



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**POTENCIAL PLÁSTICO DE *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* (Adr.
Juss.) Penn. (MELIACEAE) E SEU PAPEL NA FORMAÇÃO DE
ECÓTIPOS EM ÁREAS DE CERRADO**

Adriana Paula Fuzeto

Monografia apresentada à
Coordenação do Curso de Ciências
Biológicas, da Universidade Federal
de Uberlândia, para obtenção do grau
de Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG
Junho – 1998



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

POTENCIAL PLÁSTICO DE *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (MELIACEAE) E SEU PAPEL NA FORMAÇÃO DE ECÓTIPOS EM ÁREAS DE CERRADO

Adriana Paula Fuzeto

Prof^a Dr^a Cecília Lomônaco de Paula

(Orientadora)

Monografia apresentada à
Coordenação do Curso de Ciências
Biológicas, da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia – MG

Junho – 1998



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

POTENCIAL PLÁSTICO DE *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (MELIACEAE) E SEU PAPEL NA FORMAÇÃO DE ECÓTIPOS EM ÁREAS DE CERRADO

Adriana Paula Fuzeto

Aprovada pela banca examinadora em 15/06/1998

Nota: 10,0,0

Prof.ª Dr.ª Cecília Lomônaco de Paula
(Orientadora)

Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo
(Conselheiro)

Prof. Dr. Paulo Eugênio A. M. Oliveira
(Conselheiro)

Uberlândia, 15 de Junho de 1998

“ Aos meus pais (Inácio e Dilva) e irmãs
(Eliane e Vamila) e àqueles que fazem da
profissão de Biólogo o eu da existência ”

*Eu trago a força em mim dos doze signos.
Posso sentir Sansão no meu cabelo,
Meus sete vãos da cara o setestrela,
E Deus usando a mim para seus desígnios.*

*Eu sou Pai, Filho e Irmão como a Trindade.
E tenho a me mover quatro elementos.
Saí do centro da rosa-dos-ventos,
Pra cada canto de cada cidade.*

*Eu sei que há no que faço o oito deitado.
Sou par de quem, no instante, me comove.
Que é o zero que começa e finda na estrada.*

*E o dito, e ao dito o mais acrescentado,
A soma, eu sei, dá múltiplo de nove.
E dando nove, noves fora nada.*

Paulo César Pinheiro

POUCOS agradecimentos; GRANDE sinceridade.

À Cecília, pelo esforço e competência que pontuam suas atividades e que nunca estiveram ausentes para a realização deste trabalho; estes acrescidos sempre de amizade, respeito e bom humor.

À Ana Angélica, pelo auxílio e sugestões que enriqueceram em muito o presente estudo e meu aval científico.

À minha família, que sempre transmitiu segurança e afeto, sendo reflexo de minha forte personalidade e determinação. Um simples agradecimento não é o suficiente para exprimir meu “tudo” de sentimento por vocês.

Ao Renato, pelos inúmeros auxílios (mudança, trabalho de campo, caronas...), uma pessoa sempre prestativa, que apesar das minhas repentinas variações de humor nunca usou de indelicadezas.

Às minhas amigas, Camila e Ellen, pelo espaço dividido, conselhos fornecidos, conversas e piadas compartilhadas (enfim, sessões de análise gratuitas). Quatro anos de convivência, onde brigas foram ausentes, apesar de sempre faltar espaço no varal de roupas.

Às minhas amigas, Paula e Marta, para quem minha gratidão vai além da graduação, estágios conjuntos e congestionamento dos canais lacrimais a cada despedida de final de estágio. “O amigo: um ser que a vida não explica”..., mas se torna digno de todo sincero agradecimento.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
2.1. Área de estudo.....	6
2.2. A planta.....	8
2.3. Desenho experimental.....	12
2.3.1. Caracterização dos ecótipos.....	12
2.3.2. Biologia reprodutiva.....	13
2.3.3. Plasticidade fenotípica.....	16
3.RESULTADOS.....	20
3.1. Caracterização dos ecótipos e áreas de coleta.....	20
3.2. Biologia reprodutiva.....	24
3.3. Plasticidade fenotípica.....	33
4.DISSCUSSÃO.....	42
4.1. Biologia reprodutiva.....	42
4.2. Caracterização de ecótipos e plasticidade fenotípica.....	45
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

Lista de Tabelas

TABELA 1 – Altura (m) (média $\pm$ erro padrão e tamanho da amostra entre parênteses) dos indivíduos adultos de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em áreas de cerrado e de borda de vereda da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997.

TABELA 2 – Comprimento (cm) (média $\pm$ erro padrão e tamanho da amostra entre parênteses) das inflorescências de morfos pistilados e estaminados adultos de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997.

TABELA 3 – ANOVA para dois fatores (frutos e áreas) de medidas de altura da parte aérea, comprimento e número de folhas por plântula de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, desenvolvidas em solos de cerrado e de borda de vereda, da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997 (censo 1).

TABELA 4 – Correlações genéticas entre caracteres de plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, desenvolvidas em amostras de solo do cerrado e de borda de vereda (altura da parte aérea, comprimento e número de folhas por plântula), da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997.

TABELA 5 – ANOVA para dois fatores (frutos e áreas) de medidas de altura da parte aérea, comprimento e número de folhas por plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, desenvolvidas em solos de cerrado e de borda de vereda, da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997 (censo 2).

Lista de Figuras

- FIGURA 1** - Ocorrência de duas das três subespécies de *Cabralea canjerana* em território brasileiro, segundo Pennington *et al.* (1981).
- FIGURA 2**- Frutos e sementes de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG.
- FIGURA 3** - Esquema da metodologia utilizada para disposição das sementes de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em amostras de solos de cerrado e de borda de vereda.
- FIGURA 4** - Caracterização (valores médios $\pm$ erro padrão) dos ecótipos de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* nas áreas de estudo da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997. Variáveis: A) altura dos indivíduos; B) número de sementes viáveis por fruto; C) peso dos frutos e D) peso das sementes. (* diferem significativamente à nível de 0,0001%; **n.s** não diferem significativamente).
- FIGURA 5** - Percentagem de perdas de sementes *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* desde a abertura dos frutos até o estágio de plântula nas duas áreas de coleta (cerrado e borda de vereda) na Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997. 1. Valor percentual total considerando $N = n^{\circ}$ frutos abertos $\times$ n° máximo de sementes

por fruto; 2. Percentual de sementes viáveis após a abertura manual dos frutos; 3. Percentual de sementes que germinaram com sucesso; 4. Percentual de plântulas que se desenvolveram com sucesso até o transplante para as bandejas de germinação; 5. Percentual de plântulas sobreviventes até o transplante para sacos plásticos.

FIGURA 6 - Indivíduo "hermafrodita" de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG.

FIGURA 7 - Morfologia de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*. A) corte longitudinal mostrando a estrutura da flor; B) fruto; C) inflorescência masculina e D) inflorescência feminina.

FIGURA 8 - Inflorescência de indivíduos estaminados (A) e pistilados (B) de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça Itororó de Uberlândia, MG.

FIGURA 9 - Estádios de floração de morfos pistilados e estaminados adultos de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997, em áreas de cerrado (A) e de borda de vereda (B).

FIGURA 10 - Estádios de floração de indivíduos estaminados e pistilados de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, M.G, 1997, em áreas de cerrado e de borda de vereda.

FIGURA 11 - Normas de reação da altura da parte aérea de plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em disposição nos solos de cerrado e vereda, nos censos 1 (A) e 2 (B).

FIGURA 12 - Normas de reação do comprimento das folhas de plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em disposição nos solos de cerrado e vereda, nos censos 1 (A) e 2 (B).

FIGURA 13 - Normas de reação do número de folhas em plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em disposição nos solos de cerrado e vereda. nos censos 1 (A) e 2 (B).

FIGURA 14 - Média da largura dos frutos resultantes dos tratamentos florais (cruzamentos entre e dentro das áreas) em *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, tomadas durante os três censos realizados tomadas na Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia , MG , 1997.

Resumo

Estudou-se em uma reserva ecológica no município de Uberlândia, MG, a formação de ecótipos em duas subáreas: vereda e cerrado, para que suposições sobre o papel da plasticidade fenotípica no processo de especialização de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* fossem efetuadas. Ecótipos foram caracterizados quanto a altura dos indivíduos, peso dos frutos e das sementes, número de sementes viáveis por fruto, época e sincronização no período de floração e de frutificação. Sementes provenientes de mesmos frutos, coletados de diferentes indivíduos nas duas subáreas foram postas para germinar simultaneamente em amostras de solo, provenientes de ambos locais. Após a germinação, foram anotadas em dois censos: altura da parte aérea, comprimento e número de folhas das plântulas. Testes de polinização cruzada foram efetuados entre indivíduos dentro e entre as áreas de estudo. O grau de plasticidade fenotípica foi avaliado segundo modelagem da genética quantitativa (ANOVA para dois fatores). A ocorrência de "trade-offs" nas normas de reação foi verificada na altura de parte aérea e no comprimento das folhas, confirmando a existência de ecótipos. A assincronia no período de floração pode contribuir para o aumento da divergência entre ecótipos. Os tratamentos florais revelaram, em conjunto com a caracterização de dimorfismo sexual, o caráter dióico dos indivíduos estudados. Entretanto, a observação de frutos produzidos naturalmente por um aparente "fenótipo masculino", indica que o processo de evolução da dioicia nesta espécie ainda não foi totalmente concluído.

1. Introdução

Plasticidade fenotípica significa qualquer tipo de variação fenotípica passível de ser induzida pelo ambiente, sem que mudanças genotípicas sejam necessárias (BRADSHAW, 1965; STEARNS, 1989; SCHEINER, 1993). Uma vez que a seleção natural age sobre diferenças no fenótipo, esta atua como um importante mecanismo gerador de variabilidade (VIA, 1990; THOMPSON, 1991).

Se um indivíduo for plástico poderá produzir um fenótipo superior sem que mudanças genéticas sejam necessárias. Mas, se o organismo não apresenta plasticidade e sempre produz o mesmo fenótipo, apesar de variações ambientais estarem presentes, pode-se verificar a ocorrência do processo dito canalização (LIVELY, 1986; STEARNS, 1989).

Até hoje três modelos foram propostos para explicar os mecanismos reguladores da plasticidade fenotípica: dominância,

pleiotropismo e epistasia. O modelo de dominância sugere que a plasticidade é função da heterozigose, e que a quantidade de variação no fenótipo em distintos ambientes diminui com o decréscimo do número de loci heterozigotos. Evidências empíricas não comprovam este parecer (SCHEINER *et al.*, 1991).

O modelo de pleiotropismo sugere que a plasticidade seja função da expressão diferencial de um mesmo gene em distintos ambientes. Também chamado de "sensibilidade alélica", este modelo visa principalmente quantificar a plasticidade e analisar seu papel adaptativo, ignorando sua mecânica de regulação (VIA & LANDE, 1985; VIA, 1993 a e b).

O modelo epistático propõe que a plasticidade de um caráter é função da ação de genes específicos que regulam a magnitude de respostas aos efeitos do ambiente, interagindo com genes que determinam a expressão média do caráter (SCHEINER, 1993).

Apesar das evidentes controvérsias quanto aos mecanismos genéticos que controlam a plasticidade fenotípica, estes modelos concordam entre si ao afirmar que a plasticidade é favorecida quando a variabilidade ambiental for alta, (com habitats igualmente freqüentes e com pressões seletivas similares) e o custo da plasticidade for baixo (SCHEINER, 1993). Custos da plasticidade equivalem ao custo relativo à manutenção do maquinário necessário para a ocorrência de resposta plástica (SCHEINER, 1993). Em artigo recente, proponentes dos modelos epistáticos e pleiotrópicos, afirmaram que, geneticamente, a plasticidade pode ocorrer tanto

por diferenças na expressão de um alelo em diferentes ambientes como por mudanças na interação entre loci (VIA *et al.*, 1995). Em outras palavras isto significa que tanto loci alélicos sensíveis quanto genes regulatórios podem ser chamados de genes plásticos.

Tanto animais quanto plantas podem apresentar respostas plásticas (BRADSHAW, 1965). Em plantas, a plasticidade fenotípica pode ser expressa no crescimento em altura, na anatomia e morfologia das estruturas vegetativas e reprodutivas, na alocação absoluta e relativa de biomassa, na taxa fotossintética e fenologia (SULTAN, 1987).

