

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

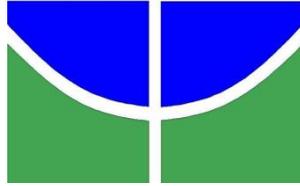
**Efeito da amplitude de distribuição geográfica nos traços reprodutivos e
citogenéticos em Angiospermas do Cerrado**

Andressa Dantas da Silveira

Orientadora: Dra. Carolyn E. B. Proença

Brasília

2021



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**Efeito da amplitude de distribuição geográfica nos traços reprodutivos e
citogenéticos em Angiospermas do Cerrado**

Andressa Dantas da Silveira

Orientadora: Dra. Carolyn E. B. Proença

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Botânica da Universidade de Brasília, como
um dos requisitos para obtenção do título de
Doutora em Botânica.

Brasília
2021

Tese de autoria de Andressa Dantas da Silveira, intitulada “Efeito da amplitude geográfica na variação dos traços reprodutivos e citogenéticos em angiospermas no Cerrado”, realizada junto ao Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob a orientação da Dra. Carolyn E. B. Proença, com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Banca examinadora:

Orientadora: Dra. Carolyn E. B. Proença
Departamento de Botânica, Universidade de Brasília

Membro vinculado:

Membro externo não vinculado:

Membro não vinculado:

Suplente:

APROVADA EM: ____/____/____

A toda minha família, em seu sentido mais real, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante os quatro anos de doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para execução do projeto.

A minha Orientadora, Dra. Carolyn Proença que aceitou me orientar, obrigada por acreditar que eu poderia recomeçar no projeto e pelo suporte ao longo desse período, principalmente nestes últimos dias/meses, sempre com muito incentivo e aprendizado, fico orgulhosa de poder ter sido sua orientada.

A todas(os) as(os) professoras(es) e técnicas (os) do Departamento de Botânica da UnB sempre solícitas(os) com nossas demandas, pessoas incríveis e amáveis.

Aos membros da banca pela disposição e interesse, muito obrigada pela contribuição, é uma honra.

A minha mãe Rosa Maria, meu pai Luiz Ronaldo, meu irmão Érico Drummond e minha irmã Wanessa que me incentivam de todas as formas. Família, amo vocês.

A minha amiga Lorena Soares pelo incentivo e orgulho assim como sua mãe Lúcia.

A todas que me aguentaram por esses 4 anos e me ajudaram de todas as formas possíveis, Débora Gonçalves, Kaori Julia, Láisa Nascimento, Luanna Alexia (mais diretamente) e Paula dos Reis, em ordem alfabética que não tem problema!

Aos meus colegas e amigos de curso, Diogo Pereira, Maria Rosa, Bárbara Guedes, Jéssika Vieira, Eliel Andrade, Gabi Ferreira, André Moreira, Joice Paz, Jair Farias (meu exemplo de coletor apaixonado) e todos aqueles que de alguma forma me ajudaram no processo.

Ao meu amigo André Ribeiro que me ensinou muito sobre citogenética.

Aos meus irmãos de vida Luiz Dantas, Jean Peverari e Airton Moreira.

A espiritualidade irmã e mentores espirituais que estão sempre ao meu lado me intuindo.

ORGANIZAÇÃO GERAL DO TEXTO

A apresentação do texto é em formato de capítulos que correspondem aos artigos a serem submetidos ou já submetidos para publicação.

RESUMO

Os processos da vida que ocorrem em escalas espaciais incluem, dentre outros, especiação, extinção e mudanças de amplitude de distribuição geográfica. Nesse estudo abordamos alguns fatores ecológicos e ambientais que afetam a amplitude de distribuição de espécies vegetais no bioma Cerrado. No Capítulo 1 realizamos contagens cromossômicas em 12 espécies endêmicas restritas do Cerrado para preencher lacunas no conhecimento citológico. Os números cromossômicos inéditos encontrados foram: *Cuphea cunninghamiifolia* $2n=16$, *Diplusodon adpressipilus*, e *D. leucocalycinus* e *D. rosmarinifolius* $2n=30$, *Eremanthus veadeiroensis* $2n = 34$, *Manihot appanii* e *M. purpureocostata* $2n=36$, *Myrcia rhodosepala* e *Psidium ratterianum* $2n=22$, *Mimosa venatorum* $2n=26$, *Oocephalus grazielae* e *O. niveus* $2n=28$. Os números aqui registrados são os primeiros documentados para todas essas espécies e estão de acordo com as contagens registradas anteriormente para os gêneros ou tribos. A contagem para *Psidium ratterianum* ($2n = 22$), sugerindo diploidia, é rara, porém não desconhecida neste gênero predominantemente poliploide. Estas contagens cromossômicas são importantes para entender relações taxonômicas e evolutivas dentro desses grupos, que incluem desde espécies amplamente distribuídas até espécies endêmicas restritas e frequentemente ameaçadas. No Capítulo 2 analisamos como aspectos citogenéticos estão associados a amplitude de distribuição geográfica no Cerrado. Inicialmente, investigamos as variações no nível de ploidia de algumas Angiospermas do bioma Cerrado em relação à distribuição geográfica (adotando as 4 categorias de distribuição global do sistema Star de W. Hawthorne). No sistema Star de W. Hawthorne as espécies são alocada a uma dentre quatro categorias — Star *black*, *gold*, *blue* ou *green* — com base em uma avaliação de seu alcance global; o tamanho do intervalo é medido como o número de quadrados de graus ocupados pela espécie, com a origem da grade quadricular de graus na intersecção paralelo-meridiano. Também caracterizamos a forma de vida e o tipo de dispersão e a resposta da distribuição geográfica em função dessas três variáveis. Para verificar se as categorias de distribuição star (*black*, *gold*, *blue* e *green*) podem ser separadas (discriminadas) pela forma de vida, dispersão e pela ploidia realizamos uma análise de Regressão Logística Binária. Os resultados mostraram que espécies endêmicas restritas estão associadas significativamente a diploidia e que a proporção relativa de poliploides aumentou com a ampliação da distribuição geográfica. Houve uma correlação positiva entre a poliploidia e a forma de vida, sendo que as espécies cuja forma de vida se encaixa como erva/subarbusto apresentaram a maior porcentagem de poliploides. O modelo de

Regressão Logística Binária baseada na amostra utilizada neste estudo de espécies do Cerrado que contém contagem cromossômica mostrou que a forma de vida, o nível de ploidia e a forma de dispersão são possíveis previsores para a distribuição geográfica das espécies no Cerrado. Também mostrou que há um aumento de chances de as espécies serem poliploides, terem a forma de dispersão zoocórica e a forma de vida trepadeira a medida em que a amplitude de distribuição geográfica aumenta. Nossos dados, portanto, suportam a associação postulada numa escala global mas pouco refinada sobre o aumento da distribuição geográfica de uma espécie ser influenciada pela sua citogenética. No Capítulo 3 investigamos se traços funcionais, representados pelo investimento em flores e frutos, diferem entre congêneres filogeneticamente próximos sendo uma endêmica restrita e outra de ampla distribuição no bioma Cerrado. Realizamos comparações de características ecológicas funcionais, representadas pelo investimento em floração e em frutificação em 10 pares congêneros de origem recente pertencentes aos gêneros *Eremanthus* (Asteraceae), *Trichogonia* (Asteraceae), *Manihot* (Euphorbiaceae), *Mimosa* (Fabaceae), *Oocephalus* (Lamiaceae), *Cuphea* (Lythraceae), *Diplusodon* (Lythraceae) e *Myrcia* (Myrtaceae). Duas populações por espécie foram amostradas para características funcionais reprodutivas. A distribuição dos dados foi visualizada usando GLM (Modelo Linear Generalizado) e populações congêneras testadas para diferença significativa usando testes T e, em seguida, Qui-quadrado como frequência esperada nos resultados significativamente diferentes. Os testes mostraram que nenhuma das duas populações coespecíficas diferiu significativamente uma da outra, então os resultados foram unidos. Endêmicas restritas não diferiram em altura de suas congêneres de distribuição ampla, mas diferiram significativamente na maioria de suas características funcionais reprodutivas. Endêmicas restritas investiram mais recursos na floração, produzindo flores mais pesadas (embora menos flores por planta) do que suas contrapartes generalizadas. Endemias estreitas também investiram mais recursos em frutos, produzindo menos frutos com sementes mais pesadas do que suas congêneres de distribuição ampla, embora não tenha sido detectada diferença significativa nas sementes produzidas por fruto. Os resultados mostraram que as espécies endêmicas diferiram significativamente de seus congêneres próximos amplamente distribuídos. As espécies endêmicas restritas parecem investir mais na floração, produzindo menos flores, porém mais pesadas que seus congêneres amplos e também parecem investir mais recursos na produção de frutos. As espécies endêmicas restritas produziram menos frutos e sementes mais pesadas que suas congêneres de ampla distribuição. Nenhuma variação significativa na quantidade de

sementes produzidas e na altura das plantas foi encontrada. É possível que o investimento em flores e frutos mais pesados, bem como sementes mais pesadas seja característica de algumas espécies endêmicas restritas do Cerrado, indicando que pode haver uma pressão seletiva do ambiente sobre essas espécies, tornando-as mais adaptadas e assim fazendo com que elas persistam localmente, diferente de seus congêneres amplos, com estratégias mais generalistas.

Palavras-chave: diploidia, poliploidia, endemismo, frequência, reprodução vegetal

ABSTRACT

Life processes that occur at distributional levels include speciation, extinction and changes in geographic distribution ranges. This study looks at a few of the ecological and environmental factors that affect the distributional range of plant species in the Cerrado biome. In Chapter 1 we performed chromosome counts for 12 narrow endemic species that occur only in Cerrado to fill knowledge gaps in cytological knowledge. The new chromosome counts found were: *Cuphea cunninghamiifolia* $2n=16$, *Diplusodon adpressipilus*, *D. leucocalycinus* and *D. rosmarinifolius* $2n=30$, *Eremanthus veadeiroensis* $2n = 34$, *Manihot appanii* and *M. purpureo-costata* $2n=36$, *Myrcia rhodosepala* and *Psidium ratterianum* $2n=22$, *Mimosa venatorum* $2n=26$, *Oocephalus grazielae* and *O. niveus* $2n=28$. The counts recorded were the first for these species and match numbers previously found in their respective genera. The count found for *Psidium ratterianum* ($2n = 22$), suggesting diploidy, is rare but not unknown in this predominantly polyploid genus. These chromosome counts are important to understand the taxonomic and evolutionary relationships within groups that include both widespread and restricted, narrow-endemic and often threatened species. In Chapter 2 we analysed how cytogenetic characteristics relate to geographic distribution in the Cerrado Biome. We first investigated variation in levels of ploidy in Angiosperms of the Cerrado Biome to geographic distribution (adopting the four categories in W. Hawthorne's star system). In this system, species are classified into four categories — *black*, *gold*, *blue* ou *green* star— based on an evaluation of their global distribution; this is measured as how many degrees square the species occupies, with the origin of the square at the intersection of equator parallels with meridians. We also categorized habit and mode of dispersal and evaluated the response of geographic distribution to the three variables combined and to verify if

the two upper and lower distributional categories can be separated (discriminated) by habit, dispersal mode and ploidy level through binary logistic regression. Results showed that narrow endemic species are significantly associated to diploidy, and that the proportion of polyploids increase as geographic distribution became wider. We also found a positive correlation between polyploidy and habit: species categorized as herbs/subshrubs had a significantly higher percentage of polyploids. Our results therefore support the postulated relationship on a global, but unrefined scale, that a species ability to expand its geographic distribution is strongly influenced by its cytogenetic characteristics, i.e., by polyploidy, and that this effect is more powerful than habit or mode of dispersal. The model of Binary Logistic Regression, based on the sample of Cerrado biome species used in this study (with chromosome counts) showed that life form, mode of dispersal, and level of ploidy are possible predictors of wideness of geographic distribution in the Cerrado. The binary logistic regression model showed that habit, mode of dispersal and ploidy level explain 70% of the geographic distribution in the Cerrado when two categories are adopted. It also showed that a species chance of being a polyploid, zoochoric and a climber increases as geographic distribution increases. In Chapter 3 we investigated if the reproductive functional traits, i.e., investment in flowers and fruits, differed between close congeners with wide and narrow distribution in the Cerrado biome. We compared investment in flowers and fruits between ten pairs of phylogenetically close congeners of recent origin within six Eudicotyledon families: Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae Lythraceae, and Myrtaceae. We compared functional ecological traits, represented by investment in flowering and fruiting in ten congeneric pairs of recent origin in *Eremanthus* (Asteraceae), *Trichogonia* (Asteraceae), *Manihot* (Euphorbiaceae), *Mimosa* (Fabaceae), *Oocephalus* (Lamiaceae), *Cuphea* (Lythraceae), *Diplusodon* (Lythraceae) e *Myrcia* (Myrtaceae). Two populations per species were sampled for reproductive functional traits. Data spread was visualized using GLM (General Linear Model), and congeneric populations tested for significant difference using T-tests and then Chi-square as expected frequency on the significantly different results. Tests showed that none of the two conspecific populations differed significantly from each other, so results were united. Narrow endemics did not differ in height from their widespread counterparts, but differed significantly in most of their reproductive functional traits. Narrow endemics invested more resources in flowering, producing heavier flowers (albeit less flowers per plant) than their widespread counterparts. Narrow endemics also invested more resources in fruits, producing less

fruits with heavier seeds than their widespread counterparts, although no significant difference in seeds produced per fruit was detected. The higher investment in reproductive functional traits suggest that narrow-endemic Cerrado species are edaphic neo-endemics that survive by investing in specialization and persistence in localized stressful environments, rather than range expansion by diversification. It is possible that the investment in heavier flowers and fruits, as well as in heavier seeds, are characteristic of at least some species of Cerrado neoendemics. There may be selective pressure by the environment on these species, making them better adapted to persist locally, as opposed to their widespread congeners that have a more generalist strategy.

Keywords: diploidy, polyploidy, endemism, frequency, plant reproduction

SUMÁRIO

ORGANIZAÇÃO GERAL DO TEXTO _____	6
RESUMO _____	7
ABSTRACT _____	9
LISTA DE TABELAS _____	13
LISTA DE FIGURAS _____	15
INTRODUÇÃO GERAL _____	16
OBJETIVOS _____	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	18
CAPÍTULO 1 _____	26
Chromosome counts for 12 narrow-endemic <i>Cerrado</i> species (four of which are in Brazil's Red List of Endangered Plant Species) from six angiosperm families. _____	26
CAPÍTULO 2 _____	37
Associação do nível de ploidia às variáveis de distribuição geográfica no Cerrado ____	37
CAPÍTULO 3 _____	63
Estudo comparativo da estratégia reprodutiva em pares de espécies endêmicas e seus congêneres de distribuição ampla no Cerrado. _____	63
REFERÊNCIAS _____	85
MATERIAL SUPLEMENTAR _____	92

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1 Proporção de espécies quanto a sua categoria de distribuição geográfica e nível de ploidia no Cerrado. GN= Green; BU= Blue; GD= Gold; BK= Black_____	45
Tabela 2 Proporção de diploides, poliploides e categorias de distribuição geográfica e espécies do Cerrado_____	47
Tabela 3 Relação da porcentagem do status de ploidia com a diversificação taxonômica nas quatro famílias com mais registro na amostra e pertencentes as duas categorias de distribuição ampla _____	48
Tabela 4 Porcentagem do status de ploidia com a forma de vida nas espécies de distribuição ampla nas quatro famílias com mais registro na amostra. As maiores porcentagens estão em negrito _____	49
Tabela 5 Resumo da regressão logística binária (para as categorias amplas e restritas). *Coeficientes de regressão significantes ($P < 0.05$)_____	50
Tabela 6 Resumo da regressão logística binária, efeitos específicos (para as categorias amplas e restritas). *Coeficientes de regressão significantes ($P < 0.05$)_____	50
Tabela 7. Resumo da regressão logística binária (das categorias regional (BU) e inferiores (BK+GD)*Coeficientes de regressão significantes ($P < 0.05$) _____	52
Tabela 8 Resumo da regressão logística binária, efeitos específicos (Modelo 2) *Coeficientes de regressão significantes ($P < 0,05$)_____	52

CAPÍTULO 3

Tabela 1 Relações filogenéticas dos pares analisados _____	67
Tabela 2. Lista de espécies analisadas por família, distribuição e tipo de vegetação, idade, número cromossômico e perfil ecológico _____	69
Tabela 3 <i>P-values</i> da análise teste T _____	77
Tabela 4 Frequência encontrada para cada característica analisada na floração e frutificação_____	79

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 1 <i>Oocephalus niveus</i> (END) x <i>Oocephalus grazielae</i> (AMP)	101
Tabela 2 <i>Oocephalus niveus</i> (END) x <i>Oocephalus grazielae</i> (AMP)	102
Tabela 3 <i>Mimosa venatorum</i> (END) x <i>Mimosa skinneri</i> (AMP)	103
Tabela 4 <i>Mimosa venatorum</i> (END) x <i>Mimosa skinneri</i> (AMP)	104
Tabela 5 <i>Myrcia rhodosepala</i> (END) x <i>Myrcia tomentosa</i> (AMP)	105
Tabela 6 <i>Myrcia rhodosepala</i> (END) x <i>Myrcia tomentosa</i> (AMP)	106
Tabela 7 <i>Manihot purpureo-costata</i> (END) x <i>Manihot violácea</i> (AMP)	107
Tabela 8 <i>Manihot purpureo-costata</i> (END) x <i>Manihot violacea</i> (AMP)	108
Tabela 9 <i>Mimosa heringeri</i> (END) x <i>Mimosa clausenii</i> (AMP)	109
Tabela 10 <i>Mimosa heringeri</i> (END) x <i>Mimosa clausenii</i> (AMP)	111
Tabela 11 <i>Manihot appanii</i> (END) x <i>Manihot divergens</i> (AMP)	112
Tabela 12 <i>Manihot appanii</i> (END) x <i>Manihot divergens</i> (AMP)	113
Tabela 13 <i>Eremanthus veadeiroensis</i> (END) x <i>Eremanthus glomerulatus</i> (AMP)	114
Tabela 14 <i>Eremanthus veadeiroensis</i> (END) x <i>Eremanthus glomerulatus</i> (AMP)	115
Tabela 15 <i>Diplusodon leucocalycinus</i> (END) x <i>Diplusodon oblongus</i> (AMP)	116
Tabela 16 <i>Diplusodon leucocalycinus</i> (END) x <i>Diplusodon oblongus</i> (AMP)	117
Tabela 17 <i>Cuphea cunninghamiiifolia</i> (END) x <i>Cuphea micranta</i> (AMP)	118
Tabela 18 <i>Cuphea cunninghamiiifolia</i> (END) x <i>Cuphea 14icranta</i> (AMP)	119
Tabela 19 <i>Trichogonia prancei</i> (END) x <i>Trichogonia salviifolia</i> (AMP)	120
Tabela 20 <i>Trichogonia prancei</i> (END) x <i>Trichogonia salviifolia</i> (AMP)	122

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Fig. 1. A, *Eremanthus veadeiroensis* ($2n = 34$); B, *Manihot appanii* ($2n = 36$); C, *Manihot purpureocostata* ($2n = 36$); D, *Mimosa venatorum* ($2n = 26$); E, *Oocephalus grazielae* ($2n = 28$). F, *Oocephalus niveus* ($2n = 28$)_____34

Fig. 2. A, *Cuphea cunninghamiifolia* ($2n = 16$); B, *Diplusodon adpressipilus* ($2n = 30$); C, *Diplusodon leucocalycinus* ($2n = 30$); D, *Diplusodon rosmarinifolius* ($2n = 30$); E, *Myrcia rhodosepala* ($2n = 22$); F, *Psidium ratterianum* ($2n = 22$)_____35

CAPÍTULO 2

Figura 1 Frequência (%) de diploides e poliploides no Cerrado por categoria (distribuição) Star_____45

Figura 2 Frequência (%) de diploides e poliploide por categorias star associadas de acordo com amplitude de distribuição geográfica, superiores (GN + BU) e inferiores (GD +BK)_____48

Figura 3 Relação entre porcentagem de poliploides e valor médio de graus quadrados ocupados_____48

Figura 4 Curva ROC para validação do modelo 1_____51

Figura 5 Curva ROC para validação do modelo 2_____53

MATERIAL SUPLEMENTAR

Figura 1 Diferenças no número total de flores por indivíduo_____92

Figura 2 Diferenças no número total de flores por indivíduo_____93

Figura 3 Diferenças no custo da flor seca_____94

Figura 4 Diferenças no custo da flor seca_____95

Figura 5 Diferenças no peso médio seco dos frutos em mg_____96

Figura 6 Diferenças no peso médio seco dos frutos em mg_____97

Figura 7 Diferenças no número total de frutos por indivíduo_____98

Figura 8 Diferenças no número total de frutos por indivíduo_____99

Figura 9 Diferenças no peso seco da semente em mg_____100

INTRODUÇÃO GERAL

Endemismo é um conceito referente ao alcance geográfico dos táxons, um táxon é considerado endêmico se limitado a uma área específica por razões históricas, ecológicas ou fisiológicas (Major 1988, Hobohm 2014). Em grande escala, endemismo e raridade global são conceitos intimamente relacionados, uma espécie geralmente é considerada rara quando seus representantes estão confinados a uma pequena área (área de ocorrência restrita), quando ocorrem sob condições específicas (área de ocupação restrita) e/ou quando são escassos ao longo de sua distribuição (baixa densidade) (Kruckeberg and Rabinowitz 1985a).

Uma categoria de endemismo foi introduzida por Kruckenberg e Rabinowitz (1985b) denominada endemismo edáfico, que reflete adaptações fisiológicas de plantas que permitem a colonização, estabelecimento e crescimento em solos com poucos nutrientes que não suportam outras espécies. No conceito de endemismo edáfico (Shaw 1989; Kruckenberg 2002) uma espécie vegetal permanece fiel a um substrato específico ao longo de sua distribuição.

As características climáticas das montanhas (Hoorn et al. 2018; Körner 2004) podem desempenhar um papel fundamental na geração e manutenção de seus níveis extraordinários de diversidade de espécies e provavelmente são responsáveis pela maioria dos padrões de riqueza de espécies (Rahbek et al. 2019). Os regimes climáticos das montanhas tropicais podem favorecer especializações fisiológicas que atuam como barreiras efetivas de dispersão, resultando em tamanhos de faixa de altitude relativamente menores (Janzen 1967). Este efeito, combinado com o complexo mosaico de microclimas de montanha, cria uma distribuição desigual de habitats adequados que podem ser isolados uns dos outros, mesmo em estreita proximidade geográfica (Rahbek et al. 2019). Este isolamento poderia potencialmente reduzir a troca de propágulos e, assim, aumentar as oportunidades de especiação em alopatria (Rahbek et al. 2019).

Dentro do bioma Cerrado, os campos rupestres representam áreas com alto endemismo e funcionam biogeograficamente como ilhas isoladas (Alves and Kolbek 1994; Simon and Proença 2000; Caiafa, A.N; Silva 2005; Mucina 2018). Em geral, os campos rupestres ocorrem principalmente acima de 900 m de altitude, estando associados principalmente a afloramentos de quartzito, arenito, minério de ferro (Alves and Kolbek 1994; Simon & Proença 2000; Caiafa, A.N; Silva 2005; Mucina 2018). A fertilidade e a

acidez do solo são listadas como fatores potenciais que influenciam os padrões de distribuição das espécies no Cerrado (Cruz Ruggiero et al. 2002; Amorim and Batalha 2007; Staver et al. 2011; Franco et al. 2014).

O regime climático de campo rupestre consiste em invernos marcadamente secos e verões úmidos (Silveira et al. 2015). Uma característica marcante do campo rupestre é a diversidade de ambientes, de solo e mosaicos de vegetação associados, em grande parte determinados pela topografia local e aspectos microambientais (Silveira et al. 2015). A alta riqueza florística do campo rupestre é favorecida por uma ampla faixa altitudinal e latitudinal, com influência de três biomas adjacentes, alta diversidade de solos, heterogeneidade de habitats e isolamento entre ilhas de vegetação (Giulietti et al. 1997).

A poliploidia é considerada um dos mecanismos adaptativos e evolutivos mais importantes em plantas e é provavelmente a alteração citogenética mais importante na especiação e evolução vegetal (Stebbins 1971, Briggs & Walters 1997). Organismos poliploides têm múltiplos conjuntos de cromossomos como resultado da duplicação do genoma inteiro (WGD – whole genome duplication), que pode ser causada, por exemplo, por divisão celular anormal (Van De Peer et al. 2017).

Altos números de cromossomos nas plantas estão ligados a uma maior variação genética devido ao aumento da recombinação e o maior número de alelos, possivelmente implicando em espécies capazes de sobreviver a mudanças nas condições ambientais, também apresentam uma distribuição geográfica mais extensa e maior amplitude ecológica em relação aos parentais diploides (Hamrick et al. 1979; Peruzzi et al. 2014). Em contraste, as espécies endêmicas mostram baixos níveis de variabilidade genética (Gitzendanner and Soltis 2000).

Para entender que fatores influenciam os padrões de distribuição geográfica das espécies, uma série de estudos sugerem que espécies endêmicas restritas possivelmente ocupam habitats marginais (Drury 1974; Kruckeberg and Rabinowitz 1985b; Hodgson 1986; Lavergne et al. 2004) e podem apresentar adaptações para condições estressantes, que resultam em baixa capacidade competitiva (Walck et al. 1999), baixa capacidade de dispersão (Fiedler 1987, Hanski & Gilpin 1997) e um sistema de reprodução dominado por autofecundação (Karron 1987; Kunin and Shmida 1997; Lavergne et al. 2004) (Karron 1987, Kunin & Schmida 1997, Lavergne et al. 2004).

OBJETIVOS

Os principais objetivos do estudo foram (1): realizar contagens cromossômicas de espécies endêmicas restritas de famílias botânicas com alta porcentagem de endemismo no Cerrado, para preencher lacunas de contagens; (2): verificar se espécies endêmicas restritas do Cerrado estão associadas com maior frequência à diploidia; (3): verificar se há uma variação consistente nos traços reprodutivos de algumas espécies endêmicas restritas em comparação com congêneres de distribuição mais ampla, que se expressa em grupos taxonomicamente distantes

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alencar A, Shimbo JZ, Lenti F, et al (2020) Mapping three decades of changes in the brazilian savanna native vegetation using landsat data processed in the google earth engine platform. *Remote Sens* 12: <https://doi.org/10.3390/rs12060924>

Alves RJV, Kolbek J (1994) Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. *Vegetatio* 113:125–139. <https://doi.org/10.1007/BF00044230>

Amaral AG, Bijos NR, Moser P, Munhoz CBR (2022) Spatially structured soil properties and climate explain distribution patterns of herbaceous-shrub species in the Cerrado. *Plant Ecol* 223:85–97. <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01193-7>

Amorim PK, Batalha MA (2007) Soil-vegetation relationships in hyperseasonal cerrado, seasonal cerrado, and wet grassland in Emas National Park (central Brazil). *Acta Oecologica* 32:319–327. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2007.06.003>

Batalha MA, Mantovani W (2000) Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Rev Bras Biol* 60:129–145. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082000000100016>

Beard JS, Chapman AR, Gioia P (2000) Species richness and endemism in the Western Australian flora. *J Biogeogr* 27:1257–1268. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00509.x>

Behroozian M, Ejtehadi H, Memariani F, et al (2020) Are endemic species necessarily ecological specialists? Functional variability and niche differentiation of two

threatened *Dianthus* species in the montane steppes of northeastern Iran. *Sci Rep* 10:1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68618-7>

Briggs D & Walters SM (1997) *Plant Variation and Evolution* (3rd Edn.). Cambridge University Press, Cambridge.

Bueno ML, Dexter KG, Pennington RT, et al (2018) The environmental triangle of the Cerrado Domain: Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas. *J Ecol* 106:2109–2120. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12969>

Buisson E, Le Stradic S, Silveira FAO, et al (2019) Resilience and restoration of tropical and subtropical grasslands, savannas, and grassy woodlands. *Biol Rev* 94:590–609. <https://doi.org/10.1111/brv.12470>

Caiafa, A.N; Silva A. (2005) Composição florística e espectro biológico de um Campo de Altitude no PESB, Minas Gerais. *Inst Pesqui Jard Botânico do Rio Janeiro* 56:163–173

Cavallin EKS, Munhoz CBR, Harris SA, et al (2016) Influence of biological and Social-Historical variables on the time taken to describe an angiosperm. *Am J Bot* 103:2000–2012. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600120>

Cruz Ruggiero PG, Batalha MA, Pivello VR, Meirelles ST (2002) Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecol* 160:1–16. <https://doi.org/10.1023/A:1015819219386>

Dar MA, Wani GA, Reshi ZA, et al (2020) Stage-specific ploidy level variations in invasive species in comparison to rare endemics in Kashmir Himalaya. *Flora Morphol Distrib Funct Ecol Plants* 262:151525. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151525>

Dar TUH, Rehman RU (2017) Polyploidy: Recent trends and future perspectives
Drury WH (1974) Rare species. *Biol Conserv* 6:162–169. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(74\)90061-5](https://doi.org/10.1016/0006-3207(74)90061-5)

Fiedler P (1987) Life History and Population Dynamics of Rare and Common Mariposa Lilies (Liliaceae). *J Ecol* 75: 977-995.

Franco AC, Rossatto DR, de Carvalho Ramos Silva L, da Silva Ferreira C (2014) Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO₂ levels and climate warming. *Theor Exp Plant Physiol* 26:19–38. <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0002-6>

Françoso RD, Dexter KG, Machado RB, et al (2020) Delimiting floristic biogeographic districts in the Cerrado and assessing their conservation status. *Biodivers Conserv* 29:1477–1500. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01819-3>

Gianoli E (2004) Evolution of a climbing habit promotes diversification in flowering plants. *Proc R Soc B Biol Sci* 271:2011–2015. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2827>

Gitzendanner MA, Soltis PS (2000) Patterns of genetic variation in rare and widespread plant congeners. *Am J Bot* 87:783–792. <https://doi.org/10.2307/2656886>

Giulietti AM, Pirani JR, Harley RM (1997) Espinhaço Range region, eastern Brazil. In: Davis SD, Heywood VH, Herrera-Macbryde O, Villa-Lobos J, Hamilton AC (eds) *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. IUCN Publication Unit, Cambridge, pp 397–404.

Griggs RF (1940) The Ecology of Rare Plants. *Bull Torrey Bot Club* 67:575. <https://doi.org/10.2307/2481578>

Hamilton JA, Miller JM (2016) Adaptive introgression as a resource for management and genetic conservation in a changing climate. *Conserv Biol* 30:33–41. <https://doi.org/10.1111/cobi.12574>

Hamrick J, Linhart Yan, Mitton J (1979) Relationships Between Life History Characteristics. *Annu Rev Ecol Syst* 10:173–200

Hanski I, Gilpin ME (1997) *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. Academic press, San Diego.

Hegarty MJ, Hiscock SJ (2008) Genomic Clues to the Evolutionary Success of Polyploid Plants. *Curr Biol* 18:435–444. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.03.043>

Hobohm C (2014) *Endemism in Vascular Plants*

Hodgson JG (1986) Commonness and rarity in plants with special reference to the Sheffield flora part III: Taxonomic and evolutionary aspects. *Biol Conserv* 36:275–296. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(86\)90054-6](https://doi.org/10.1016/0006-3207(86)90054-6)

Hoffmann WA (1996) The Effects of Fire and Cover on Seedling Establishment in a Neotropical Savanna. *J Ecol* 84:383. <https://doi.org/10.2307/2261200>

Hoorn C, Perrigo A, Antonelli A CO. 1–14

Janzen DH (1967) Why mountain passes are higher in the tropics * This paper is designed to draw attention to the relation between tropical climatic uniformity at a given site and the effectiveness of topographic riers adjacent to the site in preventing movements of plants. 101:233–249

- José O, Ribeiro F (2016) Tese dispersão cerrado
- Karron JD (1987) A comparison of levels of genetic polymorphism and self-compatibility in geographically restricted and widespread plant congeners. *Evol Ecol* 1:47–58. <https://doi.org/10.1007/BF02067268>
- Körner C (2004) Mountain biodiversity, its causes and function. *Ambio* 33:11–17. <https://doi.org/10.1007/0044-7447-33.sp13.11>
- Kruckeberg AR, Rabinowitz D (1985a) Biological Aspects of Endemism in Higher Plants. *Annu Rev Ecol Syst* 16:447–479. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.16.110185.002311>
- Kruckeberg AR, Rabinowitz D (1985b) Biological Aspects of Endemism in Higher Plants Published by : Annual Reviews Linked references are available on JSTOR for this article : BIOLOGICAL ASPECTS OF. *Annu Rev Ecol Syst* 16:447–479
- Kuhlmann M, Ribeiro JF (2016) Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: Ecological and phylogenetic considerations. *Acta Bot Brasilica* 30:271–282. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0331>
- Kunin WE, Shmida A (1997) Plant Reproductive Traits as a Function of Local, Regional, and Global Abundance. *Características Reproductivas de Plantas en Funcion de la Abundancia Local, Regional y Global. Conserv Biol* 11:183–192. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1997.95469.x>
- Lavergne S, Thompson JD, Garnier E, Debussche M (2004) The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: A comparative study of trait variation in 20 congeneric pairs. *Oikos* 107:505–518. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13423.x>
- Leitch AR, Leitch IJ (2008) Genomic plasticity and the diversity of polyploid plants. *Science (80-)* 320:481–483. <https://doi.org/10.1126/science.1153585>
- Lowry E, Lester SE (2006) The biogeography of plant reproduction: Potential determinants of species' range sizes. *J Biogeogr* 33:1975–1982. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01562.x>
- Lunardon N, Menardi G, Torelli N (2014) ROSE: A package for binary imbalanced learning. *R J* 6:79–89. <https://doi.org/10.32614/rj-2014-008>
- Madlung A (2013) Polyploidy and its effect on evolutionary success: old questions revisited with new tools. *Heredity (Edinb)* 110:99–104. <https://doi.org/10.1038/hdy.2012.79>

Marshall CAM, Wieringa JJ, Hawthorne WD (2016) Bioquality Hotspots in the Tropical African Flora. *Curr Biol* 26:3214–3219. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.09.045>

Moura RF, Queiroga D, Vilela E, Moraes AP (2021) Polyploidy and high environmental tolerance increase the invasive success of plants. *J Plant Res* 134:105–114. <https://doi.org/10.1007/s10265-020-01236-6>

Mucina L (2018) Vegetation of Brazilian campos rupestres on siliceous substrates and their global analogues. *Flora Morphol Distrib Funct Ecol Plants* 238:11–23. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.06.007>

Pandit MK (2006) Continuing the search for pattern among rare plants: Are diploid species more likely to be rare? *Evol Ecol Res* 8:543–552.

