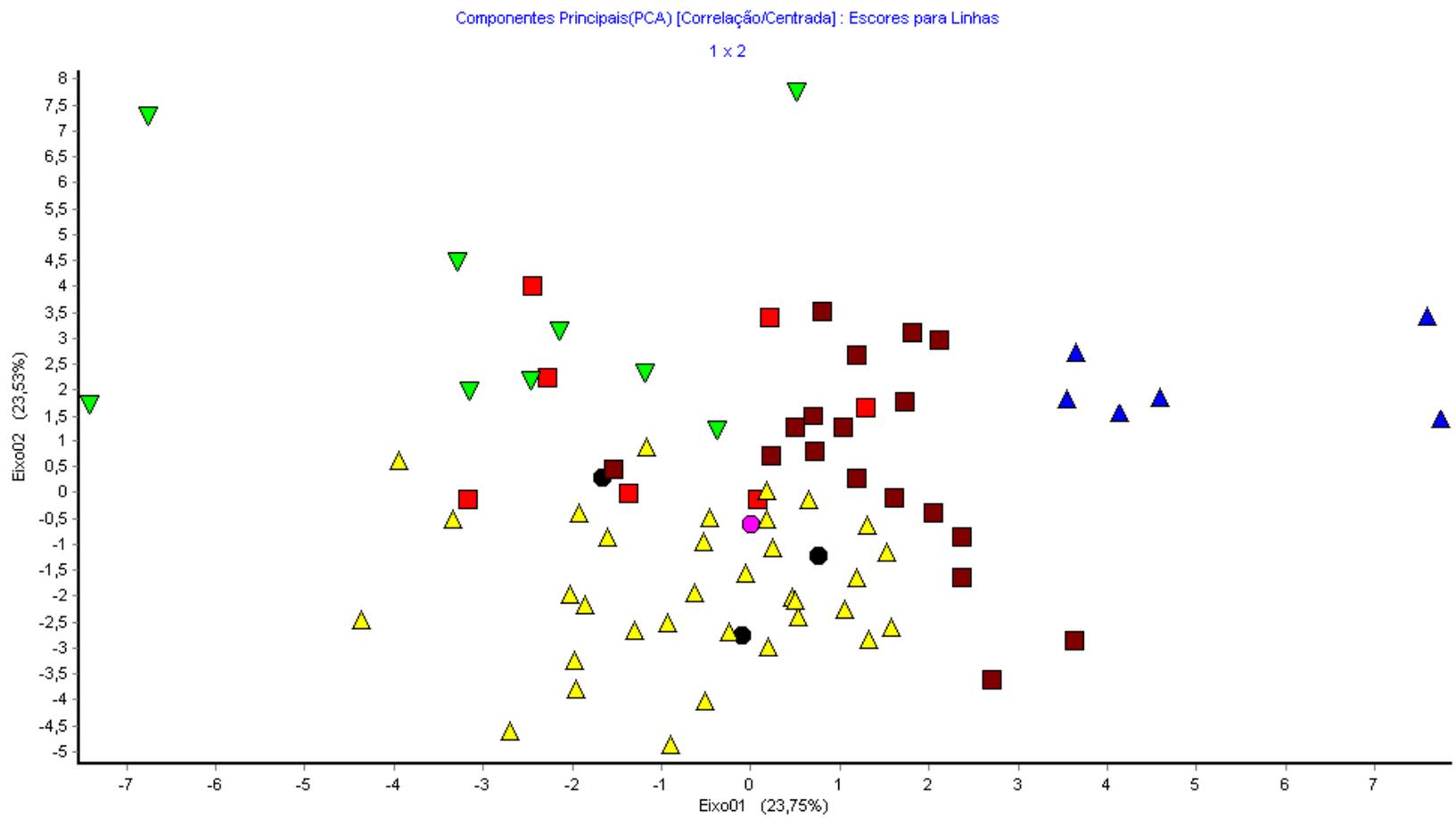


Figura 1.22. Distribuição das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 2 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.

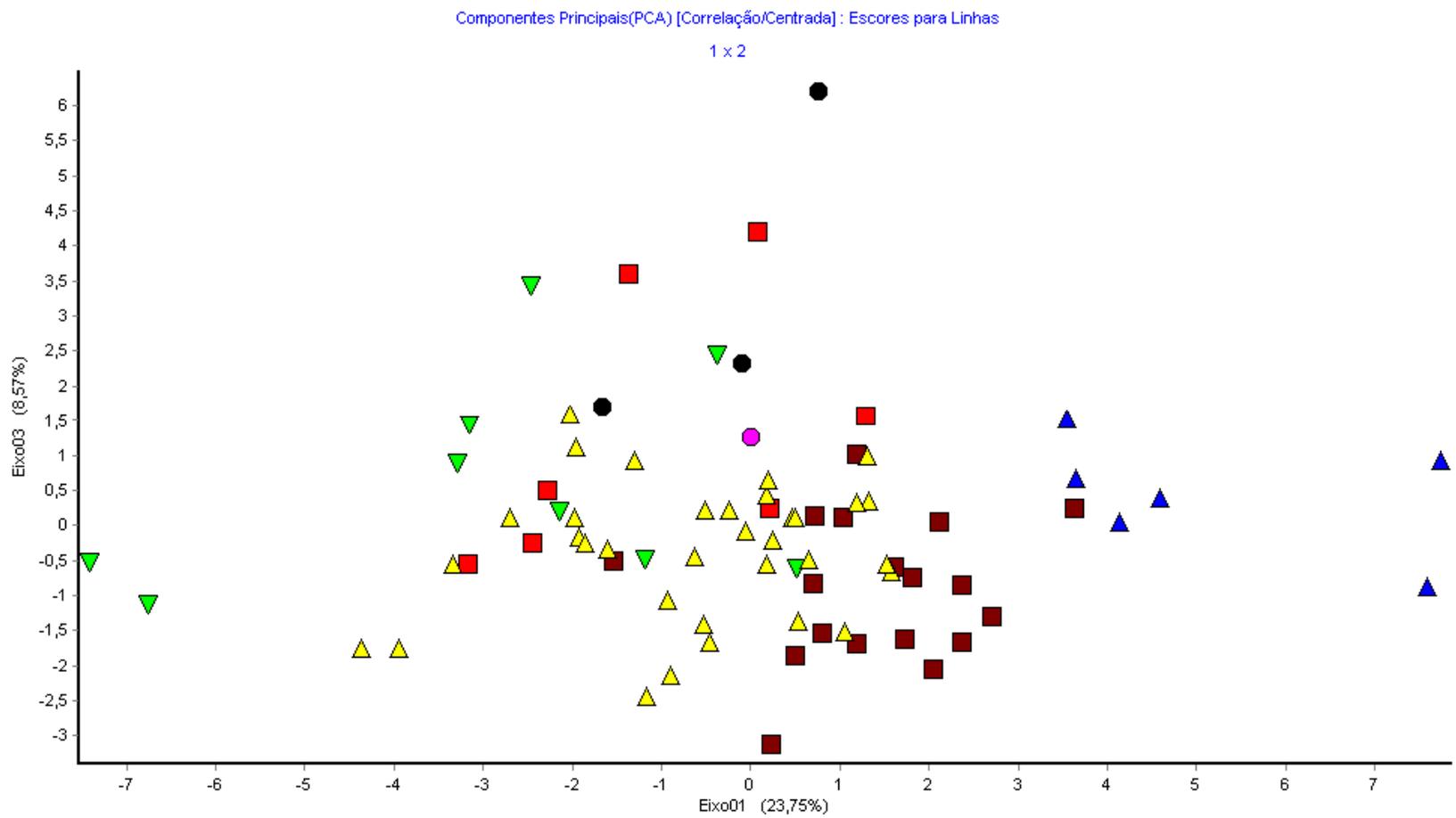


Figura 1.23. Distribuição das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 1 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.

