

**Universidade Federal de Minas Gerais**  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal

**Ecologia da germinação e potencial para formação de banco de sementes de espécies de *Arthrocereus* A. Berger (Cactaceae) endêmicas dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil**

Ana Loureiro Cheib

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Dra. Queila de Souza Garcia

Belo Horizonte, Fevereiro de 2009

## **Agradecimentos**

À minha orientadora, Professora Queila de Souza Garcia, pelos conselhos, amizade e paciência;

à Dra. Yule Roberta Ferreira Nunes, ao Dr. José Pires de Lemos Filho e ao Dr. José Eugênio Cortes Figueira, por terem aceitado participar da banca;

aos amigos do laboratório,

em especial, aos colegas Patrícia Oliveira, Victor Giorni, Letícia Soares e Fernando Marino Santos,

e aos companheiros de viagens Marina Dutra e Ubirajara;

à CAPES, pela concessão da bolsa;

ao IBAMA e ao IEF, pelas licenças de coleta concedidas;

ao Parque Estadual do Ibitipoca, pelo alojamento;

aos motoristas do ICB, Valdísio, Messias e Luiz;

à todos os funcionários e técnicos do Departamento de Botânica;

à todos os amigos da biologia;

ao Leandro Arruda pelo carinho e ajuda em todas as etapas;

à família, por todo o apoio e paciência;

e à Deus, pela complexa natureza que nos fascina;

obrigada!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	9
Resultados .....	14
Discussão .....	20
Conclusões .....	25
Referências Bibliográficas .....	26

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. *Taxa* estudados de *Arthrocerus*, local de coleta, localização geográfica (graus decimais), altitude (m), época da coleta (mês/ano), *status* de conservação (*sensu* Taylor & Zappi 2004). Área de Proteção Ambiental (A. P. A.), Parque Estadual (P. E.), Parque Nacional (P. N.), Em Perigo (PE), Presumivelmente Ameaçada (PA), Vulnerável (VU).

Tabela 2. Medidas de comprimento de frutos e de sementes, número de sementes por fruto (média  $\pm$  desvio padrão), e massa fresca, massa seca e teor de água das sementes dos *taxa* de *Arthrocerus* (média  $\pm$  erro padrão). N = 20 para comprimento dos frutos e número de sementes por fruto, N = 200 para comprimento das sementes e N = 4 x 50 para massa fresca, massa seca e teor de água das sementes.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação (mm) total mensal (colunas) e temperatura (°C) média mínima e média máxima mensais (linhas). A) na serra do Rola Moça, no período de junho de 2007 a julho de 2008. Dados cedidos pela Companhia de Mineração Vale, da estação meteorológica localizada na Mina de Capão Xavier, a 5 Km do Parque Estadual Serra do Rola Moça. B) na serra do Cipó, no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2009. Dados cedidos pelo Parque Nacional da Serra do Cipó, da estação meteorológica localizada na sede do parque.

Figura 2. Foto dos *taxa* estudados de *Arthrocerus* e detalhe dos frutos. A) *A. glaziovii*; B) *A. melanurus* subsp. *magnus*; C) *A. melanurus* subsp. *melanurus*; D) *A. melanurus* subsp. *odorus*.

Figura 3. Germinabilidade (%) das sementes recém coletadas de *Arthrocerus* em cinco temperaturas constantes sob fotoperíodo de 12 horas. As barras representam o desvio padrão. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste Conover (5%).

Figura 4. Tempo médio de germinação (dias) das sementes recém coletadas de *Arthrocerus* em cinco temperaturas constantes sob fotoperíodo de 12 horas. As barras representam o desvio padrão. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste Conover (5%).

Figura 5. Faixa de temperatura (10 a 35 °C) para germinação sob fotoperíodo de 12 horas e temperatura ótima de germinação das sementes dos *taxa* estudados de *Arthrocreus*.

Figura 6. A) Germinabilidade (%) e B) tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Arthrocreus glaziovii* armazenadas no solo por 14 meses. As barras representam o desvio padrão. Médias de percentagem de germinação com letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (5%), e médias de tempo médio pelo teste Conover (5%).

Figura 7. A) Germinabilidade (%) e B) tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Arthrocreus melanurus* subsp. *magnus* armazenadas no solo por 14 meses. As barras representam o desvio padrão. Médias de percentagem de germinação com letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (5%), e médias de tempo médio pelo teste Conover (5%).

Figura 8. A) Germinabilidade (%) e B) tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Arthrocreus melanurus* subsp. *odorus* armazenadas no solo por 14 meses. As barras representam o desvio padrão. Médias de percentagem de germinação com letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (5%), e médias de tempo médio pelo teste Conover (5%).

**Ecologia da germinação e potencial para formação de banco de sementes de espécies de *Arthrocareus* A. Berger (Cactaceae) endêmicas dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil**

Texto formatado nas normas da revista Acta Botanica Brasilica

**RESUMO** – (Ecologia da germinação e potencial para formação de banco de sementes de espécies de *Arthrocareus* A. Berger (Cactaceae) endêmicas dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil). Foram avaliadas a biometria dos frutos e das sementes, a influência da luz e da temperatura no comportamento germinativo, e a longevidade das sementes armazenadas *in situ* e no laboratório, de quatro *taxa* de *Arthrocareus*. Os experimentos de germinação foram conduzidos em seis temperaturas constantes, sob fotoperíodo de 12 horas e sob escuro contínuo. O armazenamento *in situ* foi realizado no solo, no local de ocorrência natural das espécies, e a avaliação foi feita a cada dois meses durante 14 meses. As sementes foram armazenadas no laboratório à seco, em temperatura ambiente, por 12 meses. Os resultados indicam que, apesar das variações encontradas entre os quatro *taxa* estudados, existe um padrão no comportamento germinativo. As sementes são pequenas, com requerimento absoluto de luz para a germinação. Na presença de luz, foram verificados altos percentuais de germinação entre 20 e 30 °C e germinabilidade reduzida a 10, 15 e 35 °C. Este comportamento pode representar um mecanismo de escape quando as condições ambientais presentes nos campos rupestres não são favoráveis à sobrevivência das plântulas. Em geral, a germinação foi relativamente lenta, o que possivelmente favorece a ocorrência da germinação no período de chuvas. O armazenamento a seco não alterou significativamente o comportamento germinativo das sementes. As sementes armazenadas no solo permaneceram viáveis, apresentando germinabilidade alta até a última avaliação. Desta forma, pode-se inferir que as sementes dos *taxa* estudados são capazes de formar bancos de sementes do tipo persistente.

**Palavras-chave** – comportamento germinativo, longevidade de sementes, campo rupestre, espécies ameaçadas, Cactaceae.

**ABSTRACT** – (Germination ecology and seed bank of *Arthroocereus* A. Berger (Cactaceae) endemic species of rupestrian fields of Minas Gerais, Brazil). Fruits and seeds biometry, the influence of light and temperature in germinative behavior, and longevity of seeds stored *in situ* and in laboratory were evaluated for four *taxa* of *Arthroocereus*. Germination experiments were conducted at six constant temperatures, under 12 hours photoperiod and under continuous dark. The *in situ* storage was carried out in the soil, at the place of natural occurrence of species, and evaluation was done every two months until 14 months. Seed were dry stored in laboratory, at room temperature, for 12 months. The results indicate that, although the variation found between the four studied *taxa*, there is a pattern in the germinative behavior. Seeds are small, with absolute requirement of light to germinate. In the presence of light, there were high germination percentages between 20 and 30 °C and low germination at a 10, 15 e 35 °C. This behavior may represent a mechanism of escape when the environmental conditions in rupestrian fields are not favorable for seedlings survival. In general, the germination was relatively slow, which possibly favors the occurrence of germination in the rain period. The dry storage did not significantly alter the seed germination behavior. Seeds stored in the soil remained viable, showing high germination until the last evaluation. Thus, we can infer that seeds of the species studied are able to form persistent seed bank.

**Keywords** – germinative behavior, seed longevity, rupestrian field, threatened species, Cactaceae.

## Introdução

Os campos rupestres são caracterizados por uma vegetação predominantemente herbácea e com arbustos esparsos, formando um rico mosaico que está sob controle da topografia, da influência do microclima, e da natureza dos substratos, associada à profundidade do solo e à permanência de água no sistema (Rizzini 1979; Giuletii *et al.* 1987; Dias *et al.* 2002). Neste ecossistema a família Cactaceae é bem representativa, apresentando alta riqueza de espécies (Taylor & Zappi 2004). O gênero *Arthrocerus* A. Berger é endêmico dos campos rupestres do Brasil, com três espécies ocorrentes em Minas Gerais (Taylor & Zappi 2004), que apresentam distribuição altamente restrita, ocupando habitats muito específicos, o que aliado à intensa destruição que os campos rupestres vêm sofrendo, as coloca sob forte ameaça de extinção (Mendonça & Lins 2000; Godínez-Álvarez *et al.* 2003; Taylor & Zappi 2004).