Pandit MK, Pockock MJO, Kunin WE (2011) Ploidy influences rarity and invasiveness in plants. *J Ecol* 99:1108–1115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01838.x>

Parisod C, Broennimann O (2016) Towards unified hypotheses of the impact of polyploidy on ecological niches. *New Phytol* 212:540–542. <https://doi.org/10.1111/nph.14133>

Peruzzi L, Caparelli KF, Bedini G (2014) A new index for the quantification of chromosome number variation: An application to selected animal and plant groups. *J Theor Biol* 353:55–60. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2014.03.012>

Pfennig KS, Kelly AL, Pierce AA (2016) Hybridization as a facilitator of species range expansion. *Proceedings Biol Sci* 283:. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1329>

Rahbek C, Borregaard MK, Colwell RK, et al (2019) Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity? *Science* 365:1108–1113. <https://doi.org/10.1126/science.aax0149>

Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S (1997) The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot* 80:223–230. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>

Rice A, Glick L, Abadi S, et al (2015) The Chromosome Counts Database (CCDB) - a community resource of plant chromosome numbers. *New Phytol* 206:19–26. <https://doi.org/10.1111/nph.13191>

Rice A, Šmarda P, Novosolov M, et al (2019) The global biogeography of polyploid plants. *Nat Ecol Evol* 3:265–273. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0787-9>

Ricklefs RE, Renner SS (1994) Species richness within families of flowering plants. *Evolution* (NY) 48:1619–1636. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1994.tb02200.x>

Rieseberg LH, Kim SC, Randell RA, et al (2007) Hybridization and the colonization of novel habitats by annual sunflowers. *Genetica* 129:149–165. <https://doi.org/10.1007/s10709-006-9011-y>

Silveira FAO, Negreiros D, Barbosa NPU, et al (2015) Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>

Simon MF, Proença C (2000) Phylogeographic patterns of *Mimosa* (Mimosoideae, Leguminosae) in the Cerrado biome of Brazil: An indicator genus of high-altitude centers of endemism? *Biol Conserv* 96:279–296. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00085-9)

Soltis DE, Buggs RJA, Doyle JJ, Soltis PS (2010) What we still don't know about polyploidy. *Taxon* 59:1387–1403. <https://doi.org/10.1002/tax.595006>

Song Y, Endepols S, Klemann N, et al (2011) Adaptive introgression of anticoagulant rodent poison resistance by hybridization between old world mice. *Curr Biol* 21:1296–1301. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.06.043>

Staver AC, Archibald S, Levin SA (2011) The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states. *Science* (80-) 334:230–232. <https://doi.org/10.1126/science.1210465>

Stebbins GL (1971) *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. Edward Arnold, London.

Stelkens RB, Brockhurst MA, Hurst GDD, Greig D (2014) Hybridization facilitates evolutionary rescue. *Evol Appl* 7:1209–1217. <https://doi.org/10.1111/eva.12214>

Te Beest M, Le Roux JJ, Richardson DM, et al (2012) The more the better? The role of polyploidy in facilitating plant invasions. *Ann Bot* 109:19–45. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr277>

Thompson JN, Merg KF (2008) Evolution of polyploidy and the diversification of plant pollinator interactions. *Ecology* 89:2197–2206. <https://doi.org/10.1890/07-1432.1>

Thompson JN, Nuismer SL, Merg K (2004) Plant polyploidy and the evolutionary ecology of plant/animal interactions. *Biol J Linn Soc* 82:511–519. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00338.x>

Treier UA, Broennimann O, Normand S, et al (2009) Shift in cytotype frequency and niche space in the invasive plant *Centaurea maculosa*. *Ecology* 90:1366–1377. <https://doi.org/10.1890/08-0420.1>

Van De Peer Y, Mizrachi E, Marchal K (2017) The evolutionary significance of polyploidy. *Nat Rev Genet* 18:411–424. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.26>

van der Pijl L (1969) *Principles of Dispersal in Higher Plants*

VIEIRA DLM, AQUINO FG, BRITO MA, et al (2002) Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em cerrado sensu stricto do Brasil Central e savanas amazônicas. *Rev Bras Botânica* 25:215–220. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042002000200009>

Walck JL, Baskin JM, Baskin CC (1999) Relative competitive abilities and growth characteristics of a narrowly endemic and a geographically widespread *Solidago* species (Asteraceae). *Am J Bot* 86:820–828. <https://doi.org/10.2307/2656703>

Wani GA, Shah MA, Reshi ZA, Dar MA (2018) Polyploidy determines the stage of invasion: Clues from Kashmir Himalayan aquatic flora. *Acta Physiol Plant* 40:1–12. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2629-4>

Artigo publicado

Periódico *Taxon*

Qualis CAPES na Área de Biodiversidade: A2

Fator de Impacto (JCR 2020): 2.338

CAPÍTULO 1

Chromosome counts for 12 narrow-endemic *Cerrado* species (four of which are in Brazil's Red List of Endangered Plant Species) from six angiosperm families.

IAPT chromosome data 35 – Extended version

IAPT chromosome data 35/1

Andressa Dantas da Silveira,* André Rodolfo de Oliveira Ribeiro & Carolyn E.B. Proença

* Address for correspondence: *andressadantass2@gmail.com*

Authors acknowledge the academic, scientific and technical support from Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília, a doctoral grant from Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (finance code 001) to the first author, and financial support from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq (Project “História filogenética e fatores bióticos associados ao endemismo restrito em Angiospermas do Cerrado”/428673/2016-3) to the last author.

* First chromosome count for the species.

ASTERACEAE

Eremanthus veadeiroensis H.Rob.

* $2n = 34$, CHN. Brazil, Goiás, Chapada dos Veadeiros, 13°58'19.0"S, 47°29'17.0"W, Jul 2019, A.D. Silveira 49 (UB) [Fig. 1A].

EUPHORBIACEAE

Manihot appanii M.J.Silva

* $2n = 36$, CHN. Brazil, Goiás, Chapada dos Veadeiros, 14°07'59.2"S, 47°32'20.0"W, Dec 2019, A.D. Silveira 81 (UB) [Fig. 1B].

Manihot purpureocostata Pohl

*2n = 36, CHN. Brazil, Goiás, Chapada dos Veadeiros, 14°09'52.8"S, 47°47'24.4"W, Dec 2019, A.D. *Silveira* 92 (UB) [Fig. 1C].

FABACEAE

Mimosa venatorum Barneby

*2n = 26, CHN. Brazil, Goiás, Chapada dos Veadeiros, 14°09'30.3"S, 47°35'44.6"W, Jun 2019, A.D. *Silveira* 40 (UB) [Fig. 1D].

LAMIACEAE

Oocephalus grazielae Harley

*2n = 28, CHN. Brazil, Distrito Federal, Brasília, Jardim Botânico de Brasília, 15°52'45.2"S, 47°49'44.1"W, May 2019, A.D. *Silveira* 43 (UB) [Fig. 1E].

Oocephalus niveus (Epling) Harley & J.F.B.Pastore

*2n = 28, CHN. Brazil, Goiás, Alto Paraíso, Chapada dos Veadeiros, 14°07'59.2"S, 47°32'20.0"W, Sep 2019, A.D. *Silveira* 61 (UB) [Fig. 1F]. IUCN Status EN B1ab (i,ii,iii,v) + 2ab (i,ii,iii,v).

LYTHRACEAE

Cuphea cunninghamiifolia T.B.Cavalc.

*2n = 16, CHN. Brazil, Goiás, Teresina de Goiás, Poço Encantado, 13°52'27.9"S, 47°15'45.4"W, Sep 2019, A.D. *Silveira* 25 (UB) [Fig. 2A]. IUCN status EN B2ab (i,ii,iii).

Diplusodon adpressipilus Lourteig

*2n = 30, CHN. Brazil, Goiás, Chapada dos Veadeiros, 14°07'50.7"S, 47°41'14.8"W, Jul 2019, A.D. *Silveira* 46 (UB) [Fig. 2B]. IUCN status EN B1ab (i,ii,iii) + 2ab (i,ii,iii).

Diplusodon leucocalycinus Lourteig

*2n = 30, CHN. Brazil, Goiás, Cavalcante, 13°53'44.6"S, 47°21'33.9"W, May 2019, A.D. *Silveira* 37 (UB) [Fig. 2C]. IUCN status VU B1ab (i,ii,iii).

Diplusodon rosmarinifolius A.St.-Hil.

*2n = 30, CHN. Brazil, Distrito Federal, Brasília, Jardim Botânico de Brasília, 15°52'45.2"S, 47°49'44.1"W, May 2019, A.D. *Silveira* 44 (UB) [Fig. 2D]. IUCN status LC.

MYRTACEAE

Myrcia rhodosepala Kiaersk.

* $2n = 22$, CHN. Brazil, Distrito Federal, Brasília, Parque Ecológico Ermida Dom Bosco, 15°47'49.1"S, 47°48'27.8"W, Oct 2018, A.D. *Silveira 12* (UB) [Fig. 2E].

Psidium ratterianum Proença & Soares-Silva

* $2n = 22$, CHN. Brazil, Distrito Federal, Brasília, Jardim Botânico de Brasília, 15°52'33.6"S, 47°49'30.2"W, May 2019, A.D. *Silveira 67* (UB). [Fig. 2F].

The savannah of Central Brazil (Cerrado biome) comprises high species richness and endemism and is a global biodiversity hotspot (Myers & al., 2000). Our study includes first chromosome counts for 12 narrow-endemic Cerrado species (four of which are in Brazil's red list of endangered plant species) from six angiosperm families with high levels of narrow endemism (Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Lythraceae and Myrtaceae). Results are presented and discussed below in alphabetical order by family.

Eremanthus Less. (33 species; Asteraceae) is currently the second-largest genus in the Neotropical subtribe Lychnophorinae (Loeuille & al., 2019); 22 of its species are endemic to the Cerrado or Campo Rupestre vegetation of Central Brazil (Loeuille & al., 2015). The chromosome count found by us for *E. veadeiroensis* is $2n = 34$ (Fig. 1A); this count has been previously recorded for *E. erythropappus* (DC.) MacLeish (Salles de Melo & al., 2010). Four possible basic numbers ($x = 15, 17, 18$ or 19) have been suggested for *Eremanthus* (Turner & al., 1979; Jones, 1982; Mansanares & al., 2007; Watanabe & al., 2007).

Manihot Mill. (98 species; Euphorbiaceae) is a Neotropical genus (Rogers & Appan, 1973). Its primary centre of diversity (41 species in the Cerrado biome states of Goiás and Distrito Federal) is in Central Brazil (Duputié & al., 2011). The two species studied by us, *M. appanii* and *M. purpureocostata*, both had chromosome counts of $2n = 36$ (Fig. 2B,C). The chromosome number $2n = 36$ is apparently universal in the genus *Manihot* (Carvalho & Guerra, 2002).

Mimosa L. (530 species; Fabaceae) is a pantropical genus (Barneby, 1991; Simon & al., 2011). Central Brazil is the primary centre of diversity, with 74% of the species of the genus occurring there, of which about half are narrow endemics (Simon & Proença, 2000). The basic chromosome number of $x = 13$ has been proposed for *Mimosa* probably

derived by dysploidy from $x = 14$ that is prevalent in the Mimosoideae clade, now in subfamily Caesalpinioideae (Goldblatt, 1981; LPWG, 2017). Our count for *M. venatorum* was $2n = 26$ (Fig. 2D), suggesting diploidy.

Oocephalus (Benth.) Harley & J.F.B.Pastore (18 species; Lamiaceae) is a Neotropical genus belonging to the subtribe Hyptidinae (Harley & Pastore, 2012). It is endemic to Central Brazil, extending into montane areas of southeastern Brazil, such as the Espinhaço Mountain chain (Harley, 2015). In *O. niveus* and *O. graziellae*, we found $2n = 28$ (Fig. 1E, F) chromosomes for both species. Establishing the basic number in the Hyptidinae is not trivial: chromosome counts found were $2n = 32, 30, 28, 26, 20, 16$ and 12 (Pastore & al., 2011). Since the count $2n = 32$ chromosomes has been found in all the major Hyptidinae lineages, it has been tentatively suggested that these numbers have been derived from an ancient $2n = 32$ polyploid by aneuploidy (Harley & Heywood, 1992; Pastore & al., 2011).

Cuphea P.Browne (260 species; Lythraceae) is a Neotropical genus with one of its centres of diversity in the Cerrado biome and the other in Mexico (Graham & al., 2006). *Cuphea* is one of the most diverse genera of its family in chromosome numbers. Our count for *C. cunninghamiifolia* was $2n = 16$ (Fig. 2A), suggesting diploidy. The basic chromosome number of $x = 8$ has been suggested for *Cuphea* based on c. 49% of the species, although there is high diversity of chromosome numbers in the genus, which vary from $n = 6$ to c. 86 (Graham, 1989, 1992; Graham & Cavalcanti, 2001).

Diplusodon J.St.-Hil. (c. 103 species; Lythraceae) is a Neotropical genus almost endemic to the Cerrado biome and the second-largest genus of Lythraceae (Inglis & Cavalcanti, 2018). The counts found for *D. adpressipilus*, *D. leucocalycinus* and *D. rosmarinifolius* were all $2n = 30$ chromosomes (Fig. 2B–D), providing additional support to the pattern that this chromosome number is uniform in this genus. The only chromosome number recorded in the literature for *Diplusodon* until now is $n = 15$; this number may represent an ancient reduction from $n = 16$ (Graham & Cavalcanti, 2001).

Myrcia DC. (c. 800 species; Myrtaceae) is a widely distributed Neotropical genus (Lucas & al., 2018). Our count for *M. rhodosepala* was $2n = 22$ chromosomes (Fig. 2E), suggesting diploidy. In the Neotropical Myrtaceae, $2n = 22$ is highly conserved and has been recorded in all the Neotropical genera sampled, sometimes exclusively (Costa & al., 2008; Amorim, 2012). Forni-Martins & Martins (2000) reported the first chromosome counts for two species of *Myrcia*, both $2n = 22$. Fourteen species of *Myrcia* have now been sampled, and the chromosome number of $2n = 22$ has been recorded in 13 of them

(Costa & Forni-Martins, 2007; Costa & al., 2008; Amorim, 2012).

Psidium L. (c. 100 species; Myrtaceae) is a Neotropical genus with its centre of diversity in the Atlantic Forest of Brazil; 29 species occur in the Cerrado biome (Landrum & Proença, 2015; Tuler & al., 2020). Although (as stated above) in Myrtaceae $2n = 22$ chromosomes is highly conserved, *Psidium* has the highest rate of euploidy recorded in the family (Costa & Forni-Martins, 2006). Polyploids in *Psidium* are multiples of 11 or 22 ($2n = 22, 33, 44, 55, 66, 77, 88, 110$ and 132 ; Machado, 2016) that confirm the long-established basic chromosome number of $x = 11$ for Myrtaceae (Atchison, 1947; Raven, 1975). Our count for *P. ratterianum* was $2n = 22$ (Fig. 2F), suggesting diploidy, rare in this genus (Costa & Forni-Martins, 2006, 2007; Costa & al., 2008).

METHODS

Chromosome numbers were determined by methods described by Guerra & Souza (2002). The samples were obtained from the anthers of young inflorescences fixed in 3 : 1 (v/v) absolute ethanol and glacial acetic acid for 24 hours at room temperature, and then stored in 70% aqueous ethanol at 4°C. Cytological slides were prepared by crushing the anthers to disperse the cells and staining with a drop of 2% acetocarmine. At least 10 meiocytes with clear chromosome separation were examined. Slides were inspected until cells suitable for counting were found, and images were captured using a Leica DM750 microscope with an integrated camera using the Leica Application Suite (v.4.5) software.

LITERATURE CITED

- Amorim, B.S.** 2012. [Reports]. In: Marhold, K. (ed.), IAPT/IOPB chromosome data 14. *Taxon* 61: 1336, E1–E3. <https://doi.org/10.1002/tax.616027>
- Atchison, E.** 1947. Chromosome numbers in the Myrtaceae. *Amer. J. Bot.* 34: 159–164. <https://doi.org/10.2307/2437370>.
- Barneby, R.C.** 1991. *Sensitivae censitae: A description of the genus Mimosa Linnaeus (Mimosaceae) in the New World*. Memoirs of the New York Botanical Garden 65. Bronx, NY: The New York Botanical Garden Press.
- Carvalho, R. & Guerra, M.** 2002. Cytogenetics of *Manihot esculenta* Crantz (cassava) and eight related species. *Hereditas* 136: 159–168. <https://doi.org/10.1034/j.1601-5223.2002.1360212.x>
- Costa, I.R. & Forni-Martins, E.R.** 2006. Chromosome studies in *Campomanesia* Ruiz

- & Pávon and *Psidium* L. (Myrtaceae Juss.) from southeastern Brazil. *Caryologia* 59: 7–13. <https://doi.org/10.1080/00087114.2006.10797891>
- Costa, I.R. & Forni-Martins, E.R.** 2007. Chromosome studies in *Gomidesia*, *Marlierea*, *Myrceugenia* and *Myrcia* (Myrtaceae, subtribe Myrciinae). *Kew Bull.* 62: 113–118.
- Costa, I.R., Dornelas, M.C. & Forni-Martins, E.R.** 2008. Nuclear genome size variation in fleshy-fruited Neotropical Myrtaceae. *Pl. Syst. Evol.* 276: 209–217. <https://doi.org/10.1007/s00606-008-0088-x>
- Duputié, A., Salick, J. & McKey, D.** 2011. Evolutionary biogeography of *Manihot* (Euphorbiaceae), a rapidly radiating Neotropical genus restricted to dry environments. *J. Biogeogr.* 38: 1033–1043. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02474.x>
- Forni-Martins, E.R. & Martins, F.R.** 2000. Chromosome studies on Brazilian cerrado plants. *Genet. Molec. Biol.* 23: 947–955. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572000000400040>
- Goldblatt, P.** 1981. Cytology and the phylogeny of the Leguminosae. Pp. 263–427 in: Polhill, R.M. & Raven, P.M. (eds.), *Advances in legume systematics*, vol. 1. London: Royal Botanic Gardens Kew.
- Graham, S.A.** 1989. Chromosome numbers in *Cuphea* (Lythraceae): New counts and a summary. *Amer. J. Bot.* 76: 1530–1540. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1989.tb15135.x>
- Graham, S.A.** 1992. New chromosome counts in Lythraceae – Systematic and evolutionary implications. *Acta Bot. Mex.* 17: 45–51. <https://doi.org/10.21829/abm17.1992.635>
- Graham, S.A. & Cavalcanti, T.B.** 2001. New chromosome counts in the Lythraceae and a review of chromosome numbers in the family. *Syst. Bot.* 26: 445–458.
- Graham, S.A., Freudenstein, J.V. & Luker, M.** 2006. A phylogenetic study of *Cuphea* (Lythraceae) based on morphology and nuclear rDNA ITS sequences. *Syst. Bot.* 31: 764–778. <https://doi.org/10.1600/036364406779696004>
- Guerra, M. & Souza, M.J.** 2002. *Como observar cromossomos: Um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana*. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC.
- Harley, R.M.** 2015. “*Oocephalus lythroides*” (Lamiaceae: Ocimeae: Hyptidinae) from the Distrito Federal of Brazil is a new species: *Oocephalus graziellae*. *Kew Bull.* 70: 18. <https://doi.org/10.1007/s12225-015-9568-7>
- Harley, R.M. & Heywood, C.A.** 1992. Chromosome numbers in tropical American Labiatae. Pp. 211–246 in: Harley, R.M. & Reynolds, T. (eds.), *Advances in Labiatae*

- sciences*. London: Royal Botanic Gardens Kew.
- Harley, R.M. & Pastore, J.F.B.** 2012. A generic revision and new combinations in the Hyptidinae (Lamiaceae), based on molecular and morphological evidence. *Phytotaxa* 58: 1–55. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.58.1.1>
- Inglis, P.W. & Cavalcanti, T.B.** 2018. A molecular phylogeny of the genus *Diplusodon* (Lythraceae), endemic to the *campos rupestres* and *cerrados* of South America. *Taxon* 67: 66–82. <https://doi.org/10.12705/671.5>
- Jones, S.B.** 1982. [Reports]. In: Löve, Á. (ed.), IOPB chromosome number reports LXXIV. *Taxon* 31: 126–127. <https://doi.org/10.1002/j.1996-8175.1982.tb02346.x>
- Loeuille, B., Semir, J. & Pirani, J.R.** 2015. A phylogenetic analysis of Lychnophorinae (Asteraceae: Vernonieae) based on molecular and morphological data. *Syst. Bot.* 40: 299–315. <https://doi.org/10.1600/036364415X686585>
- Loeuille, B., Semir, J., Lohmann, L.G. & Pirani, J.R.** 2019. A synopsis of Lychnophorinae (Asteraceae: Vernonieae). *Phytotaxa* 398: 1–139. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.398.1.1>
- LPWG [Legume Phylogeny Working Group]** 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66: 44–77. <https://doi.org/10.12705/661.3>
- Landrum, L.R., Proença, C.E.B.** 2015. A new species of *Psidium* (Myrtaceae) from the Brazilian Northeast. *Brittonia* 67: 324–327. <https://doi.org/10.1007/s12228-015-9396-y>
- Lucas, E.J., Amorim, B.S., Lima, D.F., Lima-Lourenço, A.R.R., Proença, C.E.B., Rosa, P.O., Rosário, A.S.S., Santos, L.L.L., Santos, M.C.F., Souza, M.C., Staggemeier, V.G.G., Vasconcelos, T.N.C., Sobral, M.E.G. & Nic-Lughadha, E.M.** 2018. A new infra-generic classification of the species-rich Neotropical genus *Myrcia* s.l. *Kew Bull.* 73: 1–12. <https://doi.org/10.1007/s12225-017-9730-5>
- Machado, R.M.** 2016. *Distribuição geográfica e análise cariotípica dos citótipos de Psidium cattleianum Sabine (Myrtaceae)*. M.Sc. Thesis. Universidade Estadual de Campinas, Brazil.
- Mansanares, M.E., Forni-Martins, E.R. & Semir, J.** 2007. Cytotaxonomy of *Lychnophora* Mart. (Asteraceae: Vernonieae: Lychnophorinae) species. *Caryologia* 60: 21–28. <https://doi.org/10.1080/00087114.2007.10589543>
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.

<https://doi.org/10.1038/35002501>

- Pastore, J.F.B., Harley, R.M., Forest, F., Paton, A. & Van den Berg, C.** 2011. Phylogeny of the subtribe Hyptidinae (Lamiaceae tribe Ocimeae) as inferred from nuclear and plastid DNA. *Taxon* 60: 1317–1329. <https://doi.org/10.1002/tax.605008>
- Raven, P.** 1975. The bases of Angiosperm phylogeny: Cytology. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 62: 724–764. <https://doi.org/10.2307/2395272>
- Rogers, D.J. & Appan, S.G.** 1973. *Manihot and Manihotoides (Euphorbiaceae)*. Flora Neotropica Monograph 13. New York: Hafner Press.
- Salles-de-Melo, M.R.C., Lucena, R.M., Semir, J., Carvalho, R., Pereira, R.D.C.A. & Benko-Iseppon, A.M.** 2010. Karyological features and cytotaxonomy of the tribe Vernoniae (Asteraceae). *Pl. Syst. Evol.* 285: 189–199. <https://doi.org/10.1007/s00606-010-0277-2>
- Simon, M.F. & Proença, C.E.B.** 2000. Phytogeographic patterns of *Mimosa* (Mimosoideae, Leguminosae) in the Cerrado biome of Brazil: An indicator genus of high-altitude centers of endemism? *Biol. Conservation* 96: 279–296. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00085-9)
- Simon, M.F., Grether, R., Queiroz, L.P., Sarkinen, T.E., Dutra, V.F. & Hughes, C.E.** 2011. The evolutionary history of *Mimosa* (Leguminosae): Toward a phylogeny of the sensitive plants. *Amer. J. Bot.* 98: 1201–1221. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000520>
- Tuler, A.C., Proença, C.E.B. & Costa, I.R.** 2020. *Psidium*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10853> (accessed 10 Jan 2020).
- Turner, B.L., Bacon, J., Urbatsch, L. & Simpson, B.** 1979. Chromosome numbers in South American Compositae. *Amer. J. Bot.* 66: 173–178. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1979.tb06211.x>
- Watanabe, K., Yahara, T., Hashimoto, G., Nagatani, Y., Soejima, A., Kawahara, T. & Nakazawa, M.** 2007. Chromosome numbers and karyotypes in Asteraceae 1. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 94: 643–654. <https://doi.org/10.2307/2442521>

Figure legends

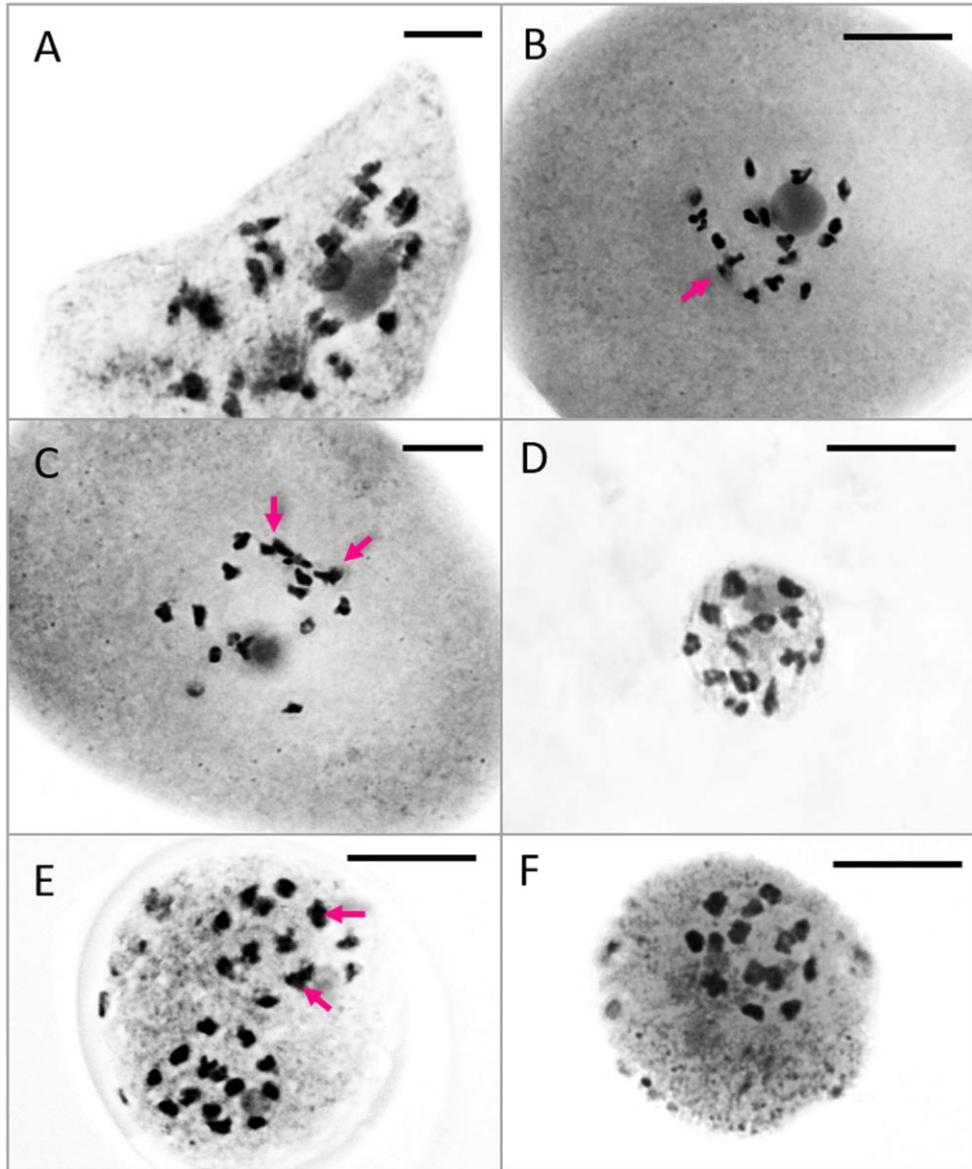


Fig. 1. **A**, *Eremanthus veadeiroensis* ($2n = 34$); **B**, *Manihot appanii* ($2n = 36$); **C**, *Manihot purpureocostata* ($2n = 36$); **D**, *Mimosa venatorum* ($2n = 26$); **E**, *Oocephalus grazielae* ($2n = 28$). **F**, *Oocephalus niveus* ($2n = 28$). All arrows indicate overlap of two bivalent chromosomes (diakinesis or metaphase I) or two chromosomes (anaphase I). — Scale bars = 10 μm .

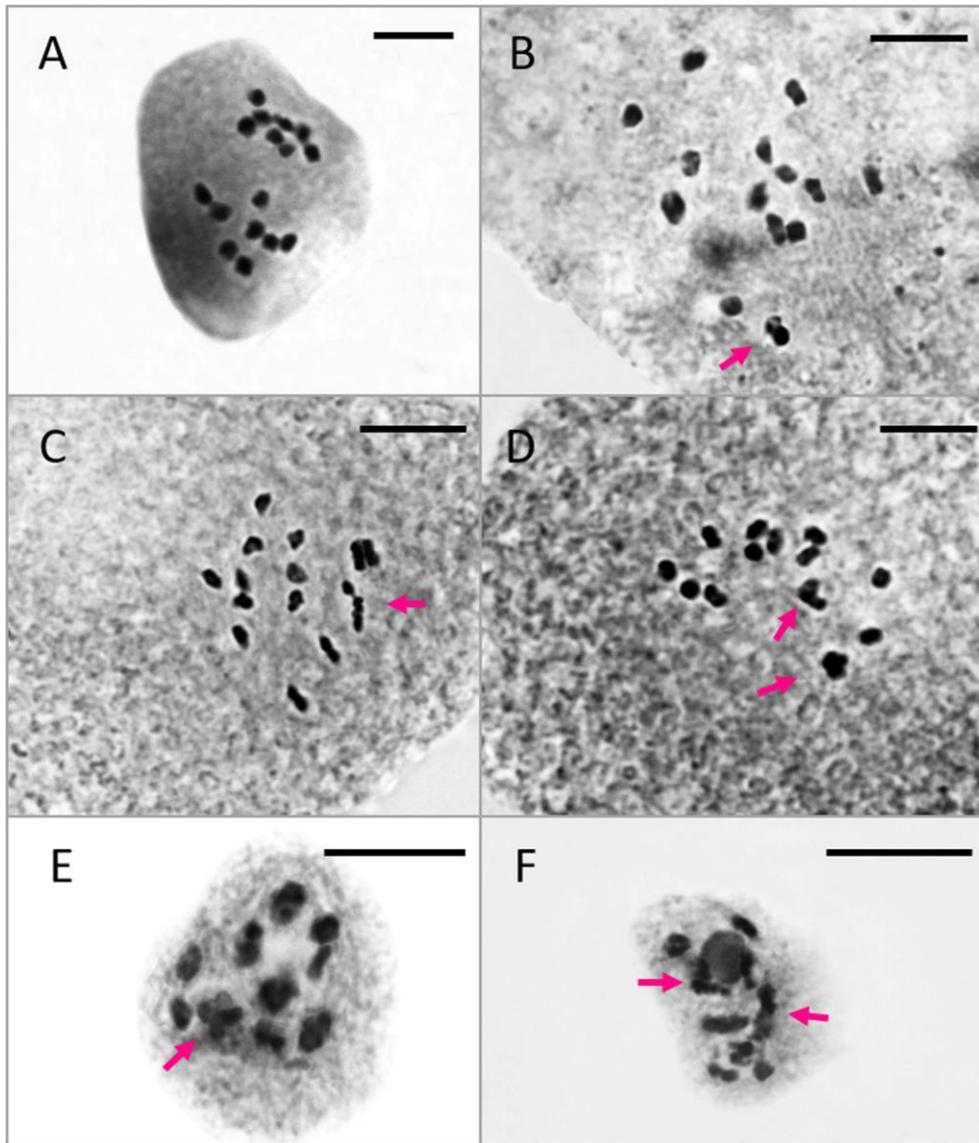


Fig. 2. **A**, *Cuphea cunninghamifolia* ($2n = 16$); **B**, *Diplusodon adpressipilus* ($2n = 30$); **C**, *Diplusodon leucocalycinus* ($2n = 30$); **D**, *Diplusodon rosmarinifolius* ($2n = 30$); **E**, *Myrcia rhodosepala* ($2n = 22$); **F**, *Psidium ratterianum* ($2n = 22$). All arrows indicate overlap of two bivalent chromosomes. — Scale bars = 10 μm .