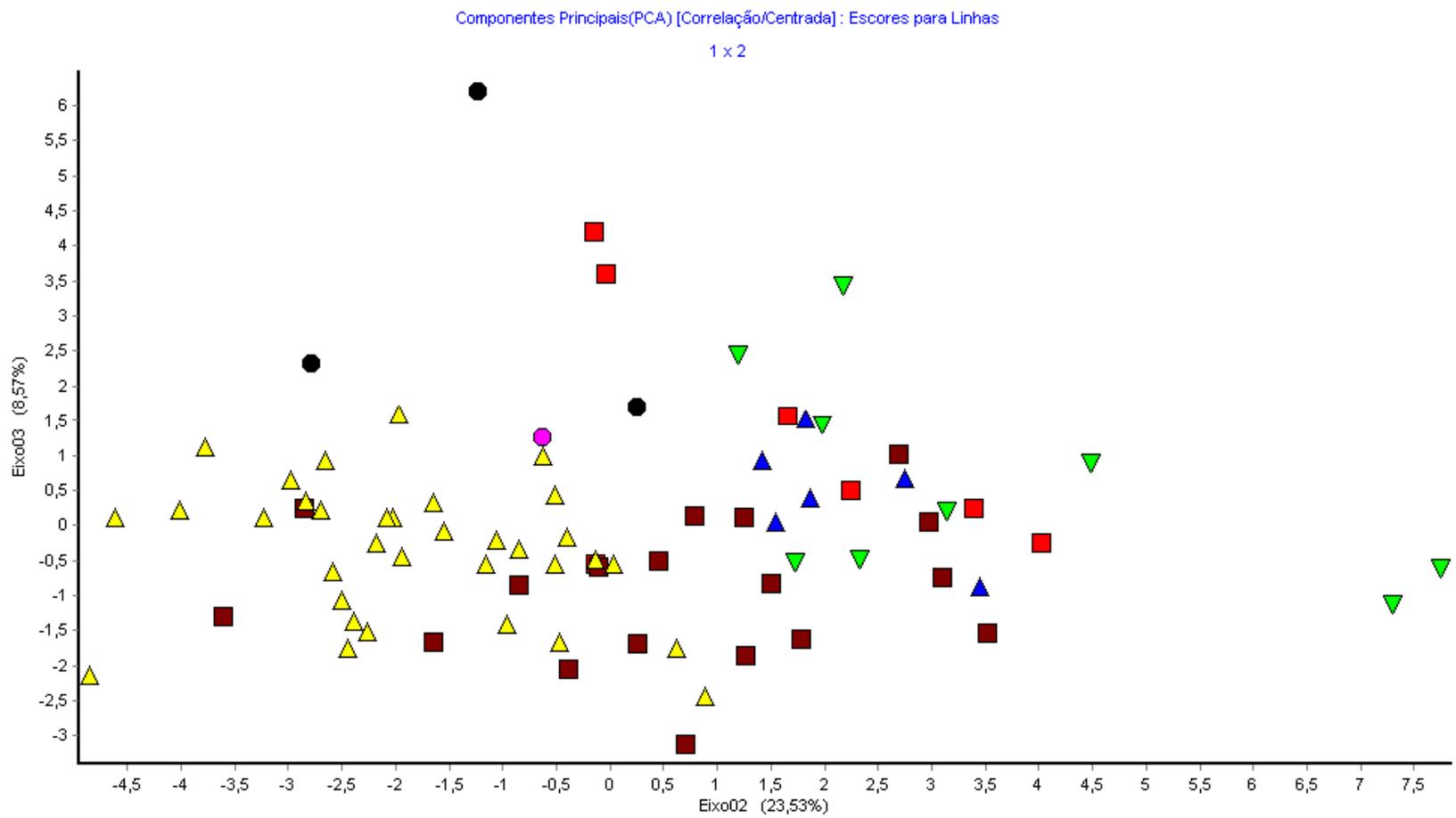
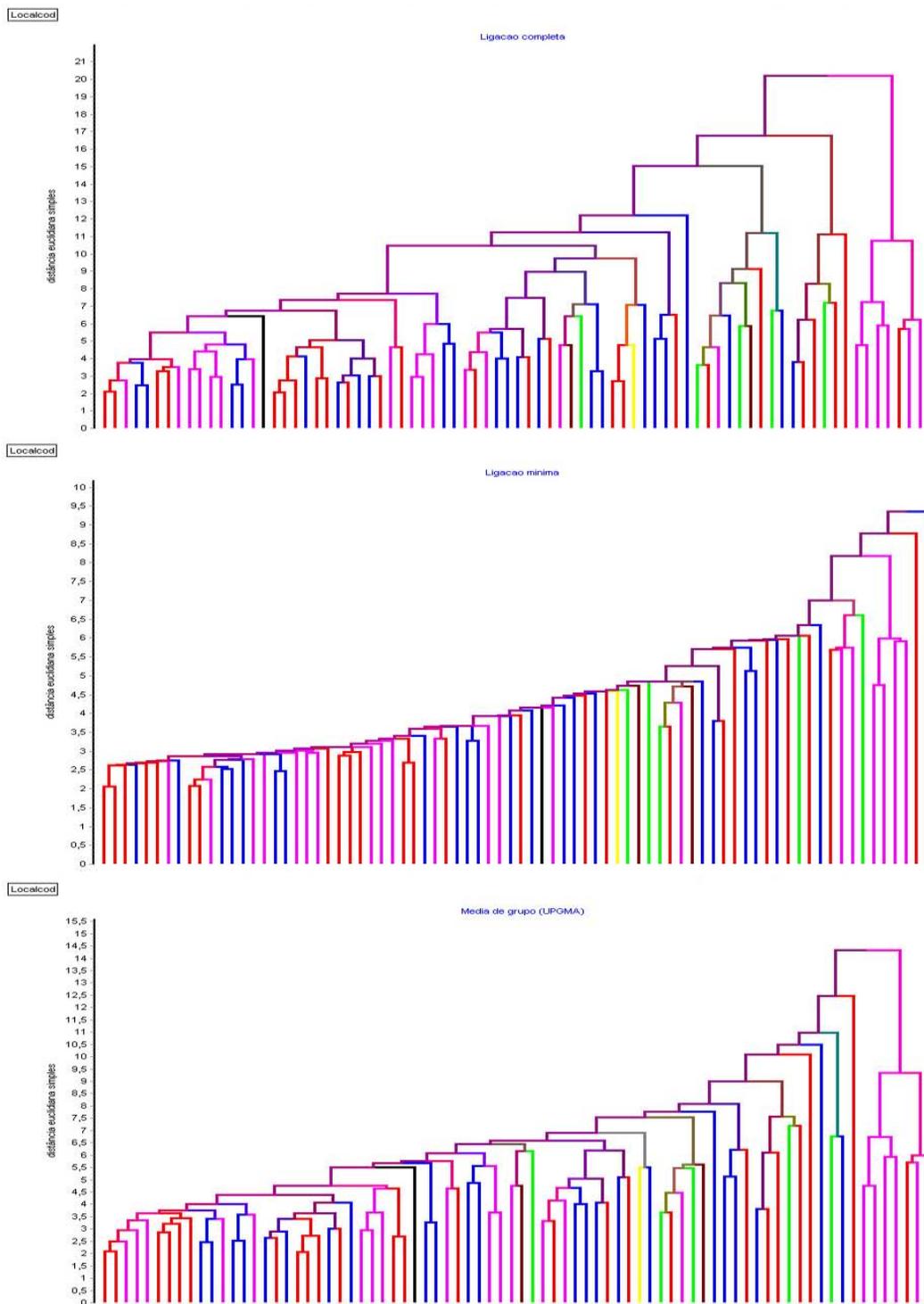


Figura 1.24. Distribuição das amostras do segundo conjunto de dados nos eixos 2 e 3 de componentes principais distintos por grupo formado na análise de agrupamento por ligação completa.



**Figura 1.25. Dendrogramas da análise de agrupamento do primeiro conjunto de dados baseada em distância euclidiana simples discriminados por local de coleta (Estados brasileiros, Mata de Santa Genebra e estrada do Observatório de Cabras).
 Topo: Ligação completa; Centro: Ligação simples; Abaixo: Média de grupo (UPGMA).**

Capítulo 2. Modelagem do potencial invasivo de
***Lantana camara* L. (Verbenaceae)**

Abstract

Alien weeds are among the major menaces to the conservation of biodiversity. Understanding which regions a weed can potentially invade and, thus, to be able to predict its spatial distribution around the world are essential steps in conservation policies and biocontrol programs. In this study, we used the Genetic Algorithm for Rule-set Prediction software (Desktop GARP) to predict the potential distribution of *Lantana camara* L. (Verbenaceae), which is considered one of the most aggressively invasive and poisonous weeds in the world and one of the most targeted by biocontrol programs. The distribution of samples throughout the native area (tropical America) was used to establish the patterns of distribution of *L. camara* based on environmental variables. These data were applied to the most aggressively invaded macroregions: the Indo-Malayan region (tropical south-eastern Asia and islands), sub-Saharan Africa and Australasia (Australia and surrounding islands). The samples collected in the invaded areas were used to test and guarantee the consistency and quality of the prediction.

Resumo

Plantas invasoras estão entre as principais ameaças para a conservação da biodiversidade. Entender quais regiões uma planta pode invadir e, deste modo, ser capaz de prever a distribuição espacial ao redor do mundo são passos essenciais para a criação de políticas de conservação e programas de biocontrole. Neste trabalho, foi usado o *software* do Genetic Algorithm for Rule-set Prediction (DesktopGARP) para prever a distribuição potencial de *Lantana camara* L. (Verbenaceae), que é considerada uma das mais agressivas e venenosas plantas do mundo e uma das mais almejadas para programas de biocontrole. A distribuição de amostras na área nativa (América Tropical) foi usada para estabelecer os padrões de distribuição de *L. camara* baseado em variáveis ambientais. Estes dados foram aplicados às áreas mais agressivamente invadidas: a região Indo-Malaia (sudeste da Ásia e ilhas), África sub-Saara e Australásia (Austrália e ilhas circundantes). As amostras coletadas nas áreas invadidas foram usadas para garantir a consistência e qualidade da previsão.