Os campos rupestres são considerados um dos habitats mais ricos e diversos do mundo, com grande importância ecológica devido, principalmente, ao elevado número de endemismos (Giulietti *et al.* 1987; Giulietti & Pirani 1988; Harley 1988). Entretanto, este ecossistema está sendo fortemente impactado em decorrência da expansão urbana, da substituição dos campos por pastagens, de queimadas, da atividade minerária e da coleta de plantas ornamentais (Giulietti & Pirani 1997; Menezes & Giulietti 2000; Drummond *et al.* 2005), o que torna premente o desenvolvimento de estratégias para a conservação deste ecossistema. O estudo da biologia das sementes permite a compreensão de processos da dinâmica de comunidades vegetais, como o estabelecimento, a sucessão e a regeneração natural (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993) e, este conhecimento pode ser utilizado para a conservação e o manejo de ecossistemas naturais e, especialmente de espécies ameaçadas (Thompson *et al.* 1993; Lunt 1995; Flores *et al.* 2008).

A germinação das sementes é um período de alto risco no ciclo de vida das plantas (Harper 1977) e, por ser um processo irreversível, se ocorrer no tempo ou local indevido causa a morte de um indivíduo em potencial (Kigel & Galili 1995). Portanto, as condições presentes no ambiente como a temperatura, a luz e a disponibilidade hídrica do solo, são fatores cruciais no momento da germinação, que atuam na probabilidade da planta em completar seu ciclo de vida (Baskin & Baskin 1988; Schutz 2000; Vandeloos *et al.* 2008). Assim, o sucesso da germinação e do estabelecimento da plântula depende da habilidade da semente em evitar ou minimizar os efeitos de condições ambientais desfavoráveis (Hölzel & Otte 2004).

As sementes viáveis que permanecem sem germinar na superfície ou enterradas no solo compõem o banco de sementes (Leck *et al.* 1989). A longevidade destas sementes no banco depende de diversos fatores ambientais (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1996), e das características da semente, como defesa química, requerimentos específicos para a germinação, mecanismos de dormência e o tamanho das sementes (Thompson *et al.* 1993). O banco de sementes está diretamente relacionado ao potencial de regeneração da vegetação (Parker *et al.* 1989) e, portanto, é um importante componente da dinâmica dos ecossistemas, particularmente em habitats sujeitos a distúrbios ou naqueles em que transcorrem longos períodos em que as condições ambientais não são favoráveis ao desenvolvimento e sobrevivência das plântulas (Moles *et al.* 2003), como os campos rupestres.

Tendo em vista o avanço da destruição dos campos rupestres e a necessidade de conhecimento sobre a ecologia das espécies nativas deste ecossistema, o objetivo deste estudo foi investigar a ecologia da germinação e o potencial para a formação de banco de sementes de duas espécies de *Arthrocreus* endêmicas dos campos rupestres de Minas Gerais. Para isto, foram testadas as seguintes hipóteses: i) existe um padrão nas características morfológicas dos frutos e das sementes no gênero *Arthrocreus*; ii) as respostas germinativas dos *taxa* estudados de *Arthrocreus* estão associadas às condições ambientais de luz, temperatura e disponibilidade hídrica experimentadas pelas sementes no habitat; iii) as sementes dos *taxa* estudados apresentam capacidade de manutenção da viabilidade e formam banco de sementes.

## Material e métodos

Área e *taxa* estudados – As coletas foram realizadas nos anos de 2007 e 2008 nos campos rupestres de Minas Gerais (Tab. 1). Os campos rupestres ocorrem em altitudes geralmente superiores a 900 m e são associados, principalmente, à cadeia montanhosa descontínua da Serra do Espinhaço, que se estende do norte da Bahia, na Chapada Diamantina, até a região central de Minas Gerais, na Serra de Ouro Branco (Daly & Mitchell 2000; Menezes & Giuliatti 2000). Também são encontrados em outras serras isoladas como na Serra da Mantiqueira, em algumas disjunções nas serras baixas de Goiás, e no Mato Grosso (Costa *et al.* 1998; Daly & Mitchell 2000; Dutra *et al.* 2005).

As características muito específicas de relevo, solo e clima presentes nos campos rupestres oferecem as condições para o desenvolvimento da sua flora típica (Giuliatti & Pirani 1988). A vegetação se desenvolve sobre afloramentos rochosos, crescendo diretamente sobre a rocha ou em solos rasos, recentemente decompostos, arenosos ou rochosos, com baixa capacidade de retenção de umidade, pobres em nutrientes e altamente ácidos (Giuliatti & Pirani 1988; 1997; Harley 1995; Benites *et al.* 2007). O clima é fortemente sazonal, com verões chuvosos e invernos secos (Madeira & Fernandes 1999). Em todas as regiões onde foram realizadas as coletas, o clima é tropical de altitude (Cwb na classificação de Köppen), com verões amenos e regime de precipitação bem definido. A figura 1 mostra dados de temperatura e precipitação mensais na Serra do Rola Moça e na Serra do Cipó, representando o clima das regiões estudadas, com os meses de novembro a fevereiro os mais chuvosos, e maio a agosto os meses mais secos.

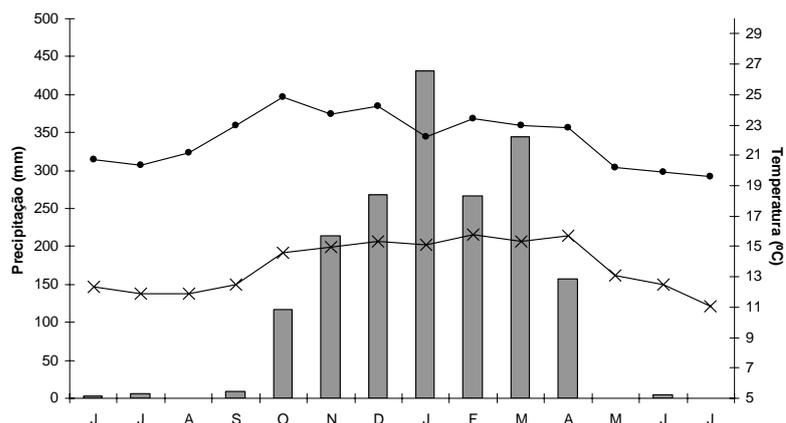
Foram estudadas duas espécies de *Arthrocerus*, e três subespécies de uma delas, totalizando quatro *taxa* estudados (Tab. 1 e Fig. 2). Foram coletados frutos maduros, que já haviam se soltado da planta-mãe e que se encontravam no solo, de pelo menos 20 indivíduos das populações amostradas. De cada *taxon*, apenas uma população foi amostrada e a avaliação da biometria, germinação e longevidade foi realizada com as sementes provenientes de uma única coleta. A identificação das espécies foi realizada de acordo com Taylor & Zappi (2004).

Tabela 1. *Taxa* estudados de *Arthroceres*, local de coleta, localização geográfica (graus decimais), altitude (m), época da coleta (mês/ano), *status* de conservação (*sensu* Taylor & Zappi 2004).

Área de Proteção Ambiental (A. P. A.), Parque Estadual (P. E.), Parque Nacional (P. N.), Em Perigo (PE), Presumivelmente Ameaçada (PA), Vulnerável (VU).

Espécie	Local	Latitude	Longitude	Altitude	Coleta	Status
<i>A. glaziovii</i> (K. Schum.) N. P. Taylor & Zappi	P. E. Serra do Rola Moça	-20,0578	-44,0050	1490	02/2007	PE
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>magnus</i> N. P. Taylor & Zappi	P. E. do Ibitipoca	-21,7139	-43,8982	1345	03/2007	PA
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>melanurus</i> (K. Schum.) L. Diers, P. J. Braun & E. Esteves Pereira	A. P. A. Serra de São José	-21,0859	-44,1675	1290	02/2008	VU
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>odorus</i> (F. Ritter) N. P. Taylor & Zappi	P. N. da Serra do Cipó	-19,3497	-43,6236	800	02/2008	VU

A)



B)

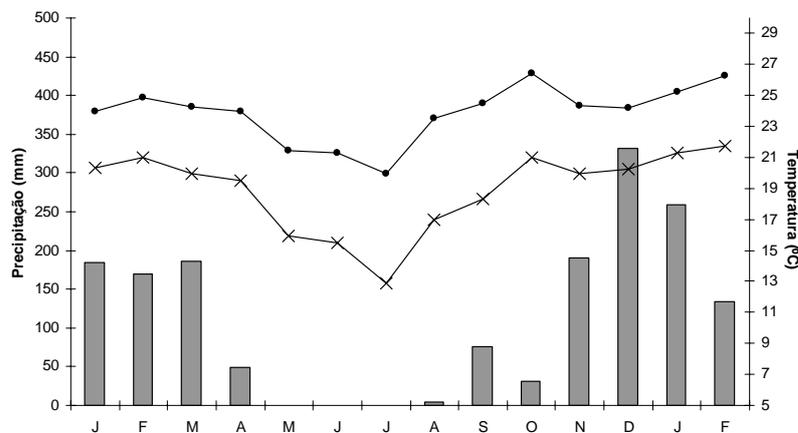


Figura 1. Precipitação (mm) total mensal (colunas) e temperatura (°C) média mínima e média máxima mensais (linhas). A) na serra do Rola Moça, no período de junho de 2007 a julho de 2008. Dados cedidos pela Companhia de Mineração Vale, da estação meteorológica localizada na Mina de Capão Xavier, a 5 Km do Parque Estadual Serra do Rola Moça. B) na serra do Cipó, no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2009. Dados cedidos pelo Parque Nacional da Serra do Cipó, da estação meteorológica localizada na sede do parque.