“Manuscrito a ser enviado ao periódico “Diversity and Distribution”

Qualis CAPES na Área de Biodiversidade: A1

Fator de Impacto: 5.139

CAPÍTULO 2

Associação do nível de ploidia às variáveis de distribuição geográfica no Cerrado

Resumo

A associação de espécies e amplitude de distribuição geográfica a níveis de ploidia vem sendo aos poucos desvendada para o Cerrado e era até então desconhecida. Nosso objetivo neste estudo foi investigar as variações no nível de ploidia em espécies categorizadas de acordo com sua distribuição geográfica. As espécies analisadas se distribuem-se em graus quadrados em grandes classes de cerrado: (i) cerrado central (mais de uma conexão com outras áreas de cerrado); (ii) cerrado periférico (uma conexão com outras áreas de cerrado) e (iii) ilhas de cerrado (sem conexões com outras áreas de cerrado). Os dados de distribuição geográfica das espécies foram resumidos em 4 categorias de distribuição global Star compiladas para o Cerrado, cujos intervalos globais vão de 1,4 graus quadrados de ocupação em média a 66,7 graus quadrados. As informações do nível de ploidia foram obtidas através de revisão da literatura e banco de dados. Usamos “Teste de Igualdade de Proporções” para verificar a associação entre as categorias e os níveis de ploidia. Também caracterizamos a forma de vida e o tipo de dispersão e a resposta da distribuição geográfica em função dessas três variáveis e para verificar se as categorias de distribuição podem ser separadas (discriminadas) pela forma de vida, dispersão e pela ploidia realizamos uma análise de Regressão Logística Binária. Os resultados mostraram que espécies endêmicas restritas aqui analisadas estão associadas significativamente a diploidia, também encontramos uma maior proporção relativa de espécies poliploides associadas as categorias de distribuição ampla. Encontrou-se também com base nas espécies amplas aqui analisadas uma maior proporção relativa de poliploides associada a esta categoria. O modelo de Regressão Logística Binária mostrou que a forma de vida, o nível de ploidia e a forma de dispersão são prováveis previsores para a distribuição geográfica das espécies no Cerrado. Mostrou-se que há um aumento de chances de as espécies serem poliploides, terem a forma de dispersão zoocórica e a forma de vida trepadeira a medida em que a amplitude de distribuição geográfica aumenta.

Palavras-chave: diploides, amplitude geográfica, categorias.

1 INTRODUÇÃO

A poliploidia, ou duplicação do genoma completo, é um fenômeno evolutivo particularmente comum em plantas e que gera indivíduos com conjuntos extras de cromossomos. É vista como um processo importante na diversificação das Angiospermas ao longo da sua evolução (Wood et al. 2009, Soltis et al. 2015, Wendel 2015).

Estudos sobre os efeitos da poliploidia envolvem uma ampla gama de aspectos da evolução das plantas que incluem ecologia, aptidão, potencial de dispersão, capacidade de se estabelecer e diversificar (Thompson et al. 2004; Thompson and Merg 2008; Te Beest et al. 2012; Madlung 2013; Parisod and Broennimann 2016; Van De Peer et al. 2017) A poliploidia pré-dispõe as espécies a manterem níveis mais altos de diversidade genética em comparação com seus ancestrais diploides e pode resultar em modificações morfológicas, fenológicas, fisiológicas e até ecológicas que podem contribuir para facilitar a ocupação sob novas circunstâncias em áreas não-nativas (Leitch and Leitch 2008; Soltis et al. 2010).

Espécies poliploides estão associadas ao sucesso evolutivo em termos da capacidade de colonizar novos nichos ambientais e novas áreas (Hegarty and Hiscock 2008; Te Beest et al. 2012). Números elevados de cromossomos em plantas estão ligados a uma variação genética maior devido ao aumento da recombinação, possivelmente implicando que espécies comuns com números cromossômicos mais altos são capazes de se adaptar mais rapidamente a fim de sobreviver a mudanças nas condições ambientais (Hamrick et al. 1979; Peruzzi et al. 2014).

O bioma Cerrado apresenta um complexo vegetacional com diferentes fitofisionomias que se agruparam em três principais formações: florestas, savanas e campos, com uma biota altamente endêmica e ameaçada. O cerrado originalmente ocupava 25% do território Brasileiro (mais de 2 milhões de km²), compreendendo uma ampla extensão latitudinal (aproximadamente 20°) e é caracterizado por uma grande variação na altitude e no clima. Considerado um *hotspot* de biodiversidade global com mais de 12.000 espécies de plantas, das quais aproximadamente 40% são endêmicas do bioma (Myers et al. 2000; Flora do Brasil 2020), mais de 50% de sua vegetação natural foi convertida em áreas para agropecuária (Alencar et al. 2020).

Em cada uma das diferentes fitofisionomias predominam espécies da flora com diferentes formas de vida, reprodução e crescimento e a distribuição dessas espécies é

condicionada por fatores ambientais (Eiten 1994; Ratter et al. 1997), como a nível do lençol freático, propriedades dos solos, geomorfologia, topografia, regime de fogo e variáveis climáticas (Hoffmann 1996; Reatto et al. 2008; Bueno et al. 2018; Françoso et al. 2020). Dentro desta diversidade de tipos vegetacionais, duas camadas de vegetação distintas podem ser reconhecidas: uma camada lenhosa composta por árvores e arbustos grandes e uma rica camada herbáceo-subarbusciva dominada por gramíneas perenes C4 (Buisson et al. 2019; Amaral et al. 2022).

Para entender a dinâmica das populações de espécies quanto ao seu alcance geográfico efetivo, é preciso entender que circunstâncias as levam a serem raras ou amplamente distribuídas e as consequências ecológicas e evolutivas dessas condições (Dar et al. 2020). Isto tem sido feito através de um fluxo constante de estudos (as vezes com resultados conflitantes) considerando uma ampla gama de características ecológicas das espécies raras e comuns (Griggs 1940; Kruckeberg and Rabinowitz 1985a; Lavergne et al. 2004; Dar et al. 2020).

Estudos já realizados, como no Himalaia (Caxemira, Índia), com 309 plantas invasoras e 112 espécies endêmicas raras (Dar et al. 2020) e um estudo global, com 640 espécies ameaçadas, 81 espécies invasoras e congêneres, cuja disseminação geográfica incluíam Europa, América do Norte, Sudeste Asiático, África, Ásia-Temperada, Ásia-Tropical, Pacífico e América do Sul (Pandit et al. 2011) apoiaram a ligação entre poliploidia e invasividade e a hipótese de que espécies endêmicas raras são em sua maioria diploides.

Nesse estudo, que é o primeiro a testar associação do nível de ploidia a variáveis de distribuição geográfica de espécies de plantas do Cerrado, nós partimos do pressuposto de que algumas espécies do Cerrado com menor área de distribuição apresentem maior diploidia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amplitude geográfica de distribuição de espécies

Os dados de distribuição geográfica foram divididos em 4 categorias de distribuição global denominada sistema *Star* (Hawthorne & Abu-Juam 1995; Cavallin et al. 2016; Marshall et al. 2016). O sistema *Star* adota uma razão de distribuição de 1:3:9:27 entre as suas quatro categorias sendo que o valor 1 é atribuída a espécies que ocupam aproximadamente 1° de latitude x longitude (ou 100 x 100 km). A razão de distribuição segue o seguinte padrão: 1 (Black Star - BK): 3 (Gold Star - GD): 9 (Blue Star - BU): 27 (Green Star - GN) considerando a área de terra do globo terrestre ocupada pelas Angiospermas e a área de ocupação das espécies mais amplas em relação às de menor distribuição (Hawthorne & Abu-Juam 1995). O sistema *Star* foi desenvolvido em direta justaposição ao sistema da IUCN (2010) e reflete a raridade das espécies numa escala global (Marshall et al. 2016).

O banco de dados de espécies do Cerrado categorizado pelo sistema *Star* utilizado registrou espécies do bioma Cerrado armazenados no programa BRAHMS, e contém o nome da espécie e sua categoria, que chamamos aqui de “planilha star” (a ser disponibilizado como *Supplementary material* no artigo). Todos os nomes de plantas com flores, incluindo nomes aceitos e sinônimos, foram importados da Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora do Brasil 2020), para um banco de dados BRAHMS. A Flora do Brasil (2020) registra hoje 12.363 espécies do domínio fitogeográfico Cerrado, sendo que mais da metade (7279; 59%) são endêmicas do Brasil.

As categorias *Star* foram compiladas para o Cerrado abrangendo: (i) cerrado central (mais de uma conexão com outras áreas de cerrado); (ii) cerrado periférico (uma conexão com outras áreas de cerrado) e (iii) ilhas de cerrado (sem conexões com outras áreas de cerrado). A categorização teve como ponto de partida as espécies registradas como ocorrentes no bioma Cerrado na Flora do Brasil (2020) e foi realizada através de um método iterativo de decisões sucessivas, sendo a primeira geográfica (estadual e/ou municipal), seguida de refinamento através de consulta à mapas presentes em monografias taxonômicas e floras quando disponíveis. Finalizadas as categorizações geográficas iniciais, foi calculado a ocupação média quadricular baseada em, pelo menos, 70 espécies utilizando mapas de distribuição, principalmente da coleção *Flora Neotropica* (98 volumes publicados até 2005, abrangendo pequenas famílias e grandes

gêneros de plantas vasculares e avasculares). A meta foi 100 espécies por categoria, sendo que para as espécies GN (Green) e BU (Blue) foi atingido a meta 100 espécies. Para a categorização e cálculo da média quadricular de espécies *Gold Star* e *Black Star* no Cerrado foi extensivamente utilizado a Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas do Brasil (Martinelli et al. 2014).

1) *Green star* “Ampla”. Espécies com, no mínimo, ampla distribuição em dois estados no Cerrado combinada com distribuição igualmente ampla fora do bioma. A maioria das espécies nessa categoria ocorre em áreas significativas do bioma Cerrado e fora dele, também ocorre em outros países da América do Sul, e não raro alcança a América Central, Caribe ou a América do Norte. Nessa categoria entraram também as espécies introduzidas, subespontâneas, ou aquelas com ocorrência registrada fora das Américas. Espécies *Green star* no Cerrado têm ocupação quadricular média de 66,7 graus.

2) *Blue star* “Regionais”. Espécies com ocorrência mais ou menos ampla nos quatro estados que tem o cerrado como vegetação dominante (Goiás, Tocantins, Mato Grosso ou Mato Grosso do Sul) quase sempre entraram nessa categoria, ou espécies com ampla distribuição em quaisquer dois estados contíguos. Aqui foram colocadas também algumas espécies com distribuição descontínua, ou seja, Brasil e Mesoamerica, ou Brasil e Mexico, ou Brasil e Caribe, ou Brasil e América do Norte. Espécies *Blue star* no Cerrado têm ocupação quadricular média de 15,3 graus.

3) *Gold star* “Locais”. Espécies com distribuição inexpressiva em dois ou mais estados que interceptam o contorno do cerrado, ou em ilhas descontínuas do Cerrado, ou três ou mais municípios não contíguos ou três municípios contíguos. Também entraram nessa categoria algumas espécies com distribuição localizada, porém disjunta: Minas Gerais e Maranhão; Piauí e Mato Grosso do Sul; Piauí e Distrito Federal; Maranhão e Mato Grosso do Sul; Maranhão e Distrito Federal. Espécies *Gold star* no Cerrado têm ocupação quadricular média de 4,11 graus.

4) *Black star* “Endêmicas Restritas”. Espécies endêmicas restritas, ocorrendo em apenas um estado brasileiro que intercepta o contorno do Cerrado, ou em ilhas descontínuas de Cerrado, geralmente em três ou menos do que três municípios não adjacentes, ou menos do que três municípios adjacentes. Espécies *Black Star* no Cerrado têm ocupação quadricular média de 1,4 graus.

2.2 Nível de ploidia

O banco de dados *The Chromosome Counts Database* (CCDB - <http://ccdb.tau.ac.il/>), que é uma grande fonte de contagem de cromossomos de plantas e um repositório regularmente atualizado (Rice et al. 2015) foi utilizado. O CCDB exibe, em formato tabular, para cada espécie, a técnica utilizada para a contagem, o(s) número(s) de cromossomos registrados, se a contagem é gametofítica (n) ou esporofítica (2n) e a referência da fonte original. Os registros completos foram exportados para o formato CSV diretamente do site ou por meio do pacote *Chromer* no R (Pennell 2016).

Uma planilha completa foi gerada com o pacote *Chromer*, contendo os dados de contagem de todas as espécies de Angiospermas disponíveis na base de dados CCDB. Esta planilha foi cruzada com a planilha *star* de espécies do bioma Cerrado contendo os dados de *Star*, gerando uma terceira planilha contendo o nome (aceito) da espécie, a classificação *Star*, a contagem gametofítica, esporofítica e a referência bibliográfica, totalizando 1155 espécies categorizadas com contagem cromossômica registrada. A esses dados foi adicionada uma coluna classificando a espécie quanto ao nível de ploidia. As espécies passaram por um filtro onde foram excluídas as cultivadas e naturalizadas, ficando apenas as espécies nativas endêmicas e não endêmicas.

Os dados sobre os níveis de ploidia das espécies foram obtidos, inferidos e conferidos através de uma extensa pesquisa da literatura publicada e fornecida como referência pelo banco de dados CCDB para cada uma das contagens, esta pesquisa incluiu artigos, relatórios publicados em revistas científicas, livros de referência padrão e alguns resumos biológicos. Utilizou-se todas as bases de dados da plataforma de busca *Web of Science* para buscar de artigos revisados.

Os aspectos levados em consideração, além do que foi citado pelos próprios especialistas em suas fontes, foi a determinação conforme descrito na literatura citogenética padrão para incluir o cromossomo somático mínimo relatado para a espécie como diploide e qualquer variação ascendente desse número indicado pela duplicação de um conjunto de cromossomos (aneuploidia) e / ou duplicação do genoma inteiro (euploidia) como poliploide, assim, definiu-se poliploides como espécies para as quais o número máximo de cromossomos relatado foi 1,5 ou mais vezes o mínimo relatado para esse gênero, considerando apenas rearranjos cromossômicos recentes e não incluindo episódios periódicos de recombinação e rearranjos cromossômicos resultando em poliploidização. Espécies com mais de um nível de ploidia (com diploides e poliploides), foram tratadas como sendo de ploidia mista.

2.3 Categorias de forma de vida e o tipo de dispersão

Foram selecionadas as 4 famílias botânicas com mais registro na nossa amostra (mais bem representadas no nosso banco de dados de contagens cromossômicas), Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae e Poaceae para estudar como as variáveis forma de vida e forma de dispersão, tradicionalmente associadas com distribuição geográfica, se relacionam com a poliploidia e a amplitude geográfica. Essas famílias também são conhecidas por comporem junto a outras a riqueza de espécies, diversidade e frequência no bioma Cerrado (Flora do Brasil 2020). Estas famílias em conjunto são responsáveis por 29,4% das 12,363 espécies do bioma Cerrado (Flora do Brasil 2020) e pertencem a grandes linhagens de Angiospermas que ocuparam o Cerrado (Proença et al. 2010)

Os dados de forma de vida foram retirados do banco de dados da Flora do Brasil (Flora do Brasil 2020) e os dados de forma de dispersão foram retirados da revisão feita para o bioma Cerrado (José and Ribeiro 2016; Kuhlmann and Ribeiro 2016).

Com relação a forma de vida, as espécies que apresentam a forma erva, subarbusto ou ambas foram alocadas como erva/subarbusto. As que apresentam ambas as formas, subarbusto e arbusto, foram mantidas como subarbusto/arbusto. As que apresentam as formas arbusto, árvore ou ambas foram chamadas de arbusto/árvore e as que apresentam a forma trepadeira foram mantidas com esta denominação.

2.4 Análises estatísticas

Para testar a associação de diploides e poliploides entre as categorias de amplitude geográfica, avaliando a hipótese nula de que proporções de diploides e poliploides não diferem significativamente entre elas, fizemos um Teste de Igualdade de Proporções. Medimos o grau da correlação linear entre nível de ploidia e forma de vida e entre a riqueza taxonômica e nível de ploidia através do r de Pearson.

Para verificar se as categorias de distribuição podem ser separadas (discriminadas) pela forma de vida, dispersão e pela ploidia realizamos uma Regressão Logística Binária, e para tanto balanceamos os dados através de um método híbrido que combina a subamostragem com a geração de dados adicionais, através do pacote ROSE (A Package for Binary Imbalanced Learning). O pacote ROSE fornece funções para lidar com problemas de classificação binária na presença de classes desequilibradas. Amostras

balanceadas artificiais são geradas de acordo com uma abordagem de *bootstrap* suavizado e permitem auxiliar as fases de estimativa e avaliação da precisão de um classificador binário na presença de uma classe rara. Funções que implementam soluções mais tradicionais para o desequilíbrio de classe e diferentes métricas para avaliar a precisão também são fornecidas (Lunardon et al. 2014).

O conjunto de dados continha as seguintes variáveis independentes e dependentes:

-Variáveis independentes: Star (Amplas (GN e BK) e Restritas (GD e BK).

-Variáveis dependentes: forma de vida, dispersão, nível de ploidia.

Um segundo modelo de regressão foi feito retirando-se do conjunto de dados as espécies da categoria ampla GN, para verificar se as categorias de distribuição podem ser separadas (discriminadas) pela forma de vida, dispersão e pela ploidia, mas com espécies com maior ocorrência no Cerrado. Ajustou-se um modelo de regressão logística binária para prever com precisão se as espécies no conjunto de dados são restritas ou amplas e compreender a influência de variáveis significativas na previsão da categoria de distribuição. O modelo é validado pela curva de característica de operação do receptor (ROC).

3 RESULTADOS

Frequência de diploides e poliploides no Cerrado por categoria (distribuição)

Star:

Das 1155 espécies totais analisadas com relação a frequência de diploides e poliploides, na categoria ampla *Green* (GN) foram encontradas 431 espécies diploides (43,93%) e 433 espécies poliploides (44,14%), a categoria não apresentou diferença significativa na proporção de diploides e poliploides ($\chi^2 = 0,0023$, $P > 0,05$; Tabela 2, Figura 1). A categoria GN apresentou a maior proporção de ploidia mista, 117 espécies (11,93%) e também a menor diferença entre proporção de espécies diploides e poliploides (0,21%).

Tabela 1 Proporção de espécies quanto a sua categoria de distribuição geográfica e nível de ploidia no Cerrado. GN= Green; BU= Blue; GD= Gold; BK= Black.

	GN	BU	GD	BK	Total
Diploides	431 (43,93%)	67 (69,07%)	26 (81,25%)	37 (82,2%)	561 (48,57%)
Poliploides	433 (44,14%)	27 (27,83%)	6 (18,75%)	8 (17,8%)	474 (41,04%)
Ploidia mista	117* (11,93%)	3 (3,1%)	0	0	120 (10,39%)
Total	981 (84,93%)	97 (8,4%)	32 (2,77%)	45 (3,9%)	1155 (100%)

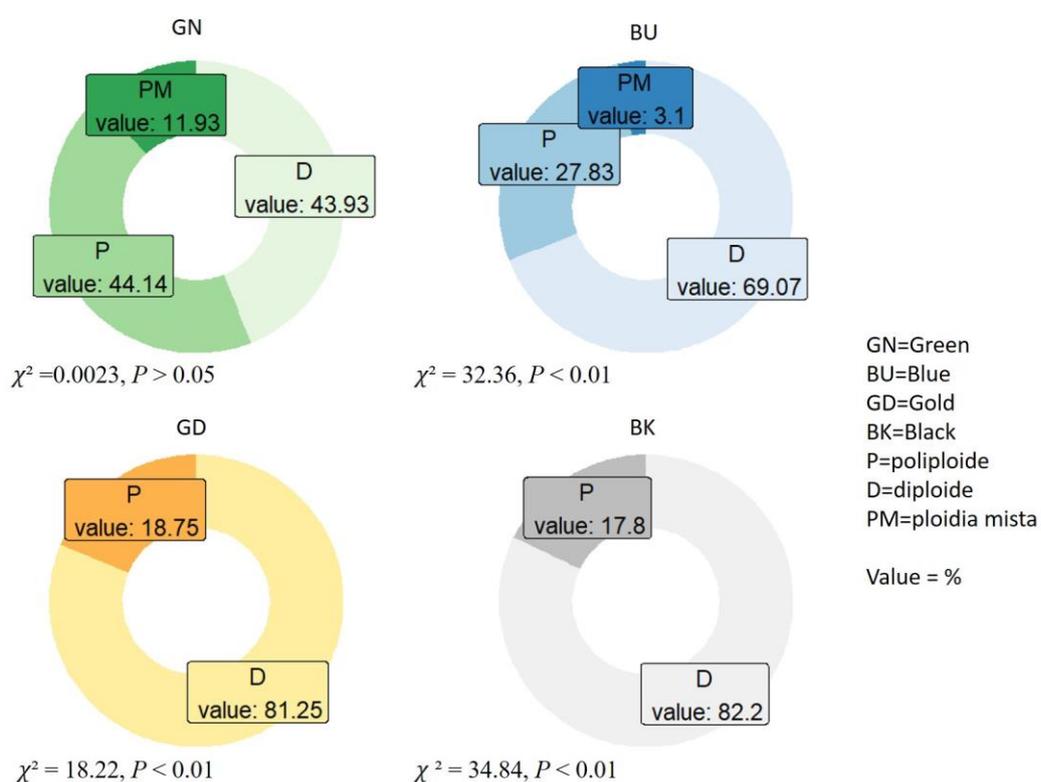


Figura 1 Frequência (%) de diploides e poliploides no Cerrado por categoria (distribuição) Star.

Na categoria regional, *Blue* (BU), de um total de 97 espécies, 67 (69,07%) são diploides e 27 poliploides (27,83%); esta categoria de distribuição regional está associada a diploidia, tendo proporção significativamente maior de diploides do que poliploides ($\chi^2 = 32,36, P < 0,01$).

Na categoria local, *Gold* (GD), de um total de 32 espécies, 26 (81,25%) são diploides (81,25%) e 6 poliploides (18,75%), tendo proporção significativamente maior de diploides ($\chi^2 = 18,22, P < 0,01$). Nesta categoria não houve registro de espécies de ploidia mista.

Na categoria endêmica restrita, *Black* (BK), de um total de 45 espécies 37 (82,2%) são diploides e 8 (17,8%) são poliploides tendo proporção significativamente maior de diploides ($\chi^2 = 34,84, P < 0,01$). Nesta categoria não houve registro de espécies de ploidia mista.

Juntamos, numa segunda análise, os dados das duas categorias de distribuição ampla (GN +BU) e comparamos com os dados das duas categorias restritas (GD + BK). Essa análise, do ponto de vista biológico, contrasta espécies que tem uma ampla distribuição no Cerrado ou que ultrapassam os limites do bioma, ou ambos, com espécies de cerrado que só ocorrem numa única porção do bioma, ou que são restritas às áreas de transição, ou a determinadas Serras ou Chapadas. A análise mostrou que na categoria ampla GN+BU, diploides e poliploides são igualmente frequentes: não houve diferença significativa de frequência de nível de ploidia nessa categoria ($\chi^2 = 2,858; P > 0,05$). Já na categoria restrita (GD+BK), a diploidia foi significativamente mais frequente ($\chi^2 = 62,7; P < 0,01$; Tabela 3, Figura 2). Quando foram comparadas entre si as frequências relativas de poliplóides da categoria ampla (GN+BU) com as da categoria restrita (GD+BK) a análise mostrou que as espécies da categoria ampla são desproporcionalmente mais poliploides do que as da categoria restrita ($\chi^2 = 24,369; P < 0,001$).

Pela análise de regressão linear foi possível verificar que a proporção relativa de poliploides aumentou com a ampliação da distribuição geográfica (Figura 3; $R^2 = 0,967$; $P = 0,0166$)

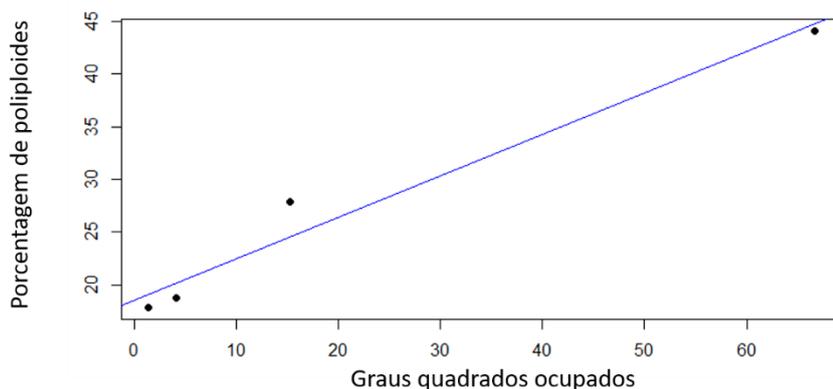


Figura 2 Relação entre porcentagem de poliploides e valor médio de graus quadrados ocupados.

Nas categorias amplas, os números cromossômicos variaram de 8 a 270, nas categorias restritas os números cromossômicos variaram de 10 a 100.

Entre as quatro famílias mais representativas na amostra Poaceae apresentou a maior porcentagem de espécies poliploides (81,62%). As famílias Malvaceae, Asteraceae e Fabaceae apresentaram 60,71 %, 49,19 % e 30,19% respectivamente de espécies poliploides (Tabela 3).

Tabela 2 Proporção de diploides, poliploides e categorias de distribuição geográfica em espécies do Cerrado.

	Amplas (GN + BU)	Restritas (BK + GD)	χ^2	P-value
Diploide	498 (51,98%)	63 (81,8%)	24,369	<0,001
Poliploide	460 (48,02%)	14 (18,2%)	24,369	<0,001
χ^2	2,858	59,844		
P-value	0,09	<0,01		

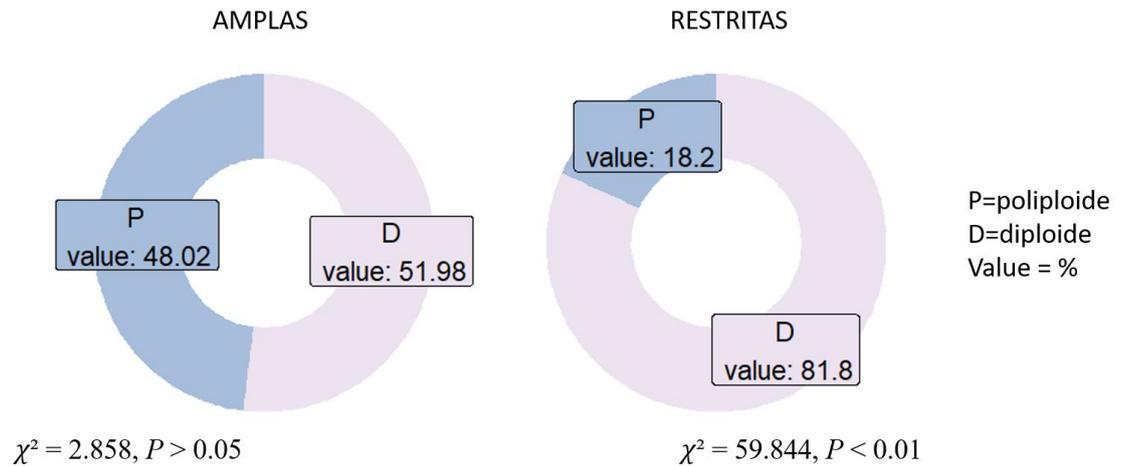


Figura 3 Frequência (%) de diploides e poliploide por categorias star associadas de acordo com amplitude de distribuição geográfica, amplas (GN + BU) e restritas (GD + BK).

Houve uma correlação positiva entre a poliploidia e a forma de vida ($r = 0,707$), as espécies categorizadas como erva/subarbusto apresentaram a maior porcentagem de poliploides (62,65%), enquanto a poliploidia nas formas subarbusto/arbusto, arbusto/árvore e trepadeira foi de 52,87%, 37,44% e 33,04% respectivamente (Tabela 4).

Tabela 3 Relação da porcentagem do status de ploidia com a diversificação taxonômica nas quatro famílias com mais registro na amostra analisada e pertencentes as duas categorias de distribuição ampla.

Família (espécies no Cerrado (Flora do Brasil 2020)	Número de espécies na amostra	Diploide (%)	Poliploide (%)
Malvaceae 350	56	39,28	60,71
Asteraceae (1248)	124	50,80	49,19
Fabaceae (1287)	159	69,81	30,19
Poaceae (745)	185	18,38	81,62

Regressão Logística Binária para as categorias amplas (GN+BU) e restritas (BK+GD) – MODELO 1:

O modelo de Regressão Logística Binária das categorias amplas (GN+BU) e restritas (BK+GD) – Modelo 1, mostrou que a forma de vida, o nível de ploidia e a forma de dispersão explicam 70% da categorização geográfica binária das espécies ($P < 0,001$, tabela 5). Na nossa amostra, a referência negativa apresentada para o nível de ploidia poliploide, a forma de dispersão zoocórica e a forma de vida trepadeira indica que há uma tendência de diminuição da chance de pertencer a estas formas a medida em que a amplitude caminha em direção as categorias de distribuição restrita (Tabela 6). E a referência positiva na forma de vida arbusto/subarbusto está associada a um aumento de chances de pertencer a esta forma a medida em que a amplitude caminha em direção as categorias de distribuição restrita.

Tabela 4 Porcentagem do status de ploidia com a forma de vida nas espécies de distribuição ampla nas quatro famílias com mais registro na amostra. As maiores porcentagens estão em negrito.

Forma de vida	Número de espécies	Diploide (%)	Poliploide (%)
Erva/Subarbusto	345	34,20	65,79
Subarbusto/Arbusto	55	45,45	56,36
Arbusto/Árvore	89	70,78	29,21
Trepadeira	35	68,57	31,43

Tabela 5 Resumo da regressão logística binária (Modelo 1). *Coeficientes de regressão significantes ($P < 0,05$).

	Df	Chisq	Pr(>Chisq)
Ploidia	1	107,473	<0,01
Dispersão	2	20,812	<0,01*
Forma de vida	3	23,768	<0,01*

Tabela 6 Resumo da regressão logística binária, efeitos específicos (**Modelo 1**). *Coeficientes de regressão significantes ($P < 0,05$).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	OR
(Intercept)	0,7609	0,20132	3,78	<0,01 *	2,14
Forma de vida trepadeira	-0,68526	0,30484	-2,248	<0,05*	0,43
Forma de vida arbusto/subarbusto	0,81593	0,29217	2,793	<0,001 *	0,50 4
Dispersão zoocórica	-0,82954	0,19622	-4,228	<0,001 *	2,26
Ploidia poliploide	-1,32738	0,14764	-8,99	<0,001 *	0,26

O valor do Pseudo R quadrado de McFadden (métrica comumente relatada para o ajuste do modelo de regressão logística binária) mostrou que o valor foi 0,09, o que indica um bom ajuste do modelo 1.

O teste de razão de verossimilhança revelou que a diferença Log-Likelihood entre o modelo somente interceptado (modelo nulo) e o modelo ajustado com todas as variáveis independentes é de 59,07, indicando melhor ajuste do modelo. A melhoria do ajuste também é significativa (valor de $p < 0,05$).

A área sob a curva ROC é 0,702, o que significa que este é um bom modelo e que fornece 70% de precisão e todos os fatores independentes desempenham um papel significativo na distribuição geográfica das espécies no Cerrado, a plotagem ROC

também revelou que o modelo é estatisticamente significativo devido à sua direção noroeste na área do lote (Figura 4).

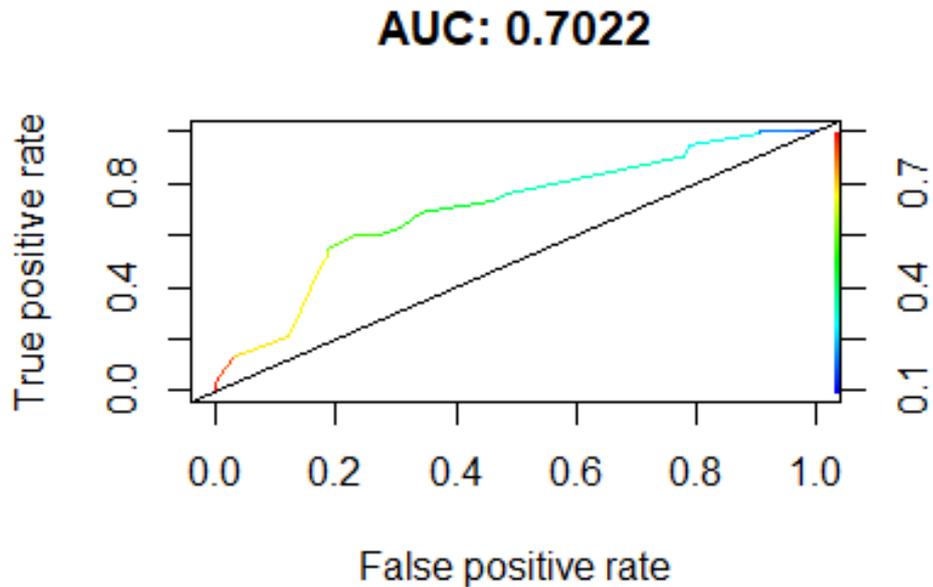


Figura 4 Curva ROC para validação do modelo 1 da regressão logística binária para as categorias amplas (GN+BU) e restritas (BK+GD).

Regressão Logística Binária para as categorias ampla regional (BU) e restritas (BK+GD) – MODELO 2:

O modelo de Regressão Logística Binária das categorias regional (BU) e inferiores (BK+GD) – Modelo 2, mostrou que a o nível de ploidia e a forma de dispersão são previsores para a distribuição geográfica das espécies ($P < 0,001$).

Na amostra, a referência positiva apresentada para a forma de dispersão autocórica indica que há uma tendência de aumento da chance de pertencer a esta forma a medida em que a amplitude caminha em direção as categorias de distribuição restrita. A referência negativa apresentada para a e nível de ploidia poliploide indica que há uma tendência de diminuição da chance de pertencer a este nível a medida em que a amplitude caminha em direção as categorias de distribuição restrita (Tabela 8).