Introdução

Plantas invasoras estão entre as principais ameaças para a conservação da biodiversidade por sua habilidade de alterar características da vegetação, extinguindo ou limitando a ocorrência de espécies locais (Mauchamp et al, 1998; Kumar & Rohatgi, 1999), empobrecendo o solo (Rutherford, 1993), estabelecendo barreiras físicas contra o crescimento da flora e o movimento da fauna na área (Muniappan et al, 1996), alterando o regime de fogo (Graaff, 1986; Russel & Roberts, 1996; Fensham, 1996) e substituindo toda a formação vegetal (Bhatt, 1994). Por estas razões, a habilidade para prever a distribuição espacial no mundo provém uma base útil para o desenvolvimento de políticas de conservação e programas de biocontrole. *Lantana camara* L. (Verbenaceae), nativa da América Tropical, é uma invasora agressiva em áreas cultivadas e naturais ao redor do mundo, sendo um dos principais alvos de programas de biocontrole em 33 países (Thomas & Ellison, 2000). Neste trabalho, foram identificadas as áreas mais passíveis de invasão e ocupação por *L. camara*, baseado em fatores climáticos e usando o *software* do Genetic Algorithm for Rule-set Prediction (Desktop GARP) para modelar a distribuição espacial de *L. camara* nas áreas invadidas. Apesar de listas com as espécies invadidas por *L. camara* serem extensamente disponíveis na literatura, a disponibilidade de um mapa mostrando as áreas potenciais de invasão pode ser útil para determinar onde estabelecer programas de biocontrole e identificar os fatores que influenciam a distribuição dessa planta. Também foi descrito um modelo de distribuição espacial deste complexo de espécies sobre o mundo.

Material e métodos

Os dados de distribuição da espécie foram compilados de coleções em herbários brasileiros, de acervos internacionais disponíveis na Internet e da literatura (tabela 2.1). Para o modelo, 638 registros foram utilizados; destes, 206 estão distribuídos na região nativa e foram usados para construir o modelo, enquanto que outros 432

pontos nas áreas invadidas foram usados para testar a qualidade do modelo preditivo. Locais muito próximos foram reamostrados de modo que pontos distem em pelo menos 0,25° uns dos outros em latitude e longitude. Esta reamostragem garantiu a homogeneidade das amostras em regiões invadidas e nativas. Uma lista com os países onde *L. camara* foi reportada está mostrada na tabela 2.2. O desenvolvimento de modelos de distribuição preditivos consiste em converter dados primários de ocorrência da espécie em mapas de distribuição geográfica que indicam a presença ou ausência potencial da espécie, através de regras criadas por um algoritmo genético. Na maioria dos casos, os modelos trabalham com o conceito de nicho ecológico fundamental ou potencial. Este conceito foi definido por MacArthur (1972) como sendo um conjunto de condições ambientais onde uma população pode sobreviver e pode ser descrito como um espaço ecológico/ambiental multidimensional. O presente modelo foi desenvolvido utilizando o algoritmo GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction [Stockwell & Noble, 1992; Stockwell, 1999; Stockwell & Peters, 1999; Peterson, 2001]) através do software DesktopGARP, que estabelece regras de ocorrência baseadas em informação ambiental a partir de pontos de ocorrência conhecida. Uma vez estabelecidas estas regras, o algoritmo relaciona as características ambientais dos pontos de ocorrência com locais definidos como alvo do estudo, para precisar onde a espécie pode ocorrer.

O *software* DesktopGARP aloca os pontos de ocorrência aleatoriamente em três grupos: 50% dos locais correspondem ao conjunto de testes extrínsecos, 25% ao conjunto de testes intrínsecos e 25% ao conjunto de treinamento. O algoritmo usa um processo iterativo de seleção que inclui a busca por padrões para determinar se esses deveriam ser incorporados ou rejeitados: um conjunto de métodos (regras bioclimáticas, regressão logística etc) é aplicado às variáveis ambientais de cada um dos pontos do conjunto de treinamento. Este método gera regras (ou padrões) de ocorrência que são comparados aos pontos do conjunto de teste intrínseco. Se a regra não se aplicar à totalidade dos pontos do conjunto, é rejeitada. Os pontos do teste extrínseco são usados em uma análise posterior independente da qualidade dos modelos. Baseado em elementos estocásticos, algumas regras podem sofrer alterações aleatórias conforme são aplicadas no modelo. Desse modo, mimetizam a evolução do

DNA, como mutação, deleção, *crossing over* etc (Stockwell & Noble, 1992). O mapa onde a área nativa foi baseada consiste em uma matriz com 1.337.454 células correspondendo a áreas de 0,07° por 0,07° cada uma. A modelagem iniciou com 35 camadas que representam dados de aspectos topográficos (altitude, aspecto, inclinação, acumulação de fluxo, direção de fluxo e índice topográfico, de acordo com os dados do banco de dados Hydro-1K do U. S. Geological Survey) e variáveis climáticas (amplitude térmica diária, dias de congelamento de solo, precipitação média mensal, radiação solar, temperaturas máxima, média e mínima, pressão de vapor e dias chuvosos, baseado nos meses de janeiro e julho e médias anuais do Intergovernmental Panel on Climate de 1960 a 1991). Usando vários modelos da área nativa, as camadas foram sistematicamente retiradas de acordo com a influência na redução da qualidade do modelo.

Uma vez definido o conjunto de camadas que melhor define as regras de ocorrência, a ferramenta Best Subsets do DesktopGARP (baseada em Anderson, 2003) foi usado para selecionar 25 modelos que mostraram a menor correlação com a porcentagem de pontos extrínsecos não incluídos na área de ocorrência prevista. Estes modelos foram subpostos e cada um dos pontos da área receberam um valor que corresponde ao número de modelos que os incluíram na área prevista. Este valor varia de 0 (nenhuma previsão) a 25 (o ponto foi previsto por todos os modelos, indicando alta suscetibilidade para invasão). O conjunto de regras foi projetado para outras áreas para definir a presença potencial em regiões onde é invasora. As macrorregiões alvo foram definidas baseadas na literatura (Sharma et al, 1988): (1) Indo-Malásia (sudeste da Ásia e ilhas), (2) África Sub-Saara e (3) Australásia (Austrália e ilhas circundantes). Deste modo, os limites das áreas de ocorrência potencial foram obtidas através do método de projeção de regras definido por Peterson e Vieglais (2001). Para certificar maior confiabilidade nos resultados, um novo modelo foi gerado para as regiões nativas usando um subconjunto de pontos do extremo norte (México e América Central ístmica), extremo sul (Estados brasileiros do Rio Grande do Sul e Paraná) e porção central (Estados brasileiros do Amazonas, Rondônia, Pará e Pernambuco) da área de distribuição prevista no modelo original, computando 106 amostras (40% do total de pontos da área nativa). O

modelo de distribuição foi avaliado com um teste qui-quadrado (χ^2) baseado nos pontos usados e excluídos e a área de distribuição do modelo de teste (Fielding e Bell, 1997). O teste qui-quadrado foi usado para comparar o número de pontos na área de predição exótica com aqueles não incluídos no modelo preditivo. Estes pontos de ocorrência, localizados nas áreas invadidas pela planta, não foram utilizados para a criação do modelo de distribuição ou qualquer uma de suas projeções. O número esperado de pontos de ocorrência predita foi calculado como a proporção entre a área do modelo e a área total analisada. Deste modo, distribuindo-se pontos aleatórios sobre o mapa, uma porção proporcional estaria incluído nas fronteiras do modelo definido pelo algoritmo. O valor observado foi exatamente o número de pontos localizado dentro das fronteiras do modelo definido. O teste qui-quadrado, portanto, foi utilizado para verificar o quanto o modelo se aproxima de uma distribuição aleatória. A hipótese nula deste teste é que o modelo é aleatório, e a hipótese alternativa é de que não foi resultado de uma dispersão ao acaso dos pontos.

Resultados e Discussão

O subconjunto de regras da ferramenta *best subsets* foi considerado estatisticamente significativo e os testes qui-quadrado indicaram que a previsão não é aleatória ($p=2,4 \times 10^{-6}$). A área resultante prevista para a região nativa está representada na figura 2.1. Uma vez que o modelo para a área nativa foi considerado confiável, foram feitas projeções para as macrorregiões invadidas. As áreas de previsão de ocorrência potencial para África Sub-Saara, Indo-Malásia e Australásia estão mostradas nas figuras 2.2 e 2.3. Para todos os modelos de distribuição, as cores mais escuras indicam maior suscetibilidade à invasão.

A análise preliminar eliminou 32 camadas e definiu a temperatura média e umidade em janeiro e a pressão de vapor como importantes para o estabelecimento de *L. camara* na área nativa. Temperatura e umidade são variáveis ambientais consideradas importantes para o estabelecimento de populações de *L. camara* segundo a literatura (Fensham, 1996; Hannan-Jones, 1998; Murali & Seti, 2001). O modelo para a região neotropical previu

uma vasta distribuição para *L. camara* sobre a área nativa, desde a península de Yucatan no México e a costa do Mar das Antilhas até o Rio da Prata, no Uruguai, no sul, geralmente a leste dos Andes e do Chaco Paraguai, exceto por três regiões: 1) a área de floresta úmida de Juruá-Purus, 2) os Llanos venezuelanos e o Vale Sinú, na Colômbia, e 3) os mangues do Rio Piranhas.