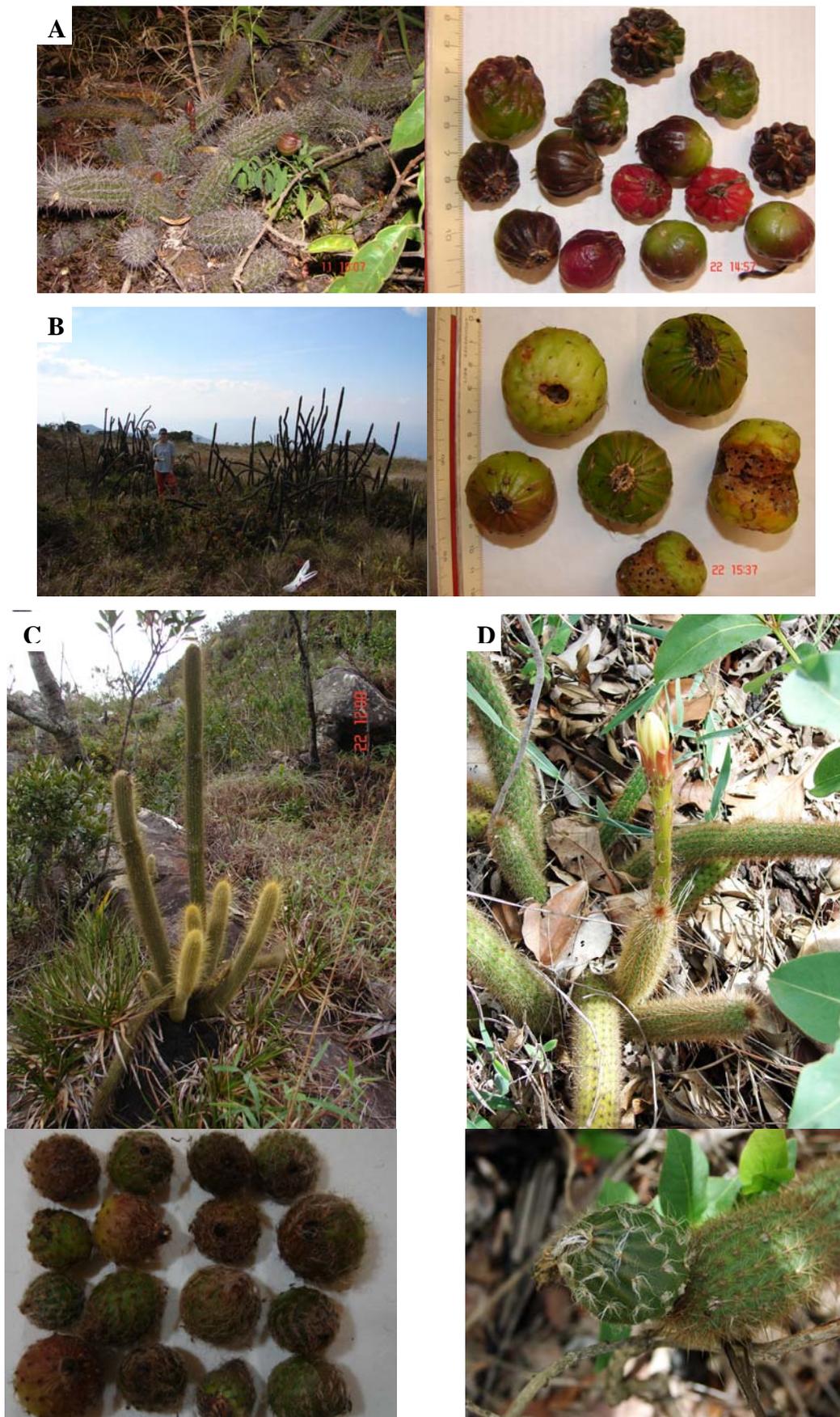


Figura 2. Foto dos *taxa* estudados de *Arthroceres* e detalhe dos frutos. A) *A. glaziovii*; B) *A. melanurus* subsp. *magnus*; C) *A. melanurus* subsp. *melanurus*; D) *A. melanurus* subsp. *odorus*.

Biometria – Os frutos foram triados em laboratório e as sementes foram lavadas em água corrente, até que se soltassem da polpa. Para obtenção dos dados de comprimento, foram medidos 20 frutos e 200 sementes de cada espécie, utilizando-se paquímetro digital. O comprimento foi considerado como a maior distância entre as extremidades, tanto dos frutos quanto das sementes. Os valores de massa fresca, massa seca e teor de água foram determinados a partir da pesagem de quatro lotes de 50 sementes, e posteriormente, estimados a massa por semente e o erro padrão. Para a obtenção da massa seca, as sementes foram colocadas em estufa a 105 °C até a estabilização da massa e pesadas em balança analítica. O teor de água das sementes foi determinado com base na massa fresca (Garcia & Diniz 2003).

Germinação – A germinação das sementes recém coletadas foi avaliada em seis temperaturas constantes (10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C), sob fotoperíodo de 12 horas ( $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e sob escuro contínuo. Foi utilizada uma amostragem de 100 sementes por tratamento distribuídas em quatro repetições de 25. As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri forradas com folha dupla de papel filtro, umedecidas com solução fungicida de Nistatina (100 UI/L) (Oliveira & Garcia 2005). Para o tratamento de escuro contínuo as placas de Petri foram armazenadas dentro de caixas acrílicas pretas, do tipo “gerbox”. As sementes que permaneceram nesta condição foram examinadas sob luz verde de segurança (Garcia & Diniz 2003). A germinação foi avaliada diariamente, mantendo-se as sementes sempre úmidas, e a emergência da radícula foi o critério utilizado para a germinação. A avaliação dos experimentos foi encerrada quando as percentagens de germinação permaneceram constantes por um período de dez dias ou, no caso de não haver nenhuma semente germinada, os experimentos foram avaliados até completarem 60 dias.

Longevidade – Para avaliar o potencial para a formação de banco de sementes no solo foi utilizada a metodologia onde as sementes são enterradas artificialmente e exumadas em intervalos regulares (Lunt 1995), sendo possível, desta forma, monitorar a longevidade das sementes no solo ao longo do tempo (Van Mourik *et al.* 2005; Buhk & Hensen 2008). Foi avaliada a longevidade das sementes de *A. glaziovii*, *A. melanurus* subsp. *magnus* e *A. melanurus* subsp. *odorus*. A quantidade de sementes de *A. melanurus* subsp. *melanurus* não foi suficiente para a montagem deste experimento. As sementes foram armazenadas no solo em sacos de nylon (malha de 0,5 mm) de 7 cm de comprimento por 5 cm de largura, 25 sementes em cada saco. Os sacos foram enterrados no local de ocorrência natural de cada espécie (Tab. 1), a uma profundidade aproximada de 5 cm no solo, onde já não há mais

penetração de luz (Milberg *et al.* 2000; Pons 2000). O enterramento das sementes de *A. glaziovii* e *A. melanurus* subsp. *magnus* foi realizado em junho de 2007 e o das sementes de *A. melanurus* subsp. *odorus* em janeiro de 2008. Foram exumados quatro sacos por *taxon* a cada dois meses, durante 14 meses. No laboratório, as sementes foram colocadas para germinar na temperatura ótima para a germinação sob fotoperíodo de 12 horas ( $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), previamente definida nos testes de germinação ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$  para *A. glaziovii* e *A. melanurus* subsp. *odorus* e  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  para *A. melanurus* subsp. *magnus*). As condições experimentais foram as mesmas utilizadas nos testes de germinação. A viabilidade das sementes de *A. glaziovii* que não germinaram após 12 meses de armazenamento no solo foi conferida através do teste de tetrazólio. Neste caso, as sementes restantes nas placas foram imersas em 10 ml de solução 1% de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio e mantidas no escuro por 24 horas. Após este período, as sementes foram cortadas, sendo consideradas viáveis as que apresentaram o embrião corado de vermelho (Cottrell 1947).

As sementes de *A. glaziovii*, *A. melanurus* subsp. *magnus* e *A. melanurus* subsp. *odorus* também foram armazenadas a seco, no laboratório. O armazenamento foi realizado em tubos âmbar, à temperatura ambiente, por 12 meses. Ao final deste período, foi testada a germinação na temperatura ótima, sob foto período de 12 horas ( $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). As condições experimentais foram as mesmas utilizadas nos testes de germinação.

Análise estatística – Foram calculados a percentagem final e o tempo médio de germinação, segundo Labouriau (1983). O tempo médio foi calculado apenas quando a percentagem média de germinação foi superior a 10%. A temperatura ótima foi considerada aquela em que houve maior germinabilidade associada a um menor tempo médio de germinação (Labouriau 1983). Os dados de percentagem de germinação em diferentes tempos de armazenamento no solo, por apresentarem normalidade (pelo teste Shapiro-Wilk) e homogeneidade (pelo teste Brown-Forsythe), foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e comparados pelo teste de Tukey à 5% de significância. Os outros dados de percentagem e tempo médio de germinação, por não apresentarem normalidade e homogeneidade, foram submetidos a testes estatísticos não paramétricos. Na comparação entre diferentes temperaturas e diferentes tempos de armazenamento no solo foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido da comparação em pares pelo teste de Conover, a 5% de significância (Conover 1999). Na comparação entre sementes recém-coletadas e armazenadas em laboratório, as comparações foram feitas pelo teste de Mann-Whitney, com 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas no Software BrightStat, disponível na internet (Stricker 2008).