DUDLEY & SCHIMIDT (1996), por exemplo, realizaram estudos cultivando plantas da espécie *Impatiens capensis* em ambientes com diferentes densidades e comprovaram que as taxas de crescimento de plântulas foram maiores em ambientes de alta densidade. Os autores sugerem que o maior crescimento foi uma resposta plástica para aumentar a captação de luz. A plasticidade, no entanto, nem sempre é adaptativa, e somente o é se representa um mecanismo no qual o fitness relativo é mantido, em decorrência de variação (BLACKMAN & BROWN, 1991; THOMPSON, 1991; SCHEINER, 1993; DUDLEY & SCHIMIDT, 1996).

Quando o ambiente difere no espaço e no tempo é improvável que qualquer fenótipo possa conferir alto fitness em todas as situações (VIA *et al.*, 1995). Se as mudanças ambientais no espaço ocorrem numa distância significativa entre espécies de plantas, estas, usualmente se adaptam pela formação de raças ou ecótipos (BRADSHAW, 1965). Segundo SULTAN

(1987) ecótipo pode ser definido pelos padrões de respostas morfológicas e fenológicas que contrastam entre ambientes distintos. Divergências entre indivíduos pode, portanto, ser aumentada pela necessidade de adaptação à diferentes ambientes.

A plasticidade pode ser considerada como o mecanismo de adaptação mais importante para espécies vegetais, uma vez que estas são destituídas dos complexos mecanismos de movimentação e comportamento peculiares nos animais (BRADSHAW, 1965). Levando-se em consideração os custos para um organismo ser plástico, estes podem ser maiores em plantas pois seu caráter estático implica numa adaptação local específica obrigatória.

Uma vez formados, os ecótipos ou raças podem evoluir, aumentando suas divergências, num processo que culminaria com o evento da especiação (MACKENZIE & GULDEMONT, 1994). A especiação simpátrica é definida por MAYR (1982) como sendo a formação de uma nova espécie por meio de mecanismos de isolamento dentro das áreas de dispersão de um simples deme, por seleção disruptiva. Embora possa ocorrer teoricamente, a especiação simpátrica via seleção disruptiva é tida como um evento raro (FELSENSTEIN, 1981; FUTUYMA, 1983). Entretanto, estudos recentes têm demonstrado que a especiação simpátrica pode ser um fenômeno comum (GOULD, 1979; RAUSHER, 1984; VIA, 1984; WEBER, 1985; HARE & KENNEDY, 1986; FUTUYMA & PHILIPPI, 1987).

Trade-offs ocorrem quando ecótipos ou raças mostram melhor fitness nas áreas específicas onde foram selecionadas ou quando há

especialização para área de ocorrência, dada a heterogeneidade ambiental. Por causa da ocorrência de trade-off, ecótipos quando tendem a apresentar baixo fitness são removidos das áreas em que se adaptaram. Se bases genéticas são adaptativas, especiação simpátrica parece também depender de quão freqüente as espécies exibem trade-offs (WEBER, 1986; PASLEY, 1988).

Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram, verificar o potencial plástico de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* e seu papel na formação de ecótipos numa reserva que abrange área de cerrado e vereda, e esclarecer alguns aspectos de sua biologia reprodutiva.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

A coleta de materiais e tratamentos florais em *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* (Adr. Jussieu) Pennington foram efetuados em áreas preservadas da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG (18°55'23" S e 48°17'19" W). A reserva está situada a oeste do município, distando 10 Km do centro da cidade.

A amostragem concentrou-se numa área de 10 hectares, próxima à entrada da reserva, que apresenta gradiente cerrado/vereda. Para a demarcação desta área, cerca de 1000 metros foram considerados ao longo da estrada que entrecorta a reserva, por cerca de 100 metros medidos perpendicularmente a partir da margem esquerda da estrada.

O cerrado (sentido restrito) desta reserva é o tipo fisionômico dominante e caracteriza-se por árvores baixas, inclinadas, tortuosas com ramificações irregulares e retorcidas e esparsamente distribuídas (CABRAL, 1985; LOPES, 1997). As folhas, de modo geral são rígidas e coriáceas e os troncos possuem casca com cortiça grossa fendida ou sulcada (APPOLINÁRIO, 1995). A vereda é tipicamente herbáceo-graminosa, com raros arbustos e subarbustos e solos hidromórficos. A única espécie de porte arbóreo presente é a palmeira *Mauritia flexuosa* (buriti), que caracteriza as veredas da Região dos Cerrados do Brasil Central. A área amostrada compreende também uma faixa de transição entre áreas de vereda e cerrado (área de borda de vereda com cerca de 15 metros de largura), onde há predominância de vegetação herbácea e ocorrência esporádica de arbustos.

O clima dessa região apresenta duas estações bem definidas: seca e úmida, podendo apresentar tanto temperaturas acima de 35°C como geadas esporádicas no inverno. A precipitação anual e as médias diárias de temperatura oscilam em torno de 1550mm e 22°C, respectivamente (ANDRADE, 1995).

2.2. A planta

Cabralea canjerana (Vellozo) Martius é uma planta de porte arbóreo-arbustivo dos cerrados brasileiros e única espécie do gênero existente no Brasil (BARREIROS & SOUZA, 1986). Pertence à família Meliaceae que possui 51 gêneros abrangendo cerca de 1400 espécies pantropicais e poucas espécies de regiões subtropicais ou temperadas (BARROSO, 1984). Na Região Neotropical ocorre desde a Costa Rica até o nordeste da Argentina. Popularmente é conhecida por “canjerana do brejo”, “gergelin”, “canjerano”, “canharana”, “cambarano” e “rebenta cavalo” (PENNINGTON *et al.*, 1981).

Cabralea canjerana está representada no Brasil por três subespécies: *Cabralea canjerana* subesp. *canjerana*, *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* (Adr. Jussieu) Penn. e *Cabralea canjerana* subesp. *selloi* (C.D.C) Barreiros. Essas subespécies divergem ecologicamente quanto aos nichos que ocupam pois sua distribuição responde à tipologia de solos, formas de relevo, clima e proximidade de redes hidrográficas (PENNINGTON *et al.*, 1981; BARREIROS & SOUZA, 1986).

A subespécie *canjerana* apresenta porte arbóreo (30 a 40m de altura) e caule com ritidoma pouco espesso, ocorrendo em matas de galerias e florestas desde o norte até o sul do Brasil (BARREIROS & SOUZA, 1986). As subespécies *polytricha* e *selloi* apresentam porte arbustivo (3 a 6m de altura), e com ritidoma mais espesso, estando restritas a regiões continentais

de solos pobres em climas quentes e secos (**Figura 1**). A subespécie *polytricha* parece estar restrita aos estados de Minas Gerais e Goiás (PENNINGTON *et al.*, 1981; BARREIROS & SOUZA, 1986).

A biologia reprodutiva da espécie é praticamente desconhecida. Flores, que são pequenas e amarelo-claras, apresentam 5 sépalas mais ou menos livres e 5 pétalas livres, usualmente imbricadas e raramente contorcidas (PENNINGTON *et al.*, 1981). Apresentam ovário com quatro ou cinco lóculos, cada lóculo com dois óvulos superpostos. Os frutos são vermelhos com cápsula loculicida e pericarpo carnoso, sendo tardiamente deiscentes (PENNINGTON *et al.*, 1981) (**Figura 2**). Suas sementes são elipsóides e totalmente cobertas por arilo (BARROSO, 1984; BARREIROS & SOUZA, 1986). Segundo RIZZINI (1977), a floração pode ocorrer ao longo de todo ano, embora a frutificação se dê entre outubro e dezembro. A época de frutificação e dispersão de sementes corresponde ao período de chuvas, que favorecem a germinação (*in natura*) destas, que não suportam mais que poucos dias em solo seco (RIZZINI, 1977).

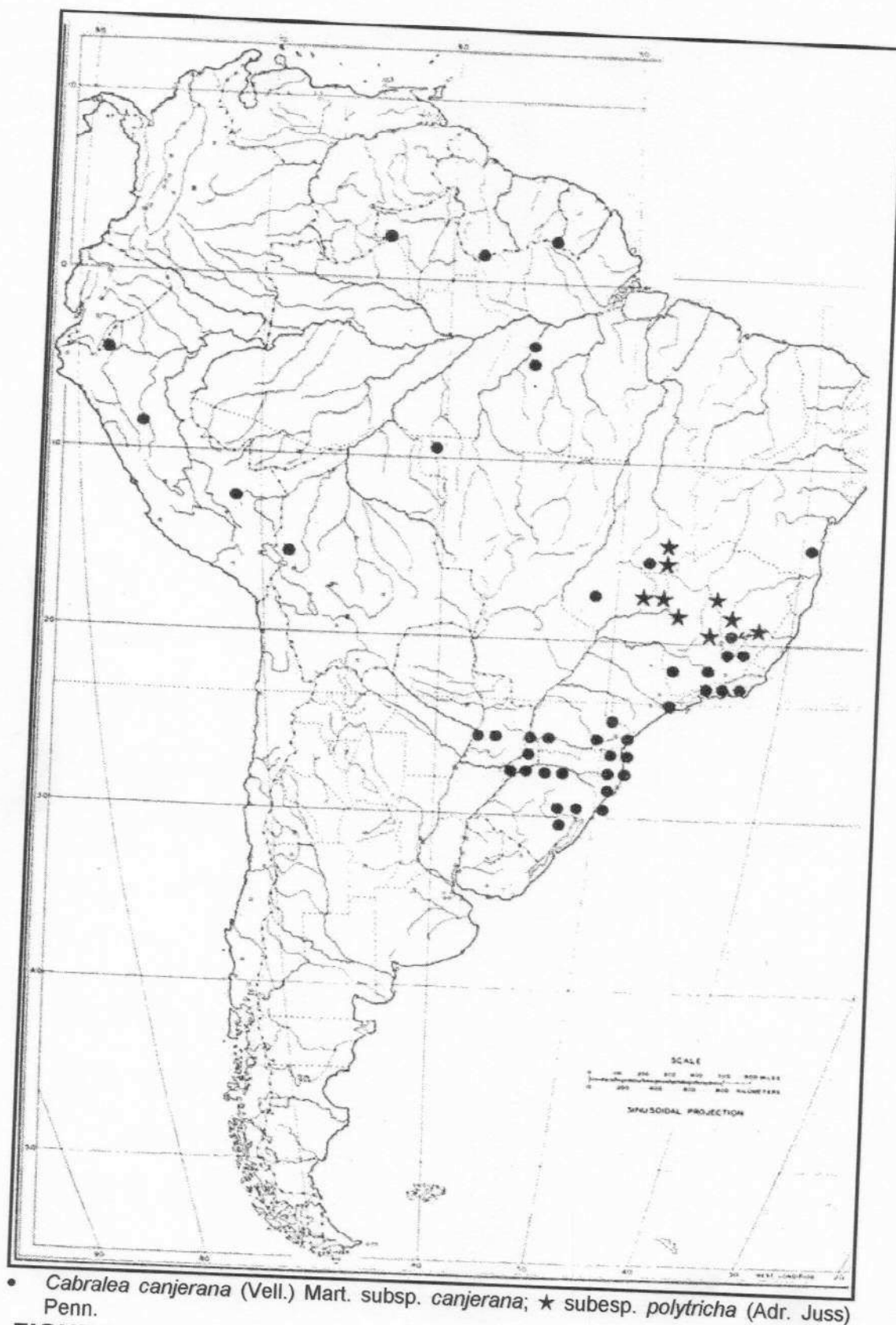


FIGURA 1 - Ocorrência de duas das três subespécies de *Cabralea canjerana* em território brasileiro, segundo Pennington et al. (1981).



FIGURA 2 - Frutos e sementes de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG.

2.3. Desenho experimental

2.3.1. Caracterização dos ecótipos

Para caracterização dos ecótipos, indivíduos adultos de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* foram identificados e marcados em suas áreas de ocorrência. Foram tomadas medidas de altura de 46 plantas de cerrado e 35 de borda de vereda. Dentre estas foram escolhidos aleatoriamente 7 indivíduos pertencentes a área de cerrado e 5 pertencentes a área de borda de vereda. De cada um destes indivíduos, 20 frutos foram coletados ao acaso e pesados. Destes, 8 frutos tiveram suas sementes retiradas contadas e pesadas após a extração da camada ariolóide. A verificação estatística das diferenças entre peso dos frutos e de sementes e número de sementes viáveis por fruto, entre as áreas, foi feita por análise de variância (ANOVA para 1 fator) (ZAR, 1982).