Uma característica geral para as últimas três regiões, além do Chaco, é a suscetibilidade a inundações em pelo menos alguns períodos do ano. Porém, esta característica pode não estar necessariamente contribuindo para a impossibilidade de estabelecimento de *L. camara* nessas regiões, uma vez que o modelo previu presença potencial em outras áreas igualmente inundáveis. A distribuição na África Sub-Saara foi também vasta, com a ocorrência de *L. camara* prevista em áreas de floresta úmida e savanas, especialmente na região central do continente: Congo, Congo Belga, Zâmbia, Tanzânia, Moçambique, Malawi e Uganda, além da porção sul da península ocidental do continente e a ilha de Madagascar. Um aspecto importante da distribuição é a ausência de amostras de *L. camara* em alguns destes países. Esta ausência pode indicar que não foram feitas coletas por dificuldades de acesso às áreas, ou que a planta realmente não está presente. Se a segunda hipótese for verdadeira, há duas rotas importantes de entrada de *L. camara* na África: uma na costa sudeste e outra em Gana, na costa ocidental. Isto sugere que programas para impedir a invasão das áreas da África Central e Ocidental deveriam ser implementadas. Na África do Sul, o modelo previu boa distribuição potencial na costa leste, porém em área muito aquém da distribuição observada na literatura (Baars & Naser, 1999).

Para a região da Indo-Malásia o modelo previu alta suscetibilidade no sudeste e em várias ilhas para as quais há vasta indicação na literatura (Denton et al, 1991; Sharma et al, 1988). A distribuição na Índia mostrou pobre correlação com a distribuição nativa de *L. camara* baseado em dados climáticos e topográficos. Porém, a literatura mostra que a planta é importante ecológica e economicamente na região (Muniappan & Viraktamath, 1986; Broughton, 2000; Silori & Mishra, 2001; Chandrasekaram & Swamy, 2002). A discrepância entre o

resultado do modelo, que prevê pouca suscetibilidade de invasão na região, e a literatura, que indica amplas áreas de invasão sobre o país, levam a inferir que as linhagens infestantes na Índia são pouco relacionadas com a espécie típica, ao menos ecologicamente.

Para a Australásia, o modelo indicou que as ilhas menores são altamente suscetíveis à invasão. Porém, a predição editada pelo DesktopGarp não encontrou áreas com suscetibilidade acima de desprezível em todo o continente australiano. , contrariando modelos construídos com CLIMEX (Thorp & Lynch, 2000; Agriculture and Resource Council Management of Australia, 2001) usando dados de coletas na ilha como ponto de partida à construção do modelo.

Os principais conflitos do modelo em relação aos dados de ocorrência real foram observados nos três países onde há a maior parte dos trabalhos sobre os problemas com a invasão de *Lantana camara*, países estes considerados os mais agressivamente invadidos pela planta: África do Sul, Austrália e Índia (Agriculture and Research Management Council of Australia, 2001; Simelane, 2002; Sharma et al, 2005; Heystek & Baars, 2005). Em todos os três a área de previsão foi menor que a observada, ou considerada fracamente suscetível, ou ainda considerada nula no território do País. Existem duas hipóteses que podem explicar tal fenômeno: 1) o modelo do GARP, não levando em conta interações biológicas além da presença ou ausência de cobertura vegetal (dossel), ignora o fato de que uma espécie possa colonizar facilmente uma região onde há pouca ou nenhuma concorrência direta; e 2) as amostras correspondem a variedades ou linhagens que apresentam necessidades e tolerâncias ambientais diferentes da espécie típica em sua região de origem. De fato, a espécie vem sofrendo seleção horticultural há centenas de anos na Europa, com o objetivo de criar linhagens mais resistentes ou de cores ou formas variadas (Thomas & Ellison, 2000; Pereira & Barreto, 2001). Além disso, a literatura indica a grande diferença entre a espécie típica americana com os indivíduos da Austrália e de outras regiões invadidas (Sharma et al, 2005), diferenças que não seriam facilmente explicáveis pela variação morfológica observada no ambiente

nativo. Deste modo, o complexo de espécies se torna ainda mais abrangente e variado. Além disso, a literatura também indica que as mais de 20 variedades de *L. camara* presentes na Austrália não são encontradas nos neotrópicos (Williams, 2005; Kok, 2006), indicando que têm origem externa à área de distribuição original. Ao que se pode ver, ao menos ecologicamente, existe pouca relação entre a espécie típica e linhagens que são consideradas invasoras agressivas, presentes nesses três países. Faz-se necessária uma revisão do complexo em escala mundial para sua resolução.

Referências bibliográficas

- AGRICULTURE & RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA & NEW ZEALAND,
AUSTRALIAN & NEW ZEALAND ENVIRONMENT & CONSERVATION COUNCIL AND
FORESTRY MINISTERS. 2001. *Weeds of National Significance: Lantana (Lantana camara) Strategic Plan*. National Weeds Strategy Executive Committee, Launceston.
- ANDERSON, R. P., LEW, D. & PETERSON, A. T. 2003. *Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models*. Ecological Modelling 162:211–232.
- BAARS, J. R., & NESER, S. 1999. *Past and present initiatives on the biological control of Lantana camara (Verbenaceae) in South Africa*. Afr. Entomol. jun:21-33.
- BARRETO, R. W., EVANS, H. C. & ELLISON, C. A. 1995. *The mycobiota of the weed Lantana camara in Brazil, with particular reference to biological control*. Mycol. Res. 99 (7):769-782.
- BHATT, Y. D., RAWAT, Y. S. & SINGH, S. P. 1994. *Changes in ecosystem functioning after replacement of forest by Lantana shrubland in Kumaun Himalaya*. Journal of Vegetation Science 5, 67-70.
- BROUGHTON, S. 2000. *Review and evaluation of lantana biocontrol programs*. Biol. Control 17(3):272-286.
- CHANDRASEKARAN, S. & SWAMY, P. S. 2002. *Biomass, litterfall and aboveground net primary productivity of herbaceous communities in varied ecosystems at Kodayar in the western Ghats of Tamil Nadu*. Agric. Ecosyst. Environ. 881, 61-71.
- CILLIERS, C. J. & NESER, S. 1991. *Biological control of Lantana camara (Verbenaceae) in South Africa*. Agric. Ecosyst. Environ. 37:57-75.

- DENTON, G. R. W., MUNIAPPAN, R. & MARUTANI, M. 1991. *Status and natural enemies of the weed Lantana camara in Micronesia*. Tropical Pest Management 37(4):338-344.
- FENSHAM, R. J. 1996. *Land clearance and conservation of inland dry rainforest in North Queensland, Australia*. Biological Conservation 75, 289-298.
- FENSHAM, R. J., FAIRFAX, R. J. & CANNELL, R. J. 1994. *The invasion of Lantana camara L. in Forty Mile Scrub National Park, North Queensland*. Aust. J. Ecol. 19(3):297-305.
- GENTLE, C. B. & DUGGIN, J. A. 1998. *Interference of Choricarpia leptopetala by Lantana camara with nutrient enrichment in mesic forests on the central coast of NSW*. Plant Ecol. 136(2):205-211.
- GENTLE, C. B., DUGGIN, J. A. 1997. *Allelopathy as a competitive strategy in persistent thickets of Lantana camara L. in three Australian forest communities*. Plant Ecol. 132(1):85-95.
- GRAAFF, J. L. 1986. *Lantana camara, the plant and some methods for its control*. South African Forestry Journal 136, 26-30.
- HANNAN-JONES, M. A. 1998. *The seasonal response of Lantana camara to selected herbicides*. Weed Res. 38(6):413-423.
- HARLEY, K. L. S., KERR, J. D. & KASSULKE, R. C. 1979. *Effects in SE Queensland during 1967-72 of insects introduced to control Lantana camara*. Entomophaga 24(1):65-72.
- HEYSTEK, F. & BAARS, J. R. 2005. *Biology and host range of Aconophora compressa, a candidate considered as a biocontrol agent of Lantana camara in Africa*. Biocontrol 50(2):359-373.
- ISLAM, K. R., AHMED, M. R., BHUIYAN, M. K. & BADRUDDIN, A. 2001. *Deforestation effects on vegetative regeneration and soil quality in tropical semi-evergreen degraded and protected forests of Bangladesh*. Land Degrad. Dev. 12(1):45-56.