## Resultados

Biometria – Os valores de comprimento dos frutos e das sementes, e de massa fresca, massa seca e teor de água das sementes de *Arthrocerus* são mostrados na tabela 2. A subespécie *A. melanurus* subsp. *magnus* apresentou os maiores frutos, as outras duas subespécies de *A. melanurus* apresentaram tamanho intermediário, e *A. glaziovii* os menores frutos. O número de sementes por fruto variou muito, tanto entre os *taxa* quanto entre os frutos de um mesmo *taxa*, apresentando um desvio padrão muito alto. As subespécies *A. melanurus* subsp. *magnus* e *A. melanurus* subsp. *melanurus* possuem o maior número médio de sementes por fruto e *A. melanurus* subsp. *odorus* apresenta o menor número de sementes por fruto. Entretanto, a maior variação no número de sementes por fruto foi encontrada em *A. melanurus* subsp. *odorus*, variando de 26 a 743 (CV = 0,993). Em *A. melanurus* subsp. *magnus* este número variou de 133 a 2441 (CV = 0,607); em *A. glaziovii* variou de 70 a 866 (CV = 0,388); e *A. melanurus* subsp. *melanurus* apresentou a menor variação, de 342 a 1552 (CV = 0,368).

As sementes avaliadas de *Arthrocerus* spp. são ovóides e compactas. Todos os *taxa* apresentaram sementes pequenas, que variaram de 1,44 a 1,97 mm de comprimento, e leves, variando de 0,47 a 0,94 mg de massa seca. As sementes de *A. melanurus* subsp. *odorus* são as maiores em comprimento e mais pesadas e *A. glaziovii* possui as menores e mais leves sementes dentre os *taxa* estudados, com o maior teor de água.

Tabela 2. Medidas de comprimento de frutos e de sementes, número de sementes por fruto (média ± desvio padrão), e massa fresca, massa seca e teor de água das sementes dos *taxa* de *Arthrocerus* (média ± erro padrão). (N = 20 para comprimento dos frutos e número de sementes por fruto, N = 200 para comprimento das sementes e N = 4 x 50 para massa fresca, massa seca e teor de água das sementes).

Taxa	Comp (cm) fruto	Sementes/ fruto	Comp (mm) Semente	Massa fresca (mg)	Massa seca (mg)	Teor de água (%)
<i>A. glaziovii</i>	2,07 ± 0,23	469,7 ± 182,1	1,44 ± 0,09	0,531 ± 0,013	0,468 ± 0,011	23,7 ± 0,02
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>magnus</i>	4,14 ± 0,51	934,2 ± 566,7	1,70 ± 0,13	0,696 ± 0,027	0,646 ± 0,013	14,1 ± 0,04
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>melanurus</i>	2,82 ± 0,38	937,8 ± 345,2	1,51 ± 0,10	0,567 ± 0,013	0,518 ± 0,019	17,1 ± 0,04
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>odorus</i>	2,82 ± 0,54	224,4 ± 222,8	1,97 ± 0,17	1,026 ± 0,039	0,941 ± 0,035	16,6 ± 0,01

Germinação – Sob fotoperíodo de 12 horas, as sementes dos *taxa* estudados germinaram em ampla faixa temperatura, entretanto, apresentaram germinabilidade reduzida nas temperaturas extremas de 15 e 35 °C (Fig. 3). Não foi observada germinação sob escuro constante em nenhuma temperatura testada.

As sementes de *A. glaziovii* apresentaram percentuais de germinação muito baixos (< 10%) nas temperaturas extremas, e germinabilidade em torno de 70% nas temperaturas de 25 e 30 °C. A subespécie *A. melanurus* subsp. *magnus* apresentou germinabilidade em torno de 80% na faixa de 20 a 30 °C, e cerca de 30% de germinação nas temperaturas extremas. A subespécie *A. melanurus* subsp. *melanurus* apresentou os maiores percentuais de germinação (> 90%), na faixa de 20 a 30 °C, e germinabilidade reduzida nas temperaturas extremas. As sementes de *A. melanurus* subsp. *odorus* apresentaram germinabilidade entre 50 e 75% na faixa de 20 a 30 °C, e percentuais inferiores a 20% nas temperaturas extremas.

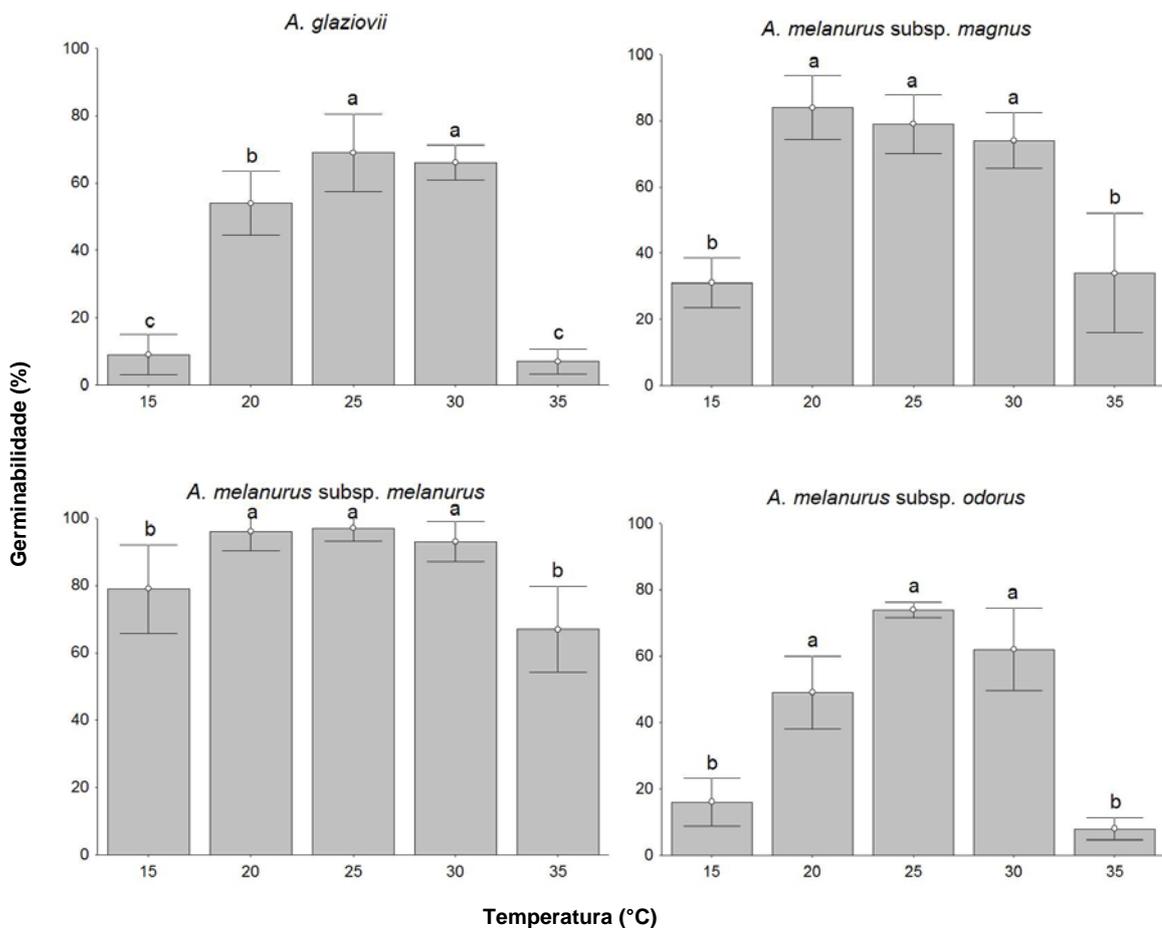


Figura 3. Germinabilidade (%) das sementes recém coletadas de *Arthrocerus* em cinco temperaturas constantes sob fotoperíodo de 12 horas. As barras representam o desvio padrão. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste Conover (5%).

O tempo médio de germinação variou muito entre as espécies e, em geral, nas temperaturas extremas (15 e 35 °C) os valores de tempo médio de germinação aumentaram significativamente (Fig. 4). As sementes de *A. glaziovii* apresentaram, na faixa de 20 a 30 °C, tempo médio de germinação em torno de 16 dias. *A. melanurus* subsp. *magnus* foi o *taxon* que apresentou os maiores valores de tempo médio de germinação (55 e 31 dias), a 35 e 15 °C, respectivamente. Nas temperaturas de 20 e 25 °C, esta subespécie apresentou tempo médio de cerca de 17 dias. A subespécie *A. melanurus* subsp. *melanurus* apresentou os menores valores de tempo médio, em torno de 6 dias, nas temperaturas de 25 e 30 °C, e nas temperaturas extremas tempo médio superior a 10 dias. Para as sementes de *A. melanurus* subsp. *odorus* foram verificados valores de tempo médio de germinação que variaram entre 11 dias, a 25 °C, e 26 dias, a 15 °C.