Foram analisadas comparativamente entre as áreas, por meio de χ^2 (Tabela de Contingência), as percentagens de perdas de sementes por causas naturais, em quatro censos que consideraram: 1º) Percentagem de sementes viáveis após abertura manual dos frutos, 2º) Percentagem de sementes que germinaram com sucesso, 3º) Percentagem de plântulas que se desenvolveram com sucesso até o transplante para as bandejas de germinação, 4º) Percentagem de plântulas sobreviventes até o transplante para os sacos plásticos. O valor percentual total nesta análise foi calculado

considerando $N = f \times ns$, sendo f o número de frutos analisados e ns o número máximo de sementes por frutos (em *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* $ns = 10$). Os valores expressos em percentagem foram transformados para seu arco-seno para realização da análise.

Medidas das distâncias médias entre os indivíduos foram tomadas para estimativa da densidade populacional em cada área.

2.3.2. Biologia reprodutiva

Uma vez que a literatura sobre *C. canjerana* subespécie *polytricha* não traz dados conclusivos sobre o sistema sexual da espécie e, considerando a suspeita de se tratar de uma planta dióica, a existência de morfos sexuais (estaminados e pistilados) foi verificada. A denominação estaminados e pistilados é relativa, neste trabalho, aos morfos funcionalmente distintos, desempenhando as funções reprodutivas masculinas e femininas.

Flores frescas ($n=50$) ou preservadas em álcool (70%) de vários indivíduos foram coletadas para análise da morfologia, e exame da ocorrência de indícios de dimorfismo sexual, incluindo a análise de viabilidade polínica e da presença de óvulos.

Para definição do sistema reprodutivo foram realizados experimentos de polinização nos meses de setembro e outubro de 1997. Cerca de 150 flores, de 30 indivíduos diferentes (75 de cada morfo sexual) em

fase de botão, foram ensacadas com tecido de nylon tipo organza e submetidos a cada um dos seguintes tratamentos:

- Autopolinização espontânea: as flores foram apenas isoladas para observação da capacidade da planta de autopolinizar-se naturalmente.
- Autopolinização manual: botões em fase de pré-antese foram abertos com estilete e grãos de pólen foram transferidos aos estigmas das mesmas flores ou para flores do mesmo indivíduo (geitonogamia).
- Apomixia: a coluna estaminal dos botões antes da pré-antese foi removida, para verificar a existência de agamospermia (formação de fruto sem polinização).
- Polinização cruzada: as flores pistiladas foram emasculadas em fase de botão recebendo pólen de flores estaminadas de outros indivíduos.
- Controle: flores foram marcadas e acompanhadas até o início da frutificação para avaliar a eficiência da polinização natural.

Testes de viabilidade polínica foram realizados em dez flores de cada um dos supostos sexos. Para cada flor recém aberta foi preparada uma lâmina onde as anteras foram esmagadas com uma gota de carmim acético (10%) e os grãos de pólen viáveis e inviáveis foram contados em cinco campos diferentes, aleatoriamente escolhidos, num aumento de 10x ao microscópio.

Para confirmação da ocorrência do dimorfismo sexual, foram tomadas medidas de altura de 46 indivíduos do cerrado, divididos entre os supostos morfos estaminados e pistilados, sendo o mesmo procedimento aplicado a 35 indivíduos de borda de vereda. Medidas referentes ao comprimento das inflorescências também foram efetuadas em 40 indivíduos de cada morfo e em cada área. A verificação estatística de diferenças na altura e no comprimento das inflorescências entre os morfos sexuais foi realizada por análise de variância (ANOVA para 1 fator) (ZAR, 1982).

Para verificação de ocorrência de assincronia na floração entre as áreas de coleta e entre os morfos sexuais, os diferentes estádios do desenvolvimento floral foram caracterizados em 6 fases:

- 0: ausência de botões;
- I: presença de botões totalmente imaturos;
- II: botões imaturos mas com a extremidade superior amarela;
- III: botões amarelo-esverdeados;
- IV: botões totalmente amarelos em pré-antese;
- V: flores abertas.

O estágio de floração de 46 indivíduos do cerrado (27 pistilados e 19 estaminados) e de 35 indivíduos de borda de vereda (17 pistilados e 18 estaminados) foi anotado e diferenças nas frequências de ocorrência em cada fase e entre as áreas foram testadas por χ^2 (Tabela de Contingência) (ZAR, 1982).

2.3.3. Plasticidade fenotípica

Após coleta de frutos e extração de sementes, estas foram postas para germinar em recipientes plásticos umedecidos diariamente, contendo algodão embebido em água. Após germinação, as sementes foram dispostas em duas bandejas de germinação, cada uma contendo amostras de solo coletadas de cada uma das áreas. As sementes foram distribuídas nas bandejas e células de tal modo que, sementes provenientes de um mesmo fruto foram “semeadas” simultaneamente em ambos os tipos de solo (**Figura 3**). Este procedimento foi efetuado em laboratório onde as sementes permaneceram à temperatura ambiente de cerca de 27°C. Decorridos 30 dias, estes indivíduos foram transplantados para sacos plásticos, seguindo-se o mesmo critério de representatividade nos tipos de solo. Nesta etapa as plântulas foram deixadas em estufa (temperatura em torno de 30°C), com irrigação em intervalos de dois dias.

Medidas da altura da parte aérea da plântulas, comprimento e número de folhas foram tomadas 30 dias após o plantio nas células de germinação (censo 1). O mesmo procedimento foi realizado 30 dias após transplante para os sacos plásticos (censo 2).

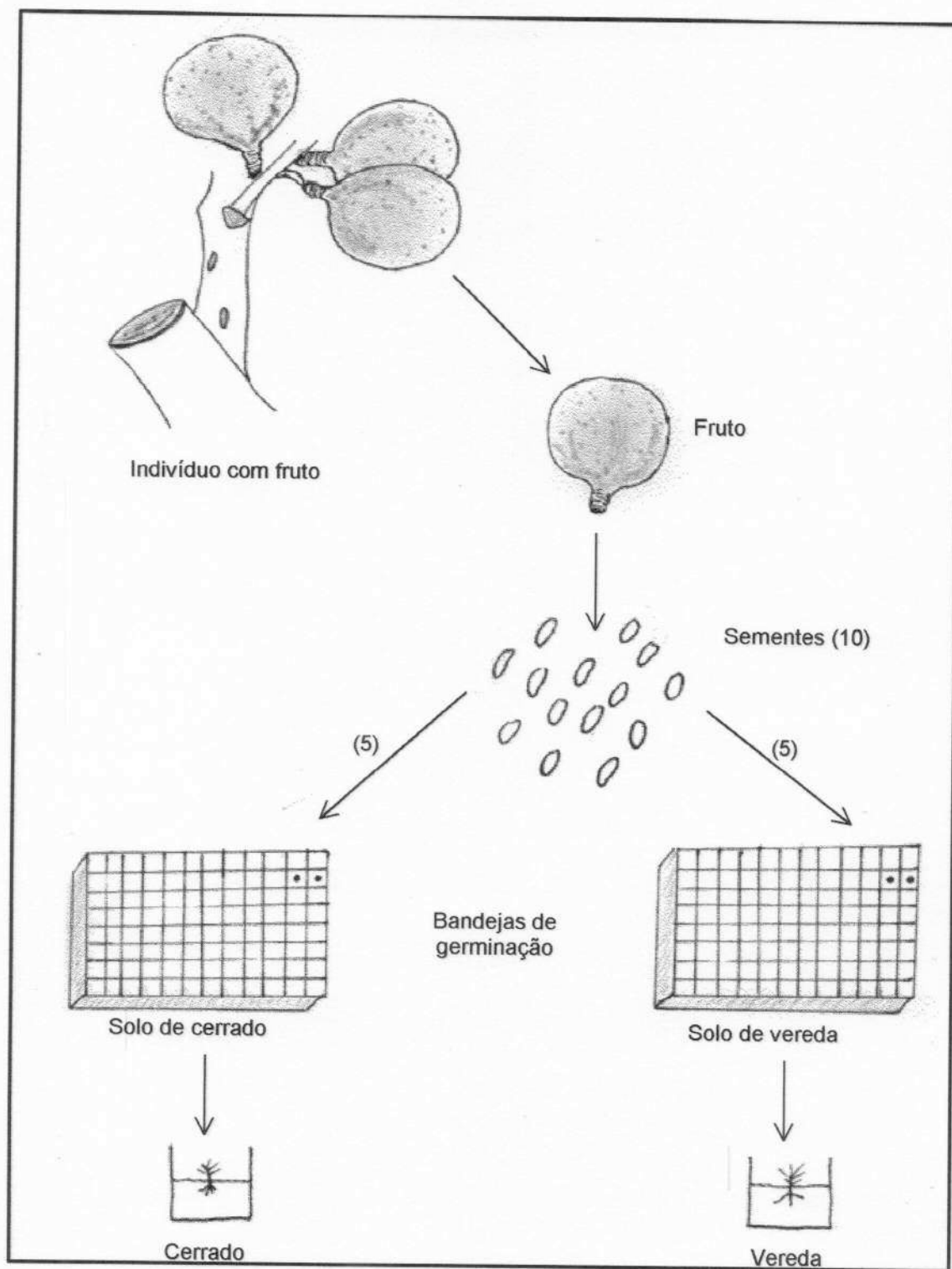


FIGURA 3 - Esquema da metodologia utilizada para disposição das sementes de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em amostras de solos de cerrado e de borda de vereda.

Normas de reação foram construídas para cada caráter analisado, em ambos os censos, e foram também efetuadas correlações para verificação de ocorrência de trade-offs (VIA & LANDE, 1985; FALCONER, 1989; DELPUECH *et al.*, 1995). A quantidade de variação nos caracteres analisados (altura da parte aérea das plântulas, comprimento e número de folhas) foi avaliada por meio de análise de variância (ANOVA para dois fatores). Os fatores considerados nas três análises e nos dois censos foram: área (cerrado e borda de vereda) e fruto (com níveis variando de 32 a 34). Variações na plasticidade fenotípica dos genótipos analisados foi estimada, para cada caráter, pela interação entre os fatores obtidos na ANOVA para 2 fatores, seguindo o modelo de VIA & LANDE (1985).

Tratamentos florais também foram realizados no período de setembro a outubro de 1997, para verificar o sucesso de frutificação, decorrente da polinização cruzada, de indivíduos de cerrado com indivíduos de borda de vereda, e vice-versa. Cruzamentos entre indivíduos de mesma área foram tomados como padrão. Para cada tipo de tratamento (cerrado x cerrado; cerrado x vereda; vereda x vereda; vereda x cerrado) cerca de 60 flores foram polinizadas manualmente. O desenvolvimento dos frutos provenientes destes tratamentos foram acompanhados periodicamente, tendo seu número e largura medidos em intervalos de quinze em quinze dias.

Diferenças estatísticas no sucesso de frutificação entre os tratamentos foram verificadas por X^2 (Tabela de Contingência). O desenvolvimento diferencial dos frutos produzidos nos diferentes tratamentos

foi avaliado por meio de análise de variância (ANOVA para 1 fator) (ZAR, 1982).

Todas as análises estatísticas foram efetuadas em computador PC utilizando o programa SYSTAT for WINDOWS, versão 5.04 (SYSTAT, 1992).

3. Resultados

3.1. Caracterização dos ecótipos e áreas de coleta

A análise estatística de dados relativos à altura dos indivíduos adultos de *C. canjerana* subesp. *polytricha* indica que os indivíduos pertencentes à área de cerrado apresentam maior porte em relação aos de borda de vereda ($F=22,590$; $P<0,0001$) (**Figura 4A**). O peso médio dos frutos dos indivíduos do cerrado também foi maior quando comparado com o de borda de vereda ($F=19,78$; $P<0,0001$) (**Figura 4C**). Não houve diferenças significativas no peso das sementes e número de sementes viáveis por fruto entre as áreas de coleta ($F=3,28$; $P=0,073$ e $F=2,15$; $P=0,146$, respectivamente) (**Figura 4B e 4D**).