- KOK, R. 2006. *Evolutionary relationships in the Verbenaceae with particular emphasis on invasive taxa within the genus Lantana*. <http://www.isi.gov.au/crc/cebtres/environ/weeds.html>.
- KUMAR, S. & ROHATGI, N. 1999. *The role of invasive weeds in changing floristic diversity*. *Annals of Forestry* 7(1):147-150.
- LÖYTTYNIEMI, K. 1982. *Evaluation of the use of insects for biological control of Lantana camara L. (Verbenaceae) in Zambia*. *Tropical Pest Management* 28(1):14-19.
- MAUCHAMP, A., ALDAZ, I., ORTIZ, E. & VALDEBENITO, H. 1998. *Threatened species, a re-evaluation of the status of eight endemic plants of the Galápagos*. *Biodiversity and Conservation* 7, 97-101.
- MELVILLE, D. S. 1979. *Madagascar fodies Foudia madagascariensis feeding on nectar of Lantana camara*. *Ibis* 121(3):361-362.
- MORRIS, M. J., WOOD, A. R. & DEN BREEËN, A. 1999. *Plant pathogens and biological control of weeds in South Africa: a review of projects and progress during the last decade*. *African Entomology Memoir* 1,129-137.
- MORTON, J. 1994. *Lantana, or red sage (Lantana camara L. [Verbenaceae]), notorious weed and popular garden flower some cases of poisoning in Florida*. *Economic Botany* 48(3): 259-270.
- MUNIAPPAN, R. & VIRAKTAMATH, C. A. 1986. *Status of biological control of the weed Lantana camara in India*. *Trop. Pest Management* 32(1):40-42.
- MUNIAPPAN, R., W. DENTON, G. R. W., BROWN, J. W., LALI, T. S., PRASAD, U. & SINGH, P. 1996. *Effectiveness of the natural enemies of Lantana camara on Guam: a site and seasonal evaluation*. *Entomophaga* 41(2):167-182.

- MURALI, K. S. & SETTI, R. S. 2001. *Effect of weeds Lantana camara and Chromelina odorata growth on the species diversity, regeneration and stem density of tree and shrub layer in BRT sanctuary*. Current Science 80(5):675-677.
- NGASSOUM, M. B., YONKEU, S., JIROVETZ, L., BUCHBAUER, G., SCHMAUS, G.,
HAMMERSCHMIDT, F. J. 1999. *Chemical composition of essential oils of Lantana camara leaves and flowers from Cameroon and Madagascar*. Flavour Frag. J. 14(4):245-250.
- PALMER, W. A., WILLSON, B. W., PULLEN, K. R. 2000. *Introduction, rearing, and host range of Aerenicopsis championi Bates (Coleoptera: Cerambycidae) for the biological control of Lantana camara L. in Australia*. Biol. Control 17(3):227-233.
- PEREIRA, J. M. & BARRETO, R. W. 2001 *Additions to the mycobiota of the weed Lantana camara (Verbenaceae) in southeastern Brazil*. Mycopathologia 151(2):71-80.
- PETERSON, A. T. & COHOON, K. C. 1999. *Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographical data completeness*. Ecological Modelling. 117, 159-164.
- PETERSON, A. T. & VIEGLAIS, D. A.. 2001. *Predicting species invasions using ecological niche modeling*. BioScience 51, 363-371.
- PETERSON, A. T. 2001. *Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling*. Condor, 103: 599-605.
- PETERSON, A. T., BALL, G. & COHOON, K. C. 2002. *Predicting distributions of tropical birds*. Ibis 144: e27-e32.
- PETERSON, A. T., SÁNCHEZ-CORDERO, V., BEARD, B. C. & RAMSEY, J. M. 2002. *Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico*. Emerging Infectious Diseases 8, 662-667.

- PETERSON, A. T., SOBERÓN, J. & SÁNCHEZ-CORDERO, V. 1999. *Conservation of ecological niches in evolutionary time*. Science 28, 1265-1267.
- PETERSON, A. T., STOCKWELL, D. R. B. & KLUZA, D. A. 2002. *Distributional prediction based on ecological niche modeling of primary occurrence data*. in J. M. Scott, editor. *Predicting Species Occurrences: Issues of Scale and Accuracy*. Island Press, Washington, D.C
- RAJAKARUNA, N., HARRIS, C. S., TOWERS, G. H. N. 2002. *Antimicrobial activity of plants collected from serpentine outcrops in Sri Lanka*. Pharm. Biol. 40(3):235-244.
- RAUTIAINEN, O & SUOHEIMO, J. 1997. *Natural regeneration potential and early development of Shorea robusta Gaertn f forest after regeneration felling in the Bhabar-Terai zone in Nepal*. Forest Ecology and Management 92(1-3):243-251.
- RUSSEL, M. J. & ROBERTS, B. R. 1996. *Effects of four low-intensity burns over 14 years on the floristics of a blackbutt (Eucalyptus pilularis) forest in southern Queensland*. Australian Journal of Botany 44, 315-329.
- RUTHERFORD, M. C. & POWRIE, L. W. 1993. *Allelochemic control of biomass allocation in interacting shrub species*. Journal of Chemical Ecology 19(5): 893-906.
- SCHEIBELREITER, G. K. 1980. *Biological control of Lantana camara L. (Verbenaceae) in Ghana*. 90(1):99-103.
- SHARMA, O. P., MAKKAR, H. P. S. & DAWRA, R. K. 1988. *A review of the noxious plant Lantana camara*. Toxicon 26(11): 975-987.
- SHEA, K. & CHESSON, P. 2002. *Community ecology theory as a framework for biological invasions*. Trends in Ecology and Evolution. 17:170-176.

- SILORI, C.S., AND MISHRA, B.K. 2001. *Assessment of livestock grazing pressure in and around the elephant corridors in Mudumalai Wildlife Sanctuary, south India*. Biodivers. Conserv. 10(12):2181-2195
- SIMELANE, D. O. 2005. *Biological control of Lantana camara in South Africa: targeting a different niche with a root-feeding agent, Longitarsus sp.* Biocontrol 50(2):375-387.
- STIRTON, C.H. 1977. *Some thoughts on the polyploid complex Lantana camara L. (Verbenaceae)*. Pp. 321-344. Proc. 2nd Nat. Weeds Conf. S. Africa. Balkema, Cape Town.
- STOCKWELL, D. R. B. & D. P. PETERS, D. P., 1999. *The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction*. International Journal of Geographic Information Science 13: 143-158.
- STOCKWELL, D. R. B. & I. R. NOBLE, I. R., 1992. *Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis*. Mathematics and Computer in Simulation 33: 385-390.
- STOCKWELL, D. R. B. 1999. *Genetic algorithms II*. Pages 123-144 in A. H. Fielding, editor. *Machine learning methods for ecological applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- THOMAS, S. E. & ELLISON, C. A. 2000. *A Century of Classical Biological Control of Lantana camara: Can Pathogens Make a Significant Difference?* Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds 1(§):97-104.
- THORP, J. R. & LYNCH, R. 2000. *The Determination of Weeds of National Significance*. National Weeds Strategy Executive Committee, Launceston.
- TOKARNIA, C. H., DOBEREINER, J., LAZZARI, A. A. & PEIXOTO, P. V. 1984. *Poisoning of cattle by Lantana spp (Verbenaceae) in the states of Mato Grosso and Rio de Janeiro*. Pesqui. Vet. Bras. 4(4):129-141.

WILLIAMS, H. E. 2004. Unsuitability of *Charidotis pygmaea* for biocontrol of *Lantana camara* in Africa.

Biocontrol 49(2):211-223

Tabelas

Tabela 2.1 Origem dos dados usados neste trabalho

Macrorregião	Origem	Herbários/Referências
América	Herbários	AAU ¹ , AS ¹ , BERA ¹ , BM ¹ , CR ¹ , F ¹ , G ¹ , HUA ¹ , HUEFS ² , INPA ² , K ¹ , LPB ¹ , MAYOTLE ¹ , MO ¹ , NY ¹ , P ¹ , PACA ² , QAP ¹ , QCA ¹ , QCNE ¹ , RB ² , RPSC ¹ , SEL ¹ , SPF ³ , TAN ¹ , TEF ¹ , TULV ¹ , UEC ³ , USZ ¹
África Sub-Saara	Herbários	G ¹ , K ¹ , MAYOTLE ¹ , MO ¹ , P ¹ , TAN ¹ , TEF ¹
	Literatura	Baars & Naser, 1999; Cilliers, 1987b
Indo-Malásia	Literatura	Denton, 1991 ; Bhatt & Rawat, 1994; Silori & Mishra, 2001;
Australásia	Literatura	Harley et al, 1979; Fensham et al, 1994; Fensham, 1996; Muniappan et al, 1996; Gentle & Duggin, 1997, 1998; Mauchamp et al, 1998; Hannan-Jones, 1998.