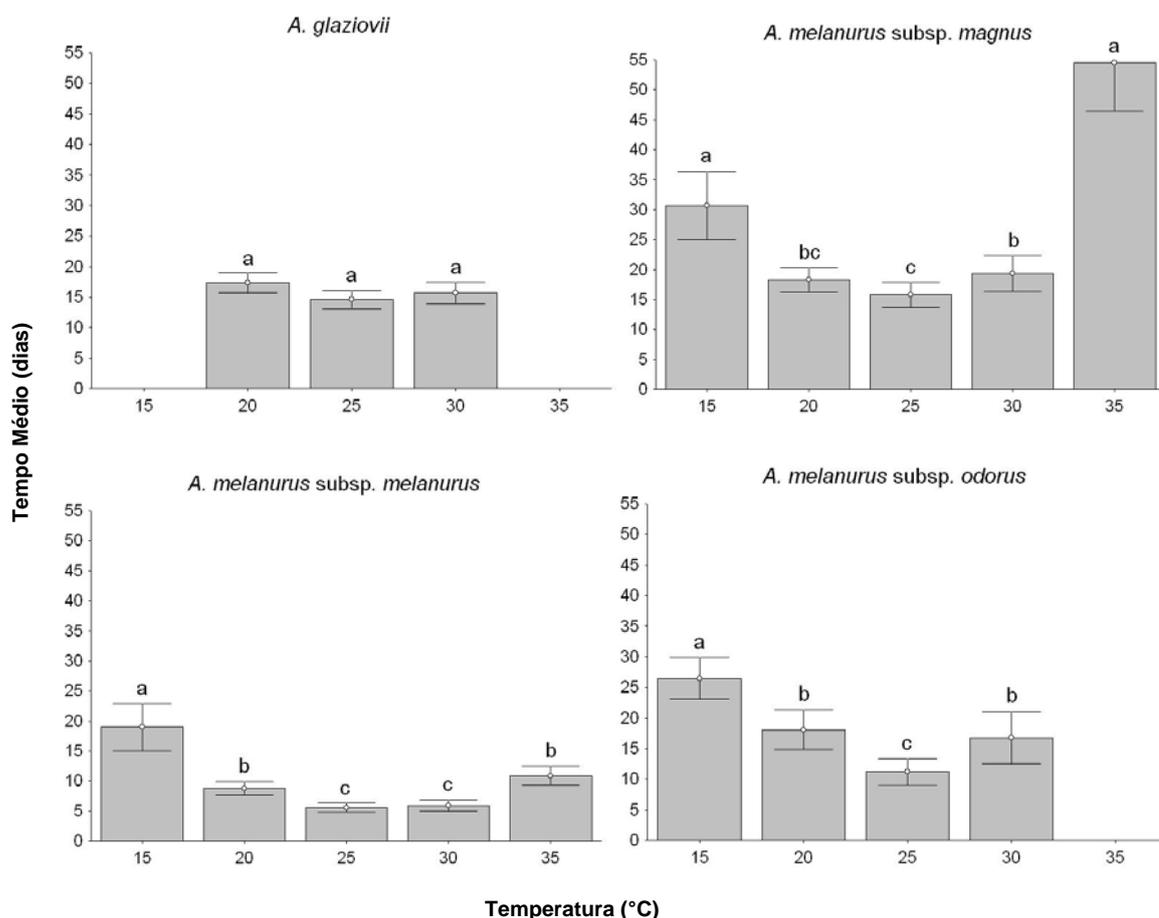


Figura 4. Tempo médio de germinação (dias) das sementes recém coletadas de *Arthroceres* em cinco temperaturas constantes sob fotoperíodo de 12 horas. As barras representam o desvio padrão. Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste Conover (5%).

Não ocorreu germinação sob a temperatura de 10 °C (Fig. 5). Apesar da ampla faixa de temperatura para germinação, só foi verificada germinabilidade igual ou superior a 50% nas temperaturas de 20, 25 e 30 °C, com exceção de *A. melanurus* subsp. *melanurus*, que apresentou germinabilidade alta na faixa de 15 a 35 °C. As sementes de *A. glaziovii* e de *A. melanurus* subsp. *melanurus* apresentaram a faixa de 25 a 30 °C como temperatura ótima para germinação, *A. melanurus* subsp. *magnus* a faixa de 20 a 25 °C e *A. melanurus* subsp. *odorus* a temperatura de 25 °C.

Espécie	10	15	20	25	30	35
<i>A. glaziovii</i>	White	Light Gray	Dark Gray	Black	Black	Light Gray
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>magnus</i>	White	Light Gray	Black	Black	Dark Gray	Light Gray
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>melanurus</i>	White	Dark Gray	Dark Gray	Black	Black	Dark Gray
<i>A. melanurus</i> subsp. <i>odorus</i>	White	Light Gray	Dark Gray	Black	Dark Gray	Light Gray
Germinabilidade nula	White					
Germinabilidade $\geq 1$ e $< 50\%$	Light Gray					
Germinabilidade $\geq 50\%$	Dark Gray					
Temperatura ótima de germinação	Black					

Figura 5. Faixa de temperatura (10 a 35 °C) para germinação sob fotoperíodo de 12 horas e temperatura ótima de germinação das sementes dos *taxa* estudados de *Arthrocreus*.

Longevidade – As sementes de todos os *taxa* analisados permaneceram viáveis, apresentando germinabilidade alta (em torno de 80%) ao final dos 14 meses de armazenamento no solo. Em todos os casos, as sementes exumadas apresentaram-se intactas, sem sinal de morte, decomposição ou predação. As sementes armazenadas a seco, em laboratório, também permaneceram viáveis após um ano de armazenamento, sem alteração significativa do seu comportamento germinativo (dados não apresentados).

Durante o armazenamento no solo por 14 meses, as sementes de *A. glaziovii* apresentaram percentuais de germinação que variaram entre 40 e 90% (Fig. 6A). Entretanto, não houve diferença estatística entre a germinabilidade das sementes armazenadas no solo em relação às sementes recém coletadas (69%), exceto no 12º mês de armazenamento, quando foi obtido o menor percentual de germinação (40%). Neste mês (junho de 2008), foi verificado através do teste de tetrazólio que as sementes que não germinaram permaneceram viáveis. O tempo médio de germinação das sementes armazenadas no solo diminuiu em relação ao tempo médio das sementes recém coletadas (15 dias), apresentando os menores valores (cerca

de 8 dias) no 4º, 6º e 14º meses de armazenamento no solo (Fig. 6B). O armazenamento a seco, por 12 meses no laboratório, também não alterou a viabilidade das sementes, que apresentaram germinabilidade em torno de 70%, estatisticamente igual à germinabilidade das sementes recém coletadas (dados não apresentados).

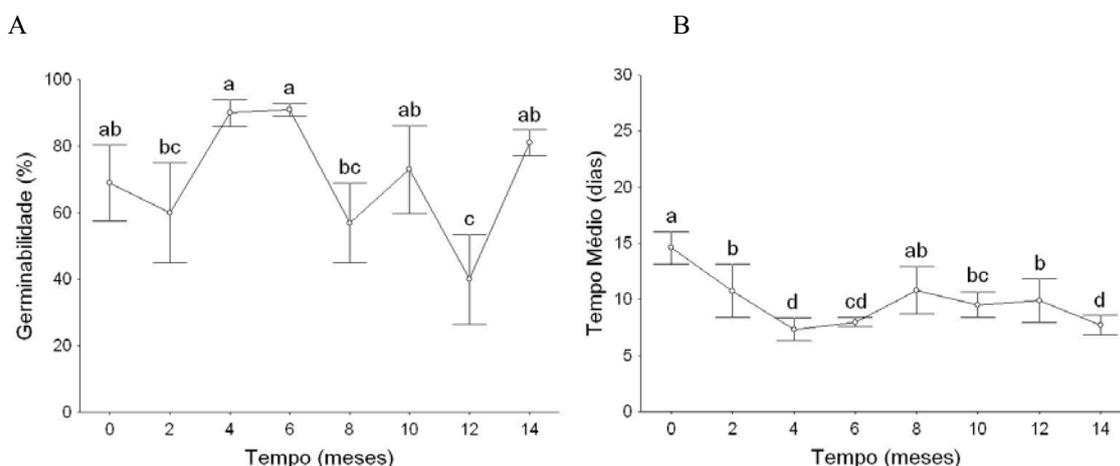


Figura 6. A) Germinabilidade (%) e B) tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Arthrocerus glaziovii* armazenadas no solo por 14 meses. As barras representam o desvio padrão. Médias de percentagem de germinação com letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (5%), e médias de tempo médio pelo teste Conover (5%).

A germinabilidade das sementes de *A. melanurus* subsp. *magnus* se manteve alta ( $\geq 75\%$ ) durante todo o período de armazenamento no solo, exceto no 12º mês de armazenamento, quando foi observada percentagem de germinação significativamente inferior à obtida para as sementes recém coletadas (Fig. 7A). Em geral, o tempo médio de germinação diminuiu significativamente em relação ao das sementes recém coletadas (18 dias). No 8º e 12º meses de armazenamento, entretanto, alcançou valores significativamente superiores, acima de 20 dias (Fig. 7B). As sementes armazenadas a seco, em laboratório, permaneceram viáveis após 12 meses de armazenamento, apresentando germinabilidade alta (95%), estatisticamente igual a das recém coletadas (84%).