Tabela 7 Resumo da regressão logística binária (**Modelo 2**). *Coeficientes de regressão significantes ($P < 0,05$).

	Df	Chisq	Pr(>Chisq)
Nível de ploidia	1	5,6746	0,017213*
Dispersão	2	10,4622	0,005348*

Tabela 8 Resumo da regressão logística binária, efeitos específicos (**Modelo 2**)
*Coeficientes de regressão significantes ($P < 0,05$).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	OR
(Intercept)	-1,5551	0,7984	-1,948	0,0514	0,2111681
Dispersão autocórica	1,0431	0,3976	2,624	0,0087*	2,8381028
Poliploidia poliploide	-0,9455	0,3969	-2,382	0,0172*	0,3884735

O valor do Pseudo R quadrado de McFadden (métrica comumente relatada para o ajuste do modelo de regressão logística binária) mostrou que o valor foi 0,0935441.

O teste de razão de verossimilhança revelou que a diferença Log-Likelihood entre o modelo somente interceptado (modelo nulo) e o modelo ajustado com todas as variáveis independentes é de 11,174. A melhoria do ajuste também é significativa (valor de $p < 0,01$).

A área sob a curva ROC é 0,7566, o que significa que este é um bom modelo e que fornece 76% de precisão e todos os fatores independentes desempenham um papel significativo na distribuição geográfica das espécies no Cerrado, a plotagem ROC também revelou que o modelo é estatisticamente significativo devido à sua direção noroeste na área do lote (Figura 5).

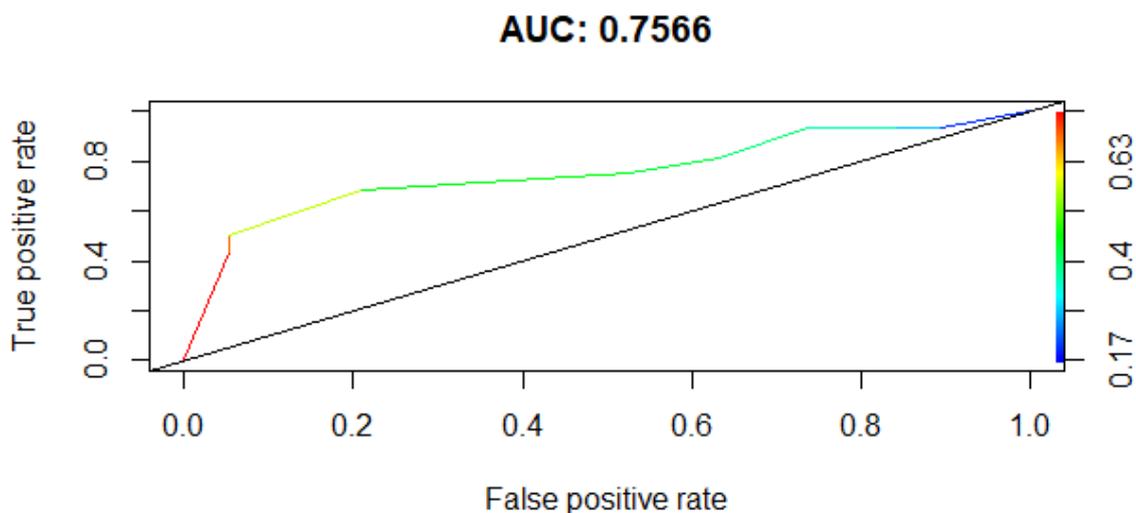


Figura 5 Curva ROC para validação do modelo 2 da regressão logística binária para as categorias ampla regional (BU) e inferiores (BK+GD).

4 DISCUSSÃO

Nossos resultados corroboram os estudos de (Dar et al. 2020), que analisaram plantas globalmente ameaçadas e invasoras e a relação entre seus níveis de ploidia, número de cromossomos e seu estado de conservação. Esses autores postularam que espécies raras tendem a ser em sua maioria diploides.

Outros estudos também reconheceram a ligação entre diploidia e a raridade das espécies (Lowry and Lester 2006; Pandit 2006; Pandit et al. 2011) mostrando a relação entre níveis de ploidia, raridade e invasividade, concluindo que as plantas diploides eram mais prováveis de serem raras do que poliploides e que o número de cromossomos foi negativamente correlacionado com a probabilidade de risco. Em outro estudo (Wani et al. 2018), foi sugerido que espécies não invasivas tendem a ser em sua maioria diploides e que a poliploidia aumentou com os estágios progressivos da gama, quanto maior era a amplitude da gama maior era a poliploidia.

Não verificamos nenhuma associação de espécies categorizadas como amplas a diploidia ou poliploidia, mas essa categoria apresentou a maior proporção relativa de poliploides, uma possível explicação para a ausência desta associação pode ser a frequência das famílias mais representadas pela categoria ampla no estudo (Tabela 4).

Poaceae e Asteraceae são compostas em sua maioria por ervas, subarbustos e pequenos arbustos, Fabaceae e Malvaceae são representadas por plantas de hábitos muito variados.

Os traços da história de vida podem influenciar fortemente a distribuição poliploide e as maiores porcentagens de espécies poliploides em média ocorrem em ervas perenes, seguidas por anuais e plantas lenhosas (Dar and Rehman 2017; Rice et al. 2019). Asteraceae, Poaceae e Malvaceae têm uma alta frequência de poliploidia e tanto a poliploidia quanto a hibridização interespecífica são prevalentes em Poaceae (Stace 2000), enquanto o oposto é verdadeiro para Fabaceae. Nossos resultados corroboram essas informações, com Poaceae apresentando a maior porcentagem de espécies poliploides enquanto Fabaceae apresentou a maior porcentagem de espécies diploides.

A maior proporção de poliploides entre ervas/subarbustos, que representam a maioria das espécies analisadas pode explicar o aumento da proporção relativa de poliploides com a ampliação da distribuição geográfica. A capacidade de dispersão das plantas depende do seu nível ploidia e a poliploidia pode gerar variabilidade genética que aumenta a capacidade competitiva das plantas (Moura et al. 2021). A alta variabilidade genética das plantas poliploides aumenta sua capacidade adaptativa de colonizar novos ambientes, tornando-os mais propensos a se expandirem (Rieseberg et al. 2007; Treier et al. 2009; Song et al. 2011; Stelkens et al. 2014; Hamilton and Miller 2016; Pfennig et al. 2016).

Inversamente, a menor proporção de poliploides foi encontrada entre arbustos/árvores, que têm maior proporção de diploides. Menor frequência de poliploidia entre plantas lenhosas perenes tem sido atribuída a fatores ecológicos e históricos que podem ter retardado o estabelecimento de novas linhagens lenhosas poliploides (Rice et al. 2019). Esses fatores podem incluir uma taxa reduzida de emergência de novos habitats em regiões onde as plantas lenhosas são enriquecidas (por exemplo, os trópicos), de modo que os benefícios potenciais dos poliploides não foram realizados (Stebbins 1971).

As espécies endêmicas restritas no Cerrado ocorrem em sua maioria em áreas de cerrado rupestre. Manchas de solo de baixa fertilidade ou afloramentos rochosos geralmente abrigam espécies endêmicas mais restritas porque essas áreas impõem fortes pressões seletivas fisiológicas que exigem adaptações específicas, espera-se que áreas com baixa fertilidade do solo apresentem níveis mais elevados de endemismo como consequência da especialização da espécie no habitat.

Devido à presença de genomas extras, os poliploides apresentam maior demanda por nutrientes, particularmente nitratos e fosfatos, que são necessários para a produção de

ácidos nucleicos e proteínas (Leitch and Leitch 2008). Isso implica que a ocorrência de poliploidia será menor em áreas com deficiência de nutrientes (Dar and Rehman 2017).

O Cerrado apresenta espécies vegetais com grande variação no mecanismo de dispersão de diásporos, um dos fatores que pode determinar a distribuição das espécies lenhosas (Oliveira & Gibbs 2002), exercendo forte influência na colonização dos habitats (van der Pijl 1969). A anemocoria tem sido a síndrome mais comum em fisionomias de menor cobertura arbórea no Cerrado (Vieira et al. 2002). Entretanto, apesar do Cerrado não possuir um dossel contínuo há um predomínio de espécies zoocóricas e além disso foi encontrada maior proporção de espécies zoocóricas no estrato arbustivo-arbóreo, em relação ao estrato herbáceo-subarbustivo (Batalha and Mantovani 2000).

Os resultados da análise de regressão logística que mostram a relação das espécies zoocóricas com uma amplitude maior de distribuição refletem a influência dessa forma de dispersão na constituição do bioma Cerrado. As espécies do Cerrado apresentam características relacionadas à dispersão de sementes por animais, a importância da fauna na história evolutiva e na constituição de grande parte da vegetação do bioma é relevante, principalmente entre espécies lenhosas e formações florestais (Kuhlmann and Ribeiro 2016).

Quando a regressão foi feita incluindo apenas as espécies regionais (BU), que restringe ainda mais a análise a nível de bioma e as de distribuição restrita (BK+GD) reforça-se ainda mais a relação da dispersão com o bioma, mostrando que a autocoria se relaciona diretamente com a distribuição restrita. As espécies endêmicas do Brasil são principalmente autocóricas, este padrão sugere que a autocoria pode afetar a distribuição de espécies em campos rupestres (Conceição et al. 2016) e podem ser uma estratégia de permanência de espécies endêmicas restritas do Cerrado.

Alguns mecanismos ecológicos podem explicar a associação das espécies trepadeiras a uma amplitude de distribuição maior, como encontrada em nosso estudo. As espécies trepadeiras podem usar uma faixa muito ampla de condição de luz tanto para indivíduos com ou sem suporte (Gianoli 2004) a proliferação de espécies dentro de famílias pode estar relacionada à capacidade dos táxons de adotar diferentes formas de crescimento (Ricklefs and Renner 1994).

Junto com a ocupação do nicho ecológico expandido, variando do solo da floresta ao sub-bosque e ao dossel da floresta, o acesso a polinizadores e dispersores de frutos/sementes seria proporcionalmente aumentado (Gianoli 2004). A expansão do nicho também pode envolver a exposição a uma maior variedade de herbívoros, cuja pressão

pode promover a evolução de compostos secundários defensivos nas trepadeiras (Hegarty et al. 1991). Assim como as características distintivas das plantas trepadeiras na alocação de recursos, por exemplo, favorecem o transporte de tecidos em detrimento dos tecidos de suporte e aumentam a alocação de biomassa para as folhas (Stevens 1987, Gartner 1991) podendo se traduzir em uma exploração mais eficiente da luz (Gianoli 2004).

Nossa análise baseada em categorias de distribuição no Cerrado, mostrou que há evidências estatísticas suficientes a favor da hipótese de associação da diploidia a espécies endêmicas restritas e locais (categorias BK e GD). As espécies categorizadas como endêmicas, além de apresentarem significativa associação com diploidia, não apresentaram ploidia mista.

O modelo de Regressão Logística Binária mostrou que a forma de vida, o nível de ploidia e a forma de dispersão são previsores para a distribuição geográfica das espécies no Cerrado. Também mostrou que a poliploidia, a forma de dispersão zoocórica e a forma de vida trepadeira podem vir a ser previsores da distribuição geográfica, sendo necessário uma investigação mais profunda. Nossos dados, portanto, suportam a associação postulada numa escala global, mas pouco refinada, sobre o aumento da distribuição geográfica de uma espécie ser influenciada pela sua citogenética.

REFERÊNCIAS

- Alencar A, Shimbo JZ, Lenti F, et al (2020) Mapping three decades of changes in the Brazilian savanna native vegetation using Landsat data processed in the Google Earth engine platform. *Remote Sens* 12. <https://doi.org/10.3390/rs12060924>
- Amaral AG, Bijos NR, Moser P, Munhoz CBR (2022) Spatially structured soil properties and climate explain distribution patterns of herbaceous-shrub species in the Cerrado. *Plant Ecol* 223:85–97. <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01193-7>
- Batalha MA, Mantovani W (2000) Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Rev Bras Biol* 60:129–145. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082000000100016>
- Bueno ML, Dexter KG, Pennington RT, et al (2018) The environmental triangle of the Cerrado Domain: Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas. *J Ecol* 106:2109–2120. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12969>
- Buisson E, Le Stradic S, Silveira FAO, et al (2019) Resilience and restoration of tropical and subtropical grasslands, savannas, and grassy woodlands. *Biol Rev* 94:590–609. <https://doi.org/10.1111/brv.12470>
- Cavallin EKS, Munhoz CBR, Harris SA, et al (2016) Influence of biological and Social-Historical variables on the time taken to describe an angiosperm. *Am J Bot* 103:2000–2012. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600120>
- Conceição AA, Rapini A, do Carmo FF, Brito JC, Silva GA, Neves SP, Jacobi C M. (2016) Rupestrian grassland vegetation, diversity, and origin. In: *Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil*. Springer, Cham pp. 105 – 127.
- Dar MA, Wani GA, Reshi ZA, et al (2020) Stage-specific ploidy level variations in invasive species in comparison to rare endemics in Kashmir Himalaya. *Flora Morphol Distrib Funct Ecol Plants* 262:151525. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151525>
- Dar TUH, Rehman RU (2017) Polyploidy: Recent trends and future perspectives *Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 22 jan. 2021
- Françoso RD, Dexter KG, Machado RB, et al (2020) Delimiting floristic biogeographic districts in the Cerrado and assessing their conservation status. *Biodivers Conserv* 29:1477–1500. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01819-3>

Gartner BL (1991) Structural stability and architecture of vines vs. shrubs of poison oak, *Toxicodendrum diversilobum*. *Ecology* 72: 2005–2015.

Gianoli E (2004) Evolution of a climbing habit promotes diversification in flowering plants. *Proc R Soc B Biol Sci* 271:2011–2015. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2827>

Griggs RF (1940) The Ecology of Rare Plants. *Bull Torrey Bot Club* 67:575. <https://doi.org/10.2307/2481578>

Hamilton JA, Miller JM (2016) Adaptive introgression as a resource for management and genetic conservation in a changing climate. *Conserv Biol* 30:33–41. <https://doi.org/10.1111/cobi.12574>

Hamrick J, Linhart Yan, Mitton J (1979) Relationships Between Life History Characteristics. *Annu Rev Ecol Syst* 10:173–200

Hawthorne W & Abu-Juam M (1995) Forest protection in Ghana with particular reference to vegetation and plant species. *Internacional Union for Conservation of Nature*, Cambridge, UK.

Hegarty MJ & Hiscock SJ (2008) Genomic clues to the evolutionary success of polyploid plants. *Current biology*, 18(10): 435–444.

Hegarty MJ, Hiscock SJ (2008) Genomic Clues to the Evolutionary Success of Polyploid Plants. *Curr Biol* 18:435–444. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.03.043>

Hegarty MP, Hegarty EE & Gentry AH (1991) Secondary compounds in vines with an emphasis on those with defensive functions. In: Putz FE & Mooney HA (eds.) *The biology of vines*. Cambridge University Press, pp. 287–310.

Hoffmann WA (1996) The Effects of Fire and Cover on Seedling Establishment in a Neotropical Savanna. *J Ecol* 84:383. <https://doi.org/10.2307/2261200>

José O, Ribeiro F (2016) Tese dispersão cerrado

Kruckeberg AR, Rabinowitz D (1985) Biological Aspects of Endemism in Higher Plants. *Annu Rev Ecol Syst* 16:447–479. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.16.110185.002311>

Kuhlmann M, Ribeiro JF (2016) Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: Ecological and phylogenetic considerations. *Acta Bot Brasilica* 30:271–282. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0331>

Lavergne S, Thompson JD, Garnier E, Debussche M (2004) The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: A comparative study of trait variation

in 20 congeneric pairs. *Oikos* 107:505–518. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13423.x>

Leitch AR, Leitch IJ (2008) Genomic plasticity and the diversity of polyploid plants. *Science* (80-) 320:481–483. <https://doi.org/10.1126/science.1153585>

Lowry E, Lester SE (2006) The biogeography of plant reproduction: Potential determinants of species' range sizes. *J Biogeogr* 33:1975–1982. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01562.x>

Lunardon N, Menardi G, Torelli N (2014) ROSE: A package for binary imbalanced learning. *R J* 6:79–89. <https://doi.org/10.32614/rj-2014-008>

Madlung A (2013) Polyploidy and its effect on evolutionary success: old questions revisited with new tools. *Heredity* (Edinb) 110:99–104. <https://doi.org/10.1038/hdy.2012.79>

Marshall CAM, Wieringa JJ, Hawthorne WD (2016) Bioquality Hotspots in the Tropical African Flora. *Curr Biol* 26:3214–3219. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.09.045>

Martinelli G, Messina T & dos S Filho L (2014) Livro Vermelho da Flora do Brasil: Plantas Raras do Cerrado. Andrea Jakobsson Estudio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, pp. 319–319.

Moura RF, Queiroga D, Vilela E, Moraes AP (2021) Polyploidy and high environmental tolerance increase the invasive success of plants. *J Plant Res* 134:105–114. <https://doi.org/10.1007/s10265-020-01236-6>

Oliveira PE & Gibbs PE (2002) Pollination and reproductive biology in Cerrado plant communities. In: Oliveira PS & Marquis RJ (eds.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*, Columbia University Press. New York. pp. 329–350.

Pandit MK (2006) Continuing the search for pattern among rare plants: Are diploid species more likely to be rare? *Evol Ecol Res* 8:543–552

Pandit MK, Pockock MJO, Kunin WE (2011) Ploidy influences rarity and invasiveness in plants. *J Ecol* 99:1108–1115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01838.x>

Parisod C, Broennimann O (2016) Towards unified hypotheses of the impact of polyploidy on ecological niches. *New Phytol* 212:540–542. <https://doi.org/10.1111/nph.14133>

Pennell MW (2016) Chromer: Interface to Chromosome Counts Database API. R package version 0.1.2.9000. Website <https://github.com/ropensci/chromer> [accessed september 2019].

Peruzzi L, Caparelli KF, Bedini G (2014) A new index for the quantification of chromosome number variation: An application to selected animal and plant groups. *J Theor Biol* 353:55–60. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2014.03.012>

Pfennig KS, Kelly AL, Pierce AA (2016) Hybridization as a facilitator of species range expansion. *Proceedings Biol Sci* 283:. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1329>

Proença CEB, Soares -Silva LH, Rivera VL, Simon MF, Oliveira RC, Santos IA, Batista JAN, Ramalho CL, Miranda ZJG, Cardoso CFR, Barboza MA, Bianchetti LB, Gonçalves, E. G., Singer RF, Gomes SM, Silva SR, Martins RC, Munhoz CBR & Carvalho SF (2010) Regionalização, centros de endemismos e conservação com base em espécies de angiospermas indicadoras da biodiversidade do Cerrado brasileiro. In: Diniz IR, Marinho-Filho J, Machado RB & Cavalcanti RB (eds.) *Cerrado: conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação*. Editora UnB, Brasília, pp. 89–146.

Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S (1997) The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann Bot* 80:223–230. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>

Rice A, Glick L, Abadi S, et al (2015) The Chromosome Counts Database (CCDB) - a community resource of plant chromosome numbers. *New Phytol* 206:19–26. <https://doi.org/10.1111/nph.13191>

Rice A, Šmarda P, Novosolov M, et al (2019) The global biogeography of polyploid plants. *Nat Ecol Evol* 3:265–273. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0787-9>

Ricklefs RE, Renner SS (1994) Species richness within families of flowering plants. *Evolution (NY)* 48:1619–1636. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1994.tb02200.x>

Rieseberg LH, Kim SC, Randell RA, et al (2007) Hybridization and the colonization of novel habitats by annual sunflowers. *Genetica* 129:149–165. <https://doi.org/10.1007/s10709-006-9011-y>

Soltis DE, Buggs RJA, Doyle JJ, Soltis PS (2010) What we still don't know about polyploidy. *Taxon* 59:1387–1403. <https://doi.org/10.1002/tax.595006>

Song Y, Endepols S, Klemann N, et al (2011) Adaptive introgression of anticoagulant rodent poison resistance by hybridization between old world mice. *Curr Biol* 21:1296–1301. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.06.043>

Stebbins GL (1971). *Chromosomal Evolution in Higher Plants*. Edward Arnold, London).

Stelkens RB, Brockhurst MA, Hurst GDD, Greig D (2014) Hybridization facilitates evolutionary rescue. *Evol Appl* 7:1209–1217. <https://doi.org/10.1111/eva.12214>

Te Beest M, Le Roux JJ, Richardson DM, et al (2012) The more the better? The role of polyploidy in facilitating plant invasions. *Ann Bot* 109:19–45. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr277>

Thompson JN, Merg KF (2008) Evolution of polyploidy and the diversification of plant pollinator interactions. *Ecology* 89:2197–2206. <https://doi.org/10.1890/07-1432.1>

Thompson JN, Nuismer SL, Merg K (2004) Plant polyploidy and the evolutionary ecology of plant/animal interactions. *Biol J Linn Soc* 82:511–519. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2004.00338.x>

Treier UA, Broennimann O, Normand S, et al (2009) Shift in cytotype frequency and niche space in the invasive plant *Centaurea maculosa*. *Ecology* 90:1366–1377. <https://doi.org/10.1890/08-0420.1>

Van De Peer Y, Mizrachi E, Marchal K (2017) The evolutionary significance of polyploidy. *Nat Rev Genet* 18:411–424. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.26>

van der Pijl L (1969) *Principles of Dispersal in Higher Plants*

VIEIRA DLM, AQUINO FG, BRITO MA, et al (2002) Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em cerrado sensu stricto do Brasil Central e savanas amazônicas. *Rev Bras Botânica* 25:215–220. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042002000200009>

Wani GA, Shah MA, Reshi ZA, Dar MA (2018) Polyploidy determines the stage of invasion: Clues from Kashmir Himalayan aquatic flora. *Acta Physiol Plant* 40:1–12. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2629-4>

Manuscrito a ser enviado ao periódico “Evolutionary Ecology”

Qualis CAPES na Área de Biodiversidade: A3

Fator de Impacto: 2.5

CAPÍTULO 3

Estudo comparativo da estratégia reprodutiva em pares de espécies endêmicas e seus congêneres de distribuição ampla no Cerrado.

Keywords: amplitude de distribuição, frequência, floração, frutificação, *trade off*.

RESUMO

Estudos ecológicos de pares congêneres de espécies podem ser um método adequado para obter informações sobre aspectos evolutivos e processos ecológicos. Examinamos as diferenças de características ecológicas funcionais, representadas pelo investimento em floração e em frutificação entre espécies endêmicas restritas e espécies de distribuição ampla no Cerrado. Para tanto foi feita uma análise de comparação par a par em 20 espécies congêneres filogeneticamente próximas. Observamos que espécies endêmicas produzem menor quantidade de flores em comparação com seus congêneres, bem como frutos em menor quantidade, flores, frutos e sementes mais pesadas; não houve diferenças significativas intra-par em número de sementes produzidas e o investimento na floração e frutificação (definido como número total de unidades produzidas x peso da unidade de flor e fruto) foi maior nas endêmicas restritas do que nos congêneres de distribuição mais ampla. O alto investimento em produção de flores e frutos com sementes mais pesadas podem ser características chaves de espécies endêmicas restritas do Cerrado.

INTRODUÇÃO

A abundância local, a preferência pelo habitat e a faixa geográfica variam muito entre as espécies, mesmo entre as espécies aparentadas, sendo as principais variáveis utilizadas na avaliação da raridade (Ricklefs 2002). O tipo de habitat, a precisão taxonômica e a persistência sobre o tempo evolutivo e ecológico podem ser consideradas variáveis adicionais na identificação de espécies raras e as restrições que as influenciam (Gaston 1994).

A abundância local, a afinidade com o habitat e a faixa geográfica quando analisadas em conjunto permitem que as espécies sejam classificadas em categorias,

incluindo espécies comuns e a categoria que abrange a forma mais restritiva de raridade, ou seja, as endêmicas restritas (Rabinowitz et al. 1986).

Os padrões de raridade das espécies variam substancialmente de escalas espaciais pequenas a grandes (Rabinowitz 1981). Embora algumas espécies sejam encontradas em baixa abundância ou distribuídas restritamente em escalas espaciais pequenas, as mesmas espécies podem ser consideravelmente mais abundantes ou disseminadas em escalas muito maiores, ou uma mesma espécie pode ser comum em toda uma região, mas esparsa em sítios locais em toda a sua distribuição, em contraste, pode ser localmente abundante, mas distribuída de forma restrita (Murray et al. 1999).

Endêmicas restritas ocupam habitats distintos, muitas vezes associados a faixas restritas de condições ambientais, ou pequenas faixas geográficas globais, essa associação, os parâmetros ambientais e traços que afetam a sobrevivência sugerem que as endêmicas são raras devido à especialização e seleção adaptativa em favor de faixas limitadas (Behroozian et al. 2020).

O bioma Cerrado é um complexo de vegetação que apresenta diferentes fitofisionomias ou ambientes que se agruparam em três principais formações: florestas, savanas e campos, com uma biota altamente endêmica e ameaçada que cobre pelo menos 1,8 milhão de km² do Brasil Central e partes da Bolívia e Paraguai, sendo um *hotspot* de biodiversidade global com mais de 10.000 espécies de plantas as quais aproximadamente 44% são endêmicas do bioma (Myers et al. 2000; Kier et al. 2005; Mendonça et al. 2008; Ribeiro & Walter 2008).

Filogenias calibradas sugerem que o Cerrado tenha se originado há 10 milhões de anos, com a diversificação das suas linhagens de plantas coincidindo com a ascensão ao domínio de gramíneas C4 inflamáveis e a expansão do bioma savana em todo o mundo, há 4 milhões de anos (Pennington et al. 2006, Simon et al. 2009).

Em cada um desses ambientes ou fitofisionomias do cerrado predominam espécies da flora com diferentes formas de vida, reprodução e crescimento e a distribuição da sua vegetação é condicionada por diversos fatores ambientais (Eiten 1994; Ratter et al. 1997), como a profundidade do lençol freático, os tipos de solos (Haridasan 1994; Reatto et al. 2008) e a frequência das queimadas (Coutinho 1990; Hoffmann 1996).

Dentro do bioma Cerrado, os campos rupestres representam áreas com alto endemismo e funcionam biogeograficamente como ilhas isoladas (Alves & Kolbek 1994; Simon & Proença 2000; Mucina 2017). Em geral, os campos rupestres ocorrem principalmente acima de 900 m de altitude, estando associados principalmente a

afloramentos de quartzito, arenito, minério de ferro e podem ser encontrados principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia, nas Serras Geral de Goiás e do Espinhaço (Alves & Kolbek 1994; Giuliatti et al. 1997; Alves et al. 2007; Simon & Proença 2000; Caiafa & Silva 2005; Mucina 2017). Estudos com foco na ecologia de plantas levantaram a hipótese de que a estabilidade geológica e climática em campos rupestres criaram refúgios para a diversidade de plantas (Vasconcelos 2020). Supõe-se então que a excepcional riqueza de espécies e endemismo nesta área é, primeiro, uma consequência da lenta diversificação de antigas linhagens endêmicas e, segundo, a sobrevivência de espécies e linhagens que se extinguem em áreas menos estáveis (Silveira 2016, Flora do Brasil 2020). A vida vegetal no campo rupestre requer atributos particulares para sobreviver em condições geralmente adversas, como solos pobres em nutrientes, clima frio, alta radiação solar, sazonalidade climática e eventos ocasionais de incêndio (Oliveira et al. 2016).

Comparar pares de espécies irmãs pode ajudar a revelar os custos evolutivos da especialização do habitat em relação à tolerância ampla e são cruciais para melhor compreender a forte variação interespecífica na amplitude da distribuição geográfica e abordar por que algumas espécies se tornam especialistas edáficos, enquanto outras mantêm genótipos de uso geral que podem tolerar condições de habitat abrangentes (Baker 1965).

As comparações de características funcionais das plantas são uma abordagem comum para entender os processos de endemismo e raridade (Lavergne et al 2004; Lauterbach et al. 2013; Totté et al. 2015; Hand et al. 2017). Tem sido sugerido que as espécies endêmicas restritas podem diferir dos seus congêneres de distribuição ampla em termos de habitat, uso de recursos, variabilidade genética e susceptibilidade a predação (Griggs 1940; Stebbins 1942; Drury 1974; Rabinowitz 1981; Kruckeberg & Rabinowitz 1985).

Abordagens comparativas com base em filogenias resolvidas tornam cada comparação congênica independente umas das outras pois as duas espécies de cada par congênico provavelmente compartilham um ancestral comum mais recente (Felsenstein 1985; Silvertown & Dodd 1996; Lavergne et al. 2004). A filogenia deve, portanto, ser incluída explicitamente em qualquer análise comparativa que se preocupa com as causas da correlação entre as características, mesmo quando a principal questão da pesquisa é puramente ecológica (Silvertown & Dodd 1996).

Neste estudo de traços ecológicos relacionados a estratégia reprodutiva feito por meio de contrastes de espécies endêmicas restritas e seus congêneres de distribuição ampla no Cerrado, testamos a hipótese de que há um padrão nos traços reprodutivos das espécies endêmicas restritas devido à pressão seletiva do ambiente, resultando em menor investimento em floração (flores menores ou em menor quantidade), dispersão mais limitada (sementes mais pesadas e em menor quantidade) e menor produção de frutos, que conduzem essas espécies a um isolamento reprodutivo.

Assim como foi feito por Hand (2017), nosso conjunto de táxons inclui alguns pares de espécies que apresentam diferentes formas de vida ou intermediárias, mas intimamente relacionados filogeneticamente. Em alguns gêneros, essa mudança na forma de vida, muitas vezes combinada com mudanças no modo de dispersão, pode ser um elemento chave para entender o sucesso de espécies na ampliação de sua área de distribuição (Hand et al. 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo de espécies

Para esclarecer as estratégias reprodutivas dessas espécies foram feitas comparações em 10 pares de espécies congêneres pertencentes as famílias Asteraceae Bercht. & J. Presl, Euphorbiaceae Juss, Fabaceae Lindl., Lamiaceae Martinov, Lythraceae J. St.-Hil e Myrtaceae Juss., as relações filogenéticas das espécies podem ser vistas na tabela 1. *Myrcia. rhodeosepala* é considerada sinônimo de *M. tomentosa* na Flora do Brasil 2020 (Santos et al. 2021) mas a espécie é aceita por Gomes-Bezerra (2013) e está em processo de reestabelecimento.

Cada par constituído por uma espécie com distribuição geográfica restrita e uma espécie com distribuição geográfica ampla (Tabela 2), geneticamente próximas (Tabela 1), sempre que possível de duas populações circunvizinhas, distanciadas em pelo menos 1000 metros, a fim de eliminar o efeito do meio. As populações foram localizadas através de dados disponíveis no *Species-Link* com as coordenadas geográficas de plantas já coletadas.

Tabela 1 Relações filogenéticas dos pares analisados.

Gênero	Total de espécie na filogenia	Total de espécies no clado	Bootstrap	Pares	Bibliografia
<i>Diplusodon</i> Pohl	93	4	0.82	<i>Diplusodon leucocalycinus</i> Lourteig & <i>Diplusodon oblongus</i> Pohl	Inglis & Cavalcanti 2018
<i>Cuphea</i> P.Browne	~171	12	1	<i>Cuphea cunninghamii</i> folia T.B.Cavalc. & <i>Cuphea micrantha</i> Kunth	Taciana Cavalcanti (comunicação pessoal)
<i>Oocephalus</i> (Benth.) Harley & J.F.B.Pastore	76	3	0.95	<i>Oocephalus grazielae</i> Harley; <i>Oocephalus niveus</i> (Epling) Harley & J.F.B. Pastore	Pastore et al. 2011
<i>Mimosa</i> L.	259	7	0.99	<i>Mimosa skinneri</i> Benth. & <i>Mimosa venatorum</i> Barneby	Simon et al. 2011
<i>Mimosa</i> L.	259	4	0.60	<i>Mimosa heringeri</i> Barneby & <i>Mimosa clausenii</i> Benth.	Simon et al. 2011
<i>Trichogonia</i> Gardner	13	5	1	<i>Trichogonia prancei</i> G.M.Barroso & <i>Trichogonia salviifolia</i> Gardner	Rivera et al. 2016
<i>Eremanthus</i> Less.	80	7	0.97	<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less. & <i>Eremanthus veadeiroensis</i> H. Rob.	Loeuille et al. 2015
<i>Manihot</i> Mill.	153	4	0.85	<i>Manihot purpureo-costata</i> Pohl & <i>Manihot violacea</i> Pohl	Mendoza 2018

<i>Manihot</i>	11	0.50	<i>Manihot appanii</i> M. J. Silva	Mendoza 2018
Mill.			& <i>Manihot divergens</i> Pohl	
<i>Myrcia</i> DC.		-	<i>Myrcia rhodosepala</i>	
			Kiaersk. & <i>Myrcia</i>	
			<i>tomentosa</i> (Aubl.) DC.	