¹ Dados do sistema VAST do Missouri Botanical Garden

² Dados obtidos por correio convencional ou eletrônico

³ Herbários visitados para coleta de dados

Tabela 2.2 Países com ocorrências de *Lantana camara* relatadas na literatura

País/Território	Status	Origens
África do Sul	Invasora	Stirton, 1977; Cilliers & Naser, 1991; Cilliers, 1987a; Baars & Naser, 1999; Morris et al, 1999; ISSG*
Argentina	Nativa	ISSG
Austrália	Invasora	Harley et al, 1979; Fensham et al, 1994; Russel & Roberts, 1996; Fensham, 1996; Gentle & Duggin, 1997, 1998; Palmer et al, 2000; ISSG
Bangladesh	Invasora	Islam et al, 2001
Belize	Nativa	VAST**

País/Território	Status	Origens
Bolívia	Nativa	ISSG, VAST
Brasil	Nativa	Tokarnia et al, 1984; Barreto et al, 1995; ISSG; VAST
Burkina Faso	Invasora	Sharma et al, 1988
Burma	Invasora	Sharma et al, 1988
Camarões	Invasora	Ngassoum et al, 1999; VAST
Camboja	Invasora	ISSG
Chile	Nativa	ISSG
China	Invasora	ISSG; VAST
Colômbia	Nativa	ISSG; VAST
Comoros	Invasora	VAST
Costa do Marfim	Invasora	Sharma et al, 1988
Costa Rica	Nativa	ISSG; VAST
Cuba	Nativa	ISSG
Egito	Invasora	Sharma et al, 1988
El Salvador	Nativa	VAST
Emirados Árabes Unidos	Invasora	ISSG
Equador	Nativa	ISSG; VAST
Estados Unidos	Invasora	Morton, 1994; VAST
Fiji	Invasora	Broughton, 2000; ISSG
Filipinas	Invasora	ISSG
Galápagos, Is. (Eq.)	Invasora	Mauchamp et al, 1998
Gâmbia	Invasora	Sharma et al, 1988
Gana	Invasora	Scheibelreiter, 1980; Sharma et al, 1988; ISSG
Guam (EUA)	Invasora	Muniappan, 1996
Guatemala	Nativa	ISSG; VAST
Guiana Francesa	Nativa	ISSG
Guiné	Invasora	Sharma et al, 1988

País/Território	Status	Origens
Guiné-Bissau	Invasora	Sharma et al, 1988
Havaí, Is. (EUA)	Invasora	Broughton, 2000
Honduras	Nativa	ISSG; VAST
Índia	Invasora	Muniappan & Viraktamath, 1986; Silori & Mishra, 2001; Chandrasekaran & Swamy, 2002; ISSG
Indonésia	Invasora	ISSG
Irã	Invasora	Sefidkon, 2001
Libéria	Invasora	ISSG
Líbia	Invasora	Sharma et al, 1988
Madagascar	Invasora	Mellville, 1979; Ngassoum et al, 1999; ISSG; VAST
Malásia	Invasora	ISSG
Malawi	Invasora	VAST
México	Nativa	ISSG; VAST
Micronésia	Invasora	Denton et al, 1991
Nepal	Invasora	Rautiainen & Suoheimo, 1997
Nicarágua	Nativa	ISSG; VAST
Níger	Invasora	Sharma et al, 1988
Nigéria	Invasora	Sharma et al, 1988
Nova Caledônia	Invasora	Broughton, 2000; ISSG
Nova Zelândia	Invasora	ISSG
Panamá	Nativa	ISSG; VAST
Papua Nova Guiné	Invasora	ISSG
Paraguai	Nativa	ISSG; VAST
Peru	Nativa	ISSG; VAST
Quênia	Invasora	ISSG
Salomão, Is.	Invasora	Broughton, 2000; ISSG
Samoa	Invasora	ISSG
Senegal	Invasora	Sharma et al, 1988; VAST

País/Território	Status	Origens
Serra Leoa	Invasora	Sharma et al, 1988
Sri Lanka	Invasora	Rajakaruna et al, 2002; ISSG
Suriname	Nativa	VAST
Tailândia	Invasora	ISSG
Tanzânia	Invasora	VAST
Tunísia	Invasora	Sharma et al, 1988
Uganda	Invasora	ISSG; VAST
Vanuatu	Invasora	Broughton, 2000; ISSG
Venezuela	Nativa	ISSG; VAST
Vietnã	Invasora	VAST
Zaire	Invasora	VAST
Zâmbia	Invasora	Loyttyniemi, 1982; ISSG
Zimbábue	Invasora	ISSG

* Invasive Species Specialist Group (ISSG)

** Sistema VAScular Tropicos do Missouri Botanical Garden (VAST)

Figuras

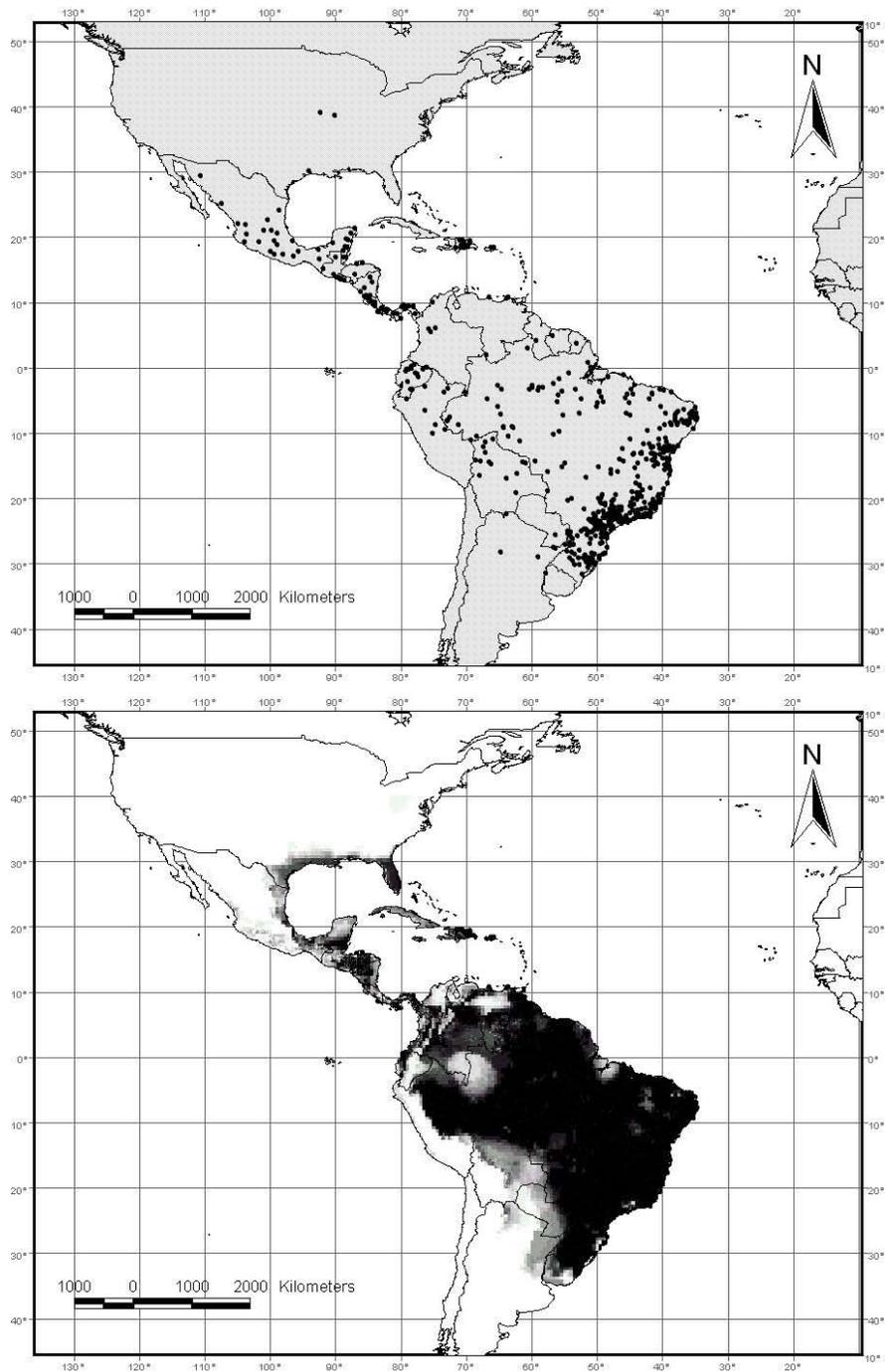


Figura 2.1. Topo: Pontos indicando a distribuição da espécie na região dos neotrópicos (distribuição nativa). Abaixo: modelo de distribuição projetado para *L. camara* nos neotrópicos.