A percentagem total de perdas de sementes desde a abertura dos frutos até o estágio de plântula, foi equivalente em ambas as áreas 23,50% no cerrado e 23,57% na borda de vereda, e não diferiram estatisticamente ($X^2 =$

1,414; $P > 0,05$) **(Figura 5)**. Maior densidade populacional foi observada na área de cerrado, onde a distância média entre indivíduos ($\bar{x} = 4,42 \pm 0,50$) foi menor, em relação à borda de vereda ($\bar{x} = 39,08 \pm 10,13$).

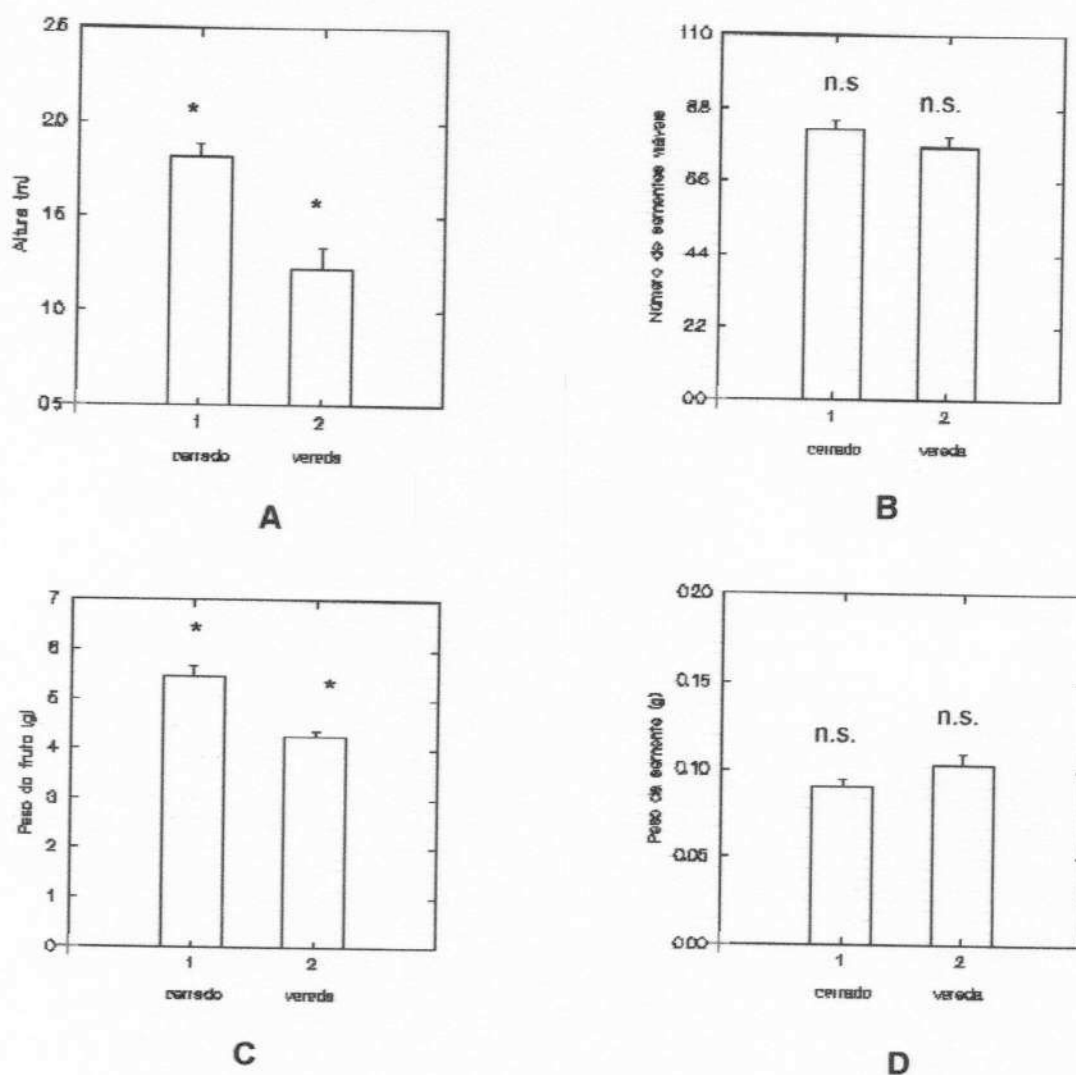


FIGURA 4 – Caracterização (valores médios $\pm$ erro padrão) dos ecótipos de *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* nas áreas de estudo da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997. Variáveis: A) altura dos indivíduos; B) número de sementes viáveis por fruto; C) peso do fruto; D) peso das sementes. (*diferem significativamente a nível de 0,0001%; n.s. não diferem significativamente).

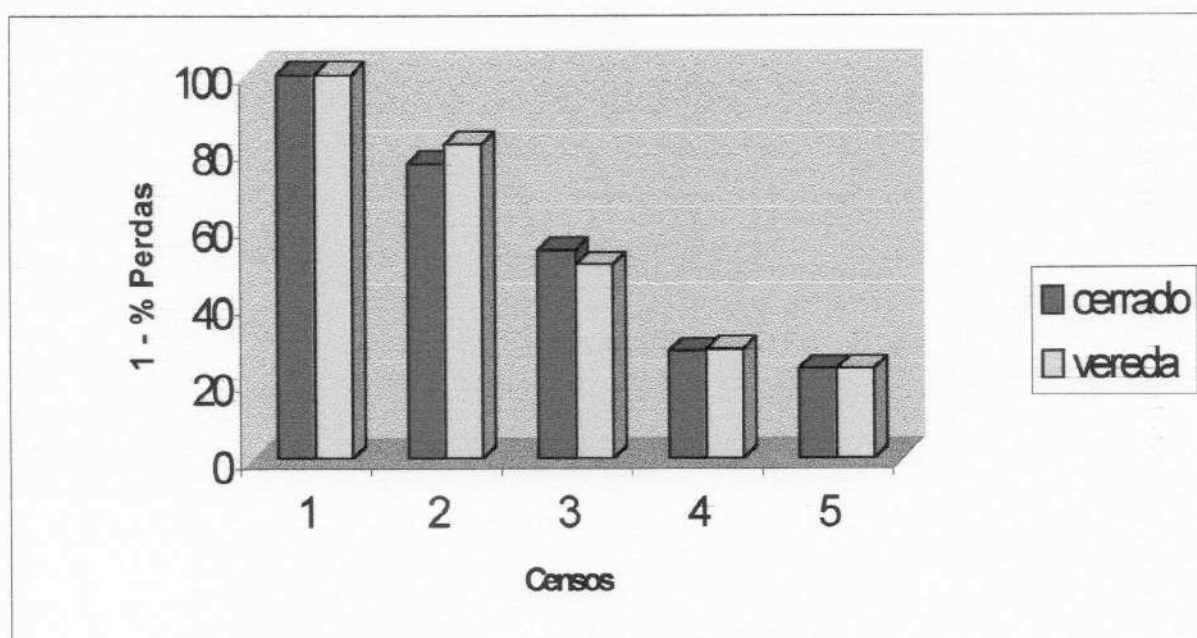


FIGURA 5 – Percentagem de perdas de sementes de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* desde a abertura dos frutos até o estágio de plântulas nas duas área de coleta (cerrado e borda de vereda), na Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997. 1. Valor percentual total considerando $N = n^{\circ}$ de frutos abertos $\times$ n° máximo de sementes por frutos; 2. Percentual de sementes viáveis após a abertura manual dos frutos; 3. Percentual de sementes que germinaram com sucesso; 4. Percentual de plântulas que se desenvolveram com sucesso até o transplante para as bandejas de germinação; 5. Percentual de plântulas sobreviventes até o transplante para sacos plásticos.

3.2. Biologia reprodutiva

Os tratamentos florais e caracterização de dimorfismo sexual revelaram o caráter dióico dos indivíduos de *C. canjerana* subesp. *polytricha*. A formação e posterior desenvolvimento de frutos só foi observada em tratamentos de polinização cruzada, realizados em indivíduos pistilados polinizados com pólen proveniente de anteras de estaminados (exceção para 1 caso dentre 900 tentativas), nas quais frutos foram observados em morfos masculinos (**Figura 6**). O sucesso de frutificação após polinização cruzada inter-morfos foi de 35,47% em contraste com 32,01% observados em condições naturais.

Os morfos sexuais diferem significativamente quanto à altura, sendo os estaminados maiores que os pistilados ($F=11,007$; $P<0,001$) (**Tabela 1**). Quanto ao teste de viabilidade polínica, somente anteras de indivíduos estaminados apresentaram grãos de pólen viáveis. Além disto, a presença de óvulos somente foi confirmada em indivíduos pistilados.

Diferenças também foram verificadas no comprimento das inflorescências entre morfos ($F=240,820$; $P<0,0001$), pois indivíduos estaminados apresentaram, em média, inflorescências maiores que pistilados, independentemente da área de ocorrência (**Tabela 2; Figuras 7 e 8**).

Indivíduos estaminados apresentam período de floração mais adiantados em relação aos pistilados (**Figura 9**). Não houve sincronia quanto aos estádios de floração entre as áreas ($X^2 = 12,176$; $P<0,05$), uma vez que

os indivíduos de cerrado apresentam estádios de floração mais adiantados que os de borda de vereda (**Figura 10**).



FIGURA 6 - Indivíduo "hermafrodita" de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG.

TABELA 1 – Altura (m) (média $\pm$ erro padrão e tamanho da amostra entre parênteses) dos indivíduos adultos de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em áreas de cerrado e borda de vereda da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997.

ÁREAS	SEXO	
	ESTAMINADOS	PISTILADOS
CERRADO	1,97 $\pm$ 0,5136 (n = 19)	1,67 $\pm$ 0,3522 (n = 27)
VEREDA	1,44 $\pm$ 0,7091 (n = 18)	1,21 $\pm$ 0,8668 (n = 17)
TOTAL	1,73 $\pm$ 0,6940 (n = 37)	1,48 $\pm$ 0,6224 (n = 44) *

* Diferem significativamente F=11,007; P= 0,001

TABELA 2 – Comprimento (cm) (média $\pm$ erro padrão e tamanho da amostra entre parênteses) das inflorescências de morfos pistilados e estaminados adultos de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997.

ÁREAS	SEXO	
	ESTAMINADOS	PISTILADOS
CERRADO	14,42 $\pm$ 3,3260 (n = 20)	2,78 $\pm$ 1,3490 (n = 20)
VEREDA	14,95 $\pm$ 5,3560 (n = 20)	4,04 $\pm$ 0,8180 (n = 20)
TOTAL	14,68 $\pm$ 4,0816 (n = 40)	3,41 $\pm$ 1,2712 * (n = 40)

* Diferem significativamente (F= 240,82; P<0.0001)