Tabela 2 Lista de espécies analisadas por família, distribuição e tipo de vegetação, idade, número cromossômico e perfil ecológico. **Classe:** E=Endêmica restrita; A=distribuição ampla. **Distribuição geográfica (estados do Brasil):** AL= Alagoas; AM= Amazonas; BA= Bahia; CE= Ceará; DF= Distrito Federal; ES= Espírito Santo; GO= Goiás; MG= Minas Gerais; MS= Mato Grosso do Sul; MT= mato Grosso; PA= Pará; PE= Pernambuco; PB= Paraíba; PI= Piauí; RJ= Rio de Janeiro; RN= Rio Grande do Norte; RO= Rondônia; SP= São Paulo; SE= Sergipe; TO= Tocantins. Espécies ameaçadas (IUCN) identificadas por ^{EN} = Endangered, ^{VU} = Vulnerable. **Idades Mínimas:** A=Rivera (2018); B=Keeley et al. (2021); C=Chacón et al. (2008); D=Simon et al. (2009); E=T.B. Cavalcanti, M.G. Facco & S. Graham (dados não publicados); F=Santos et al. 2017; mma = milhões de anos atrás; u=relação de idade desconhecida; y=espécie endêmica mais jovem que ampla; o=espécie endêmica mais velha do que a ampla. **Vegetação e Perfil Ecológico:**? = agente provável baseado em congênere próximo. ♂AM = andromonóica; ♂M = monóica; ♀ = hermafrodita; AC = auto-compatível; ISI (Index of self-incompatibility; Bullock, 1985) 1=Munhoz & Felfili (2006); 2=Ferreira de Deus & Oliveira (2016); 3=Ramirez (2004); 4=Farinasso et al. (2021); 5=Dutra et al. (2020); 6=this study (syndrome deduced by morphology); 7=Proença & Gibbs (1994); 8=Gressler et al. (2006); 9=Torezan-Silingardi & Oliveira; 10=Freitas & Sazima (2006).

Espécie	Classe	Distribuição geográfica	Vegetação	Idades Mínimas (maa)	Número cromossômico	Perfil Ecológico
ASTERACEAE						
<i>Trichogonia prancei</i> ^{EN}	E	GO	Cerrado rupestre ¹	0,04 (y) ^A	2n=20	Subarbustiva, entomófila (abelhas pequenas ^{2?}), ♀, anemocórico

<i>Trichogonia salviifolia</i>	A	CE, PE, PI, BA, GO, DF, MS, MG, SP, RJ, ES	Cerrado lato senso	0,2 ^A	2n=22 ou 2n=21	Subarbustiva, entomófilo (abelhas pequenas ²), ♀, anemocórico
<i>Eremanthus veadeiroensis</i>	E	GO	Cerrado rupestre	<10 (u) ^B	2n=34	Subarbustiva, entomófila (abelhas? moscas? ^{2, 3}), ♀ anemocórico
<i>Eremanthus glomerulatus</i>	A	PA, RO, BA, CE, PE, SE, DF, GO, MT, MS, ES, MG, RJ, SP	Cerrado lato senso	<10 ^B	2n=34	Arbusto, entomófila (abelhas? moscas? ^{2, 3}), ♀, anemocórica
EUPHORBIACEAE						
<i>Manihot purpureo-costata</i>	E	GO	Cerrado rupestre	1,4 (u) ^A	2n=36	Subarbustiva, entomófila (abelhas?) ⁴ , ♂M, mirmecocoria
<i>Manihot violacea</i>	A	DF, GO, MG, MS	Cerrado lato senso	<6,6 ^C	2n=36	Subarbustiva a arbustiva, entomófila (abelhas) ⁴ , ♂M, AC, mirmecocoria
<i>Manihot appanii</i>	E	GO	Cerrado rupestre	<6,6 ^C (u)	2n=36	Subarbustiva, entomófila (abelhas?) ⁴ , ♂M, mirmecocoria
<i>Manihot divergens</i>	A	GO, MG	Cerrado stricto sensu	<6,6 ^C	2n=36	Subarbustiva, entomófila (abelhas?) ⁴ , ♂M, mirmecocoria
FABACEAE						
<i>Mimosa heringeri</i>	E	DF	Cerrado stricto sensu	0,3 mma (y) ^A	2n=26	Arbusto, entomófila (abelhas?), ♀, autocórico

<i>Mimosa clausenii</i>	A	TO, DF, GO, MG	Cerrado stricto sensu	c. 0,4 ^A	2n=26	Subarbustiva, arbusto ou árvore, entomófila (abelhas?) ⁴ , ♂AM ⁵ , autocórica
<i>Mimosa venatorum</i>	E	GO	Cerrado rupestre	0,76 (y) ^A	2n=26	Herbácea, subarbustiva, ♀, autocórica
<i>Mimosa skinneri</i>	A	AM, PA, TO, GO, MT, MG	Área antropizada	<4,4 ^D	2n=52	Herbácea, entomófila (abelhas?), ♀, epizoocórica
LYTHRACEAE						
<i>Diplusodon leucocalycinus</i> <small>EN</small>	E	GO	Cerrado rupestre	0,05 (y) ^A	2n=30	Subarbustiva, entomófila (abelhas), ♀, autocórica ⁶
<i>Diplusodon oblongus</i>	A	TO, DF, GO, MT, MG	Cerrado stricto sensu	0,11 ^A	2n=30	Subarbustiva, entomófila (abelhas), ♀, autocórica ⁶
<i>Cuphea cunninghamiifolia</i>	E	GO	Cerrado rupestre	4,37 (o) ^E	2n=16	Subarbustiva, entomófila (lepidópteros?) ⁶ , ♀, autocórica
<i>Cuphea micrantha</i>	A	BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE, DF, GO, MS, MT, MG, SP	Cerrado lato senso	2,89 ^E	2n=16	Herbácea a subarbustiva, entomófila (abelhas, moscas, borboletas) ³ , ♀, autocórica
MYRTACEAE						
<i>Myrcia rhodosepala</i>	E	GO, DF	Cerrado rochoso	? * (u)	2n=22	Subarbustiva, entomófila (abelhas) ⁷ , AC (ISI=1,24) ⁷ , ♂, ornitocórica? ⁸
<i>Myrcia tomentosa</i>	A	AM, PA, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, SE,	Cerrado lato senso	2,2 ^F	2n=22	Arbusto a árvore, entomófila (abelhas) ⁸ , ♀, AC (ISI=0,574), ornitocórica ⁹

		DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR				
<i>Oocephalus niveus</i> ^{EN}	E	GO (Chapada dos Veadeiros)	Cerrado rochoso	?	2n=28	Subarbusto ou arbusto, entomófila (abelhas?); autocoria
<i>Oocephalus grazielae</i> ^{VU}	A	GO, DF	Cerrado lato senso	?	2n=28	Herbácea a Subarbustiva, entomófila (abelhas? Freitas & Sazima 2006); autocoria

* *M. rhodosepala* é considerada sinônimo de *M. tomentosa* na Flora do Brasil 2020 (Santos et al. 2021) mas a espécie é aceita por Gomes-Bezerra (2013) e está em processo de re-estabelecimento.

Área de estudo

O estudo foi conduzido durante o período fértil das espécies em áreas de cerrado, cerrado rupestre outras áreas, no Distrito Federal, Planalto Central Goiano e na Chapada dos Veadeiros.

Coleta de material botânico

Foram coletadas amostras testemunhas que foram herborizadas e incorporadas no herbário UB. A posição geográfica foi obtida por meio de sistema de posicionamento global (global positioning system, GPS). Visitas sistemáticas foram feitas às plantas marcadas nas áreas de estudo, a fim de acompanhar sua floração e frutificação para a coleta dados.

Para o planejamento de campo foi feita uma estimativa de Picos de Floração (FLO) e maturação de frutos (FRM) provindos do banco de dados do *Species-Link*.

Coleta de dados em campo e laboratório

Foram localizadas populações com 20 a 30 indivíduos das espécies alvo aleatoriamente em campo, para metade destes indivíduos (10 a 15) selecionados em intervalos de distância variável (sempre > 0,5m) dentro de cada população estudada, foram coletados dados de características funcionais florais, discriminados a seguir. Para a metade restante, os indivíduos foram marcados para acompanhamento da frutificação.

Investimento em floração

As amostras coletadas foram transportadas para o laboratório de Taxonomia de Fanerógamas do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília, onde foi utilizada uma balança analítica de precisão (0,0001g). Em algumas espécies com flores e sementes muito pequenas o peso médio foi feito com um lote de 10 flores e 10 sementes, para as outras a tomada do peso médio seco foi feito com três flores (número de flores para peso médio seco = **NF**) e três frutos (**NFr** = número de frutos para peso médio seco) por indivíduo e as seguintes medidas:

- Número de inflorescências (ou flores) abertas por indivíduo (**NIAI** ou **NFAI**)
- Número de inflorescência em botão por indivíduo (**NIBI** ou **NFBI**)
- Número de flores por inflorescência (**NFI**)
- Número total de flores por indivíduo (**FI / I (nº) = NFAI + NFBI**, ou (**NFI x (NIAI + NIBI)**))

Foram calculados:

- 1) Peso médio seco floral (**FI (ps)**) = **PSF / NF**;

2) **Floração (custo)**: Peso médio seco floral x número total de flores por indivíduo.

Investimento em frutificação

As seguintes medidas foram tomadas:

- Número de frutos por indivíduo (**Fr/I (n°)**)
- Número de sementes por fruto (**Sem/Fr (n°)**)
- Peso seco das sementes (**Sem (ps)**)
- Peso seco da polpa (**PSP**)

Foram calculados:

1) Peso médio seco do fruto (**Fr(ps)**) = **Sem (ps) + Pp(ps) / Fr/I (n°)**

2) Custo do fruto (**CFrS**): **Fr(ps) x Fr/I (n°)**.

Análise de dados

Para testar se haviam diferenças estatisticamente significativas entre as duas populações dentro de cada espécie, primeiro foi feito o teste de normalidade “Shapiro Test”, depois o teste de homogeneidade “Levene’s Test”; por último, confirmada a normalidade e homogeneidade dos dados, foi feito o “teste T”.

Para avaliar se as espécies endêmicas diferiam em relação às espécies de distribuição ampla, foi feito então uma análise par a par para testar se haviam diferenças estatisticamente significativas, utilizando “teste T”.

Os traços funcionais que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os pares foram sujeitos a um teste de frequência (teste de aderência do Qui-quadrado), em que a frequência esperada para confirmar a hipótese nula (i.e., as espécies endêmicas não diferem dos congêneres próximos) seria a metade das espécies (por exemplo, 5/5 para um traço funcional com diferença significativa entre todos os 10 pares). Todas as análises foram realizadas no R versão 3.6.3 (R Development Core Team 2020).

RESULTADOS

Comparação par a par:

Altura das plantas

Em relação à altura, as espécies endêmicas restritas *Cuphea cunninghamiifolia*, *Mimosa heringerii*, *Mimosa venatorum*, *Trichogonia prancei* e *Diplusodon leucocalycinus* apresentaram valores significativamente maiores quando comparados com seus pares amplamente distribuídos e as demais espécies endêmicas restritas apresentaram valores inferiores. *Diplusodon oblongus*, *Eremanthus glomerulatus*, *Manihot divergens*, *Myrcia tomentosa* e *Manihot violacea*, todas de distribuição ampla, foram as que representaram valores maiores com relação a este traço, *Oocephalus niveus* e *Oocephalus grazielae* não apresentaram diferenças (Tabela 3).

Análise da floração

A produção total de flores foi maior para espécies amplas; entre as espécies endêmicas apenas as populações de *Cuphea cunninghamiifolia* e *Trichogonia prancei* produziram mais flores comparadas com seus congêneres amplos, *Cuphea micrantha* e *Trichogonia salviifolia* (Tabela 2).

Com relação ao peso médio seco da flor, as endêmicas em sua maioria apresentaram flores mais pesadas, apenas a espécie ampla *Cuphea micrantha* apresentou-se significativamente mais pesada do que seu congêneres endêmico. *Mimosa clausenii*, *Manihot violacea* e *Cuphea micrantha* foram as espécies amplas cujas populações produziram flores mais pesadas (Tabela 3).

O custo da floração apresentou valores significativamente mais baixos para a maioria das espécies endêmicas, sendo *Mimosa skinneri* a única ampla a apresentar menor valor para o custo da floração comparada com seu congêneres *Mimosa venatorum* (Tabela 2).

Análise da frutificação

O número de frutos por indivíduo produzido variou significativamente entre os pares para a maioria das espécies, com valores mais altos para as amplas, a exceção foi *Cuphea cunninghamiifolia* que apresentou uma produção de frutos maior que sua congêneres *Cuphea micrantha* (Tabela 3).

Duas espécies amplas apresentaram diferença significativa para o número de sementes por fruto, *Mimosa clausenii* e *Diplusodon oblongus*, que produziram mais

sementes que *Mimosa heringeri* e *Diplusodon leucocalycinus* respectivamente (Tabela 3).

Quanto ao peso seco das sementes, a maioria das espécies de distribuição restrita produziram sementes mais pesadas, a exceção foi *Manihot divergens* (de distribuição ampla), que apresentou sementes mais pesadas que seu par *Manihot appanii* (Tabela 3).

As espécies endêmicas produziram frutos mais pesados em sua maioria, a exceção foi *Mimosa claussenii*, que apresentou frutos mais pesados dentre as espécies amplas (Tabela 3).

O custo da frutificação foi maior para a maioria das espécies restritas, apenas *Cuphea micrantha* teve um investimento maior em produção de frutos dentre as amplas

Tabela 3 P-values da análise teste T; Endêmicas (END); Amplas (AMP); **Par 1** = *Cuphea cunninghamiifolia* x *Cuphea micrantha*; **Par 2** = *Diplusodon leucocalycinus* x *Diplusodon oblongus*; **Par 3** = *Eremanthus veadeiroensis* x *Eremanthus glomerulatus*; **Par 4** = *Manihot appanii* x *Manihot divergens*; **Par 5** = *Mimosa heringerii* x *Mimosa clausenii*; **Par 6** = *Myrcia rhodosepala* x *Myrcia tomentosa*; **Par 7** = *Mimosa venatorum* x *Mimosa skinneri*; **Par 8** = *Manihot purpureo-costata* x *Manihot violacea*; **Par 9** = *Oocephalus niveus* x *Oocephalus grazielae*; **Par 10** = *Trichogonia prancei* x *Trichogonia salviifolia*; Flo/I (n°)= Número total de flores por indivíduo; Fl (ps) = Peso médio seco da flor; Fr/I (n°) = número total de frutos por indivíduo; Sem/Fr (n°) = número de sementes por fruto; Sem (ps) = peso médio seco da semente; Fr (ps) = peso médio seco do fruto; * <0,05, ** <0,01, *** <0,001; NS: não significativo; ind.=indivíduos; + = maior.

Pares	Floração				Frutificação				
	Altura (+)	Fl /I (n° +)	Fl (ps +)	Floração(custo+)	Fr/I (n° +)	Sem/Fr (n°+)	Sem (ps +)	Fr (ps +)	Frutificação(custo+)
Par 1	END(***)	END(***)	AMP(***)	AMP(***)	END(***)	NS	END(***)	END(***)	AMP(***)
Par 2	AMP(***)	AMP(***)	END(***)	END(***)	AMP(***)	AMP(***)	END(***)	END(***)	END(***)
Par 3	AMP(**)	AMP(***)	END(***)	END(***)	AMP(***)	NS	END(***)	END(***)	END(***)
Par 4	AMP(***)	AMP(***)	NS	END(***)	AMP(***)	NS	AMP(***)	END(***)	END(***)
Par 5	END(***)	AMP(**)	AMP(***)	END(***)	AMP(***)	AMP(***)	END(***)	AMP(***)	END(***)
Par 6	AMP(***)	AMP(***)	END(***)	END(***)	AMP(***)	NS	END(***)	END(***)	END(***)
Par 7	END(***)	AMP(***)	END(***)	NS	AMP(***)	NS	END(***)	END(***)	END(**)
Par 8	AMP(***)	AMP(***)	AMP (***)	END(***)	AMP(***)	NS	END(***)	END(***)	END(***)
Par 9	NS	AMP(***)	END(***)	END(***)	AMP(***)	NS	END(**)	END(*)	END(***)
Par 10	END(***)	NS	NS	NS	AMP(***)	NS	END(***)	END(***)	NS

Frequência dos caracteres e influência na amplitude de distribuição

Não houve diferença significativa na frequência das diferenças de altura das espécies analisadas (Tabela 4). Considerando o conjunto de 10 pares analisados, espécies endêmicas produzem menos flores que seus congêneres de distribuição ampla ($\chi^2 = 5.444$, $P=0.0196$, Tabela 4). É mais caro para espécies endêmicas investirem em flores, ($\chi^2= 4.5$, $P=0.033$), o que pode resultar em uma tendência de produção de flores mais pesadas e em menor quantidade (*trade-off* entre o peso e número de flores).

Não houve diferença significativa para o peso médio seco da flor ($\chi^2 = 0.5$, $P = 0.4$, Tabela 3 e 4). Espécies endêmicas restritas produzem frutos significativamente mais pesados ($\chi^2 = 6.4$, $P = 0.0196$, Figuras 5 e 6, Tabela 3 e 4).

A quantidade de frutos por indivíduo apresentou valores significativamente superiores para espécies amplas ($\chi^2= 4.5$, $P = 0.0338$, Tabela 3 e 4) e também apresentou um *trade off*, confirmado pela análise de custo do fruto. Espécies endêmicas produzem frutos mais pesados e em maior quantidade, com sementes mais leves, embora não tendo a quantidade de sementes uma diferença significativa entre os congêneres.

Espécies endêmicas restritas produzem sementes mais pesadas que seus congêneres de distribuição ampla ($\chi^2= 5.444$, $P=0.0196$, Tabelas 3 e 4). Não houve diferença significativa na quantidade de sementes por frutos, entre espécies endêmicas e seus congêneres, não foi possível verificar um *trade-off* entre peso e quantidade de sementes em nossa análise.

É mais caro para espécies endêmicas restritas investirem em frutos ($\chi^2 = 5.444$, $P = 0.0196$, tabela 3 e 4), sendo estes produzidos em menor quantidade e mais pesados.

Tabela 4 Frequência encontrada para cada característica analisada na floração e frutificação. IAD = Influencia na amplitude de distribuição, Flo/I (n°)= Número total de flores por indivíduo; Fl (ps) = Peso médio seco da flor; Fr/I (n°) = número total de frutos por indivíduo; Sem (ps) = peso médio seco da semente; Fr (ps) = peso médio seco do fruto; AMP = AMPLAS; END = ENDÊMICAS; NS: não significativo; + = maior. Obs. Sem/Fr (n°) = número de sementes por fruto não foi testado pois apenas dois pares apresentaram diferenças significativas.

		Floração			Frutificação			
Altura (+)		Fl /I (n° +)	Fl (ps +)	Floração (custo +)	Fr/I (n° +)	Sem (ps +)	Fr (ps +)	Frutificação (custo +)
Ampla	5	8	3	1	9	1	1	1
Endêmica	4	1	5	7	1	9	9	8
X-squared	0.1111	5.4444	0.5	4.5	4.5	5.4444	5.4444	5.4444
p-value	0.7389	0.0196	0.479	0.033	0.033	0.0196	0.0196	0.0196
Conclusão	NS	IAD (AMP)	NS	IAD (END)	IAD (AMP)	IAD (END)	IAD (END)	IAD (END)

DISCUSSÃO

A diferença entre a frequência de espécies com maior altura entre as classes endêmica e ampla não foi significativa.

O número de cromossomos foi igual intra-par em oito dos dez pares analisados (Tabela 2); as exceções foram *Mimosa skinneri* e *Trichogonia salviifolia*, ambas as espécies poliploides e pertencentes à classe ampla; ambas têm idade superior as de suas congêneres restritas. A poliploidização parece ter causado alterações nas preferências ecológicas e pode estar envolvida nos padrões de distribuição atual dessas espécies. Os poliploides geralmente apresentam uma distribuição geográfica mais ampla, sendo ótimos colonizadores de novos habitats e talvez mais agressivos que seus parentes diploides (Stebbins 1971).

A categoria endêmica apresentou frequência significativamente maior de espécies que produzem menos flores que a categoria ampla. No entanto, a classe endêmica apresentou também frequência significativamente maior de espécies que investiram mais recursos na floração. Esse resultado estaria sinalizando um *trade-off* entre número de flores versus peso médio das flores. Espécies endêmicas estariam investindo em menos flores, porém mais pesadas, o que pode significar flores mais vistosas, mais duradouras ou com mais recursos (pólen ou néctar). Esperaríamos que a classe endêmica apresentasse então frequência significativamente maior de espécies com flores mais pesadas. No entanto, isto não foi observado: a diferença entre a frequência de peso médio das flores entre as classes não foi significativa.

Apesar disso, cinco das espécies endêmicas apresentaram o *trade-off* supracitado, produzindo flores mais pesadas e em menor quantidade. Entre as demais espécies, quatro pares não apresentaram diferenças significativas de peso floral entre as espécies endêmicas e as amplas, e um par apresentou *trade-off* reverso, ou seja, a espécie de distribuição ampla apresentou flores mais pesadas. Uma possível explicação para a conservação de peso floral entre os pares de espécies seriam as pressões seletivas exercidas pelos polinizadores, tornando a mudança desvantajosa.

O par que apresentou *trade-off* reverso (*Cuphea micrantha* (ampla) x *C. cunninghamifolia* (endêmica) é atípico em relação aos outros pares. *Cuphea* é um gênero com grande diversidade de polinizadores e frequentes mudanças de polinizador ao longo

de sua história evolutiva (T.B. Cavalcanti, dados não publicados 2021). A morfologia floral de *C. cunninghamifolia* é mais especializada do que a de *C. micrantha*. Além disso, esse par é exceção entre os outros pares em que a espécie endêmica *C. cunninghamifolia* é aparentemente mais velha (4,36 mya) do a espécie ampla *C. micrantha* (2,89 mya). Nos outros pares, a morfologia floral é muito conservada, sugerindo que não há mudança de polinizador.

Nossos estudos corroboram os estudos que relatam a produção de flores em menor quantidade em espécies endêmicas (Fiedler 1987; Lavergne et al. 2004; Rymer et al. 2005), porém, porém não sustentam sugestões que registraram flores menores (Cruden 1977; Preston 1986; Brunet & Ecket 1998, Murray et al. 2002; Lavergne et al. 2004), já que as espécies endêmicas analisadas por nós apresentam flores de peso equivalente, ou mais pesadas.

A classe endêmica apresentou frequência significativamente maior de espécies que produzem menos frutos e sementes mais pesadas que a classe ampla, apresentou também frequência significativamente maior de espécies que investiram mais recursos na frutificação. Este resultado estaria sinalizando um *trade-off* entre número de frutos, versus peso médio das sementes e peso médio dos frutos. Espécies endêmicas estariam investindo menos em frutos, porém mais pesados e com sementes mais pesadas.

Áreas de cerrado rupestre, por suas características pouco homogêneas (altitude, solos inférteis associados a afloramentos de quartzito, condições climáticas menos variáveis), impõem fortes pressões seletivas fisiológicas que exigem adaptações específicas e podem tornar as espécies especializadas nesses habitats (Médail & Verlaque 1997; Beard et al. 2000; Casazza et al. 2005).

Em dois pares de *Trichogonia*, as sementes são dispersas pelo vento. Em espécies de dispersão anemocórica, características que podem limitar a distância de dispersão, como sementes mais pesadas, também podem ocorrer em espécies endêmicas restritas (Augspurger 1986, Greene e Johnson 1993, Lavergne et al. 2004).

Para dispersores endozoocóricos e sinzoocóricos (onde os animais transportam sementes intencionalmente sem ingestão), a variação no diâmetro do fruto e no tamanho da semente pode afetar quantas e quais espécies dispersoras são capazes de se alimentar de uma planta individual (Galetti et al. 2013; González-Varo & Traveset 2016), como as sementes são processadas (por exemplo, engolidas ou regurgitadas, Levey 1987;

armazenadas ou comidas (Jansen et al. 2004; Gómez et al. 2008) e até que ponto as sementes são movidas (Muñoz & Bonal 2008).

Era esperado que as espécies da categoria endêmica produzissem menos frutos em consequência da frequência de espécies da mesma categoria que investiram menos na produção de flores, porém na frutificação o padrão de *trade-off* (endêmicas produzindo menos frutos, sementes mais pesadas, frutos mais pesados e maior custo) seguido pelos pares foi mais forte.

Nosso estudo registrou sementes mais pesadas na classe endêmica, maior investimento de recursos na floração e na frutificação, mas não registrou diferença significativa na quantidade de sementes entre a classe endêmica e a classe ampla. Em condições de limitação de recursos, quando há uma restrição na quantidade de energia que pode ser investida na reprodução das plantas, poderá haver um *trade-off* entre peso e quantidade de sementes (Smith & Fretwell 1974; Leishman 2001; Messina & Fox 2001; Grubb 2016).

Sementes mais pesadas pode ser uma solução para uma compensação e pode diferir dependendo do ambiente em que a planta se encontra, em ambientes desfavoráveis as plantas com sementes pesadas que oferecem mais recursos para a plântula em desenvolvimento provavelmente serão selecionadas (Zamorano & Bustamante 2017). Dado o ambiente sazonalmente seco em cerrado rupestre, espera-se uma infinidade de características funcionais relacionadas à economia de água (Silveira 2016). A produção de sementes mais pesadas poderia ser um traço estratégico relacionado à conservação de recursos. Espera-se que as especializações nutricionais e outras biológicas sejam comuns no campo rupestre (Hopper 2009) e que essas especializações sejam características relacionadas à maior conservação de recursos (Negreiros et al. 2014) e adaptações para lidar com alta irradiância, ventos fortes e a distribuição sazonal das chuvas (Silveira 2016).

Outro aspecto a ser levado em consideração com relação ao peso das sementes seria a dispersão, produzir sementes mais pesadas poderia ser uma estratégia para manutenção local das plantas endêmicas edáficas. Os pares de estudo ilustraram a maioria dos tipos de dispersão mais comuns (anemocoria, autocoria, ornitocoria, epizocoria e mirmecocoria; Tabela 2). A estratégia de produzir sementes mais pesadas pode ser então explicada pela pressão seletiva exercida pelo ambiente e pode ser uma adaptação específica, principalmente porque 90% das espécies analisadas em nosso estudo

pertencentes as categorias endêmicas apresentaram sementes mais pesadas, independente da síndrome de dispersão. A distância de dispersão de sementes deve ser restrita, porque a especificidade do solo deve estar associada à dispersão de curta distância, pois a dispersão de longa distância incorreria em altos riscos de pouso de sementes em locais inadequados (Hopper 2009).

Deve ser ressaltado que a maioria dos gêneros do estudo tem forte restrição filogenética a variação de número de sementes por frutos. As Asteraceae estudadas (representadas por *Eremanthus* e *Trichogonia* no nosso estudo) apresentam ovário com apenas um lóculo uniovulado, não havendo escopo para variabilidade no número de sementes por fruto. O gênero *Myrcia*, com cerca de 800 espécies, apresenta ovário com 2 a 3 lóculos bi-ovulados. Os frutos com sementes únicas são praticamente universais nesse gênero, havendo ocorrência esporádica de frutos com 2, 3 ou 4 sementes. Em *Myrcia* seção *Tomentosae*, ao qual pertence o par de espécies estudado, o ovário tem sempre 2 lóculos biovulados (Lucas et al., 2018) sendo o número máximo de sementes possíveis igual a 4. Em *Manihot* o ovário é trilocular, com um óvulo por lóculo, portanto, 3 seria o número máximo de sementes possível. Em *Cuphea cunninghamifoliia* o número de sementes vai de 2 a 4 e em *Cuphea micrantha* de 2 a 3, portanto não havendo como variar muito entre as espécies pertencente ao par analisado. Em *Oocephalus* os frutos têm de 1 a 4 núculas, o número de núculas nas duas espécies analisadas é 4, não havendo também escopo para variabilidade no número de sementes por fruto. Duas das espécies endêmicas apresentaram *trade-off*, produzindo sementes mais pesadas e em menor quantidade. Em *Diplusodon*, cuja quantidade de sementes foi maior em *Diplusodon oblongus* (ampla) e em *Mimosa*, cuja quantidade de sementes foi maior em *Mimosa clausenii* (ampla), existe variabilidade intra-genérica no número de sementes por fruto; esses gêneros são menos conservadores filogeneticamente com relação a este caráter.

Essas espécies endêmicas edáficas de origem recente apresentam claramente diferenças ecológicas de seus congêneres de distribuição ampla e as características funcionais de investimento em floração e frutificação fazem parte de um pacote de características que podem afetar a “sobrevivência” das plantas em ambientes de cerrado rupestre ou rochoso, onde se encontram 80% das endêmicas restritas analisadas, a baixa produção de flores e frutos, acarretou em alto investimento de recurso na floração e frutificação (produzindo flores, frutos e semente mais pesadas), pode ser uma estratégia de perpetuação destas espécies.

CONCLUSÃO

As diferenças ecológicas observadas entre espécies endêmicas restritas e seus congêneres amplos baseado na amostra analisada podem ser operantes no bioma Cerrado. Não há diferença significativa na altura entre espécies endêmicas restritas e congêneres de distribuição ampla. As espécies endêmicas restritas produziram flores em menor quantidade, característica relacionada a redução de taxas de cruzamentos, mas investem mais recursos na produção de flores mais pesadas. Espécies endêmicas restritas produziram frutos em menor quantidade e investiram mais recursos na produção de sementes mais pesadas e frutos mais pesados que suas congêneres próximas.

REFERÊNCIAS

Alves RJV, Cardin L, Kropf MS (2007) Angiosperm disjunction “Campos rupestres - Restingas”: A re-evaluation. *Acta Bot Brasilica* 21: 675 – 685.

Alves RJV, Kolbek J (1994) Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. *Vegetatio* 113(2): 125–139.

Baker HG (1965) Characteristics and modes of origins of weeds. In: H. G. Baker & G. L. Stebbins (eds.), *The genetics of colonizing species*. Academic Press, New York, pp. 147–172.

Beard JS, Chapman AR, Gioia P (2000) Species richness and endemism in the Western Australian flora. *Journal of Biogeography* 27: 1257 – 1268.

Behroozian M, Ejtehadi H, Memariani F, Pierce S & Mesdaghi M (2020) Are endemic species necessarily ecological specialists? Functional variability and niche differentiation of two threatened *Dianthus* species in the montane steppes of northeastern Iran. *Scientific reports* 10(1): 1 – 11.

Brunet J, Eckert CG (1998) Effects of floral morphology and display on outcrossing in blue colombine, *Aquilegia caerulea* (Ranunculaceae). *Funct Ecol* 12(4): 596 – 606.

Bullock, SH (1985) Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 17: 287 – 301

Caiafa AN, Silva AF (2005) Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais - Brasil. *Rodriguésia* 56: 163 – 173.

Casazza G, Barberis G, Minuto L (2005) Ecological characteristics and rarity of endemic plants of the Italian Maritime Alps. *Biological Conservation* 123: 361 – 371.

Chacón J, Madriñán S, Debouck D, Rodriguez F, Tohme J (2008) Phylogenetic patterns in the genus *Manihot* (Euphorbiaceae) inferred from analyses of nuclear and chloroplast DNA regions. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 49(1): 260 – 267.

Coutinho LM (1990) Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: Goldammer JG. (ed.) *Fire in the tropical biota*. Ecological Studies.. Springer Verlag, Berlin, pp. 82 – 105.

Cruden RW (1977) Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 32 – 46.

Drury WH (1974) Rare species. *Biol Conserv* 6(3): 162 – 169

Dutra VF, Morales M, Jordão LSB, Borges LM, Silveira FS, Simon MF, Santos-Silva J, Nascimento JGA, Ribas ODS (2020) *Mimosa* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83465>>. Acesso em: 21 out. 2021.

Eiten G (1994) Vegetação do Cerrado. In: MN Pinto (eds.) *Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas* Editora Universidade de Brasília. Brasília, pp. 17 – 73.

Felsenstein J (1985) Phylogenies and the comparative method. - *Am Nat* 125(1): 1 – 15.

Ferreira de Deus F, Oliveira PE (2016) Changes in floristic composition and pollination systems in a “Cerrado” community after 20 years of fire suppression. *Rev Bras Bot* 39:1051–1063. <https://doi.org/10.1007/s40415-016-0304-9>

Freitas L, Sazima M (2011) Pollination Biology in a Tropical High-Altitude Grassland in Brazil: Interactions at the Community Level. *Ann Missouri Bot Gard* 93: 465 – 516.

Galetti M, Guevara R, Côrtes MC, Fadini R, Von Matter S, Leite AB, Labacca F, Ribeiro T, Carvalho CS, Collevatti RG, Pires MM, Guimarães PR, Brancalion PH, Ribeiro MC, Jordano P (2013) Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Science* 340: 1086 – 1090.

Gaston KJ (1994) What is rarity? In: Springer, *Rarity*. Dordrecht, pp 1 – 21.

Giulietti AM, Pirani JR, Harley RM (1997) Espinhaço Range region, eastern Brazil. In: Davis SD, Heywood VH, Herrera-Macbryde O, Villa-Lobos J, Hamilton AC (eds) *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. IUCN Publication Unit, Cambridge, pp 397–404.

Gomes-Bezerra KM (2013) Estudos taxonômicos e anatômicos dos gêneros *Calyptanthus*, *Marlierea*, *Myrceugenia* e *Myrcia* sect. *Aulomyrcia* (Myrtaceae) no Distrito Federal, Brasil. Ph.D. thesis. Universidade de Brasília

Gómez JM, Puerta-Piñero C, Schupp EW. 2008. Effectiveness of rodents as local seed dispersers of Holm oaks. *Oecologia* 155: 529 – 537.

González-Varo JP, Traveset A (2016) The labile limits of forbidden interactions. *Trends in Ecology & Evolution* 31: 700 – 710.

Gressler E, Pizo MA, Morellato LPC (2006) Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. *Rev Bras Botânica* 29: 509 – 530. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000400002>

Griggs RF (1940) The ecology of rare plants. *Bull J Torrey Bot* 67: 575 – 594.

Grubb PJ (2016) Trade-offs in interspecific comparisons in plant ecology and how plants overcome proposed constraints. *Plant Ecol Divers* 9(1): 3 – 33.

Haridasan M (1994) Solos do Distrito Federal. In: Pinto MN (ed.) *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas.*, Editora UnB /SEMATEC Brasília, pp. 21 – 344.

Hoffmann WA (1996) The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. *Journal of Ecology* 84: 383 – 393.

Hopper SD (2009) OCBIL theory: towards an integrated understanding of the evolution, ecology and conservation of biodiversity on old, climatically buffered, infertile landscapes. *Plant Soil* 322:49–86.