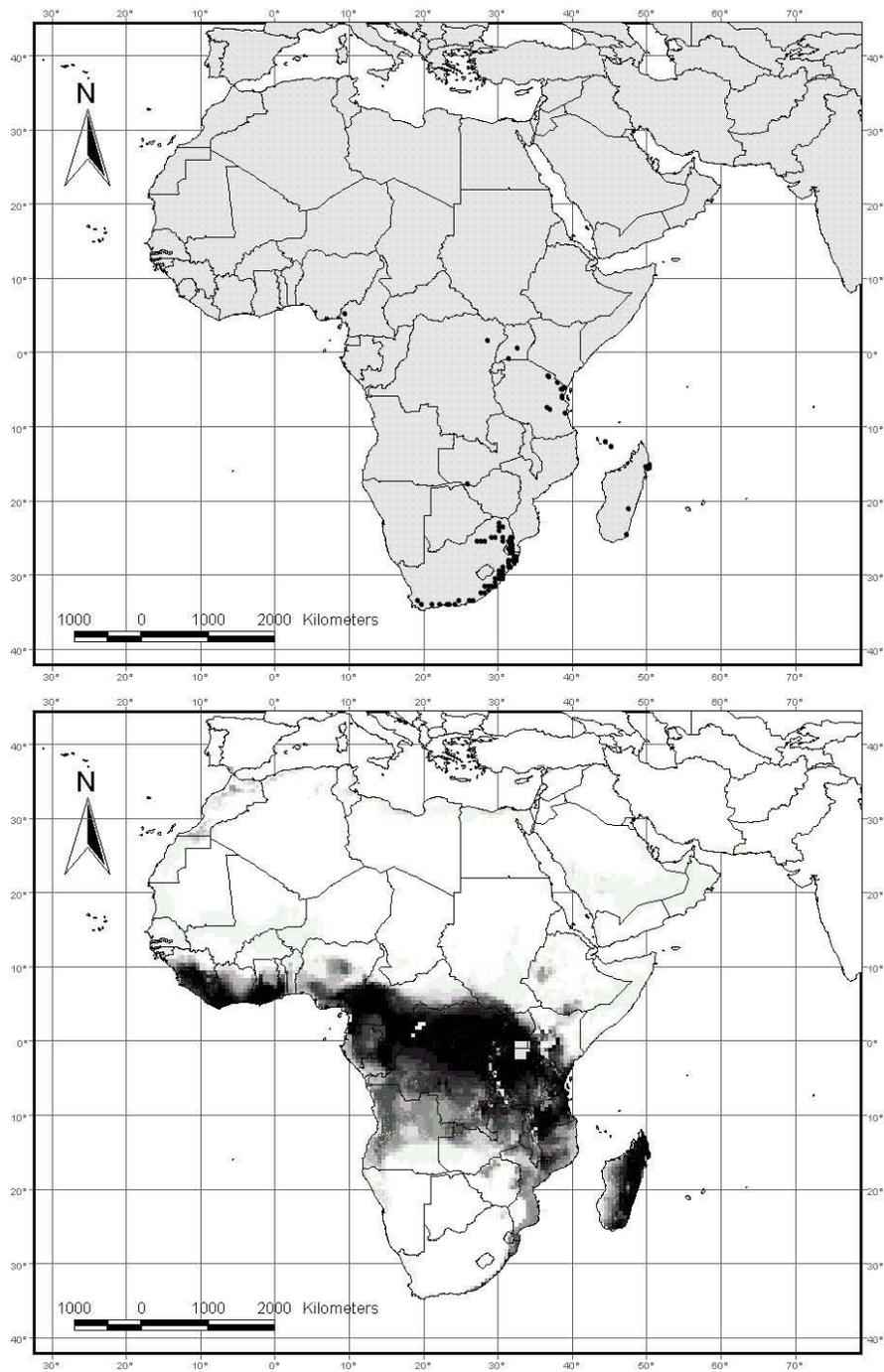


Figura 2.2. Topo: Pontos indicando a distribuição da espécie na região da África Sub-Saara. Abaixo: modelo de distribuição projetado para *L. camara* na África.

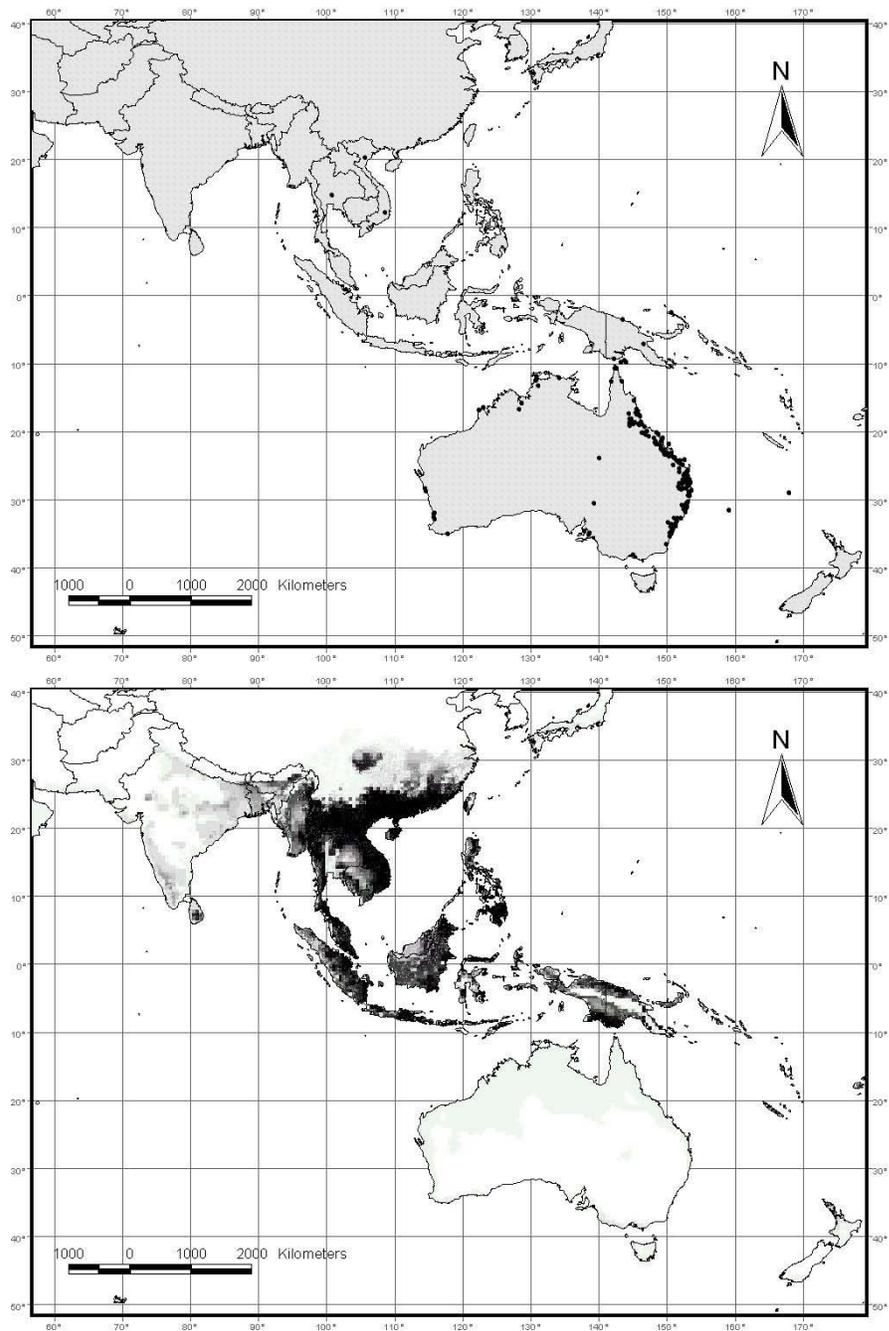


Figura 2.3. Topo: Pontos indicando a distribuição da espécie na Indo-Malásia e na Australásia. Abaixo: modelo de distribuição projetado para *L. camara* na região.

Considerações finais

O complexo *Lantana camara* nunca foi estudado completamente em termos taxonômicos. As variedades são descritas localmente e sinonimizadas e novas descrições são feitas com frequência. A última revisão do gênero *Lantana* (Silva, 1999), seguindo indivíduos coletados no Brasil, indicou que *L. camara* forma uma espécie única no país e sinonimizou 13 táxons nessa espécie. Indícios publicados em artigos em outros países mostram que populações ocorrentes fora da distribuição de origem da espécie (América tropical) são distintas morfologicamente da espécie típica, algumas vezes distantes o suficiente para poderem ser consideradas outro táxon. Aparentemente, foram realizados muito poucos trabalhos comparativos entre indivíduos de populações em sua área de ocorrência natural e populações de áreas onde é invasora.

Os métodos de morfometria geométrica e modelagem matemática podem oferecer indícios para o estabelecimento de relações taxonômicas entre táxons ou populações. O primeiro, aplicado ao corpo vegetativo de indivíduos de duas populações ocorrentes no município de Campinas, São Paulo, e amostras oriundas de material depositado em herbários, mostrou que é impossível estabelecer uma separação taxonômica confiável com base em dados brasileiros. Apesar de ser uma espécie excepcionalmente plástica e variável, a variação morfológica no território nacional é contínua, indicando que realmente se trata de uma única espécie. O estudo lançou mão de ferramentas diferentes daquelas utilizadas pela autora da revisão e ambas chegaram ao mesmo resultado.

A modelagem matemática aplica regras de relação entre variedades ambientais de ocorrência da espécie no traçado de áreas potenciais de distribuição. Em outras palavras, o modelo visa criar um espaço multidimensional que descreva o conjunto de recursos que as populações utilizam (o chamado nicho potencial) a partir do conjunto de dados ambientais dos pontos de ocorrência da espécie (o nicho real ou observado), e

traduzi-lo em um mapa de distribuição potencial. O mapa potencial de distribuição (e indiretamente o nicho potencial) pode descrever o comportamento de uma espécie frente às pressões ambientais, e espera-se que esse comportamento seja mais ou menos constante ou ligeiramente variável em toda sua distribuição. No caso observado, o modelo previu uma possibilidade quase nula de ocorrência em dois dos países que mais se ocupam com a erradicação de *Lantana camara*, já estabelecida: África do Sul e Austrália. Pode-se dizer que esses dois países não apresentam territórios que se encaixem satisfatoriamente no nicho potencial da espécie estudada baseado nesse resultado. Se o nicho potencial descreve uma faceta da espécie, pode-se inferir que as linhagens presentes nesses países sejam, ao menos ecologicamente, distintas das residentes na região original. O resultado de um modelo matemático não é suficientemente forte para apoiar por si só o estabelecimento de novos nomes taxonômicos, mas pode-se dizer que a impressionante ausência de previsão nesses países mostra que a taxonomia de *Lantana camara* inspira cuidados e deveria ser tratada com maiores detalhes em estudos unificadores entre essas regiões e a área de ocorrência original.