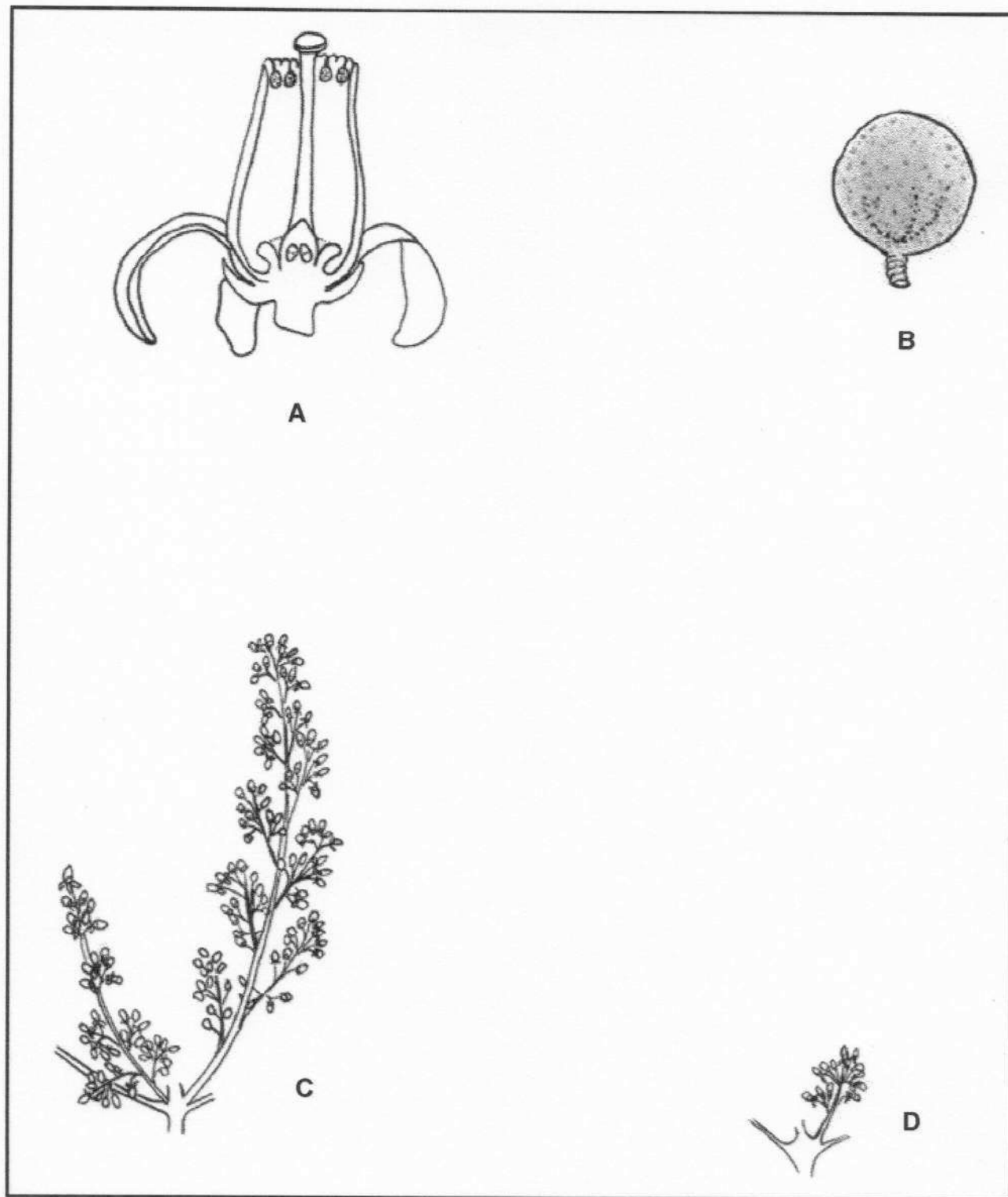


FIGURA 7 - Morfologia de *Cabralea canjerana* subesp. *polythricha*. A) corte longitudinal mostrando a estrutura da flor; B) fruto; C) inflorescência masculina; D) inflorescência feminina.

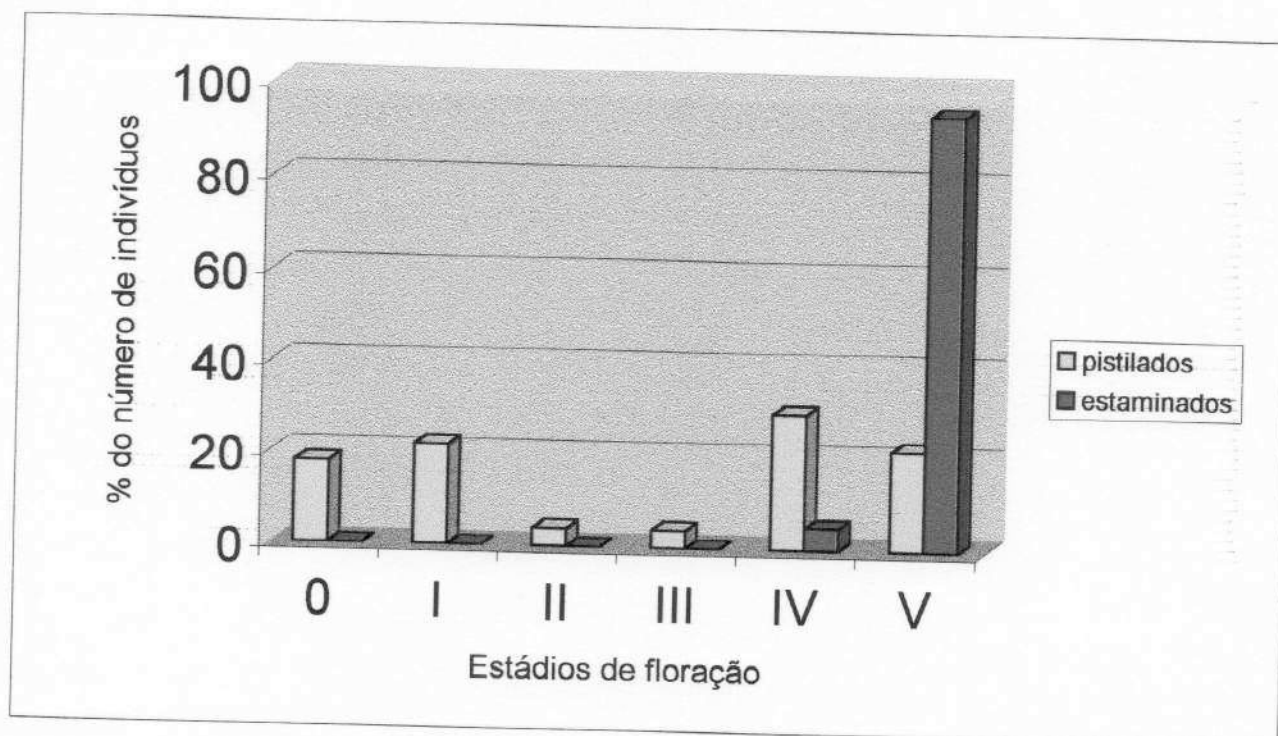


A

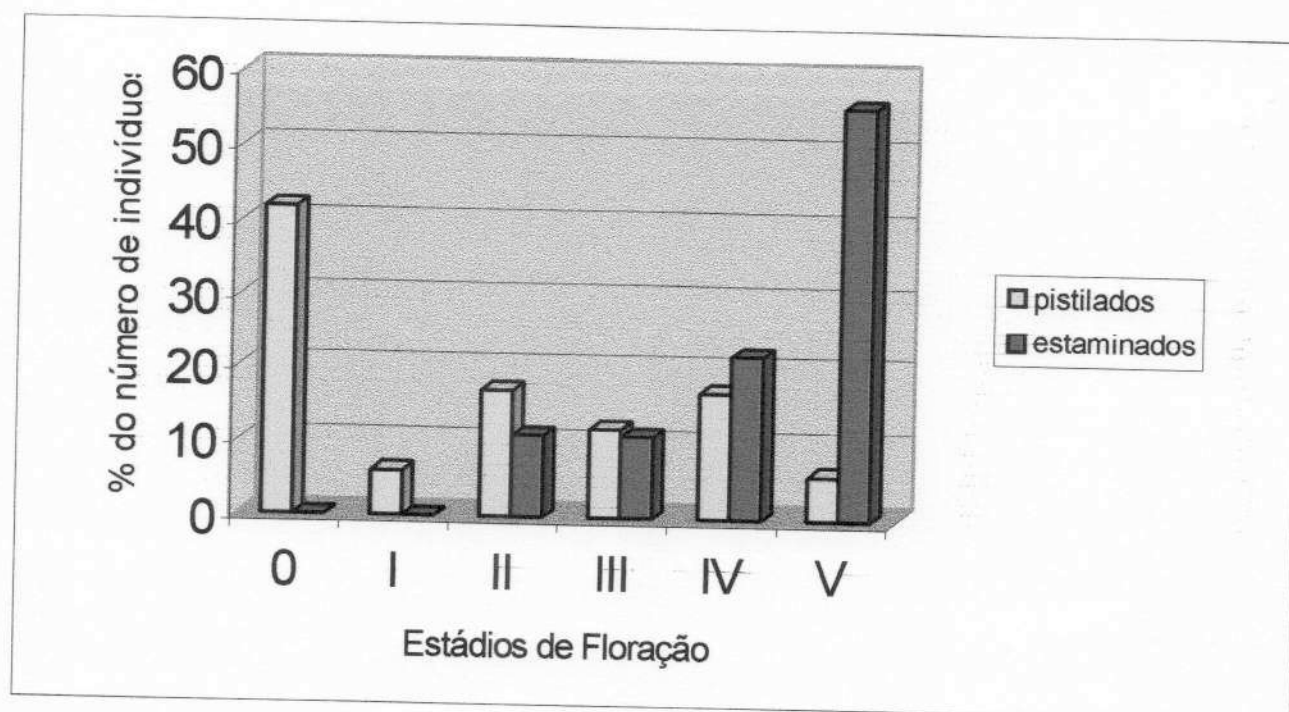


B

FIGURA 8 - Inflorescência de indivíduos estaminados (A) e pistilados (B), de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG.



A



B

FIGURA 9 – Estádios de floração de morfos pistilados e estaminados de *Cabralea canjerana* subsp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997, em áreas de cerrado (A) e de borda de vereda (B).

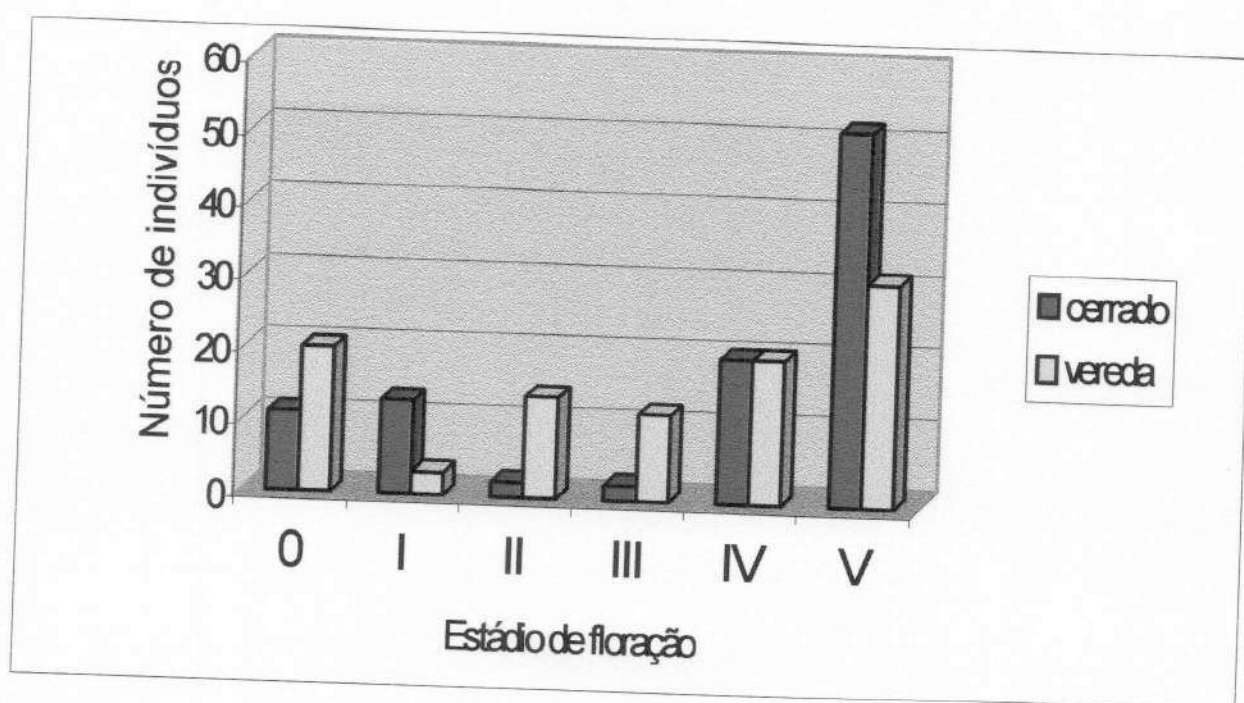


FIGURA 10 – Estádios de floração de indivíduos estaminados e pistilados de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997, em áreas de cerrado e de borda de vereda.