Jansen PA, Bongers F, Hemerik L (2004) Seed mass and mast seeding enhance dispersal by a neotropical scatter-hoarding rodent. *Ecological Monographs* 74: 569 – 589.

Kier G, Mutke J, Dinerstein E, Ricketts TH, Küper W, Kreft H, Barthlott W (2005) Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *J Biogeog* 32(7): 1107–1116.

Kruckeberg AR, Rabinowitz D (1985) Biological aspects of endemism in higher plants. *Annu Rev Ecol Evol Syst*:16: 447 – 479.

Lauterbach D, Römermann C, Jeltsch F, Ristow M (2013) Factors driving plant rarity in dry grasslands on different spatial scales—a functional trait approach. *Biodiv Conserv* 22(10): 2337 – 2352.

Lavergne S, Thompson JD, Garnier E, Debussche M (2004) The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: A comparative study of trait variation in 20 congeneric pairs. *Oikos* 107(3): 505 – 518.

Leishman MR (2001) Does the seed size/number trade-off model determine plant community structure? an assessment of the model mechanisms and their generality. *Oikos* 93(2): 294 – 302.

- Levey DJ (1987) Seed size and fruit-handling techniques of avian frugivores. *American Naturalist* 129: 471 – 485.
- Levin DA (2010) Environment-enhanced self-fertilization: implications for niche shifts in adjacent populations. *J Ecol* 98(6): 1276 – 1283
- Loeuille B, Semir J, Lohmann LG, Pirani JR (2015) A phylogenetic analysis of Lychnophorinae (Asteraceae: Vernonieae) based on molecular and morphological data. *Syst Bot* 40(1): 299 – 315.
- Médail F, Verlaque R (1997) Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. *Biological Conservation* 80: 269 – 281.
- Mendonça RC, JM Felfili BMT, Walter MC, Silva Júnior AV, Rezende TS, Filgueiras PE Nogueira, Fagg CW (2008) Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SM Sano, SP Almeida, JF Ribeiro (eds), *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 422 – 442.
- Mendoza JMM (2018) *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae): taxonomic and phylogenetic studies. Doctoral dissertation, University of Brasília.
- Messina FJ, Fox CW (2001) Offspring size and number. *Evolutionary ecology: concepts and case studies*. Oxford University Press, Oxford, pp. 113 – 127.
- Mucina L (2017) Vegetation of Brazilian campos rupestres on siliceous substrates and their global analogues. *Flora* 238: 11 – 23.
- Munhoz CBR, Felfili JM (2006) Floristics of the Herbaceous and Subshrub Layer of a Moist Grassland in the Cerrado Biosphere Reserve (Alto Paraíso de Goiás), Brazil. *Edinburgh J Bot* 63:343–354. <https://doi.org/10.1017/S0960428606000539>
- Muñoz A, Bonal R (2008) Are you strong enough to carry that seed? Seed size/body size ratios influence seed choices by rodents. *Animal Behaviour* 76: 709 – 715
- Murray BR, Rice BL, Keith DA, Myerscough PJ, Howell J, Floyd AG, Westoby (1999) Species in the tail of rank-abundance curves. *Ecology* 80(6): 1806 – 1816
- Murray BR, Thrall PH, Gill AM, Nicotra AB (2002) How plant life-history and ecological traits relate to species rarity and commonness at varying spatial scales. *Austral Ecol* 27(3): 291 – 310.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772): 853 – 858.

Negreiros D, Le Stradic S, Fernandes GW, Rennó HC (2014) CSR analysis of plant functional types in highly diverse tropical grasslands of harsh environments. *Plant Ecol* 215:379–388.

Oliveira RS, Abrahão A, Pereira C, Teodoro GS, Brum M, Alcantara S, Lambers H (2016) Ecophysiology of campos rupestres plants. In: *Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil*. Fernandes GW (ed), pp. 227–272.

Pastore JFB, Harley RM, Forest F, Paton A, van den Berg C (2011) Phylogeny of the subtribe Hyptidinae (Lamiaceae tribe Ocimeae) as inferred from nuclear and plastid DNA. *Taxon* 60(5): 1317 – 1329.

Pennington RT, Ratter JA, Lewis GP (2006) *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Biodiversity, Biogeography and Conservation*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Preston RE (1986) Pollen-ovule ratios in the Cruciferae. *Am J Bot* 73(12): 1732 – 1740.

Proença CEB, Gibbs PE (1994) Reproductive biology of eight sympatric Myrtaceae from Central Brazil. *New Phytol* 126: 343–354. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1994.tb03954.x>

R-Development-Core-Team (2011) *R: a language and environment for statistical computing*.

Rabinowitz D (1981) Seven forms of rarity. In: Synge H (ed) *The biological aspects of rare plants conservation*. Chichester, pp. 205 – 217.

Rabinowitz D, Cairns S, Dillon T (1986) Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In: Soule ME (ed) *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Massachusetts.

Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S (1997) The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80(3): 223 – 230.

Reatto A, Correia JR, Spera ST, Martins ES (2008) Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds) *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa Cerrados, Brasília, pp. 107 – 149.

Ribeiro JF, Walter BMT (2008) As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds) *Cerrado: Ecologia e Flora.*, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 151 – 212.

Ricklefs R (2002) Rarity and diversity in Amazonian forest trees. *Trends Ecol Evol* 15(3): 83 – 84.

Rivera VL (2018) Relatório de Bolsa de Pós-doutoramento apresentado à FAPDF. Projeto: História evolutiva da flora endêmica do Planalto Central Brasileiro.

Rivera VL, Ferreira SDC, Panero JL (2016) Trichogoniinae, a new subtribe of Eupatorieae (Asteraceae). *Phytotaxa* 260(3): 296 – 300.

Santos MF, Lucas E, Sobral M, Sano PT, Buerki S, Staggemeier VG, Forest F. (2017) Biogeographical patterns of *Myrcia* s.l. (Myrtaceae) and their correlation with geological and climatic history in the Neotropics. *Mol Phylogenet Evol* 108: 34 – 48. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.01.012>

Silveira FAO, Negreiros D, Barbosa NPU, et al (2015) Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre : a neglected conservation priority. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>

Silvertown J, Dodd M (1996) Comparing plants and connecting traits. *Philos Trans R Soc Lond Ser B* 351(1345):1233–1239.

Simon MF, Grether R, Queiroz LP, Särkinen TE, Dutra VF, Hughes CE (2011) The evolutionary history of *Mimosa* (Leguminosae): toward a phylogeny of the sensitive plants. *Am J Bot* 98(7): 1201 – 1221.

Simon MF, Grether R, Queiroz LP, Skema C, Pennington RT, Hughes CE (2009) Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(48): 20359 – 20364.

Simon MF, Proença CEB (2000) Phylogeographic patterns of *Mimosa* (Mimosoideae, Leguminosae) in the Cerrado biome of Brazil: An indicator genus of high-altitude centers of endemism? *Biol Conserv* 96: 279 – 296. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00085-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00085-9)

Smith CC, Fretwell SD (1974) The optimal balance between size and number of offspring. *Am Nat* 108(962): 499 – 506.

Stebbins GLJ (1942) The genetic approach to the problems of rare and endemic species. *Madronõ* 6: 241 – 272.

Thompson K, Gaston KJ, Band SR (1999) Range size, dispersal and niche breadth in the herbaceous flora of central England. *J Ecol* 87(1): 150 – 155.

Torezan-Silingardi HM, Oliveira PEAM (2004) Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in central Brazil. *Phyton* (B Aires) 44: 23 – 43

Totté A, Delgado A, Navarro T, Meerts P (2015) Narrow endemics of the Almeria Province (Andalusia, Spain) differ in their traits and ecological niche compared to their more widespread congeners. *Folia Geobotanica* 50(2): 137 – 150.

Vasconcelos TNC, Alcantara S, Andrino CO, et al (2020) Fast diversification through a mosaic of evolutionary histories characterizes the endemic flora of ancient Neotropical mountains. *Proc R Soc B Biol Sci* 287:.. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2933>

Westoby M, Falster DS, Moles AT, Vesk PA, Wright IJ (2002) Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annu Rev Ecol Syst* 33: 125 – 159

Wright SI, Kalisz S, Slotte T (2013) Evolutionary consequences of self-fertilization in plants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280(1760): 20130133.

Zamorano D & Bustamante RO (2017) Seed mass, seed number and evolutionary trade-off across geographic distribution: do they explain invasiveness in *Eschscholzia californica*, central Chile? *Plant Ecology & Diversity* 10: 105 – 113.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Espécies endêmicas em negrito e indicadas por (END); espécies amplas indicadas por (AMP).

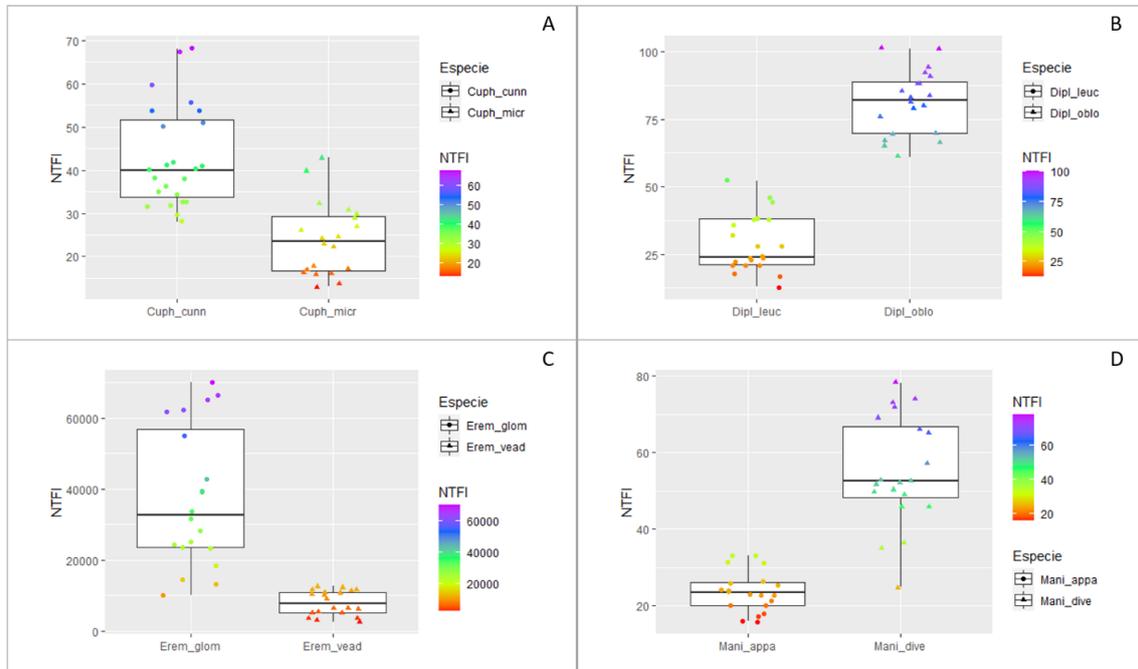


Figura 1 Diferenças no número total de flores por indivíduo: A - *Cuphea cunninhamiifolia* (END) x *Cuphea micrantha* (AMP); B - *Diplusodon leucocalycinus* (END) x *Diplusodon oblongus* (AMP); C - *Eremanthus veadeiroensis* (END) x *Eremanthus glomerulatus* (AMP); D - *Manihot appanii* (END) x *Manihot divergens* (AMP).

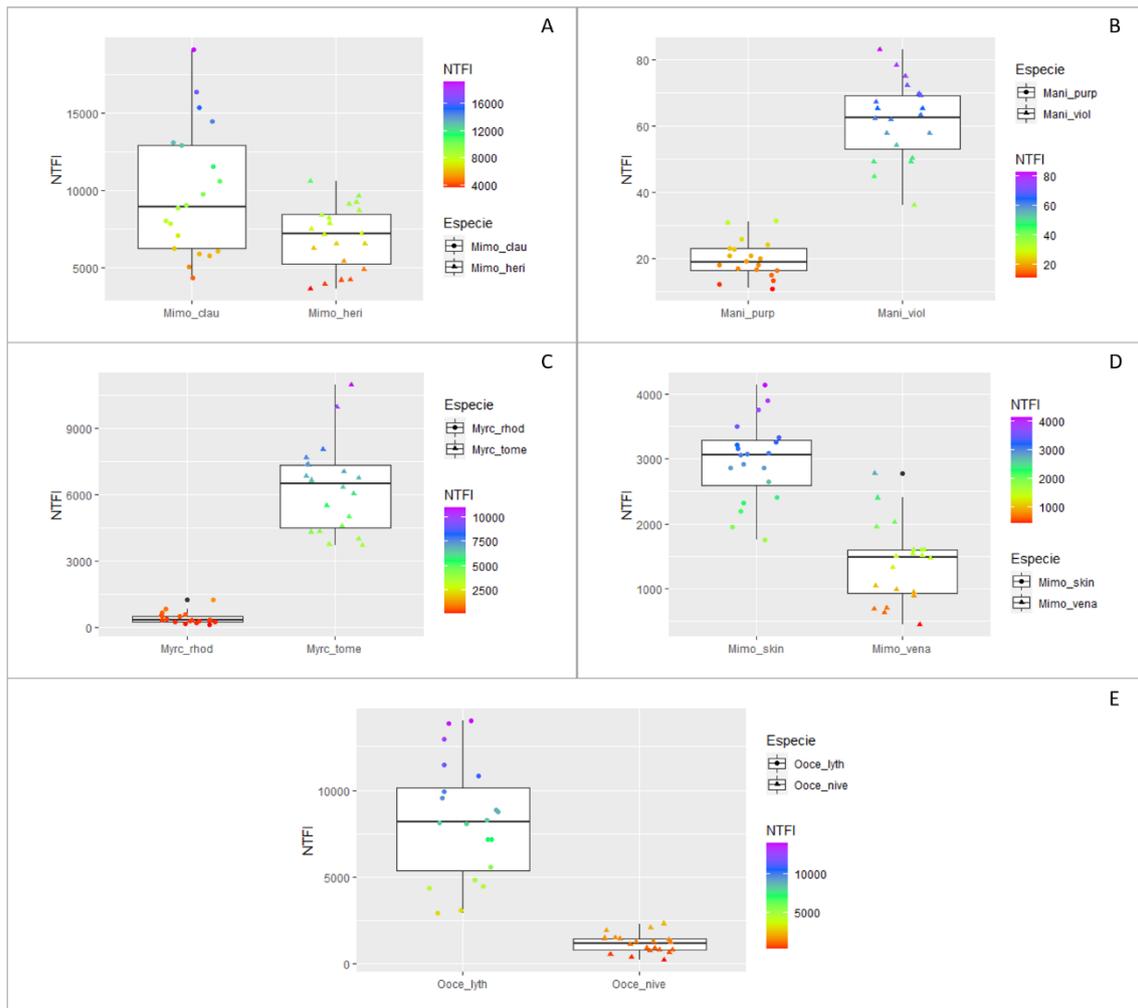


Figura 2 Diferenças no número total de flores por indivíduo. A - *Mimosa heringeri* (END) x *Mimosa clausenii*; B - *Manihot purpureocostata* (END) x *Manihot violacea* (AMP); C - *Myrcia rhodosepala* (END) x *Myrcia tomentosa* (AMP); D - *Mimosa venatorum* (END) x *Mimosa skinneri* (AMP); E - *Oocephalus niveus* (END) x *Oocephalus grazielae* (AMP).

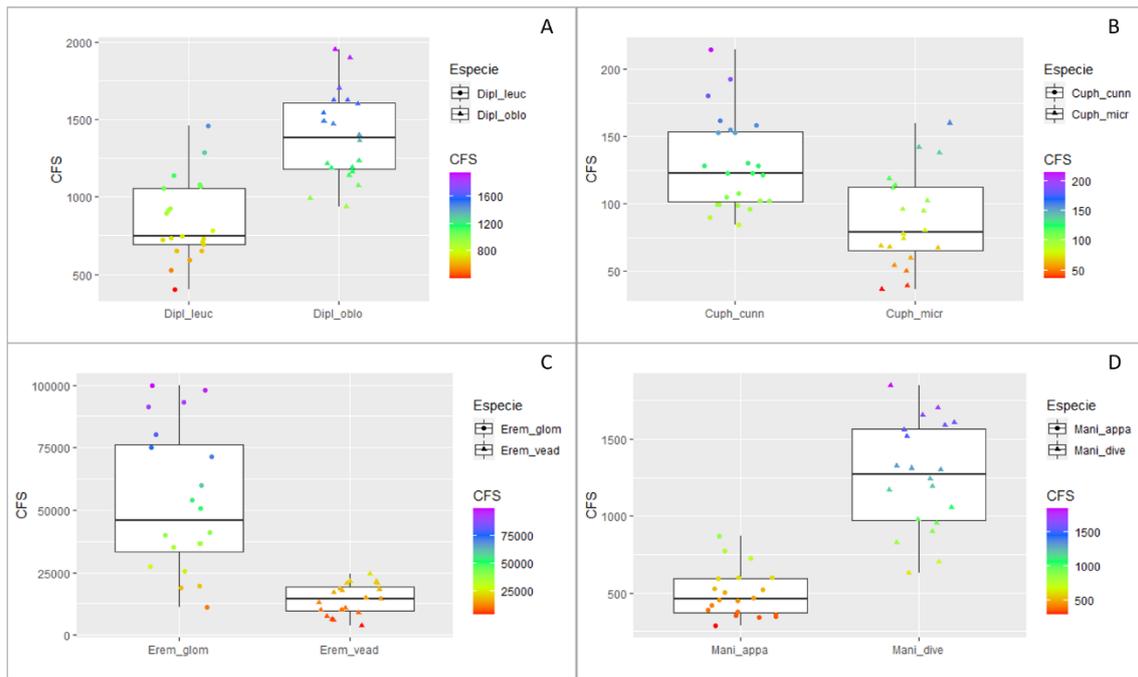


Figura 3 Diferenças no custo da flor seca: A - *Dipusodon leucocalycinus* (END) x *Dipusodon oblongus* (AMP); B - *Cuphea cunninghamiifolia* (END) x *Cuphea micrantha* (AMP); C - *Eremanthus veadeiroensis* (END) x *Eremanthus glomerulatus* (AMP); D - *Manihot appanii* (END) x *Manihot divergens* (AMP).

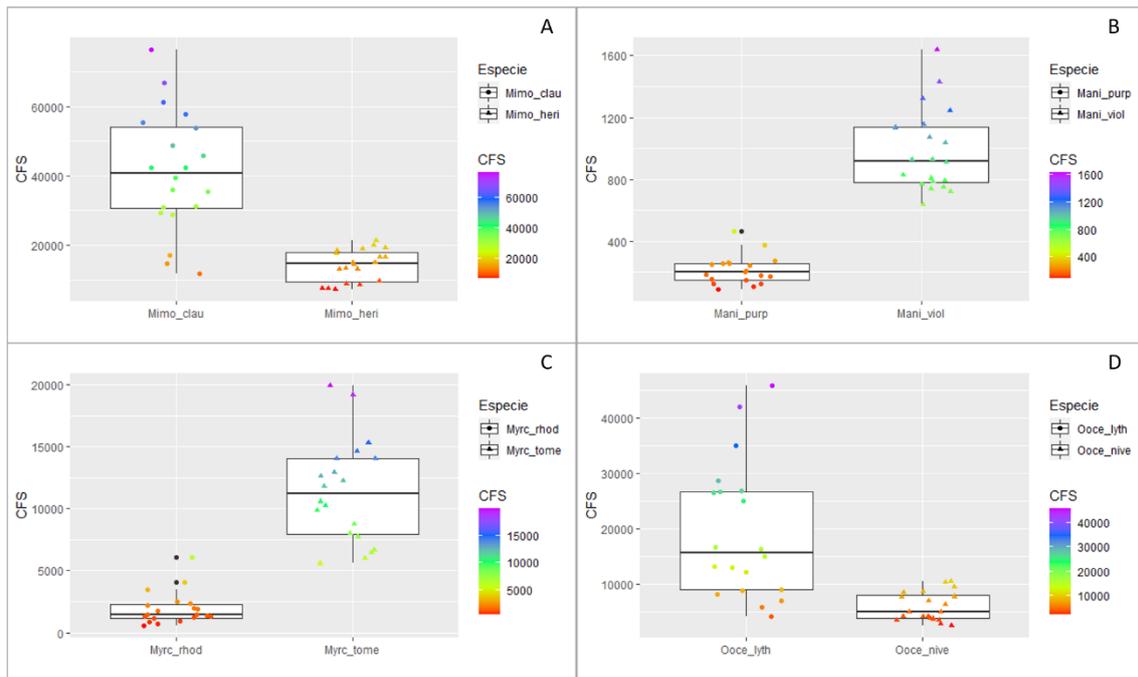


Figura 4 Diferenças no custo da flor seca: A - *Mimosa heringeri* x *Mimosa clausenii*; B - *Manihot purpureo-costata* (END) x *Manihot violacea* (AMP); C - *Myrcia rhodeosepala* (END) x *Myrcia tomentosa* (AMP); D - *Oocephalus niveus* (END) x *Oocephalus grazielae* (AMP).

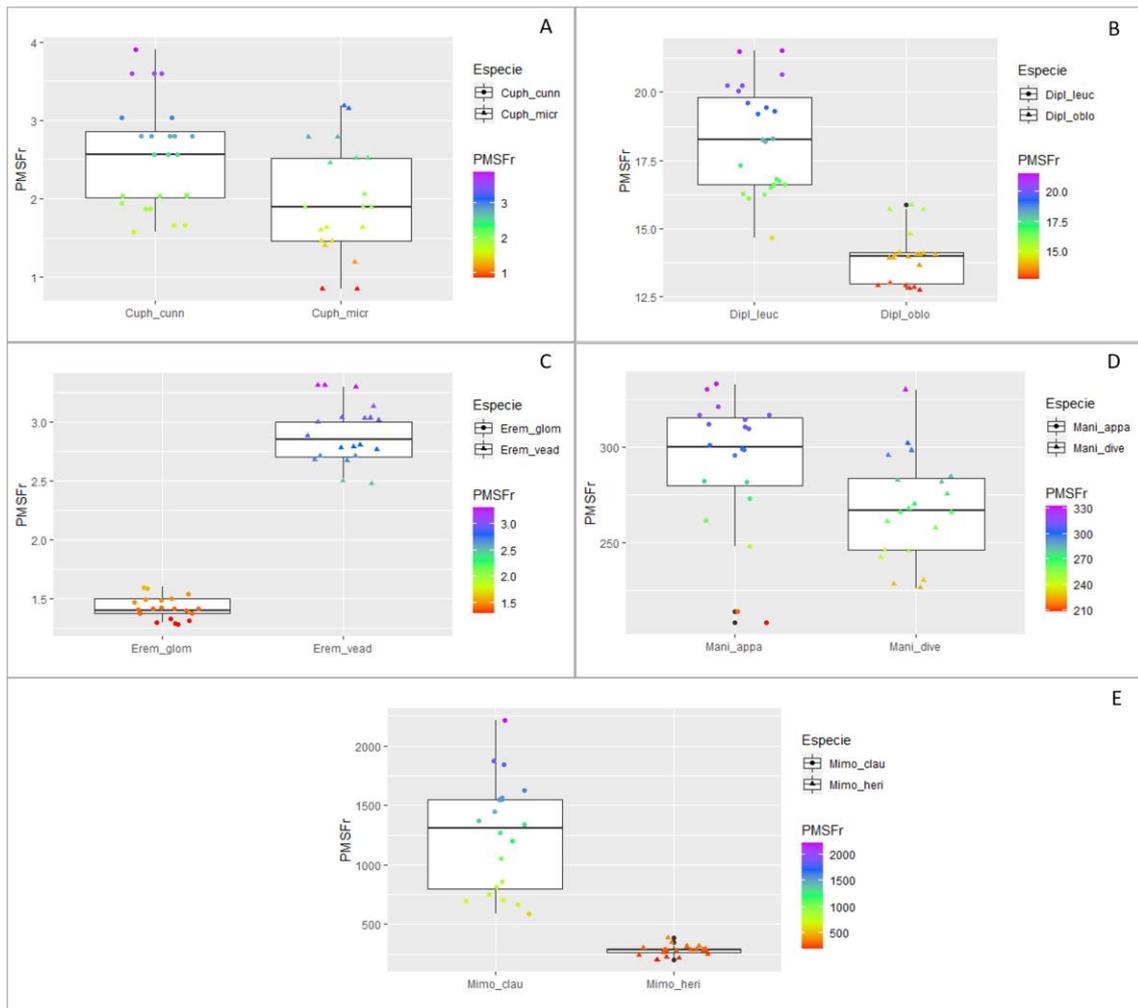


Figura 5 Diferenças no peso médio seco dos frutos em mg: A – *Cuphea cunninghamiifolia* (END) x *Cuphea micrantha* (AMP); B – *Diplusodon leucocalycinus* (END) x *Diplusodon oblongus* (AMP); C – *Eremanthus veadeiroensis* (END) x *Eremanthus glomerulatus* (AMP); D – *Manihot appanii* (END) x *Manihot divergens* (AMP); E – *Mimosa heringeri* (END) x *Mimosa clausenii* (AMP).

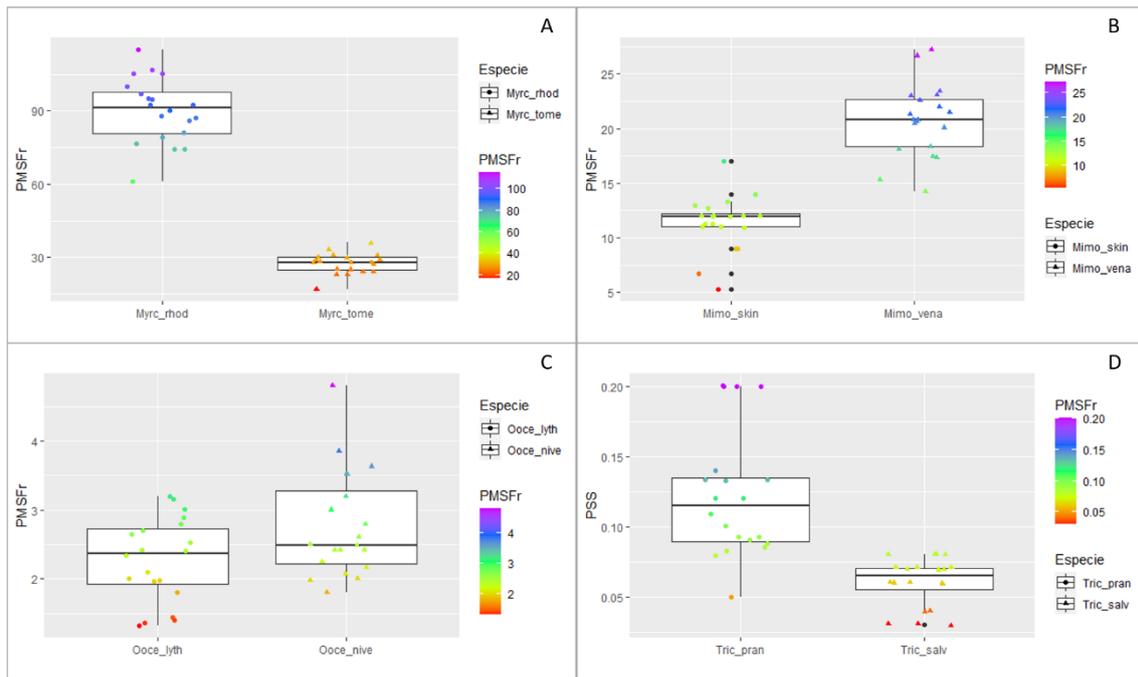


Figura 6 Diferenças no peso médio seco dos frutos em mg: A - *Myrcia rhodeosepala* (END) x *Myrcia tomentosa* (AMP); B - *Mimosa venatorum* (END) x *Mimosa skinneri* (AMP); C - *Oocephalus niveus* (END) x *Oocephalus grazielae* (AMP); D - *Trichogonia prancei* (END) x *Trichogonia salviifolia* (AMP).

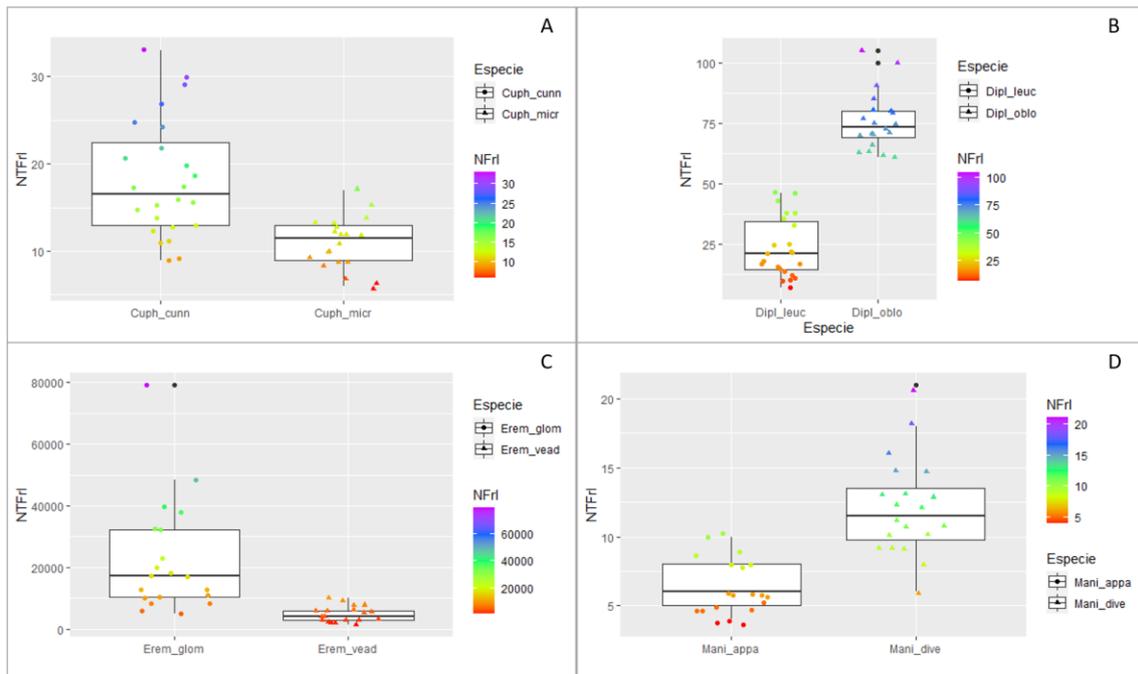


Figura 7 Diferenças no número total de frutos por indivíduo: A - *Cuphea cunninghamiifolia* (END) x *Cuphea micrantha* (AMP).; B - *Dipusodon leucocalycinus* (END) x *Diplusodon oblonngus* (AMP); C - *Eremanthus veadeiroensis* (END) x *Eremanthus glomerulatus* (AMP); D - *Manihot appanii* (END) x *Manihot divergens* (AMP); E - *Mimosa heringeri* (END) x *Mimosa clausenii* (AMP).

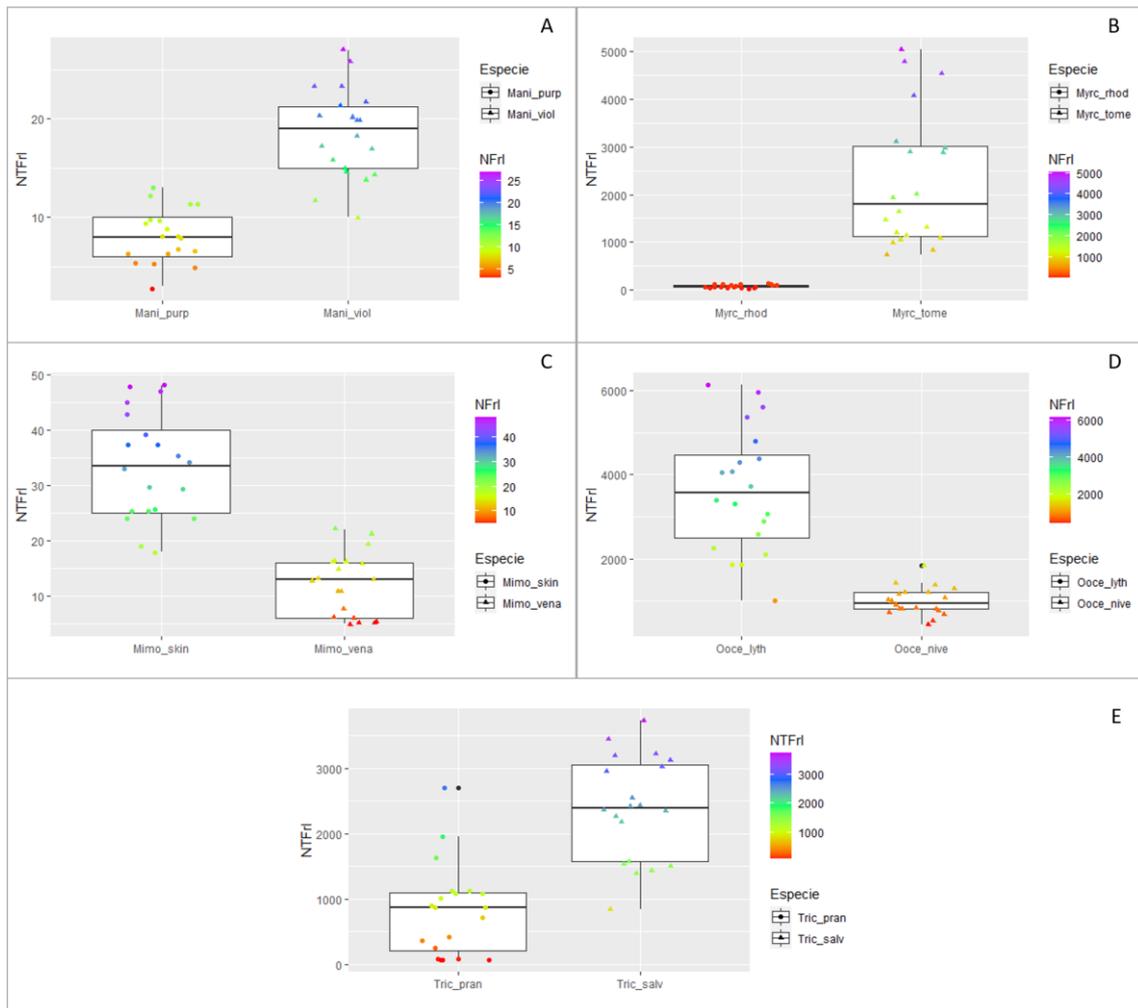


Figura 8 Diferenças no número total de frutos por indivíduo. A - *Manihot purpureocostata* (END) x *Manihot violacea* (AMP); B - *Myrcia rhodosepala* (END) x *Myrcia tomentosa* (AMP); C - *Mimosa venatorum* (END) x *Mimosa skinneri* (AMP); D - *Oocephalus niveus* (END) x *Oocephalus grazielae* (AMP); E - *Trichogonia prancei* (END) x *Trichogonia salviifolia* (AMP).