Referências bibliográficas gerais

- AGRICULTURE & RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA & NEW ZEALAND,
AUSTRALIAN & NEW ZEALAND ENVIRONMENT & CONSERVATION COUNCIL AND
FORESTRY MINISTERS. 2001. *Weeds of National Significance: Lantana (Lantana camara) Strategic Plan*. National Weeds Strategy Executive Committee, Launceston.
- ALUJA, A. S. D. 1970. *Lantana camara poisoning in cattle in Mexico*. Vet. Rec. 86(21):628.
- BAARS, J. R., & NESER, S. 1999. *Past and present initiatives on the biological control of Lantana camara (Verbenaceae) in South Africa*. Afr. Entomol. jun:21-33.
- BAARS, J. R.; URBAN, A. J. & HILL, M. P. 2003. *Biology, host range, and risk assessment supporting release in Africa of Falconia intermedia (Heteroptera : Miridae), a new biocontrol agent for Lantana camara*. Biological Control 28(3):282-292.
- Baars, J. R. & Heystek, F. 2003. *Geographical range and impact of five biocontrol agents established on Lantana camara in South Africa*. Biocontrol 48(6):743-759.
- BARRETO, R. W., EVANS, H. C. & ELLISON, C. A. 1995. *The mycobiota of the weed Lantana camara in Brazil, with particular reference to biological control*. Mycol. Res. 99 (7):769-782.
- BROUGHTON, S. 2000. *Review and evaluation of lantana biocontrol programs*. Biol. Control 17(3):272-286.
- CILLIERS, C. J. & NESER., S. 1991. *Biological control of Lantana camara (Verbenaceae) in South Africa*. Agric. Ecosyst. Environ. 37:57-75.
- DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES. 2003 *Lantana poisoning flyer*.

- DUGGIN, J.A. & GENTLE, C. B. 1998. *Experimental evidence on the importance of disturbance intensity for invasion of Lantana camara L. in dry rainforest-open forest ecotones in north-eastern NSW, Australia.* Forest Ecology And Management 109(1-3):279-292.
- ELLISON, C.A. & BARRET, R.W. 2004. *Prospects for the management of invasive alien weeds using co-evolved fungal pathogens: a Latin American perspective.* Biological Invasions 6(1):23-45.
- FENSHAM, R. J., Fairfax, R. J. & Cannell, R. J. 1994. *The invasion of Lantana camara L. in Forty Mile Scrub National Park, North Queensland.* Aust. J. Ecol. 19(3):297-305.
- GENTLE, C. B. & DUGGIN, J. A. 1998. *Interference of Choricarpia leptopetala by Lantana camara with nutrient enrichment in mesic forests on the central coast of NSW.* Plant Ecol. 136(2):205-211.
- GENTLE, C. B. & DUGGIN, J. A. 1997. *Allelopathy as a competitive strategy in persistent thickets of Lantana camara L. in three Australian forest communities.* Plant Ecol. 132(1):85-95.
- GOULSON, D. & DERWENT, L. C. 2004. *Synergistic interactions between an exotic honeybee and an exotic weed: pollination of Lantana camara in Australia.* Weed Research 44(3):195-202.
- HEYSTEK, F. & BAARS, J. R. 2005 *Biology and host range of Aconophora compressa, a candidate considered as a biocontrol agent of Lantana camara in Africa.* Biocontrol 50(2):359-373.
- HOLM, L. G., PLUNCKETT, D. L., PANCHO, J. V. & HERBERGER, J. P. 1977. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology.* The University Press of Hawaii, Honolulu.
- ISLAM, K. R., AHMED, M. R., BHUIYAN, M. K. & BBADRUDDIN, A. 2001. *Deforestation effects on vegetative regeneration and soil quality in tropical semi-evergreen degraded and protected forests of Bangladesh.* Land Degrad. Dev. 12(1):45-56.
- KISSMANN, K. G. & GRÖTH, D. 2000. *Plantas Infestantes e Nocivas, 2ª Ed.* Basf Editora, São Paulo.

- KOK, R. 2006. *Evolutionary relationships in the Verbenaceae with particular emphasis on invasive taxa within the genus Lantana*. <http://www.isi.gov.au/crc/cebtres/environ/weeds.html>
- MANDON-DALGER, I; CLERGEAU, P; TASSIN, J; RIVIERE, JN; GATTI, S. 2004 *Relationships between alien plants and an alien bird species on Reunion Island*. *Journal of Tropical Ecology* 20(§):635-642.
- MAUCHAMP, A., ALDAZ, I., ORTIZ, E. & VALDEBENITO, H. 1998. *Threatened species, a re-evaluation of the status of eight endemic plants of the Galápagos*. *Biodiversity and Conservation* 7, 97-101.
- PALMER, WA; PULLEN, KR. 1995. *The phytophagous arthropods associated with Lantana camara, L. hirsuta, L. urticifolia and L. urticoides (Verbenaceae) in North America*. *Biological Control* 5(1):54-72.
- PALMER, W. A., WILLSON, B. W., PULLEN, K. R. 2000. *Introduction, rearing, and host range of Aerenicopsis championi bates (Coleoptera:Cerambycidae) for the biological control of Lantana camara L. in Australia*. *Biol. Control* 17(3):227-233.
- PENZ, C. M.; KRENN, H. W. 2000 *Behavioral adaptations to pollen-feeding in Heliconius butterflies (Nymphalidae, Heliconiinae): An experiment using Lantana flowers*. *Journal of Insect Behaviour* 13(6):865-880.
- PEREIRA, J. M. & BARRETO, R. W. 2001 *Additions to the mycobiota of the weed Lantana camara (Verbenaceae) in southeastern Brazil*. *Mycopathologia* 151(2):71-80.
- PEREIRA, J. M., BARRETO, R. W., ELLISON, C. A. & MAFFIA, L. A. 2003. *Corynespora cassiicola f. sp. lantanae: a potential biocontrol agent from Brazil for Lantana camara*. *Biological Control* 26 (1):21-31.
- SHARMA, O. P., MAKKAR, H. P. S. & DAWRA, R. K. 1988. *A review of the noxious plant Lantana camara*. *Toxicon* 26(11): 975-987.

- SHARMA, G. R., RAGHUBANSHI, A. S. & SINGH, J. S. 2005 *Lantana invasion: An overview*. Weed Biology and Management 5(4):157-165.
- SIMELANE, D. O. 2005 *Biological control of Lantana camara in South Africa: targeting a different niche with a root-feeding agent, Longitarsus sp.* Biocontrol 50(2):375-387.
- SILVA, T. R. S. 1999. *Revisão e Redelimitação do gênero Lantana L. no Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- SPIES, J.J. 1984. *A cytotoxic study of Lantana camara (Verbenaceae) from South Africa*. S. Afr. J. Bot. 3:231–250.
- STIRTON, C.H. 1977. *Some thoughts on the polyploid complex Lantana camara L. (Verbenaceae)*. Pp. 321-344. Proc. 2nd Nat. Weeds Conf. S. Africa. Balkema, Cape Town.
- THOMAS, S. E. & ELLISON, C. A. 2000. *A Century of Classical Biological Control of Lantana camara: Can Pathogens Make a Significant Difference?* Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds 1(§):97-104.
- TOKARNIA, C.H.; DOBEREINER, H. & PEIXOTO, P. V. 2002. *Poisonous plants affecting livestock in Brazil*. Toxicon 40(12):1635-1660.
- TOTLAND, O., NYEKO, P., BJERKNES, A. L., HEGLAND, S. J. & NIELSEN, A. 2005. *Does forest gap size affects population size, plant size, reproductive success and pollinator visitation in Lantana camara, a tropical invasive shrub?* Forest Ecology and Management 215(1-3):329-338.
- TRUJILLO, E. E. 2005 *History and success of plant pathogens for biological control of introduced weeds in Hawaii*. Biological Control 33(1):113-122.

WEISS, M. R. 1997. *Innate colour preferences and flexible colour learning in the pipevine swallowtail*. *Animal Behaviour* 53(§):1043-1052.

WILLIAMS, H. E. 2004. *Unsuitability of Charidotis pygmaea for biocontrol of Lantana camara in Africa*.
Biocontrol 49(2):211-223

WILLIAMS, H. E & DUCKETT, C. N. 2005 *The trimorphic flea-beetle, Alagoasa extrema, not suitable for biocontrol of Lantana camara in Africa*. *Biocontrol* 50(4):657-683.