3.3. Plasticidade fenotípica

No primeiro censo, as três variáveis analisadas (altura da parte aérea, comprimento e número de folhas) diferiram significativamente entre os genótipos, indicando haver grande variabilidade genética. Diferenças quantitativas destes mesmos caracteres nas áreas de estudo não foram verificadas, bem como não houve interação significativa entre os fatores (**Tabela 3**). As correlações genéticas foram positivas e significativas para dois dos três caracteres analisados: comprimento e número de folhas (**Tabela 4**). Entretanto, as normas de reação indicaram haver diferenças na direção de variação, demonstrando a ocorrência de plasticidade fenotípica nos três caracteres (**Figuras 11, 12 e 13**).

No segundo censo, as três variáveis diferiram significativamente entre os frutos. Diferenças quantitativas destes mesmos caracteres nas áreas de estudo não foram verificadas estatisticamente mas, houve significativa interação entre os fatores para os seguintes caracteres: altura da parte aérea da plântula e comprimento das folhas (**Tabela 5**). Embora as correlações genéticas não tenham sido significativas, as normas de reação mostraram diferenças na direção de variação para os caracteres analisados (**Figuras 11, 12 e 13**).

Não foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos no sucesso de frutificação ($X^2=5,448$; $P<0,005$). Entretanto para os censos 1 e 2, maiores frutos foram observados nos cruzamentos cerrado x cerrado e os menores no tratamento vereda x vereda ($F=14,75$,

$P < 0,001$ no censo 1; $F = 6,34$, $P = 0,001$ no censo 2) . As diferenças no diâmetro dos frutos apresentaram tendência à redução ao longo do tempo ($F = 3,49$, $P = 0,022$, no censo 3). Entretanto, frutos de plantas da borda de vereda se desenvolveram mais rapidamente que frutos de plantas do cerrado (**Figura 14**).

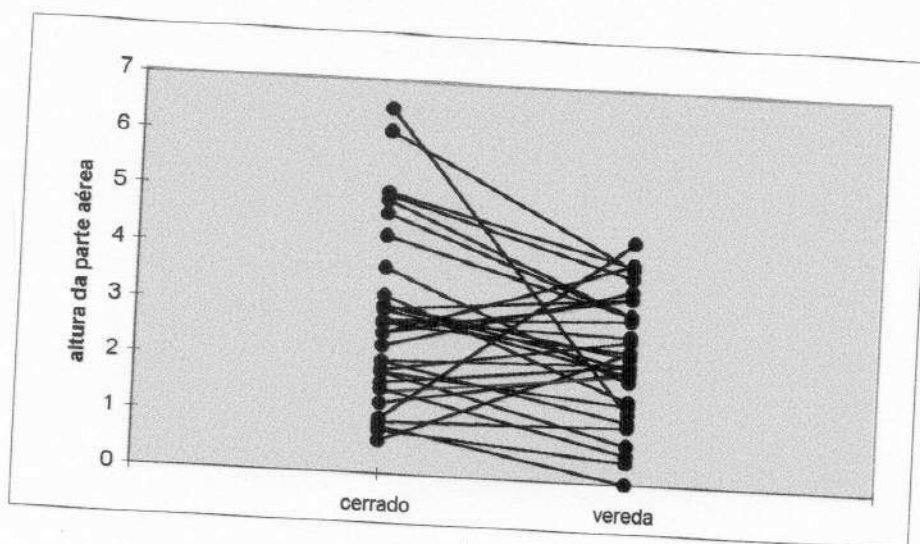
TABELA 3 – ANOVA para dois fatores (frutos e áreas) de medidas de altura da parte aérea, comprimento e número de folhas por plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, desenvolvidas em solos de cerrado e de borda de vereda, da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997 (censo 1).

Variável	fonte	SQ	GL	MQ	F	P
Altura da parte aérea da plântula	fruto	316,42	33	9,58	3,10	< 0,001
	área	11,71	1	11,71	3,79	0,053
	fruto x área	118,00	33	3,57	1,16	0,266
	erro	576,69	187	3,08		
Comprimento das folhas	fruto	32,77	33	0,99	3,54	< 0,001
	área	0,75	1	0,75	2,68	0,103
	fruto x área	10,22	33	0,31	1,10	0,331
	erro	52,43	187	0,28		
Número de folhas por plântula	fruto	394,90	33	11,96	3,06	< 0,001
	área	2,43	1	2,43	0,62	0,431
	fruto x área	108,38	33	3,28	0,84	0,717
	erro	731,13	187	3,91		

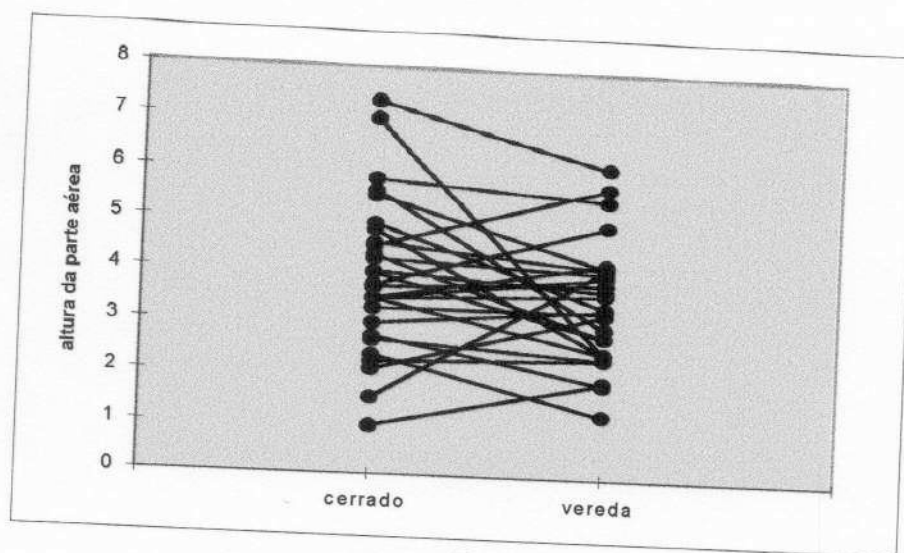
TABELA 4 – Correlações genéticas entre caracteres de plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, desenvolvidas em amostras de solos do cerrado e de borda de vereda, (altura da parte aérea, comprimento e número de folhas por plântula), da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997.

Caráter	Censo 1 (n = 34)		Censo 2 (n = 28)	
	r *	P	r *	P
Altura da parte aérea	0,427	0,178	0,467	0,183
Comprimento das folhas por plântula	0,552	0,011	0,391	0,591
Número de folhas por plântula	0,551	0,011	0,205	1,000

* índice de correlação de Pearson

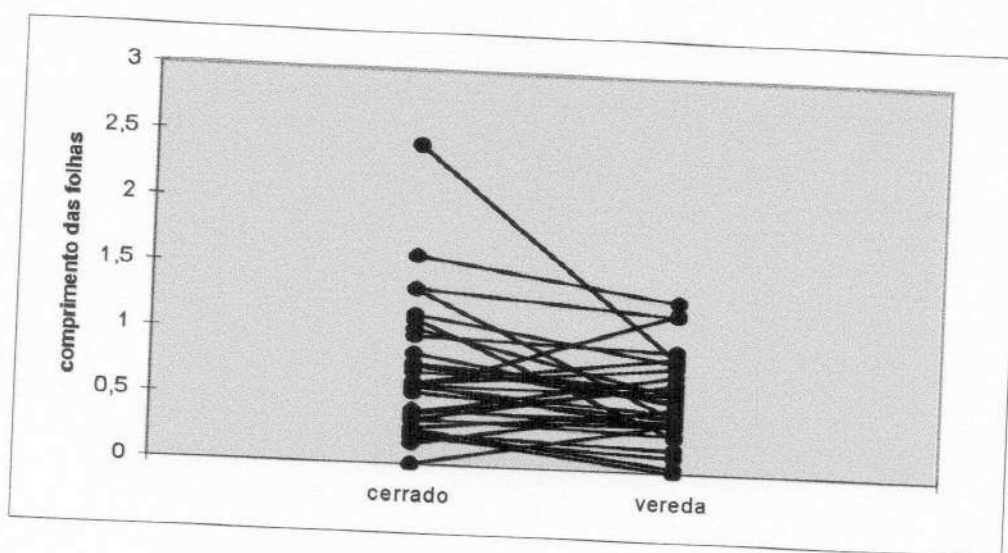


A

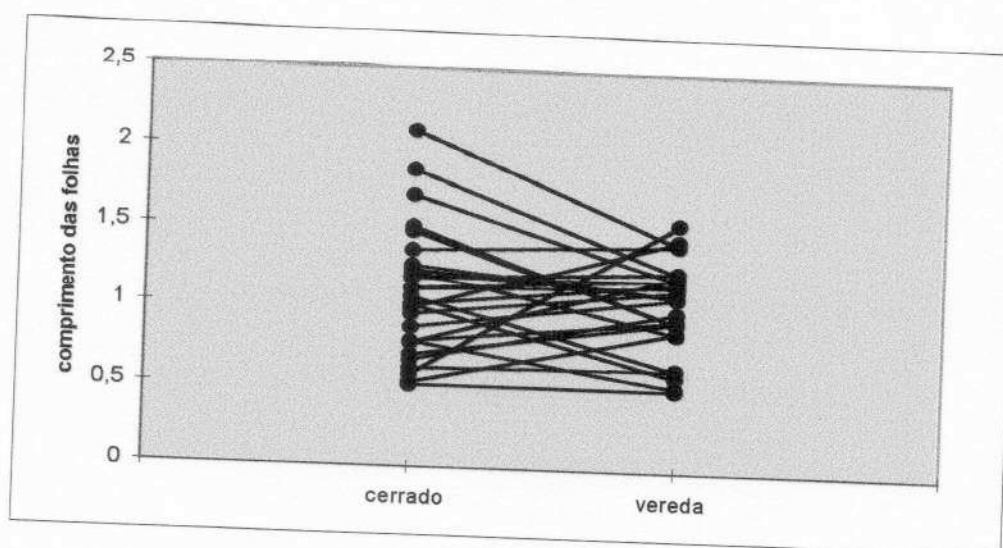


B

FIGURA 11 – Normas de reação da altura da parte aérea de plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em disposição nos solos de cerrado e borda vereda nos censos 1 (A) e 2 (B).



A



B

FIGURA 12 - Normas de reação do comprimento das folhas das plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em disposição nos solos de cerrado e borda de vereda nos censos 1 (A) e 2 (B).