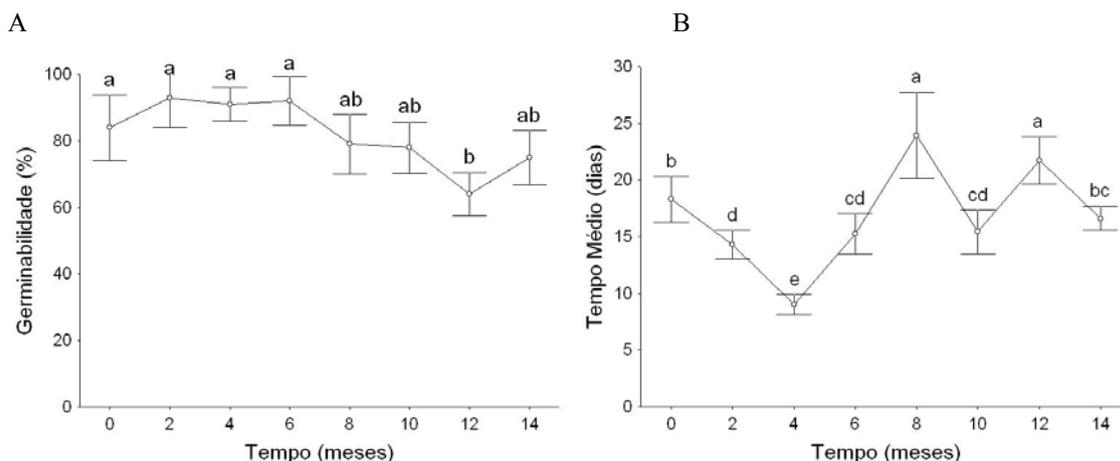


Figura 7. A) Germinabilidade (%) e B) tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Arthrocerus melanurus* subsp. *magnus* armazenadas no solo por 14 meses. As barras representam o desvio padrão. Médias de percentagem de germinação com letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (5%), e médias de tempo médio pelo teste Conover (5%).

O armazenamento das sementes de *A. melanurus* subsp. *odorus* no solo aumentou a germinabilidade, que se manteve alta, superior a 80%, até o 14º mês de armazenamento (Fig. 8A). O tempo médio de germinação diminuiu significativamente em relação às sementes recém coletadas (11 dias) até o 12º mês de armazenamento no solo, mantendo-se baixo (em torno de 6 dias) até o 8º mês, e voltando a aumentar no 14º mês (9 dias), quando foi estatisticamente igual ao tempo médio das sementes recém coletadas (Fig. 8B). As sementes armazenadas por 12 meses a seco, em laboratório, permaneceram viáveis, apresentando 84% de germinação, estatisticamente igual a germinabilidade das sementes recém coletadas (74%).

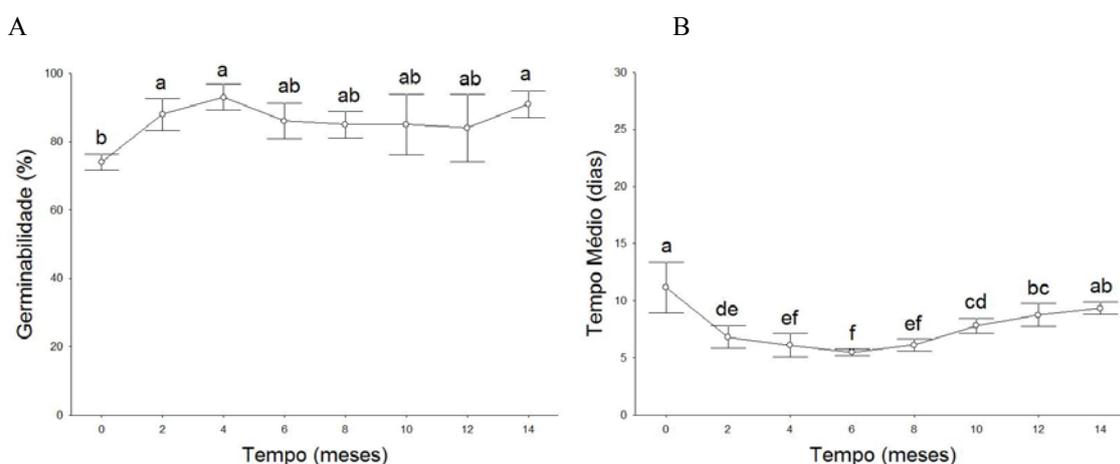


Figura 8. A) Germinabilidade (%) e B) tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Arthrocerus melanurus* subsp. *odorus* armazenadas no solo por 14 meses. As barras representam o desvio padrão. Médias de percentagem de germinação com letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey (5%), e médias de tempo médio pelo teste Conover (5%).

## Discussão

As espécies do gênero *Arthrocerus* possuem frutos carnosos relativamente grandes, com polpa fibrosa, de aroma adocicado, constituindo-se em um importante recurso alimentar para a fauna nativa, como o lobo-guará (Aragona & Setz 2001), formigas e roedores (obs. pess.) A grande variação encontrada no número de sementes por fruto entre e dentro dos *taxa* investigados neste estudo também foi reportada para outras cactáceas (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Godínez-Álvarez *et al.* 2003). Enquanto algumas espécies produzem mais de 1000 sementes em um único fruto (*Pilosocereus chrysacanthus* e *Epiphyllum anguliger*), frutos de outras espécies contêm apenas de uma a cinco sementes (*Epithelantha* sp. e *Pereskia aculeata*). Dentro de uma mesma espécie este número também pode variar muito, e isto pode depender da idade e do tamanho da planta e do número de flores por planta (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000).

Os *taxa* estudados apresentam sementes pequenas, com menos de 2 mm de comprimento e massa seca inferior a 1 mg. O tamanho das sementes de *Arthrocerus* foi semelhante ao observado para outras cactáceas colunares endêmicas dos campos rupestres, como espécies dos gêneros *Cipocereus*, *Micranthocereus* e *Pilosocereus* (Zappi & Taylor 2003). Entretanto, podem ser consideradas pequenas quando comparadas às de outras dicotiledôneas de campo rupestre, como as espécies de *Chamaecrista* (Gomes *et al.* 2001), *Baccharis* (Garcia *et al.* 2006) e *Stachytarpheta* (Santos 2008), das famílias Fabaceae, Asteraceae e Verbenaceae, respectivamente. O tamanho reduzido das sementes é uma característica que tem sido associada ao requerimento de luz para germinação (Grime *et al.* 1981; Bewley & Black 1994; Milberg *et al.* 2000). Sementes pequenas apresentam reservas de nutrientes limitadas que podem não ser suficientes para que a plântula alcance a luz na superfície do solo, e inicie o processo fotossintético, se estiverem enterradas no momento da germinação (Pons 2000). Uma vez que a luz penetra somente a poucos milímetros de profundidade no solo (Milberg *et al.* 2000; Pons 2000), a exigência de luz impede a germinação das sementes pequenas em camadas profundas do solo, onde as plântulas não seriam capazes de alcançar a luz.

As sementes das espécies avaliadas, em todos os tratamentos, apresentaram requerimento absoluto de luz para a germinação (fotoblastismo positivo restrito), como tem sido verificado em grande número de espécies de Cactaceae (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; de la Barrera & Nobel 2003; Benítez-Rodríguez *et al.* 2004; Bowers 2005; Flores *et al.* 2006; Ortega-Baes & Rojas-Aréchiga 2007). Fotoblastismo positivo é comum em

outras espécies ocorrentes nos campos rupestres de Minas Gerais, que apresentam sementes muito pequenas, sendo verificada nos gêneros *Syngonanthus* (Eriocaulaceae), *Xyris* (Xyridaceae), *Marcetia*, *Tibouchina* (Melastomataceae), *Paliavana* e *Sinningia* (Gesneriaceae) (Silveira *et al.* 2004; Abreu & Garcia 2005; Oliveira & Garcia 2005; Garcia *et al.* 2006; Ranieri 2006).

Na presença de luz (fotoperíodo de 12h), as sementes dos *taxa* estudados de *Arthrocerus* germinaram em ampla faixa de temperatura (15 a 35 °C). Foram verificados altos percentuais de germinação (superiores a 50%) na faixa de 20 a 30 °C, entretanto, nas temperaturas extremas (10, 15 e 35 °C) houve redução da germinabilidade. Este comportamento também foi verificado em muitas plantas típicas de campo rupestre, que apresentam germinabilidade em ampla faixa de temperatura, entretanto, com percentuais mais baixos nas temperaturas extremas (Silveira *et al.* 2004; Abreu & Garcia 2005; Oliveira & Garcia 2005; Velten & Garcia 2005; Santos 2008).