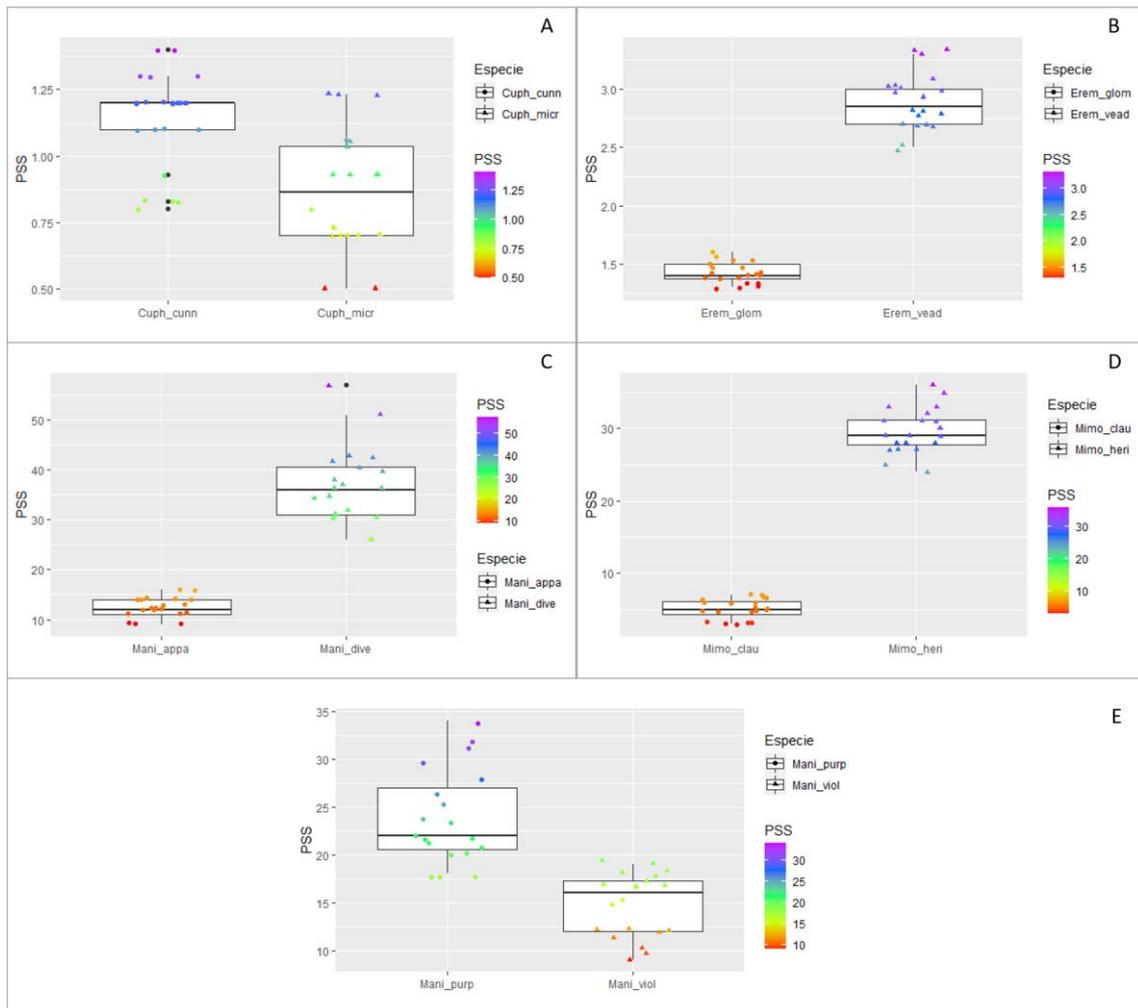


Figura 9 Diferenças no peso seco da semente em mg: A - *Cuphea cunninghamiifolia* (END) x *Cuphea micrantha* (AMP); B - *Eremanthus veadeiroensis* (END) x *Eremanthus glomerulatus*; C - *Manihot appanii* (END) x *Manihot divergens*; D - *Mimosa heringeri* (END) x *Mimosa clausenii*; E - *Manihot purpureo-costata* (END) x *Manihot violacea* (AMP)

Tabelas contendo dados de características funcionais florais e da frutificação das espécies alvo em campo (peso em mg, altura em metros). Espécies endêmicas em negrito e indicadas por (END); espécies amplas indicadas por (AMP):

Tabela 1 *Oocephalus niveus* (END) x *Oocephalus grazielae* (AMP) – Frutificação. Fru/I (nº) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (os) = peso médio seco da poupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (nº) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (nº)	Pou (ps)	Sem (ps)	Sem/Fr (nº)	Fr (ps)	Custo
<i>Ooce_nive</i>	1208.4	0.9	0.9	2.4	2.16	2610
<i>Ooce_nive</i>	725.2	1.5	1.5	3.2	4.8	3481
<i>Ooce_nive</i>	810.3	0.8	0.8	3.1	2.48	2010
<i>Ooce_nive</i>	1376	1.1	1.1	3.2	3.52	4844
<i>Ooce_nive</i>	524.6	1.1	1.1	3.5	3.85	2020
<i>Ooce_nive</i>	763.8	0.9	0.9	2.3	2.07	1581
<i>Ooce_nive</i>	814	1	1	3.2	3.2	2605
<i>Ooce_nive</i>	1155.4	1.1	1.1	2.2	2.42	2796
<i>Ooce_nive</i>	1076.3	1	1	2.5	2.5	2691
<i>Ooce_nive</i>	1425.6	1.1	1.1	3.3	3.63	5175
<i>Ooce_nive</i>	1288.2	0.9	0.9	2	1.8	2319
<i>Ooce_nive</i>	1203.1	1.1	1.1	2.2	2.42	2912
<i>Ooce_nive</i>	993.3	0.8	0.8	2.8	2.24	2225
<i>Ooce_nive</i>	814	1.1	1.1	3.2	3.52	2865
<i>Ooce_nive</i>	821.4	0.9	0.9	3.1	2.79	2292
<i>Ooce_nive</i>	1829.7	0.9	0.9	2.2	1.98	3623
<i>Ooce_nive</i>	685	1	1	2.6	2.6	1781
<i>Ooce_nive</i>	1024.6	0.8	0.8	2.5	2	2049
<i>Ooce_nive</i>	435.6	1	1	3	3	1307
<i>Ooce_nive</i>	906.3	1.1	1.1	2.2	2.42	2193
Média				2.735		
<i>Ooce_graz</i>	2244	1	1	3	3	6732
<i>Ooce_graz</i>	4080.9	0.9	0.9	3	2.7	11018
<i>Ooce_graz</i>	1860	0.8	0.8	1.7	1.36	2530
<i>Ooce_graz</i>	2588.3	0.93	0.93	3	2.79	7221
<i>Ooce_graz</i>	2883.5	0.8	0.8	1.8	1.44	4152
<i>Ooce_graz</i>	6130.5	0.9	0.9	2	1.8	11035
<i>Ooce_graz</i>	4290	1	1	3.2	3.2	13728
<i>Ooce_graz</i>	5963.7	0.9	0.9	3.5	3.15	18786
<i>Ooce_graz</i>	4794.6	0.6	0.6	2.2	1.32	6329
<i>Ooce_graz</i>	1007.4	0.93	0.93	2.6	2.418	2436
<i>Ooce_graz</i>	3300	0.7	0.7	2	1.4	4620
<i>Ooce_graz</i>	3400	0.7	0.7	2.8	1.96	6664

<i>Ooce_graz</i>	4044.3	0.9	0.9	2.8	2.52	10192
<i>Ooce_graz</i>	3060	0.6	0.6	4	2.4	7344
<i>Ooce_graz</i>	3717.9	0.7	0.7	3	2.1	7808
<i>Ooce_graz</i>	2104.5	0.9	0.9	2.2	1.98	4167
<i>Ooce_graz</i>	5364	0.9	0.9	2.6	2.34	12552
<i>Ooce_graz</i>	5616.3	1	1	2	2	11233
<i>Ooce_graz</i>	4373.7	0.8	0.8	3.3	2.64	11547
<i>Ooce_graz</i>	1870	0.9	0.9	3.2	2.88	5386
Média				2.695		

Tabela 2 *Oocephalus niveus* (END) x *Oocephalus grazielae* (AMP)– **Floração.** Flo/I (nº)= Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (nº)	Flo (ps)	Custo
<i>Ooce_nive</i>	0.8	1378	5	6890
<i>Ooce_nive</i>	1	1465	5	10212
<i>Ooce_nive</i>	0.7	385	3	2464.2
<i>Ooce_nive</i>	0.82	774	2	2838
<i>Ooce_nive</i>	0.86	826	3	3508.8
<i>Ooce_nive</i>	0.8	519	3.7	5019.42
<i>Ooce_nive</i>	1.2	1506	3.6	8498.16
<i>Ooce_nive</i>	0.9	1272	3.3	7695.6
<i>Ooce_nive</i>	0.75	921	2.8	4145.4
<i>Ooce_nive</i>	1.06	1426	2.5	4174.5
<i>Ooce_nive</i>	0.95	1140	2	3465.6
<i>Ooce_nive</i>	1	2088	5	10441
<i>Ooce_nive</i>	0.72	1290	3	9481.5
<i>Ooce_nive</i>	0.9	932	3	3774
<i>Ooce_nive</i>	0.72	222	3.7	3696.3
<i>Ooce_nive</i>	1.3	2314	3.3	7637
<i>Ooce_nive</i>	0.85	660	3.1	4185
<i>Ooce_nive</i>	0.97	1255	2.8	6329.96
<i>Ooce_nive</i>	1.32	792	3.6	4989.6
<i>Ooce_nive</i>	1.11	1915	2.4	8645.76
Média	0.9365			
<i>Ooce_graz</i>	1.25	11481.8	0.7	5790.12
<i>Ooce_graz</i>	1.2	8271.6	2	8723.4
<i>Ooce_graz</i>	0.85	4361.7	3	41999.1
<i>Ooce_graz</i>	0.7	13999.7	2.7	13087.44
<i>Ooce_graz</i>	0.88	4847.2	2.7	26780.22
<i>Ooce_graz</i>	1.15	9918.6	1.8	12879

<i>Ooce_graz</i>	0.9	7155	2	16212
<i>Ooce_graz</i>	1.3	8106	3	16689.6
<i>Ooce_graz</i>	1.1	5563.2	2.6	8047.52
<i>Ooce_graz</i>	0.77	3095.2	2	8960
<i>Ooce_graz</i>	1	4480	2.3	24867.6
<i>Ooce_graz</i>	1.15	10812	2.1	15026.13
<i>Ooce_graz</i>	0.8	7155.3	3	28595.7
<i>Ooce_graz</i>	0.85	9531.9	0.8	7001.28
<i>Ooce_graz</i>	0.79	8751.6	1.5	12132.9
<i>Ooce_graz</i>	1	8088.6	3.3	45738
<i>Ooce_graz</i>	1.2	13860	3	26634
<i>Ooce_graz</i>	1.32	8878	2.7	34883.46
<i>Ooce_graz</i>	1.18	12919.8	1.4	4116
<i>Ooce_graz</i>	0.95	2940		
Média	1.0170			

Tabela 3 *Mimosa venatorum* (END) x *Mimosa skinneri* (AMP) – Fru/I (nº) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da pupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (nº) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (nº)	Pou (ps)	Sem (ps)	Sem/Fr (nº)	Fr (ps)	Custo
<i>Mimo_vena</i>	16	11	3.2	1.7	14.2	227.2
<i>Mimo_vena</i>	13	16	4.6	3.3	20.6	267.8
<i>Mimo_vena</i>	11	14	6.8	1.7	20.8	228.8
<i>Mimo_vena</i>	15	12	8.1	2	20.1	301.5
<i>Mimo_vena</i>	22	15	8	1	23	506
<i>Mimo_vena</i>	5	14	3.4	3	17.4	87
<i>Mimo_vena</i>	16	10.6	10.7	4	21.3	340.8
<i>Mimo_vena</i>	5	15	6.5	2	21.5	107.5
<i>Mimo_vena</i>	6	15	8.1	6	23.1	138.6
<i>Mimo_vena</i>	13	16	11.17	3	27.17	353.21
<i>Mimo_vena</i>	5	12	3.3	2.33	15.3	76.5
<i>Mimo_vena</i>	6	14	6.8	2	20.8	124.8
<i>Mimo_vena</i>	11	11.3	6.8	2.33	18.1	199.1
<i>Mimo_vena</i>	19	12	10	3	22	418
<i>Mimo_vena</i>	21	15	3.4	2	18.4	386.4
<i>Mimo_vena</i>	8	11	6.4	4	17.4	139.2
<i>Mimo_vena</i>	13	16	10.7	1.33	26.7	347.1
<i>Mimo_vena</i>	16	14	6.5	1.7	20.5	328
<i>Mimo_vena</i>	5	11	11.6	1.7	22.6	113
<i>Mimo_vena</i>	16	16	7.4	2.33	23.4	374.4
Média				2.521		

<i>Mimo_skin</i>	25	8	3	2.7	11	275
<i>Mimo_skin</i>	37	7	4	2.7	11	407
<i>Mimo_skin</i>	45	8	3.9	3	11.9	535.5
<i>Mimo_skin</i>	33	8	4	4	12	396
<i>Mimo_skin</i>	39	8.3	4.7	4	13	507
<i>Mimo_skin</i>	24	6	3	3	9	216
<i>Mimo_skin</i>	26	7	5	2.3	12	312
<i>Mimo_skin</i>	29	10	4	2.3	14	406
<i>Mimo_skin</i>	24	8.3	5	3.3	13.3	319.2
<i>Mimo_skin</i>	25	6	3	3.3	9	225
<i>Mimo_skin</i>	30	7	4	3.3	11	330
<i>Mimo_skin</i>	48	13	4	2.7	17	816
<i>Mimo_skin</i>	37	8.3	3	2.3	11.3	418.1
<i>Mimo_skin</i>	35	8	4	3	12	420
<i>Mimo_skin</i>	48	8	4.7	3	12.7	609.6
<i>Mimo_skin</i>	19	7	5	4	12	228
<i>Mimo_skin</i>	18	1.7	5	4	6.7	120.6
<i>Mimo_skin</i>	34	1	4.3	2.3	5.3	180.2
<i>Mimo_skin</i>	43	8.3	3	2.7	11.3	485.9
<i>Mimo_skin</i>	47	9	3	3.3	12	564
Média				3.060		

Tabela 4 *Mimosa venatorum* (END) x *Mimosa skinneri* (AMP) – Floração. Flo/I (nº)= Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo (ps)	Flo/I (nº)	Custo
<i>Mimo_vena</i>	1	0.8	858	686.4
<i>Mimo_vena</i>	0.9	0.7	1056	739.2
<i>Mimo_vena</i>	0.76	0.7	940	658
<i>Mimo_vena</i>	0.8	0.9	913	821.7
<i>Mimo_vena</i>	0.78	0.7	684	478.8
<i>Mimo_vena</i>	1.27	0.8	1222	977.6
<i>Mimo_vena</i>	0.95	0.6	800	480
<i>Mimo_vena</i>	0.9	0.7	980	686
<i>Mimo_vena</i>	0.74	0.7	296	207.2
<i>Mimo_vena</i>	1.1	0.5	380	190
<i>Mimo_vena</i>	0.8	0.8	880	704
<i>Mimo_vena</i>	0.76	0.9	693	623.7
<i>Mimo_vena</i>	0.9	0.7	1040	728
<i>Mimo_vena</i>	0.79	0.6	814	488.4
<i>Mimo_vena</i>	0.81	0.7	693	485.1
<i>Mimo_vena</i>	1.1	0.6	1380	828
<i>Mimo_vena</i>	0.72	0.7	630	441

<i>Mimo_vena</i>	0.83	0.7	1365	955.5
<i>Mimo_vena</i>	0.82	0.5	930	465
<i>Mimo_vena</i>	0.95	0.9	912	820.8
<i>Mimo_skin</i>	0.2	0.14	3150	441
<i>Mimo_skin</i>	0.21	0.11	4176	459.36
<i>Mimo_skin</i>	0.19	0.14	4964	694.96
<i>Mimo_skin</i>	0.17	0.16	3200	512
<i>Mimo_skin</i>	0.19	0.17	4560	775.2
<i>Mimo_skin</i>	0.17	0.12	4290	514.8
<i>Mimo_skin</i>	0.13	0.13	4028	523.64
<i>Mimo_skin</i>	0.18	0.13	3276	425.88
<i>Mimo_skin</i>	0.21	0.12	4880	585.6
<i>Mimo_skin</i>	0.28	0.15	3465	519.75
<i>Mimo_skin</i>	0.12	0.19	2925	555.75
<i>Mimo_skin</i>	0.21	0.16	3510	561.6
<i>Mimo_skin</i>	0.21	0.12	4118	494.16
<i>Mimo_skin</i>	0.16	0.1	4144	414.4
<i>Mimo_skin</i>	0.15	0.2	3555	711
<i>Mimo_skin</i>	0.25	0.12	3905	468.6
<i>Mimo_skin</i>	0.17	0.13	3092	401.96
<i>Mimo_skin</i>	0.18	0.15	4740	711
<i>Mimo_skin</i>	0.2	0.12	3337	400.44
<i>Mimo_skin</i>	0.28	0.13	3312	430.56

Tabela 5 *Myrcia rhodosepala* (END) x *Myrcia tomentosa* (AMP) – Fru/I (n°) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da poupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (n°) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fr/I (n°)	Pou (ps)	Sem (ps)	Sem/Fr	Fr (ps)	Custo
<i>Myrc_rhod</i>	103	43	31.5	1.6	74.5	7674
<i>Myrc_rhod</i>	116	48	49	2.33	97	11252
<i>Myrc_rhod</i>	67	30	56	2	86	5762
<i>Myrc_rhod</i>	45	56	49	2	105	4725
<i>Myrc_rhod</i>	49	40.6	52	2.33	92.6	4537
<i>Myrc_rhod</i>	92	39	48	2	87	8004
<i>Myrc_rhod</i>	66	48.3	44	1	92.3	6092
<i>Myrc_rhod</i>	129	35	46	2.3	81	10449
<i>Myrc_rhod</i>	54	32	42.2	1.6	74.2	4007
<i>Myrc_rhod</i>	63	41	54	1.6	95	5985
<i>Myrc_rhod</i>	41	43	51.7	2.33	94.7	3883
<i>Myrc_rhod</i>	21	30	31	2.33	61	1281
<i>Myrc_rhod</i>	105	48	52	1	100	10500
<i>Myrc_rhod</i>	52	54	36	2	90	4680

<i>Myrc_rhod</i>	35	34	45.2	2	79.2	2772
<i>Myrc_rhod</i>	69	34.3	42.2	1.6	76.5	5279
<i>Myrc_rhod</i>	111	55	50	1.3	105	11655
<i>Myrc_rhod</i>	121	48	59	2	107	12947
<i>Myrc_rhod</i>	115	56	59	2	115	13225
<i>Myrc_rhod</i>	62	30	58	2.33	88	5456
Média				1.88		
<i>Myrc_tome</i>	5040	18	11	2	29	146160
<i>Myrc_tome</i>	1932	9	8	2	17	32844
<i>Myrc_tome</i>	1086	14	14	1.333	28	30408
<i>Myrc_tome</i>	1465	15	15	1.7	30	43950
<i>Myrc_tome</i>	1320	13	11	1.666	24	31680
<i>Myrc_tome</i>	4532	16	17	1.333	33	149556
<i>Myrc_tome</i>	2880	15	13	2	28	80640
<i>Myrc_tome</i>	2905	17	14	2.333	31	90055
<i>Myrc_tome</i>	1647	20	16	2.333	36	59292
<i>Myrc_tome</i>	836	11	12	1.333	23	19228
<i>Myrc_tome</i>	4784	15	13	1.666	28	133952
<i>Myrc_tome</i>	3118	20	11	2	31	96658
<i>Myrc_tome</i>	1205	16	9	2.666	25	30125
<i>Myrc_tome</i>	1140	11	12	1.666	23	26220
<i>Myrc_tome</i>	2003	14	14	2.333	28	56084
<i>Myrc_tome</i>	4076	15	14	1.666	29	118204
<i>Myrc_tome</i>	2971	16	14	1.333	30	89130
<i>Myrc_tome</i>	1053	13	14	1.666	27	28431
<i>Myrc_tome</i>	991	11	13	2	24	23784
<i>Myrc_tome</i>	729	14	11	2.333	25	18225
				1.86		

Tabela 6 *Myrcia rhodosepala* (END) x *Myrcia tomentosa* (AMP) – Floração. Flo/I (nº) = Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (nº)	Flo (ps)	Custo
<i>Myrc_rhod</i>	0.88	323	4.6	1485.8
<i>Myrc_rhod</i>	1	306	4.6	1407.6
<i>Myrc_rhod</i>	0.73	224	4.1	918.4
<i>Myrc_rhod</i>	1.15	552	4	2208
<i>Myrc_rhod</i>	1.3	660	3.6	2376
<i>Myrc_rhod</i>	0.87	259.5	5	1297.5
<i>Myrc_rhod</i>	0.9	294	4.5	1323
<i>Myrc_rhod</i>	0.79	156	4.5	702
<i>Myrc_rhod</i>	1.22	226.6	5	1133
<i>Myrc_rhod</i>	0.76	348	4.1	1426.8

<i>Myrc_rhod</i>	1.21	1240	4.9	6076
<i>Myrc_rhod</i>	0.93	486	5.2	2527.2
<i>Myrc_rhod</i>	0.75	529	6.5	3438.5
<i>Myrc_rhod</i>	1.1	486	3.6	1749.6
<i>Myrc_rhod</i>	0.78	308	6.4	1971.2
<i>Myrc_rhod</i>	0.74	320	3.8	1216
<i>Myrc_rhod</i>	0.86	840	4.8	4032
<i>Myrc_rhod</i>	1.1	468	4	1872
<i>Myrc_rhod</i>	1.2	114	5	570
<i>Myrc_rhod</i>	0.84	210	4	840
<i>Myrc_tome</i>	2.9	6318	2	12636
<i>Myrc_tome</i>	2.5	7316	2	14632
<i>Myrc_tome</i>	3	4992	1.75	8736
<i>Myrc_tome</i>	2	6642	1.85	12287.7
<i>Myrc_tome</i>	1.6	4563	1.75	7985.25
<i>Myrc_tome</i>	1.9	4305	1.8	7749
<i>Myrc_tome</i>	4.8	8040	1.75	14070
<i>Myrc_tome</i>	1.7	3729	1.5	5593.5
<i>Myrc_tome</i>	2.5	3982	1.5	5973
<i>Myrc_tome</i>	3.8	9960	2	19920
<i>Myrc_tome</i>	3	5490	1.8	9882
<i>Myrc_tome</i>	2.5	6758	1.75	11826.5
<i>Myrc_tome</i>	2.7	4309	1.5	6463.5
<i>Myrc_tome</i>	3	6840	1.5	10260
<i>Myrc_tome</i>	1.7	3705	1.8	6669
<i>Myrc_tome</i>	1.8	6048	1.75	10584
<i>Myrc_tome</i>	4	7655	2	15310
<i>Myrc_tome</i>	4	10956	1.75	19173
<i>Myrc_tome</i>	2.9	7378	1.75	12911.5
<i>Myrc_tome</i>	1.7	7040	2	14080

Tabela 7 *Manihot purpureo-costata* (END) x *Manihot violácea* (AMP) – Fru/I (n°) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da poupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (n°) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (n°)	Sem (ps)	Pou (ps)	Sem/Fr (n°)	Fr (ps)	Custo
<i>Mani_purp</i>	6	24	288	3	312	1872
<i>Mani_purp</i>	8	18	220	3	238	1904
<i>Mani_purp</i>	5	30	225	3	255	1275
<i>Mani_purp</i>	11	26	280	2.3	306	3366
<i>Mani_purp</i>	7	20	193	2.7	213	1491
<i>Mani_purp</i>	9	18	230	2.7	248	2232
<i>Mani_purp</i>	5	22	200	2	222	1110

<i>Mani_purp</i>	8	28	205	2.3	233	1864
<i>Mani_purp</i>	12	32	300	2.3	332	3984
<i>Mani_purp</i>	6	22	244	2	266	1596
<i>Mani_purp</i>	10	25	200	3	225	2250
<i>Mani_purp</i>	9	31	259	2.3	290	2610
<i>Mani_purp</i>	5	34	310	2.3	344	1720
<i>Mani_purp</i>	8	21	319	2.3	340	2720
<i>Mani_purp</i>	7	18	257	2.3	275	1925
<i>Mani_purp</i>	10	23	230	2	253	2530
<i>Mani_purp</i>	11	20	206	3	226	2486
<i>Mani_purp</i>	3	21	298	2.7	319	957
<i>Mani_purp</i>	13	22	230	2.7	252	3276
Média				2.52		
<i>Mani_yiol</i>	12	11	247	2.5	258	3096
<i>Mani_yiol</i>	20	10	139	2	149	2980
<i>Mani_yiol</i>	27	12	49	2.5	61	1647
<i>Mani_yiol</i>	20	9	129	3	138	2760
<i>Mani_yiol</i>	17	17	139	2.7	156	2652
<i>Mani_yiol</i>	23	18	148	3	166	3818
<i>Mani_yiol</i>	14	17	235	2	252	3528
<i>Mani_yiol</i>	20	15	247	2.5	262	5240
<i>Mani_yiol</i>	26	17	140	2.5	157	4082
<i>Mani_yiol</i>	21	19	242	2.9	261	5481
<i>Mani_yiol</i>	10	10	234	2.7	244	2440
<i>Mani_yiol</i>	15	12	159	2.7	171	2565
<i>Mani_yiol</i>	18	12	89	2.7	101	1818
<i>Mani_yiol</i>	16	17	163	3	180	2880
<i>Mani_yiol</i>	22	17	130	2.5	147	3234
<i>Mani_yiol</i>	17	18	188	2.5	206	3502
<i>Mani_yiol</i>	14	12	209	2.9	221	3094
<i>Mani_yiol</i>	20	15	293	2.7	308	6160
<i>Mani_yiol</i>	15	19	182	2.5	201	3015
<i>Mani_yiol</i>	23	18	227	3	245	5635
Média				2.64		

Tabela 8 *Manihot purpureo-costata* (END) x *Manihot violacea* (AMP) – Floração. Flo/I (nº) = Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura (m)	Flo/I (nº)	Flo (ps)	Custo
<i>Mani_purp</i>	0.38	24	11	264
<i>Mani_purp</i>	0.25	17	9	153
<i>Mani_purp</i>	0.5	21	12	252
<i>Mani_purp</i>	0.3	26	7	182

<i>Mani_purp</i>	0.38	31	12	372
<i>Mani_purp</i>	0.67	31	15	465
<i>Mani_purp</i>	0.3	11	8	88
<i>Mani_purp</i>	0.44	21	12	252
<i>Mani_purp</i>	0.26	17	10	170
<i>Mani_purp</i>	0.27	19	13	247
<i>Mani_purp</i>	0.29	18	7	126
<i>Mani_purp</i>	0.39	15	16	240
<i>Mani_purp</i>	0.3	12	15	180
<i>Mani_purp</i>	0.3	18	7	126
<i>Mani_purp</i>	0.55	23	9	207
<i>Mani_purp</i>	0.6	20	10	200
<i>Mani_purp</i>	0.36	23	12	276
<i>Mani_purp</i>	0.4	13	8	104
<i>Mani_purp</i>	0.45	16	9	144
<i>Mani_yiol</i>	1.1	65	14	910
<i>Mani_yiol</i>	0.9	58	16	928
<i>Mani_yiol</i>	1	58	11	638
<i>Mani_yiol</i>	0.64	83	15	1245
<i>Mani_yiol</i>	0.9	54	21	1134
<i>Mani_yiol</i>	0.86	36	22	792
<i>Mani_yiol</i>	1.25	63	21	1323
<i>Mani_yiol</i>	1.15	62	13	806
<i>Mani_yiol</i>	0.71	45	16	720
<i>Mani_yiol</i>	0.96	49	16	784
<i>Mani_yiol</i>	0.81	67	16	1072
<i>Mani_yiol</i>	0.79	49	15	735
<i>Mani_yiol</i>	1.1	78	21	1638
<i>Mani_yiol</i>	0.78	50	15	750
<i>Mani_yiol</i>	0.84	69	15	1035
<i>Mani_yiol</i>	0.9	65	22	1430
<i>Mani_yiol</i>	1.1	70	11	770
<i>Mani_yiol</i>	1.2	62	15	930
<i>Mani_yiol</i>	0.94	72	16	1152
<i>Mani_yiol</i>	0.84	75	11	825

Tabela 9 *Mimosa heringeri* (END) x *Mimosa clausseii* (AMP) - **Frutificação**. Fru/I (nº) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da poupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (nº) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (nº)	Sem (ps)	Pou (ps)	Sem/Fr (nº)	Fr (ps)	Custo
<i>Mimo_heri</i>	78	27	277	2	304	23712
<i>Mimo_heri</i>	42	28	239	2.7	267	11214

<i>Mimo_heri</i>	63	35	251	2.33	286	18018
<i>Mimo_heri</i>	28	31	283	4	314	8792
<i>Mimo_heri</i>	29	27	260	7	287	8323
<i>Mimo_heri</i>	47	28	260	4.33	288	13536
<i>Mimo_heri</i>	70	25	258	4.33	283	19810
<i>Mimo_heri</i>	42	33	256	3.7	289	12138
<i>Mimo_heri</i>	54	29	186	4.33	215	11610
<i>Mimo_heri</i>	60	33	354	7	387	23220
<i>Mimo_heri</i>	44	28	255	3	283	12452
<i>Mimo_heri</i>	43	32	170	2.33	202	8686
<i>Mimo_heri</i>	31	24	217	2.7	241	7471
<i>Mimo_heri</i>	29	36	240	7	276	8004
<i>Mimo_heri</i>	35	29	252	4.33	281	9835
<i>Mimo_heri</i>	25	31	260	4.1	291	7275
<i>Mimo_heri</i>	36	29	289	4.33	318	11448
<i>Mimo_heri</i>	68	31	317	4	348	23664
<i>Mimo_heri</i>	46	27	195	4.33	222	10212
<i>Mimo_heri</i>	23	30	215	7	245	5635
<i>Mimo_clau</i>	310	5.3	1540	8	1545.3	479043
<i>Mimo_clau</i>	286	6	1560	10.6	1566	447876
<i>Mimo_clau</i>	221	3.3	1871	7.3	1874.3	414220
<i>Mimo_clau</i>	120	5	664	11	669	80280
<i>Mimo_clau</i>	100	5	698	10.9	703	70300
<i>Mimo_clau</i>	107	6.7	743	6	749.7	80218
<i>Mimo_clau</i>	140	7	1333	8.3	1340	187600
<i>Mimo_clau</i>	250	6	808	7.3	814	203500
<i>Mimo_clau</i>	99	6.3	856	11	862.3	85368
<i>Mimo_clau</i>	256	5	585	7	590	151040
<i>Mimo_clau</i>	325	6.7	691	5.5	697.7	226753
<i>Mimo_clau</i>	158	4.7	1363	11	1367.7	216097
<i>Mimo_clau</i>	217	3	1621	7.3	1624	352408
<i>Mimo_clau</i>	232	3.3	1268	10.9	1271.3	294942
<i>Mimo_clau</i>	237	3	1542	10	1545	366165
<i>Mimo_clau</i>	129	4.7	1046	6	1050.7	135540
<i>Mimo_clau</i>	203	6	1833	11	1839	373317
<i>Mimo_clau</i>	280	7	2206	7.3	2213	619640
<i>Mimo_clau</i>	121	3.3	1194	8	1197.3	144873
<i>Mimo_clau</i>	156	5	1446	6.33	1451	226356