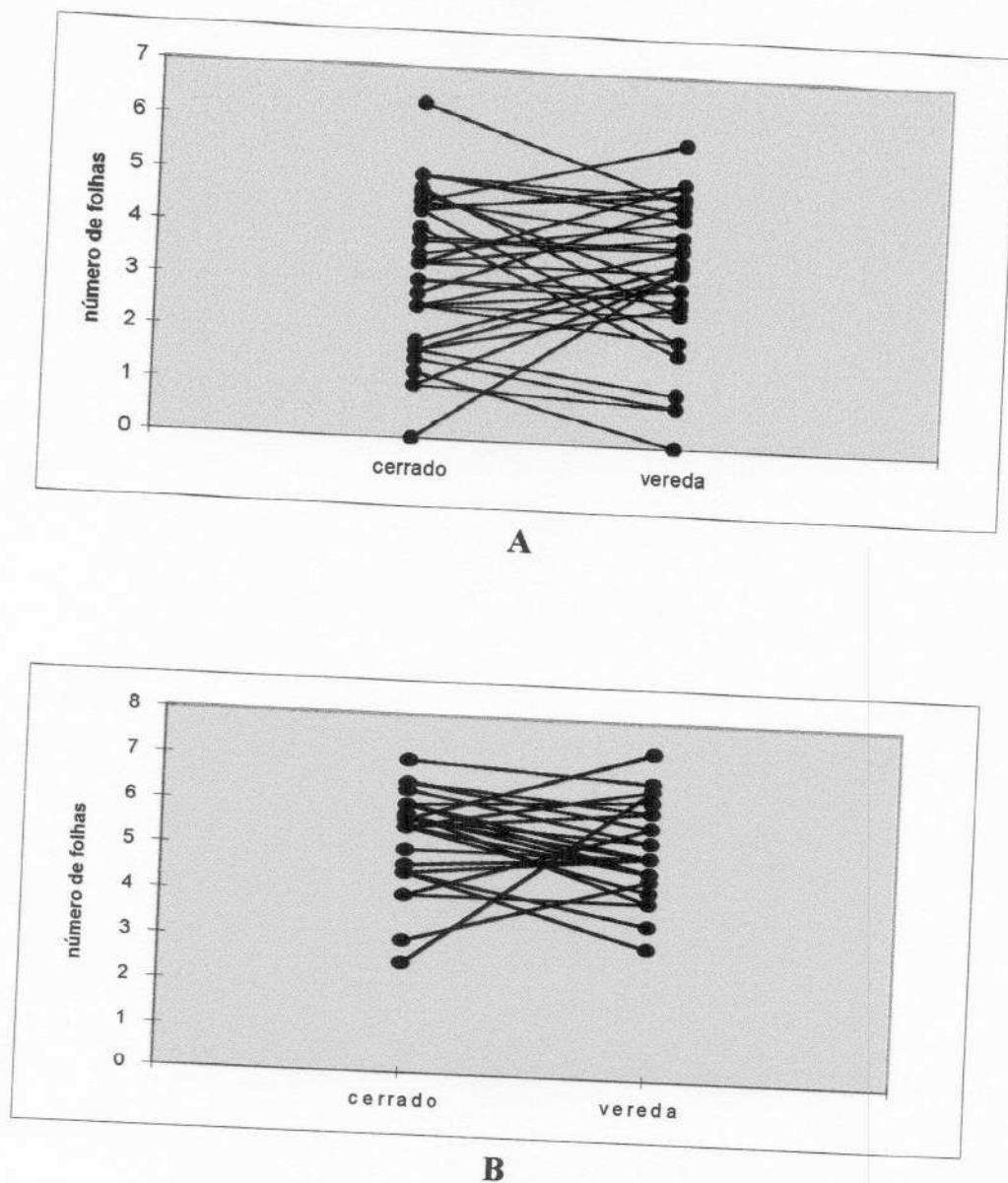


FIGURA 13 - Normas de reação do número de folhas em plântulas de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* em disposição nos solos de cerrado e vereda nos censos 1 (A) e 2 (B).

TABELA 5 – ANOVA para dois fatores (frutos e áreas) de medidas de altura da parte aérea, comprimento e número de folhas por plântula de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha*, desenvolvidas em solos de cerrado e de borda de vereda, da Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997 (censo 2).

Variável	Fonte	SQ	GL	MQ	F	P
Altura da parte aérea da plântula	fruto	228,04	31	7,35	3,33	< 0,001
	área	2,59	1	2,59	1,17	0,281
	Fruto x área	105,64	31	3,40	1,54	0,051
	erro	262,83	119	2,20		
Comprimento das folhas	fruto	15,33	31	0,47	2,91	< 0,001
	área	0,02	1	0,02	0,14	0,702
	Fruto x área	8,29	31	0,25	1,57	0,041
	erro	20,05	119	0,16		
Número de folhas por plântula	fruto	124,00	31	3,87	1,44	0,081
	área	0,54	1	0,54	0,20	0,653
	fruto x área	106,75	31	3,33	1,24	0,201
	erro	313,96	119	2,68		

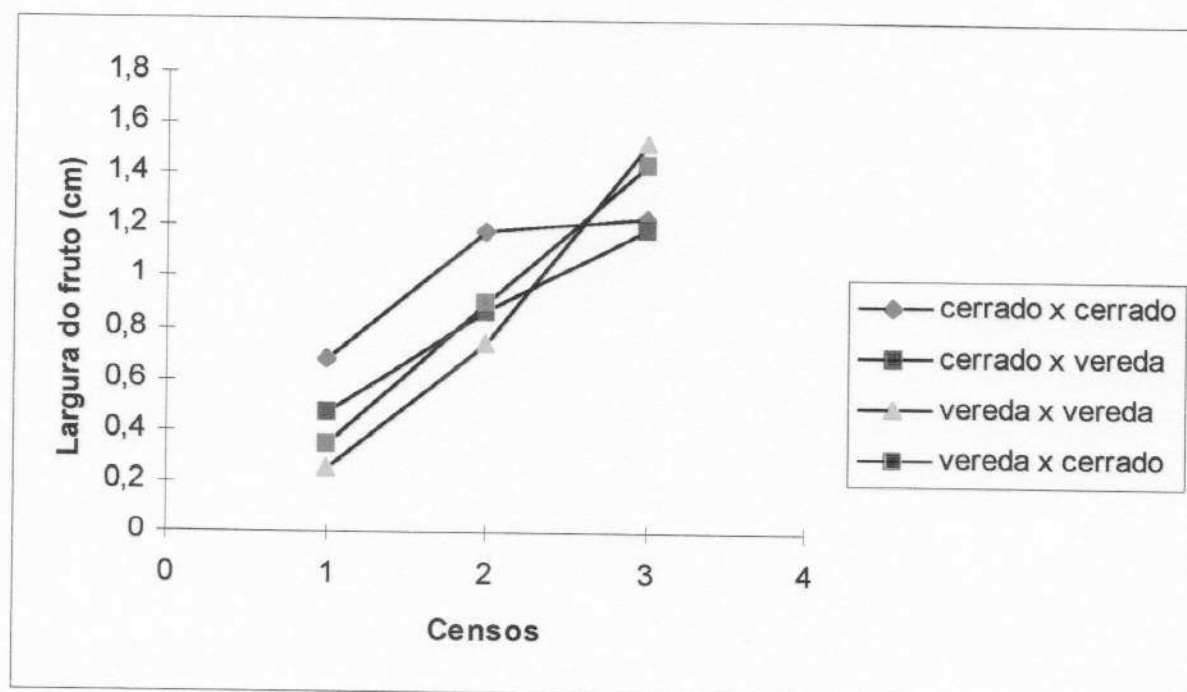


FIGURA 14 – Média da largura dos frutos resultantes dos tratamentos florais (cruzamentos) em *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* na Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG, 1997, tomadas durante os três censos realizados.

4. Discussão

4.1. Biologia reprodutiva

O estudo da biologia reprodutiva e caracterização do dimorfismo sexual de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* confirmam a ocorrência do fenômeno de dioicéia nesta subespécie. Morfos pistilados e estaminados podem ser fenotipicamente reconhecidos pelo comprimento das inflorescências, que são menores em indivíduos pistilados e pela diferença na altura de adultos, maior em estaminados. A maior conspicuidade de morfos masculinos, seria segundo SNOW (1994), resultante de forte pressão de seleção para dispersão maciça de grãos de pólen. Assim, seleção intrassexual teria favorecido aumento no número de flores (ou tamanho da inflorescência), uma vez que, polinizadores tendem a visitá-las mais freqüentemente (WILSON, 1979, *apud* BAWA, 1980).

A ocorrência de dimorfismo sexual na arquitetura da planta não foi, entretanto, acompanhada por dimorfismo nas características gerais da flor. Em ambos os morfos a coloração, forma, tamanho e número de flores são bastante similares, apresentando síndrome de melitofilia. FREEMAN *et al* (1997) já haviam previsto que em plantas dióicas polinizadas por insetos, a seleção natural tenderia a limitar o dimorfismo em flores, visto que o mesmo indivíduo polinizador deveria visitar ambos morfos sexuais para garantir o sucesso de polinização. A polinização cruzada parece ser preferencialmente feita por abelhas dos gêneros *Xylocopa* e outras de tamanho médio e coloração verde (sem identificação de gênero), embora caracterização da frequência e horários de visitação não tenham sido efetuados.

A evolução para o caráter dióico nesta subespécie pode ter ocorrido a partir do hermafroditismo via ginodioicia, uma vez que foi observado, em plantas com caracteres masculinos, a formação de frutos sob condições naturais (FREEMAN *et al*, 1997). Além disto, a ausência de segregação espacial entre os morfos sexuais descartaria a hipótese da evolução da dioicia via monoecia, em que a determinação sexual é induzida pelo ambiente (RENNER & RICLEFS, 1995). Embora alguns autores considerem que a evolução da dioicia possa ocorrer como resultado da especialização de morfos sexuais por seleção disruptiva, FREEMAN *et al* (1997) sugerem que a depressão por endogamia teve importante papel na evolução da dioicia em algumas plantas polinizadas por insetos como abelhas ou beija-flores. Estes agentes polinizadores frequentemente visitam múltiplas

flores de uma mesma planta aumentando a frequência de geitonogamia. O fato de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* não formar frutos apomíticos, nem frutos resultantes de processos de auto polinização pode corroborar esta idéia.

Uma outra hipótese que explica a evolução da dioicia diz respeito à predação incluindo insetos que se alimentam de pólen ou ovipõem preferencialmente em pistilos, podendo promover a evolução de dioicia em associação com seleção intrassexual (BAWA, 1980). Assim, o polimorfismo com relação às unidades florais (número de flores por inflorescências e número de inflorescências por plantas) poderia proporcionar predação diferencial, pois já é sabido que indivíduos masculinos sofrem maiores níveis de herbivoria que indivíduos femininos (BAWA & OPLER, 1978). Apesar dos machos serem geralmente predados com maior intensidade, o declínio total de seu fitness seria menor do que o de hermafroditas, visto que as flores masculinas são descartadas após dispersão do pólen. Também, por atrair menor número de predadores, devido à menor quantidade de flores e muitas vezes ausência de pólen, os indivíduos femininos teriam menor decréscimo no fitness em relação aos hermafroditas (BAWA, 1980). Pequenos insetos parasitas em morfos sexuais de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* foram verificados durante o trabalho de campo, embora não tenham sido quantificados quanto à ocorrência nos morfos sexuais.

O processo de evolução da dioicia em *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* pode não estar completo, pois a exemplo do que acontece

em outras espécies, formas sexuais intermediárias estão presentes (BAWA, 1980) . Embora inconstâncias na expressão sexual de *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* estejam ocorrendo, elas não representam impedimento à obtenção de completa assimetria entre morfos para otimização na produção de grãos de pólen ou óvulos. Isto ocorre não somente porque tais circunstâncias são esporádicas, mas também porque os frutos produzidos são de pequeno porte, apresentando reduzido número de sementes viáveis.

Do ponto de vista filogenético a dioicia pode ser encontrada tanto em famílias primitivas quanto em avançadas. Em Meliaceae as taxas de hermafroditas, monóicos e dióicos apresentam-se em proporções equivalentes (BAWA, 1980).

4.2. Caracterização de ecótipos e plasticidade fenotípica

Existe grande variabilidade genética em *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* na área estudada, para caracteres importantes na determinação do "fitness". Os diferentes genótipos respondem plasticamente à heterogeneidade ambiental (SCHEINER, 1993; Via *et al.*, 1995), provocada pelo gradiente cerrado/vereda, o que assegura seu desenvolvimento em condições heterogêneas. Diferentes intensidades e direções nas respostas indicam haver grande variabilidade genética para plasticidade em pelo menos dois dos três caracteres analisados (altura da plântula e comprimento de suas

folhas). Deste modo, variações genéticas originam-se tanto à nível genotípico quanto fenotípico na população estudada (STEARNS, 1989).

A ocorrência de ecótipos em *Cabralea canjarana* subesp. *polytricha* foi confirmada por diferenças significativas na altura das plantas e peso dos frutos e pela ocorrência de trade-offs, apontados pelas normas de reação. Embora trade-offs não tenham sido confirmados pelo método quantitativo (correlações genéticas não foram significativas), RAUSHER (1988) afirma que basta a população apresentar pequena variabilidade para que mudanças evolutivas possam ocorrer por seleção disruptiva. BRADSHAW (1963) constatou a formação de ecótipos na planta aquática *Lemna*, numa distância inferior à 10 metros, mostrando que pequenas distâncias não constituem barreiras para que mudanças evolutivas rumo à adaptação e posterior formação de ecótipos aconteçam. PARK *et al* (1990) também verificaram formação de ecótipos em *Cymbidium goeringii* na Korea induzida por fatores ecológicos locais. HART & COLVILLE (1988) observaram a ocorrência de ecótipos de *Trifolium repens* altamente adaptados à diferentes concentrações de fósforo no solo e HELGADOTTIR & SNAYDON (1986) verificaram ecótipos em *Poa pratensis* e *Agrostis capillaris* levando em consideração diversos fatores climáticos e edáficos.