A influência da temperatura no processo germinativo pode fornecer informações sobre o estabelecimento das plântulas no campo (Cony & Trione 1996). As sementes geralmente respondem a combinações específicas de luz, temperatura e umidade que são mais favoráveis ao seu estabelecimento (Baskin & Baskin 2001), sendo a temperatura o principal fator ambiental na sincronização da germinação com as condições favoráveis ao desenvolvimento da plântula (Probert 1992). Este mecanismo regulatório da germinação tem importância especial em ambientes com marcante sazonalidade (Schutz 2000), como ocorre nos campos rupestres. Uma vez que a baixa germinação em condições desfavoráveis pode ser entendida como uma forma de escape no tempo, aumentando a chance de sobrevivência (Venable & Lawlor 1980), este comportamento das sementes de *Arthrocerus* nas temperaturas extremas poderia representar um mecanismo de escape quando as condições ambientais não são favoráveis à sobrevivência das plântulas. A germinabilidade reduzida nas temperaturas mais baixas (10 e 15 °C) pode fornecer um mecanismo que impede a germinação da maior parte das sementes no inverno, período frio e seco, quando não há água disponível no ambiente suficiente para o desenvolvimento e sobrevivência da plântula. Entretanto, pode haver umidade suficiente para a germinação, uma vez que, devido à altitude elevada dos campos rupestres, neblina e orvalho podem ocorrer à noite, mesmo durante a estação seca (Harley 1988; Giulietti & Pirani 1997). Na temperatura extrema mais alta (35 °C), que ocorre na superfície do solo durante os dias sem ou com pouca chuva (Oliveira, P. G. com. pess.), o crescimento das plântulas poderia ser limitado pela alta taxa de transpiração. Alguns cactos realizam fotossíntese C<sub>3</sub> nos primeiros meses após a germinação, o que torna as plântulas

menos resistentes à desidratação quando expostas a altas temperaturas (de la Barrera & Nobel 2003).

A capacidade de determinar o momento para a germinação das sementes é uma importante adaptação que confere o aumento da probabilidade de sucesso no estabelecimento (Venable & Lawlor 1980; Meyer & Kitchen 1994), e o tempo gasto pela semente para germinar é um dos fatores que determinam este momento. As sementes dos *taxa* estudados, mesmo na temperatura ótima, apresentaram germinação lenta (tempo médio maior que 10 dias), exceto *A. melanurus* subsp. *melanurus*, que apresentou germinação intermediária (tempo médio entre 5 e 10 dias) nas temperaturas ótimas (*sensu* Ferreira *et al.* 2001). A germinação lenta das sementes nos experimentos em laboratório é, em parte, explicada pelo polimorfismo somático das sementes, que gera uma grande variação na resposta germinativa dentro de um mesmo lote de sementes (Schutz 2000). Essa característica reduz o risco de alta mortalidade causada pela emergência sincronizada das sementes no campo (Gutterman 2000; Schutz 2000).

A germinação lenta também foi verificada em outras espécies de campos rupestres (Silveira *et al.* 2004; Abreu & Garcia 2005; Garcia *et al.* 2006; Garcia *et al.* 2007; Santos 2008), assim como em espécies ocorrentes em outras áreas com clima sazonal, como no Mediterrâneo (García-Fayos & Verdú 1998; Llorens *et al.* 2008) e em desertos (Bowers 2000; Flores *et al.* 2006). As sementes que germinam mais devagar exigem um período maior de exposição à umidade, não germinando nas primeiras chuvas (Gutterman 1994). A germinação relativamente lenta impede também que todas as sementes germinem ao mesmo tempo em caso de chuvas esparsas, que podem ocorrer durante a estação seca, e que não seriam capazes de sustentar o crescimento da plântula (Bowers 2000). Portanto, o período maior de umidade exigido pelas sementes de *Arthrocerus* pode representar um mecanismo que favorece a ocorrência da germinação da maior parte das sementes no período de chuvas, indicado pelos dias sucessivos de exposição à água, época em que o ambiente é úmido e estável o suficiente para o sucesso do estabelecimento das plântulas. Essa característica ecológica pode ser importante em um ambiente inóspito do ponto de vista edafoclimático, como é o caso dos campos rupestres, que apresentam solos rasos, com baixa capacidade de retenção de umidade (Benites *et al.* 2007) e uma longa estação seca durante o ano, que dura cerca de cinco meses.

Embora tenha sido verificado um padrão germinativo das sementes dos *taxa* de *Arthrocerus*, as três subespécies de *A. melanurus* apresentaram diferenças consideráveis na germinabilidade e no tempo médio de germinação nas diferentes temperaturas testadas. A variação no comportamento germinativo das sementes pode ser atribuída a fatores ambientais

aos quais a planta-mãe foi exposta durante o desenvolvimento e a maturação das sementes (Gutterman 2000). Isto pode explicar em parte as diferenças encontradas entre as populações das subespécies estudadas, que ocorrem em serras isoladas e distantes umas das outras, que podem apresentar diferentes características topográficas e microclimáticas. Entretanto, também foram encontradas diferenças no tamanho dos frutos e das sementes, além de variações macromorfológicas das plantas, tanto vegetativas quanto das flores. Uma vez que o fluxo gênico é dificultado nos ecossistemas montanhosos (Martinelli 2007), e a polinização e a dispersão destas sementes não alcançam distâncias muito grandes, o fluxo gênico entre estas populações pode ser muito restrito ou inexistente. Desta forma, estudos moleculares e de biosistemática são necessários para a melhor compreensão da taxonomia do gênero.

Longevidade – O armazenamento no solo não alterou a viabilidade das sementes dos *taxa* estudados de *Arthrocreus*, uma vez que não foi verificada decomposição ou morte fisiológica das sementes armazenadas. Também não houve perda de sementes no solo através de germinação, em razão do requerimento absoluto de luz. Portanto, se estas sementes forem enterradas, não tendo contato com a luz, poderão ser incorporadas ao banco de sementes.

O enterramento e o movimento das sementes no solo são influenciados tanto por fatores abióticos (água, características do solo), quanto bióticos (fauna, características da semente) (Garwood 1989; Marone *et al.* 1998). A alta frequência de chuvas durante a época em que ocorre a dispersão e a elevada porosidade do solo nos campos rupestres (Benites *et al.* 2007), associado ao tamanho reduzido das sementes de *Arthrocreus* pode favorecer o enterramento das mesmas. As sementes pequenas geralmente são produzidas em grandes quantidades (Moles *et al.* 2003), fato observado para os *taxa* estudados, e apresentam maior facilidade de enterramento no solo (Thompson *et al.* 1993; Fenner 1995; Bekker *et al.* 1998, Hölzel & Otte 2004), penetrando em fraturas ou sendo enterradas pela água da chuva (Thompson *et al.* 1993). Desta forma, a probabilidade destas sementes serem incorporadas ao banco aumenta. Além do tamanho reduzido das sementes, a velocidade da germinação no campo também pode estar relacionada ao enterramento das sementes no solo. A germinação lenta pode aumentar a probabilidade das sementes serem enterradas antes de germinarem, sendo incorporadas ao banco. Desta forma, se estas sementes forem enterradas no solo antes do início da germinação, devido ao requerimento absoluto de luz para a germinação e à capacidade de manutenção da viabilidade, é possível inferir que os *taxa* estudados de *Arthrocreus* podem formar um banco de sementes do tipo persistente (*sensu* Thompson 1993).

A presença do banco de sementes no solo ajuda a manter a biodiversidade no nível da comunidade (Bakker *et al.* 1996) e a diversidade genética no nível da população, reduzindo a vulnerabilidade de populações à extinção local (Stöcklin & Fischer 1999; Hill & Vander Kloet 2005). O banco de sementes também está relacionado ao potencial regenerativo natural de uma área, permitindo a recuperação do ambiente após distúrbios (Parker *et al.* 1989). Desta forma, é um fator crucial para a conservação de áreas naturais e pode ser usado em projetos de restauração (Parker *et al.* 1989; Hölzel & Otte 2004). Através das sementes armazenadas no solo, as espécies de *Arthrocerus*, assim como outras espécies de campo rupestre cujas sementes têm potencial para formar banco no solo (Diniz 2002; Abreu 2003; Garcia & Oliveira 2007; Medina & Fernandes 2007; Velten & Garcia 2007), são capazes de se estabelecerem em áreas perturbadas, muito comuns nos campos rupestres, seja pelo desmatamento, fogo, pisoteio em áreas de pastagem, ou pela atividade minerária.

Baskin & Baskin (2001) relatam a importância do banco de sementes na recuperação de áreas intensamente degradadas pela atividade minerária. Um procedimento que vem sendo empregado na restauração da cobertura vegetal nativa em áreas mineradas é a utilização da camada superficial do solo (“topsoil”), que contém o banco de sementes (Zhang *et al.* 2001; Tischew & Kirmer 2007) e é obtido em áreas de supressão de vegetação nativa, próximas à superfície a ser restaurada. Este procedimento tem demonstrado resultados satisfatórios, com o restabelecimento da riqueza e da diversidade de plantas, e o desenvolvimento de comunidades vegetais auto-sustentáveis (Zhang *et al.* 2001; Tischew & Kirmer 2007). Uma vez que as áreas de exploração mineral são abundantes em Minas Gerais, principalmente em afloramentos rochosos, onde se desenvolve a vegetação de campo rupestre, as espécies de *Arthrocerus* podem vir a estabelecer novas populações nas áreas mineradas restauradas com a utilização do “topsoil”. Destaque especial deve ser dado à conservação de *A. glaziovii*, a espécie mais ameaçada do gênero pela destruição dos campos rupestres ferruginosos, causada pela exploração intensa do minério de ferro.