Tabela 10 *Mimosa heringeri* (END) x *Mimosa clausenii* (AMP) – Floração. Floração. Flo/I (n°) = Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (n°)	Flo (ps)	Custo
<i>Mimo_heri</i>	4	7140	2.3	16422
<i>Mimo_heri</i>	4.5	9632	1.9	18301
<i>Mimo_heri</i>	4	8370	2.1	17577
<i>Mimo_heri</i>	4	9222	2.3	21211
<i>Mimo_heri</i>	2.5	3920	1.9	7448
<i>Mimo_heri</i>	3.6	8216	2.3	18897
<i>Mimo_heri</i>	4	9120	2.1	19152
<i>Mimo_heri</i>	1.9	4183	1.8	7529
<i>Mimo_heri</i>	2.5	7875	1.9	14963
<i>Mimo_heri</i>	3	6528	2	13056
<i>Mimo_heri</i>	4	4872	1.8	8770
<i>Mimo_heri</i>	4.5	8686	1.9	16503
<i>Mimo_heri</i>	4.3	7470	1.8	13446
<i>Mimo_heri</i>	3.2	7208	2	14416
<i>Mimo_heri</i>	3.5	6240	2.1	13104
<i>Mimo_heri</i>	3	4212	2	8424
<i>Mimo_heri</i>	4	10560	1.9	20064
<i>Mimo_heri</i>	2.2	3621	2	7242
<i>Mimo_heri</i>	3.5	5382	1.8	9688
<i>Mimo_heri</i>	3	6528	2.3	15014
<i>Mimo_clau</i>	2.2	11536	5.3	61141
<i>Mimo_clau</i>	1.8	6254	5	31270
<i>Mimo_clau</i>	1.9	16380	2.8	45864
<i>Mimo_clau</i>	2.7	7872	5	39360
<i>Mimo_clau</i>	2.3	7995	5.3	42374
<i>Mimo_clau</i>	2.8	10560	4	42240
<i>Mimo_clau</i>	1.6	5760	5	28800
<i>Mimo_clau</i>	1.5	4323	2.7	11672
<i>Mimo_clau</i>	2.9	19092	4	76368
<i>Mimo_clau</i>	2.6	9016	4	36064
<i>Mimo_clau</i>	2.5	13100	5.1	66810
<i>Mimo_clau</i>	2.2	12880	4.3	55384
<i>Mimo_clau</i>	1.9	8850	3.5	30975
<i>Mimo_clau</i>	1.8	7100	5	35500
<i>Mimo_clau</i>	2.5	6076	2.8	17013
<i>Mimo_clau</i>	1.5	5043	2.9	14625
<i>Mimo_clau</i>	2	9750	5	48750
<i>Mimo_clau</i>	2	15360	3.5	53760
<i>Mimo_clau</i>	1.7	14448	4	57792
<i>Mimo_clau</i>	2	5856	5	29280

Tabela 11 *Manihot appanii* (END) x *Manihot divergens* (AMP) – Frutificação. Fru/I (nº) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da poupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (nº) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fr/I (nº)	Pou (ps)	Sem (ps)	Sem/Fr	Fr (ps)	Custo
<i>Mani_appa</i>	6	12	305	2.7	317	1902
<i>Mani_appa</i>	4	12	303	2.3	315	1260
<i>Mani_appa</i>	8	9	264	3	273	2184
<i>Mani_appa</i>	9	14	268	2.3	282	2538
<i>Mani_appa</i>	6	16	198	2.7	214	1284
<i>Mani_appa</i>	10	14	287	2	301	3010
<i>Mani_appa</i>	5	14	303	2.3	317	1585
<i>Mani_appa</i>	8	11	320	2.7	331	2648
<i>Mani_appa</i>	5	12	270	2.3	282	1410
<i>Mani_appa</i>	10	11	300	2.3	311	3110
<i>Mani_appa</i>	8	13	320	2.3	333	2664
<i>Mani_appa</i>	6	13	235	2.3	248	1488
<i>Mani_appa</i>	5	12	196	2.3	208	1040
<i>Mani_appa</i>	4	14	298	3	312	1248
<i>Mani_appa</i>	6	16	280	3	296	1776
<i>Mani_appa</i>	6	14	285	2.7	299	1794
<i>Mani_appa</i>	5	9	290	2.7	299	1495
<i>Mani_appa</i>	4	9	301	2	310	1240
<i>Mani_appa</i>	5	12	250	2	262	1310
<i>Mani_appa</i>	9	11	310	2.7	321	2889
Média				2.48		
<i>Mani_dive</i>	12	42	240	2.3	282	3384
<i>Mani_dive</i>	21	57	239	2.7	296	6216
<i>Mani_dive</i>	15	37	205	3	242	3630
<i>Mani_dive</i>	8	40	226	3	266	2128
<i>Mani_dive</i>	12	36	247	2	283	3396
<i>Mani_dive</i>	16	34	251	2	285	4560
<i>Mani_dive</i>	18	51	207	2.3	258	4644
<i>Mani_dive</i>	13	30	198	2.7	228	2964
<i>Mani_dive</i>	9	32	234	2.7	266	2394
<i>Mani_dive</i>	11	36	240	2	276	3036
<i>Mani_dive</i>	10	31	215	3	246	2460
<i>Mani_dive</i>	15	42	260	3	302	4530
<i>Mani_dive</i>	13	30	200	3	230	2990
<i>Mani_dive</i>	13	43	218	2.7	261	3393
<i>Mani_dive</i>	11	40	290	2.7	330	3630
<i>Mani_dive</i>	9	26	242	2.3	268	2412

<i>Mani_dive</i>	11	31	215	2.3	246	2706
<i>Mani_dive</i>	10	26	200	2	226	2260
<i>Mani_dive</i>	6	35	235	2	270	1620
<i>Mani_dive</i>	9	38	260	2.7	298	2682
Média				2.52		

Tabela 12 *Manihot appanii* (END) x *Manihot divergens* (AMP) – Floração. Floração. Flo/I (nº) = Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (nº)	Flo (ps)	Custo
<i>Mani_appa</i>	0.31	20	17	340
<i>Mani_appa</i>	0.57	33	18	594
<i>Mani_appa</i>	0.5	24	25	600
<i>Mani_appa</i>	0.42	25	18	450
<i>Mani_appa</i>	0.6	23	15	345
<i>Mani_appa</i>	0.48	23	17	391
<i>Mani_appa</i>	0.49	23	26	598
<i>Mani_appa</i>	0.49	24	22	528
<i>Mani_appa</i>	0.46	16	22	352
<i>Mani_appa</i>	0.54	16	18	288
<i>Mani_appa</i>	0.4	26	18	468
<i>Mani_appa</i>	0.48	21	18	378
<i>Mani_appa</i>	0.36	26	16	416
<i>Mani_appa</i>	0.55	31	28	868
<i>Mani_appa</i>	0.5	31	25	775
<i>Mani_appa</i>	0.48	24	19	456
<i>Mani_appa</i>	0.45	18	28	504
<i>Mani_appa</i>	0.56	20	26	520
<i>Mani_appa</i>	0.6	17	21	357
<i>Mani_appa</i>	0.55	33	22	726
<i>Mani_dive</i>	1	50	26	1300
<i>Mani_dive</i>	1.1	69	22	1518
<i>Mani_dive</i>	0.9	25	28	700
<i>Mani_dive</i>	0.75	35	18	630
<i>Mani_dive</i>	1.2	49	20	980
<i>Mani_dive</i>	1.25	57	23	1311
<i>Mani_dive</i>	1	72	23	1656
<i>Mani_dive</i>	0.7	52	30	1560
<i>Mani_dive</i>	0.82	65	18	1170
<i>Mani_dive</i>	0.96	78	17	1326
<i>Mani_dive</i>	1.2	74	23	1702
<i>Mani_dive</i>	1	66	28	1848
<i>Mani_dive</i>	0.9	46	23	1058

<i>Mani_dive</i>	0.82	36	23	828
<i>Mani_dive</i>	0.77	50	18	900
<i>Mani_dive</i>	1	73	22	1606
<i>Mani_dive</i>	0.8	52	23	1196
<i>Mani_dive</i>	0.79	53	18	954
<i>Mani_dive</i>	0.9	53	30	1590
<i>Mani_dive</i>	0.98	46	27	1242

Tabela 13 *Eremanthus veadeiroensis* (END) x *Eremanthus glomerulatus* (AMP) – Frutificação. Fru/I (n°) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da poupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (n°) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (n°)	Pou (ps)	Sem (ps)	Sem/Fr (n°)	Fr (ps)	Custo
<i>Erem_vead</i>	1390.17	2.5	2.5	1	2.5	3475
<i>Erem_vead</i>	5159.49	2.7	2.7	1	2.7	13931
<i>Erem_vead</i>	2930	3.3	3.3	1	3.3	9669
<i>Erem_vead</i>	5831	2.7	2.7	1	2.7	15744
<i>Erem_vead</i>	5661	2.5	2.5	1	2.5	14153
<i>Erem_vead</i>	2070	3.3	3.3	1	3.3	6831
<i>Erem_vead</i>	2035.8	2.8	2.8	1	2.8	5700
<i>Erem_vead</i>	6073.83	3	3	1	3	18221
<i>Erem_vead</i>	9161.1	3	3	1	3	27483
<i>Erem_vead</i>	3069.57	3	3	1	3	9209
<i>Erem_vead</i>	2910.96	2.7	2.7	1	2.7	7860
<i>Erem_vead</i>	4000	2.7	2.7	1	2.7	10800
<i>Erem_vead</i>	2230	3.3	3.3	1	3.3	7359
<i>Erem_vead</i>	7557.3	2.8	2.8	1	2.8	21160
<i>Erem_vead</i>	1874.25	2.8	2.8	1	2.8	5248
<i>Erem_vead</i>	4000	3.1	3.1	1	3.1	12400
<i>Erem_vead</i>	2980	3	3	1	3	8940
<i>Erem_vead</i>	5820.3	3	3	1	3	17461
<i>Erem_vead</i>	10141.71	2.9	2.9	1	2.9	29411
<i>Erem_vead</i>	7818.54	2.8	2.8	1	2.8	21892
<i>Erem_glom</i>	22880	1.5	1.5	1	1.5	34320
<i>Erem_glom</i>	8125	1.6	1.6	1	1.6	13000
<i>Erem_glom</i>	4840	1.4	1.4	1	1.4	6776
<i>Erem_glom</i>	37905	1.4	1.4	1	1.4	53067
<i>Erem_glom</i>	16928	1.5	1.5	1	1.5	25392
<i>Erem_glom</i>	8120	1.3	1.3	1	1.3	10556
<i>Erem_glom</i>	32400	1.3	1.3	1	1.3	42120
<i>Erem_glom</i>	12864	1.4	1.4	1	1.4	18010
<i>Erem_glom</i>	39627	1.4	1.4	1	1.4	55478
<i>Erem_glom</i>	18060	1.4	1.4	1	1.4	25284

<i>Erem_glom</i>	10500	1.3	1.3	1	1.3	13650
<i>Erem_glom</i>	9966	1.4	1.4	1	1.4	13952
<i>Erem_glom</i>	19918	1.3	1.3	1	1.3	25893
<i>Erem_glom</i>	79205	1.5	1.5	1	1.5	118808
<i>Erem_glom</i>	10896	1.3	1.3	1	1.3	14165
<i>Erem_glom</i>	12831	1.5	1.5	1	1.5	19247
<i>Erem_glom</i>	32277	1.4	1.4	1	1.4	45188
<i>Erem_glom</i>	17280	1.5	1.5	1	1.5	25920
<i>Erem_glom</i>	48440	1.6	1.6	1	1.6	77504
<i>Erem_glom</i>	5746	1.4	1.4	1	1.4	8044

Tabela 14 *Eremanthus veadeiroensis* (END) x *Eremanthus glomerulatus* (AMP) – Floração. Floração.

Flo/I (nº) = Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (nº)	Flo (ps)	Custo
<i>Erem_vead</i>	1.5	5030.71	2	10061
<i>Erem_vead</i>	1.75	12241.05	1.5	18362
<i>Erem_vead</i>	1.6	10684.19	2.3	24574
<i>Erem_vead</i>	1.7	10365.63	1.8	18658
<i>Erem_vead</i>	1.5	6510	2	13020
<i>Erem_vead</i>	1.4	6208.33	2.3	14279
<i>Erem_vead</i>	1.52	6367.46	1.6	10188
<i>Erem_vead</i>	1.77	11279.97	1.5	16920
<i>Erem_vead</i>	1.69	12509.63	1.7	21266
<i>Erem_vead</i>	1.45	3114	2	6228
<i>Erem_vead</i>	1.4	3470.88	1.7	5900
<i>Erem_vead</i>	1.7	8925.12	2	17850
<i>Erem_vead</i>	1.55	3570	2.5	8925
<i>Erem_vead</i>	1.27	2511	1.5	3767
<i>Erem_vead</i>	1.76	11600.59	1.8	20881
<i>Erem_vead</i>	1.5	5325.1	2	10650
<i>Erem_vead</i>	1.7	10794.85	2	21590
<i>Erem_vead</i>	1.3	4985.2	1.5	7478
<i>Erem_vead</i>	1.75	11490	1.8	20682
<i>Erem_vead</i>	1.65	9944	1.5	14916
<i>Erem_glom</i>	1.8	31616	1.3	41101
<i>Erem_glom</i>	1.54	18348	1.5	27522
<i>Erem_glom</i>	2.6	39400	1.9	74860
<i>Erem_glom</i>	2.75	55020	1.3	71526
<i>Erem_glom</i>	2.1	42720	1.4	59808
<i>Erem_glom</i>	1.82	23520	1.5	35280
<i>Erem_glom</i>	2.8	65232	1.4	91325
<i>Erem_glom</i>	1.5	24325	1.5	36488

<i>Erem_glom</i>	2.8	61856	1.3	80413
<i>Erem_glom</i>	1.4	10040	1.1	11044
<i>Erem_glom</i>	1.8	28210	1.3	36673
<i>Erem_glom</i>	1.3	13195	1.5	19793
<i>Erem_glom</i>	2.4	66528	1.5	99792
<i>Erem_glom</i>	1.7	14480	1.3	18824
<i>Erem_glom</i>	1.42	39072	1.3	50794
<i>Erem_glom</i>	1.62	25040	1.6	40064
<i>Erem_glom</i>	2.45	62136	1.5	93204
<i>Erem_glom</i>	1.89	33740	1.6	53984
<i>Erem_glom</i>	2.93	70041	1.4	98057
<i>Erem_glom</i>	1.5	23360	1.1	25696

Tabela 15 *Diplusodon leucocalycinus* (END) x *Diplusodon oblongus* (AMP) – Frutificação. Fru/I (nº) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da poupa. Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (nº) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (nº)	Pou (ps)	Sem (ps)	Sem/Fr (nº)	Fr (ps)	Custo
<i>Dipl_oblo</i>	80	13.3	0.73	13.3	14.03	1122.4
<i>Dipl_oblo</i>	100	12	0.73	13.3	12.73	1273
<i>Dipl_oblo</i>	74	13	0.63	12.3	13.63	1008.62
<i>Dipl_oblo</i>	71	13.3	0.8	15	14.1	1001.1
<i>Dipl_oblo</i>	75	14	0.8	13	14.8	1110
<i>Dipl_oblo</i>	62	13.3	0.73	10	14.03	869.86
<i>Dipl_oblo</i>	63	12	0.9	13.7	12.9	812.7
<i>Dipl_oblo</i>	90	15	0.7	13.7	15.7	1413
<i>Dipl_oblo</i>	77	13.3	0.7	15	14	1078
<i>Dipl_oblo</i>	79	13	0.9	12.3	13.9	1098.1
<i>Dipl_oblo</i>	70	15	0.87	12	15.87	1110.9
<i>Dipl_oblo</i>	66	12	0.83	13.3	12.83	846.78
<i>Dipl_oblo</i>	63	13.3	0.63	11.7	13.93	877.59
<i>Dipl_oblo</i>	80	13.3	0.73	12.3	14.03	1122.4
<i>Dipl_oblo</i>	85	13.3	0.8	15	14.1	1198.5
<i>Dipl_oblo</i>	71	12.3	0.7	13.7	13	923
<i>Dipl_oblo</i>	73	12	0.9	13	12.9	941.7
<i>Dipl_oblo</i>	70	13	0.9	12.3	13.9	973
<i>Dipl_oblo</i>	61	15	0.7	11	15.7	957.7
<i>Dipl_oblo</i>	105	12	0.8	13.3	12.8	1344
Média			0.774000	12.96000		
<i>Dipl_leuc</i>	25	18	1.2	10	19.2	480
<i>Dipl_leuc</i>	18	18.3	1	10	19.3	347.4
<i>Dipl_leuc</i>	43	15	1.6	16	16.6	713.8
<i>Dipl_leuc</i>	17	19	1.25	14	20.25	344.25

<i>Dipl_leuc</i>	38	15	1.8	12	16.8	638.4
<i>Dipl_leuc</i>	10	20.3	1.23	11.3	21.53	215.3
<i>Dipl_leuc</i>	21	19	1.65	15.3	20.65	433.65
<i>Dipl_leuc</i>	10	17	1.25	8	18.25	182.5
<i>Dipl_leuc</i>	46	15	1.73	10	16.73	769.58
<i>Dipl_leuc</i>	12	18.3	1.73	9	20.03	240.36
<i>Dipl_leuc</i>	33	15	1.25	15.3	16.25	536.25
<i>Dipl_leuc</i>	16	15	1.23	10	16.23	259.68
<i>Dipl_leuc</i>	38	17	1.3	10	18.3	695.4
<i>Dipl_leuc</i>	22	17	1.2	10	18.2	400.4
<i>Dipl_leuc</i>	25	18.3	1.3	13	19.6	490
<i>Dipl_leuc</i>	15	15	1.6	11.3	16.6	249
<i>Dipl_leuc</i>	46	13.3	1.34	16	14.64	673.44
<i>Dipl_leuc</i>	14	18.3	1.15	8	19.45	272.3
<i>Dipl_leuc</i>	36	20.3	1.2	9	21.5	774
<i>Dipl_leuc</i>	7	19	1.25	10	20.25	141.75
<i>Dipl_leuc</i>	11	15	1.5	15.3	16.5	181.5
<i>Dipl_leuc</i>	22	16	1.3	10	17.3	380.6
<i>Dipl_leuc</i>	17	15	1.1	11.3	16.1	273.7
Média			1.354783	11.51304		

Tabela 16 *Diplusodon leucocalycinus* (END) x *Diplusodon oblongus* (AMP) – Floração. Floração. Flo/I (nº) = Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (nº)	Flo (ps)	Custo
<i>Dipl_oblo</i>	1.2	76	16	1216
<i>Dipl_oblo</i>	1.28	88	19.3	1698
<i>Dipl_oblo</i>	1.47	84	19.3	1621
<i>Dipl_oblo</i>	1.2	67	14	938
<i>Dipl_oblo</i>	1.45	91	15	1365
<i>Dipl_oblo</i>	1.15	70	17	1190
<i>Dipl_oblo</i>	1.6	80	17.5	1400
<i>Dipl_oblo</i>	1.55	85	17.5	1488
<i>Dipl_oblo</i>	1.53	92	16	1472
<i>Dipl_oblo</i>	0.96	101	19.3	1949
<i>Dipl_oblo</i>	1.3	66	15	990
<i>Dipl_oblo</i>	1.25	81	19	1539
<i>Dipl_oblo</i>	0.8	79	15	1185
<i>Dipl_oblo</i>	0.9	83	19.3	1602
<i>Dipl_oblo</i>	1.47	94	17.3	1626
<i>Dipl_oblo</i>	1.2	88	14	1232
<i>Dipl_oblo</i>	1.5	65	17.9	1164
<i>Dipl_oblo</i>	1.3	69	16.5	1139

<i>Dipl_oblo</i>	1.54	101	18.8	1899
<i>Dipl_oblo</i>	0.95	61	17.6	1074
<i>Dipl_leuc</i>	1.13	44	24	1056
<i>Dipl_leuc</i>	1	52	28	1456
<i>Dipl_leuc</i>	1.23	21	33	693
<i>Dipl_leuc</i>	0.96	24	30	720
<i>Dipl_leuc</i>	1.16	28	28	784
<i>Dipl_leuc</i>	1.1	24	31	744
<i>Dipl_leuc</i>	1.25	21	31	651
<i>Dipl_leuc</i>	1	18	33	594
<i>Dipl_leuc</i>	0.99	28	33	924
<i>Dipl_leuc</i>	1.2	36	30	1080
<i>Dipl_leuc</i>	1.15	32	28	896
<i>Dipl_leuc</i>	1.15	38	28	1064
<i>Dipl_leuc</i>	0.98	38	24	912
<i>Dipl_leuc</i>	1.21	13	31	403
<i>Dipl_leuc</i>	1.1	23	32	736
<i>Dipl_leuc</i>	1	23	31	713
<i>Dipl_leuc</i>	0.98	22	33	726
<i>Dipl_leuc</i>	1.18	21	31	651
<i>Dipl_leuc</i>	1.15	46	28	1288
<i>Dipl_leuc</i>	0.7	38	30	1140
<i>Dipl_leuc</i>	0.75	17	31	527

Tabela 17 *Cuphea cunninghamiifolia* (END) x *Cuphea micrantha* (AMP) – Frutificação. Fru/I (n°) = Número total de frutos por indivíduo; Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (n°) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (n°)	Sem (ps)	Sem/Fr (n°)	Fr (ps)	Custo
<i>Cuph_cunn</i>	17	1.3	3	3.9	66.3
<i>Cuph_cunn</i>	15	1.2	2.33	2.796	41.94
<i>Cuph_cunn</i>	33	0.93	1.7	1.581	52.173
<i>Cuph_cunn</i>	11	1.2	1.7	2.04	22.44
<i>Cuph_cunn</i>	20	0.8	2.33	1.864	37.28
<i>Cuph_cunn</i>	9	1.2	2.33	2.796	25.164
<i>Cuph_cunn</i>	29	1.4	2	2.8	81.2
<i>Cuph_cunn</i>	27	1.2	1.7	2.04	55.08
<i>Cuph_cunn</i>	16	1.2	3	3.6	57.6
<i>Cuph_cunn</i>	12	1.1	2.33	2.563	30.756
<i>Cuph_cunn</i>	13	1.3	2.33	3.029	39.377
<i>Cuph_cunn</i>	15	0.83	2	1.66	24.9
<i>Cuph_cunn</i>	13	1.2	2.33	2.796	36.348
<i>Cuph_cunn</i>	11	1.1	2.33	2.563	28.193

<i>Cuph_cunn</i>	22	1.2	1.7	2.04	44.88
<i>Cuph_cunn</i>	9	1.1	2.33	2.563	23.067
<i>Cuph_cunn</i>	16	1.2	1.7	2.04	32.64
<i>Cuph_cunn</i>	24	1.4	2	2.8	67.2
<i>Cuph_cunn</i>	25	1.1	1.7	1.87	46.75
<i>Cuph_cunn</i>	17	0.83	2	1.66	28.22
<i>Cuph_cunn</i>	21	1.2	3	3.6	75.6
<i>Cuph_cunn</i>	19	0.83	2.33	1.9339	36.7441
<i>Cuph_cunn</i>	14	1.2	3	3.6	50.4
<i>Cuph_cunn</i>	30	1.3	2.33	3.029	90.87
Média			2.22		
<i>Cuph_micr</i>	8	0.8	2	1.6	12.8
<i>Cuph_micr</i>	12	1.03	2	2.06	24.72
<i>Cuph_micr</i>	9	1.23	1.33	1.6359	14.7231
<i>Cuph_micr</i>	11	0.7	2.7	1.89	20.79
<i>Cuph_micr</i>	14	0.5	1.7	0.85	11.9
<i>Cuph_micr</i>	13	0.73	2	1.46	18.98
<i>Cuph_micr</i>	6	0.7	2.7	1.89	11.34
<i>Cuph_micr</i>	15	0.93	2.7	2.511	37.665
<i>Cuph_micr</i>	13	1.06	3	3.18	41.34
<i>Cuph_micr</i>	9	0.93	3	2.79	25.11
<i>Cuph_micr</i>	7	0.7	2	1.4	9.8
<i>Cuph_micr</i>	12	1.23	1.33	1.6359	19.6308
<i>Cuph_micr</i>	10	1.23	2	2.46	24.6
<i>Cuph_micr</i>	10	0.5	1.7	0.85	8.5
<i>Cuph_micr</i>	12	0.7	1.7	1.19	14.28
<i>Cuph_micr</i>	9	0.7	2.7	1.89	17.01
<i>Cuph_micr</i>	13	0.93	2.7	2.511	32.643
<i>Cuph_micr</i>	6	0.73	2	1.46	8.76
<i>Cuph_micr</i>	17	1.05	3	3.15	53.55
<i>Cuph_micr</i>	12	0.93	3	2.79	33.48
Média			2.26		

Tabela 18 *Cuphea cunninghamiifolia* (END) x *Cuphea micrantha* (AMP) – Floração. Floração. Flo/I (n°)
= Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (n°)	Flo (ps)	Custo
<i>Cuph_cunn</i>	0.57	40	3.2	128
<i>Cuph_cunn</i>	0.78	38	3.2	121.6
<i>Cuph_cunn</i>	1.18	68	2.83	192.44
<i>Cuph_cunn</i>	0.97	42	3.1	130.2
<i>Cuph_cunn</i>	0.77	30	3	90
<i>Cuph_cunn</i>	0.56	35	3	105

<i>Cuph_cunn</i>	0.61	32	3.1	99.2
<i>Cuph_cunn</i>	0.41	28	3	84
<i>Cuph_cunn</i>	0.71	54	2.83	152.82
<i>Cuph_cunn</i>	0.53	56	2.83	158.48
<i>Cuph_cunn</i>	0.89	54	3	162
<i>Cuph_cunn</i>	0.89	33	3.1	102.3
<i>Cuph_cunn</i>	0.99	60	3	180
<i>Cuph_cunn</i>	1.05	67	3.2	214.4
<i>Cuph_cunn</i>	0.62	38	2.83	107.54
<i>Cuph_cunn</i>	0.49	32	3.1	99.2
<i>Cuph_cunn</i>	0.5	41	3	123
<i>Cuph_cunn</i>	0.95	51	3	153
<i>Cuph_cunn</i>	0.58	40	3.2	128
<i>Cuph_cunn</i>	0.46	34	2.83	96.22
<i>Cuph_cunn</i>	0.6	36	2.83	101.88
<i>Cuph_cunn</i>	0.7	50	3.1	155
<i>Cuph_cunn</i>	0.8	41	3	123
<i>Cuph_cunn</i>	0.57	33	3	99
<i>Cuph_micr</i>	0.34	17	4	68
<i>Cuph_micr</i>	0.63	30	3.8	114
<i>Cuph_micr</i>	0.29	16	3.73	59.68
<i>Cuph_micr</i>	0.44	26	4.3	111.8
<i>Cuph_micr</i>	0.46	40	4	160
<i>Cuph_micr</i>	0.21	23	3.5	80.5
<i>Cuph_micr</i>	0.34	18	3.8	68.4
<i>Cuph_micr</i>	0.25	31	3.3	102.3
<i>Cuph_micr</i>	0.2	17	2.93	49.81
<i>Cuph_micr</i>	0.33	13	2.8	36.4
<i>Cuph_micr</i>	0.4	16	3.4	54.4
<i>Cuph_micr</i>	0.5	27	4.4	118.8
<i>Cuph_micr</i>	0.39	25	3.1	77.5
<i>Cuph_micr</i>	0.25	32	4.3	137.6
<i>Cuph_micr</i>	0.35	16	4.2	67.2
<i>Cuph_micr</i>	0.41	29	3.3	95.7
<i>Cuph_micr</i>	0.36	24	3.1	74.4
<i>Cuph_micr</i>	0.4	43	3.3	141.9
<i>Cuph_micr</i>	0.35	22	4.3	94.6

Tabela 19 *Trichogonia prancei* (END) x *Trichogonia salviifolia* (AMP) – Frutificação. Fru/I (nº) = Número total de frutos por indivíduo; Pou (ps) = peso médio seco da poupa; Sem (ps) = peso médio seco da semente, Sem/Fr (nº) = número de sementes por fruto, Fr (ps) = peso médio seco do fruto.

Espécie	Fru/I (nº)	Sem (ps)	Pou (ps)	NSFr	PMSFr	Custo
---------	------------	----------	----------	------	-------	-------

<i>Tric_pran</i>	874	0.2	0.2	1	0.2	174.8
<i>Tric_pran</i>	1008	0.133	0.133	1	0.133	134.064
<i>Tric_pran</i>	1089	0.2	0.2	1	0.2	217.8
<i>Tric_pran</i>	720	0.14	0.14	1	0.14	100.8
<i>Tric_pran</i>	900	0.08	0.08	1	0.08	72
<i>Tric_pran</i>	90	0.11	0.11	1	0.11	9.9
<i>Tric_pran</i>	74	0.09	0.09	1	0.09	6.66
<i>Tric_pran</i>	1120	0.12	0.12	1	0.12	134.4
<i>Tric_pran</i>	876	0.12	0.12	1	0.12	105.12
<i>Tric_pran</i>	416	0.093	0.093	1	0.093	38.688
<i>Tric_pran</i>	76	0.2	0.2	1	0.2	15.2
<i>Tric_pran</i>	252	0.2	0.2	1	0.2	50.4
<i>Tric_pran</i>	90	0.05	0.05	1	0.05	4.5
<i>Tric_pran</i>	71	0.133	0.133	1	0.133	9.443
<i>Tric_pran</i>	1638	0.088	0.088	1	0.088	144.144
<i>Tric_pran</i>	1960	0.093	0.093	1	0.093	182.28
<i>Tric_pran</i>	1088	0.083	0.083	1	0.083	90.304
<i>Tric_pran</i>	1120	0.1	0.1	1	0.1	112
<i>Tric_pran</i>	2701	0.133	0.133	1	0.133	359.233
<i>Tric_pran</i>	372	0.085	0.085	1	0.085	31.62
<i>Tric_salv</i>	3450	0.03	0.03	1	0.03	103.5
<i>Tric_salv</i>	3198	0.07	0.07	1	0.07	223.86
<i>Tric_salv</i>	3120	0.04	0.04	1	0.04	124.8
<i>Tric_salv</i>	2960	0.07	0.07	1	0.07	207.2
<i>Tric_salv</i>	2415	0.06	0.06	1	0.06	144.9
<i>Tric_salv</i>	1508	0.08	0.08	1	0.08	120.64
<i>Tric_salv</i>	840	0.03	0.03	1	0.03	25.2
<i>Tric_salv</i>	1539	0.06	0.06	1	0.06	92.34
<i>Tric_salv</i>	1580	0.08	0.08	1	0.08	126.4
<i>Tric_salv</i>	2430	0.07	0.07	1	0.07	170.1
<i>Tric_salv</i>	2185	0.07	0.07	1	0.07	152.95
<i>Tric_salv</i>	3024	0.06	0.06	1	0.06	181.44
<i>Tric_salv</i>	2366	0.08	0.08	1	0.08	189.28
<i>Tric_salv</i>	3225	0.07	0.07	1	0.07	225.75
<i>Tric_salv</i>	2352	0.04	0.04	1	0.04	94.08
<i>Tric_salv</i>	1440	0.06	0.06	1	0.06	86.4
<i>Tric_salv</i>	2550	0.07	0.07	1	0.07	178.5
<i>Tric_salv</i>	1395	0.03	0.03	1	0.03	41.85
<i>Tric_salv</i>	2268	0.06	0.06	1	0.06	136.08
<i>Tric_salv</i>	3726	0.08	0.08	1	0.08	298.08

Tabela 20 *Trichogonia prancei* (END) x *Trichogonia salviifolia* (AMP) – Floração. Floração. Flo/I (nº) = Número total de flores por indivíduo; Flo (ps) = Peso médio seco da flor.

Espécie	Altura	Flo/I (nº)	Flo (ps)	Custo
<i>Tric_pran</i>	0.78	4312	0.17	733.04
<i>Tric_pran</i>	1.5	4240	0.141	597.84
<i>Tric_pran</i>	1.54	6000	0.19	1140
<i>Tric_pran</i>	1.65	4464	0.092	410.688
<i>Tric_pran</i>	0.86	4838	0.1	483.8
<i>Tric_pran</i>	1.2	5880	0.16	940.8
<i>Tric_pran</i>	1.54	6240	0.116	723.84
<i>Tric_pran</i>	0.9	5304	0.108	572.832
<i>Tric_pran</i>	0.86	4480	0.19	851.2
<i>Tric_pran</i>	1.4	6324	0.12	758.88
<i>Tric_pran</i>	1.1	6468	0.12	776.16
<i>Tric_pran</i>	1.1	5670	0.17	963.9
<i>Tric_pran</i>	1.54	6248	0.17	1062.16
<i>Tric_pran</i>	1.3	6862	0.16	1097.92
<i>Tric_pran</i>	0.74	5396	0.17	917.32
<i>Tric_pran</i>	1.5	5520	0.14	772.8
<i>Tric_pran</i>	0.55	4450	0.12	534
<i>Tric_pran</i>	1.48	6723	0.19	1277.37
<i>Tric_pran</i>	1.63	5760	0.16	921.6
<i>Tric_pran</i>	1.6	6300	0.19	1197
Média		5573.95	0.14885	
<i>Tric_salv</i>	0.89	6630	0.15	994.5
<i>Tric_salv</i>	0.71	6335	0.01	63.35
<i>Tric_salv</i>	0.73	5252	0.2	1050.4
<i>Tric_salv</i>	0.8	5083	0.1	508.3
<i>Tric_salv</i>	0.64	3360	0.109	366.24
<i>Tric_salv</i>	0.73	4448	0.35	1556.8
<i>Tric_salv</i>	0.7	4725	0.116	548.1
<i>Tric_salv</i>	0.74	5103	0.06	306.18
<i>Tric_salv</i>	0.71	5320	0.05	266
<i>Tric_salv</i>	0.92	5910	0.091	537.81
<i>Tric_salv</i>	0.94	5642	0.27	1523.34
<i>Tric_salv</i>	0.88	6650	0.23	1529.5
<i>Tric_salv</i>	0.97	5330	0.37	1972.1
<i>Tric_salv</i>	0.67	5336	0.23	1227.28
<i>Tric_salv</i>	0.75	3460	0.08	276.8
<i>Tric_salv</i>	1.12	5336	0.2	1067.2
<i>Tric_salv</i>	0.79	3504	0.2	700.8
<i>Tric_salv</i>	0.72	5427	0.06	325.62
<i>Tric_salv</i>	0.75	3836	0.09	345.24

<i>Tric_salv</i>	0.8	5115	0.2	1023
Média		5090.10	0.15830	