As divergências entre os ecótipos se acentuaram com o tempo de desenvolvimento das plântulas. Como não era possível distinguir as plântulas quanto ao sexo, assumiu-se que os custos para produção de ambos os morfos foram iguais e que portanto, estariam proporcionalmente distribuídas

entre as amostras. Também assumiu-se que os dois morfos apresentaram mesmas taxas de crescimento e viabilidade, tendo o ambiente interagido de modo similar com ambos (FREEMAN *et al.*, 1997)

As densidades de ocorrência da subespécie nas áreas de cerrado e borda de vereda diferiam drasticamente. Um menor número de indivíduos ocorrendo em área de borda de vereda parece indicar maiores gastos energéticos metabólicos para sobrevivência e/ou crescimento e reprodução nesta área específica. Sendo assim, os custos para a adaptação em áreas de borda de vereda por estes indivíduos, podem ter relações com o menor porte dos adultos e menor peso dos frutos. A plasticidade exibida por indivíduos em resposta à densidade, já foi evidenciada por estudos realizados por HARPER (1961 *apud* BRADSHAW, 1965), em que *Vicia faba* respondeu plasticamente ao aumento da densidade com redução do número de galhos e folhas.

Diferenças no peso dos frutos parecem ser atribuídas à espessura do pericarpo carnoso dos mesmos, visto que, frutos não diferiam entre as áreas quanto aos números e peso de sementes viáveis.

A manutenção ou aumento de divergências morfológicas entre ecótipos pode ser favorecida pela assincronia no processo de floração entre as áreas (PRENTICE, 1984; PRENTICE *et al.*, 1995), o que dificultaria o cruzamento entre indivíduos de cerrado e de borda de vereda em condições naturais. Este fenômeno de assincronia também foi constatada por CLAUSEN *et al* (1940 *apud* BRASHAW, 1965) em experimentos com populações contrastantes em condições claras e sombreadas, e em condições úmidas e

secas, tendo o florescimento exibido maturação em períodos diferentes entre as populações.

Segundo SORENSEN (1954 *apud* BRADSHAW, 1965) atrasos no período de floração podem ocorrer como resposta à pequena quantidade de nutrientes no solo, pois a floração usualmente ocorre após a planta ter determinado porte ou obtido um certo número de folhas.

A caracterização de grande variabilidade genotípica e considerável potencial plástico em *Cabralea canjerana* subesp. *polytricha* entre indivíduos relativamente próximos traz importantes implicações na determinação de áreas de preservação, conservação e manejo da flora silvestre. Perda de parte da carga genética de uma população pode ocorrer, caso áreas delimitadas sejam inferiores ao mínimo necessário para a manutenção de ecótipos, aparentemente não detectáveis fenotipicamente.

Se divergências entre ecótipos forem gradativamente acentuadas e mantidas por seleção disruptiva, uma nova variedade ou subespécie de *Cabralea canjerana* poderá surgir em áreas de borda de vereda, desde que a heterogeneidade ambiental desta área de transição seja mantida. Segundo PRENTICE *et al.*, (1995), a variação genética dentro de uma população de plantas pode estar associada com variação de habitat e refletida na diferenciação de nicho. Sendo assim, a associação genótipo-habitat pode ser interpretada em termos de seleção de habitat e diferenciação de nichos.

5. Referências Bibliográficas

- ANDRADE, H.A. 1995. *Distância, fecundidade e estrutura genética de populações de **Styrax ferrugineus** (STYRACACEAE) e **Vochysia cinnamomea** (VOCHYSIACEAE)*. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG.
- APPOLINÁRIO, V.R.C. 1995. *Levantamento fitossociológico das espécies arbóreas de cerrado (Sentido Restrito) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG*. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG.
- BARROSO, G.M. 1984. *Sistemática de Angiospermas do Brasil*. v: 2 p. 337. Imprensa Universitária da UFV. Viçosa.

- BARREIROS, H.D.S. & SOUZA, D.S.E. 1986. Notas Geográficas e Taxonômicas sobre *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., no Brasil (MELIACEAE), *Rev. Bras. Biol.* 46(1): 17-26.
- BAWA, K.S. & OPLER, P.A. 1978. Why are pistillate in inflorescences of *Simarouba glauca* eaten less than staminate inflorescence ? *Evolution* 32: 673-678.
- BAWA, K.S. 1980. Evolution of dioecy in flowering plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 11:15-39.
- BLACKMAN, R. L. & BROWN, P. A. 1991. Morphometric variation within and between populations of *Ropalosiphum maidis* with a discussion of the taxonomic treatment of permanently parthenogenetic aphids (Homoptera: Aphididae). *Entomol. Gener.* 16(2): 97-113.
- BRADSHAW, A. D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity plants. In: Caspary, E.M. & Thoday, J.M.(ed.). *Advances in Genetics*. Academic Press. New York and London. 13: 115-155.

- CABRAL, V. A. R. 1985. *Levantamento fitossociológico das espécies arbóreas de cerrado (sentido restrito) do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG*. Monografia de Bacharelado. Univ. Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG.
- DELPUECH, J. M.; MORETEAU, B.; CHICHE, J.; PLA, E.; VOVIDIBIO, J. & DAVID, J. R. 1995. Phenotypic plasticity and reaction norms in temperate and tropical populations of *Drosophila melanogaster*: ovarian size and developmental temperature. *Evolution* 49(4): 670-675.
- DUDLEY, S. A. SCHMIDT, J. 1996 - Testing adaptative plasticity hypothesis: density-dependet selection on manipulated stem length in *Impatiens capensis*. *Am. Nat.* 147(3): 445-465.
- FALCONER, D.S. 1989. *Introduction to quantitative genetics*. Hongman Sei & Tech. New York.
- FELSENSTEIN, J. 1981. Skepticism towards Santa Rosalia, or why are there so few kinds of animals? *Evolution* 35(1): 124-138.
- FREEMAN, C.D.; DOUST, J.L.; EL-KEBLAWY, A.; KATHLEEN, M.J. & McARTHUR, E. D. 1997. Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. *The Bot. Rev.* 63(1): 65-92.

- FUTUYMA, D.J. 1983. Selective factors in the evolution of the choice by phytophagous insects In: S. Ahmar (ed.) *Herbivorous insects: host-seeking behaviour and mechanisms*. Academic Press, New York, pp. 227-244.
- FUTUYMA, D. J. & PHILIPPI, T. E. 1987. Genetic variation and covariation in responses to host plants by *Alsophila pometaria* (Lepidoptera: Geometridae). *Evolution* 41(2): 269-279.
- GOULD, F. 1979. Rapid host range evolution in a population of the phytophagous mite *Tetranychus urticae* Kock. *Evolution* 33(3): 791-802.
- HARE, D. & KENNEDY, G.G. 1986. Genetic variation in plant-insect association: survival of *Leptinotarsa decemlineata* populations on *Solanum carolinense*. *Evolution* 40(5): 1031-1043.
- HART, A.L. & COLVILLEC, C. 1988. Differences among attributes of white clover genotypes at various levels of phosphorus supply. *J. of Plant Nutr.* 11(2): 189-208.

- HELGADOTTIR, A. & SNAYDON, R. W. 1986. Patterns of genetic variation among populations of *Poa pratensis* and *Agrostis capillaris* from Britain (UK) and Iceland. *J. Appl. Ecol.* 23(2) : 703-719.
- LIVELY, C.M. 1986. Canalisation versus developmental conversion in a spatially variable environment. *Amer. Nat.* 128 : 561-572.
- LOPES, D. 1997. *Interação entre a comunidade de Apoidea e a vegetação de cerrado, com ênfase em Halictidae, na Reserva Ecológica do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia*. Uberlândia, MG. Monografia de Bacharelado. Univ. Federal de Uberlândia , MG.
- MACKENZIE, A. & GULDEMOND, J. A. 1994. Sympatric speciation in aphids. II. Host race formation in the face of gene flow. In: S. R. Leather ; A. D. Wait ; N. I. Mills, & K. F. A. Walters (ed). *Individuals, populations and patterns in Ecology*. Intercept Ltda. Andover. p: 379-196.
- MAYR, E. 1982. Speciation and macroevolution. *Evolution* 36(6): 1119-1132.
- PARK, J. S. ; CHUNG, J. D. & CHUNG, M. S. 1990. Regional variation of banding patterns in some isozymes of *Cymbidium goeringii* in Korea. *J. of the Korean Soc. for Hort. Sci.* 31(2): 176-183.

- PASLEY, D.P. 1988. Quantitative genetics, development and physiological adaptation in host strains of fall armyworm. *Evolution* 42(1): 93-102.
- PENNINGTON, T.D.; STYLES, B.D. & TAYLOR, D.A.H. 1981. *Flora MELIACEAE Neotropica Monograph* 28:235-244.
- PRENTICE, H. C. 1984. Enzyme polymorphism, morphometric variation and population struture in a restricted endemic, *Silene diclinis* (Caryophyllaceae). *Biol. J. Linn. Soc.* 22(2) : 125-144.
- PRENTICE, H. C. ; LONN, M. ; LEFKOVITCH, L. P. & RUNYEON, H. 1995. Associations between allele frecuencias in *Festuca ovina* and habitat variation in the alvar grasslands on the Baltic Island of Oland. *J. Ecol.* 83(3): 391-402.
- RAUSHER, M.D. 1983. The evolution of habitat preference in subdivided populations. *Evolution* 38(3): 596-608.
- RAUSHER, M.D. 1984. Trade-offs in performance on differents hosts. Evidence form withen and between site variation in the beetle *Deloyala guttata*. *Evolution* 38(3): 582-595.
- RAUSHER, M. D. 1988. Is coevolution dead? *Ecology* 69(4): 898-901.

- RENNER, S.S. & RICKLEFS, R.E. 1995. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *Amer. J. Bot.* 82 : 596-606.
- RIZZINI, C.T. 1977. A Germinação de *Cabralea polytrichia* Juss em confronto com *C. laevis* CDC (MELIACEAE). *Leandra* 6-7(7): 23-33.
- SCHEINER, S.M. ; CAPLAN, R. L. & LYMAN, R. F. 1991. The genetics of phenotypic plasticity III.- Genetic correlations and fluctuating asymmetries. *J. Ecol. Biol.* 4: 51-68.
- SCHEINER, S.M. 1993. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24: 35-68.
- SNOW, A. 1994. Post pollination selection and male fitness in plants. *Amer. Nat.* 144 : 69-83.
- STEARNS, S.C. 1989. The evolutionary significance of phenotypic plasticity. *Bioscience* 39(7): 463-445.
- SULTAN, S.E. (1987). Evolutionary implications of phenotypic plasticity in plants. *Evol. Biol.* 21: 127-178.

- SYSTAT, 1992. *Systat for windows: statistics*, version 5 edition, SYSTAT, Evaston, Ill.
- THOMPSON, J.D. 1991. Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Trend. in Ecol. and Evol.* 6(8): 246-249.
- VIA, S. 1984. The quantitative genetic of the polyphagy in na insect herbivore.
II Genetic correlation in larval performance withan and among host plants.
Evolution 38(4): 896-905.
- VIA, S. & LANDE, R. 1985. Genotype-environment interactions and the evolution of phenotypic plasticity. *Evolution* 39(3): 505-522.
- VIA, S. 1990. Ecological genetics and host adaptation in herbivorous insects: the experimental study of evolution in natural and agricultural systems. *Annu. Rev. Entomol.* 35 : 421-446.
- VIA, S. 1993a. Adaptative phenotypic plasticity: target or by-product of selection in a variable enviroment. *Amer. Nat.* 142: 352-365.
- VIA, S. 1993b. Regulatory genes and reaction norms. *Amer. Nat.* 142(2): 374-377.

- VIA, S.; GOMULKIEWICZ, R.; DEJONG, G.; SCHEINER, S.M.; SCHLICHTING, C.D. & VANTIENDEREN, P.H. 1995. Adaptative phenotypic plasticity: consensus and controversy. *Trend. in Ecol. and Evol.* 19(5): 212-217.
- WEBER, G. 1985. Genetic variability in host plant adaptation of the green peach aphid *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 38: 49-56.
- WEBER, G. 1986. Ecological genetics of host plant exploitation in the green peach aphid *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 40: 161-168.
- ZAR, J.H. 1982. *Biostatistical analysis*. Prattice Hall, Inc., New Jersey. 718p.