As sementes dos *taxa* estudados de *Arthrocerus* também apresentaram capacidade de manutenção da viabilidade quando armazenadas a seco, em temperatura ambiente. Desta forma, estas sementes podem ser armazenadas em um banco de germoplasma *ex situ*, que representa uma estratégia complementar à conservação *in situ* de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes 2000; Degreef *et al.* 2002; Tarré *et al.* 2007). A conservação *ex situ* é uma alternativa para a preservação do banco genético (Degreef *et al.* 2002), representando uma forma de escape à ameaça de extinção pela

destruição de habitat (Pompelli & Guerra 2004), e pode ser utilizada em programas de restauração (Vázquez-Yanes & Rojas-Aréchiga 1996).

## **Conclusões**

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que, apesar das diferenças encontradas, existe um padrão no comportamento germinativo dos *taxa* estudados de *Arthrocerus*, com adaptações à sazonalidade do ambiente em que ocorrem. As sementes desses *taxa* apresentam germinação lenta, em ampla faixa de temperatura, com germinabilidade reduzida nas temperaturas de 10, 15 e 35 °C. A germinação lenta pode limitar a ocorrência da germinação à estação chuvosa, e a diminuição da germinabilidade nas temperaturas extremas pode impedir ou atrasar a germinação em períodos em que as condições ambientais não são favoráveis ao estabelecimento das plântulas. Uma vez que os frutos destas espécies são produzidos no início do verão, e as sementes são dispersas ainda no período chuvoso, a germinação pode ocorrer imediatamente após a dispersão, se as sementes estiverem expostas à luz, devido à disponibilidade de água e temperatura favorável no ambiente. Por apresentarem tamanho reduzido e fotoblastismo positivo restrito, as sementes enterradas, que permanecerem no escuro não germinarão e, devido a sua capacidade de manutenção da viabilidade, podem formar banco de sementes do tipo persistente. A formação deste banco de sementes no solo, aliado à capacidade de formação de um banco de germosplasma *ex situ*, tem grande importância para a manutenção e a conservação das espécies de *Arthrocerus*, que são ameaçadas de extinção (Taylor & Zappi 2004), devido principalmente, à destruição do seu habitat natural, restrito a poucos e pequenos fragmentos preservados, e ao tamanho reduzido das populações ocorrentes nestes fragmentos (IUCN 2001).

## Referências bibliográficas

- Abreu, M. E. P. 2003. **Germinação e formação de banco de sementes de espécies de *Xyris* (Xyridaceae) da Serra do Cipó (MG)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Abreu, M. E. P. & Garcia, Q. S. 2005. Efeito da luz e da temperatura na germinação das sementes de quatro espécies de *Xyris* L. (Xyridaceae) ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**(1): 149-154.
- Aragona, M. & Setz, E. Z. F. 2001. Diet of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Mammalia: Canidae), during wet and dry seasons at Ibitipoca State Park, Brazil. **Journal of Zoology** **254**(1): 131-136.
- Bakker, J. P.; Poschlod, P.; Strykstra, R. J.; Bekker, R. M. & Thompson, K. 1996. Seed banks and seed dispersal: important topics in restoration ecology. **Acta Botanica Neerlandica** **45**: 461-490.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. **American Journal of Botany** **7**(2): 286-305.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. 2001. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2<sup>a</sup> ed. San Diego, Academic Press.
- Bekker, R. M., Bakker, J. P., Grandin, U., Kalamees, R., Milberg, P., Poschlod, P., Thompson, K. & Willems, J. H. 1998. Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. **Functional Ecology** **12**: 834-842.
- Benites, V.C.; Schaefer, C.E.G.R.; Simas, F.N.B. & Santos, H.G. 2007. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica** **30**(4):569-577.
- Benítez-Rodríguez, J. L.; Orozco-Segovia, A. & Rojas-Aréchiga, M. 2004. Light effect on seed germination of four *Mammillaria* species from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central Mexico. **The Southwestern Naturalist** **49**(1): 11-17.
- Bewley, J. D. & Black, M. 1994. **Seeds: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York: Plenum Press, 445p.
- Bowers, J. E. 2000. Does *Ferocactus wislizeni* (Cactaceae) have a between-year seed bank? **Journal of Arid Environments** **45**: 197-205.
- Bowers, J. E. 2005. New evidence for persistent or transient seed banks in three Sonoran Desert cacti. **The Southwestern Naturalist** **50**(4): 482-487.
- Buhk, C. & Hensen, I. 2008. Seed longevity of eight species common during early postfire regeneration in south-eastern Spain: A 3-year burial experiment. **Plant Species Biology** **23**: 18-24.
- Conover, W. J. 1999. **Practical Nonparametric Statistics**. 3<sup>a</sup> ed. New York, John Wiley & Sons.
- Cony, M. A. & Trione, S. A. 1996. Germination with respect to temperature of two Argentinean *Prosopis* species. **Journal of Arid Environments** **33**: 225-236.
- Costa, C. M. R.; Hermann, G. C. S.; Martins, L. V. L.; Lamas, I. R. 1998. **Biodiversidade em Minas Gerais – Um Atlas para sua conservação**. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 92p.
- Cottrell, H. J. 1947. Tetrazolium salt as a seed germination indicator. **Nature** **159**: 748.

- Daly, D. C. & Mitchell, J. D. 2000. Lowland vegetation of tropical South America – an overview. Pp. 391-454. In: D. Lentz, ed. **Imperfect Balance: Landscape Transformations in the pre-Columbian Americas**. Columbia University Press, New York.
- de la Barrera, E. & Nobel, P. S. 2003. Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. **Journal of Arid Environments** **53**: 297–306.
- Degreef, J.; Rocha, O. J.; Vanderborght, T.; Baudoin, J. P. 2002. Soil seed bank and seed dormancy in wild populations of lima bean (Fabaceae): Considerations for in situ and ex situ conservation. **American Journal of Botany** **89** (10): 1644–1650.
- Dias, H. C. T.; Fernandes Filho, E. I.; Schaefer, C. E. G. R.; Fontes, L. E. F.; Ventorim, L. B. 2002. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte-MG. **Revista Árvore** **26** (6): 777-786.
- Diniz, I. S. S. 2002. **Comportamento germinativo e potencial para formação de banco de sementes em espécies de Velloziaceae da Serra do Cipó (MG)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Drummond, G. M.; Martins, C. S.; Machado, A. B. M.; Sebaio, F. A. & Antonini, Y. 2005. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte (2 ed.) 222p.
- Dutra, V. F.; Messias, M. C. T. B.; Garcia, F. C. P. 2005. Papilionoideae (Leguminosae) nos campos ferruginosos do Parque Estadual do Itacolomi, Minas Gerais, Brasil: florística e fenologia. **Revista Brasileira de Botânica** **28**(3): 493-504.
- Fenner, M. 1995. Ecology of seed bank. In: Kigel, J. & Galili, G. (Eds.), **Seed development and germination**. Academic Press, New York, p. 507-543.
- Ferreira, A. G.; Cassol, B.; Rosa, S. G. T.; Silveira, T. S.; Stival, A. L. & Silva, A. A. 2001. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **15**:231-242.
- Flores, J.; Jurado, E. & Arredondo, A. 2006. Effect of light on germination of seeds of Cactaceae from the Chihuahuan Desert, México. **Seed Science Research** **16**: 149–155.
- Flores, J.; Jurado, E. & Jiménez-Bremont, J. F. 2008. Breaking seed dormancy in specially protected *Turbincarpus lophophoroides* and *Turbincarpus pseudopectinatus* (Cactaceae). **Plant Species Biology** **23**: 43–46.
- Garcia, L. C.; Barros, F. V. & Lemos Filho J. P. 2006. Comportamento germinativo de duas espécies de canga ferrífera: *Baccharis retusa* DC. (Asteraceae) e *Tibouchina multiflora* Cogn. (Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica** **20**(2): 443-448.
- Garcia, Q. S. & Diniz I. S. S. 2003. Comportamento germinativo de três espécies de *Vellozia* da Serra do Cipó, MG. **Acta Botanica Brasilica** **17**(4): 487-494.
- Garcia, Q. S. & Oliveira, P. G. 2007. Germination patterns and seed longevity of monocotyledons from the Brazilian Campos Rupestres. **Seed Science and Biotechnology** **1**(2): 35-41.
- Garcia, Q. S.; Jacobi, C. M. & Ribeiro, B. A. 2007. Resposta germinativa de duas espécies de *Vellozia* (Velloziaceae) dos campos rupestres de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**(2): 451-456.
- García-Fayos, P. & Verdú, M. 1998. Soil seed bank, factors controlling germination and establishment of a Mediterranean shrub: *Pistacia lentiscus* L. **Acta Oecologica** **19** (4): 357-366.

- Garwood, N.C. 1989. Tropical soil seed banks: a review. In: Leck M.A., Parker V.T. and Simpson R.L. (eds.), *Ecology of Soil Seed Banks*, Academic Press, London, pp. 149-209.
- Giulietti, A. M. & Pirani, J. R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. Pp. 39-69. In: Heyer, W. R. & Vanzolini, P. E. (Eds.). **Proceedings of a Workshop on Neotropical Biodiversity Distribution Patterns**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- Giulietti, A. M. & Pirani, J. R. 1997. **Espinhaço Range region -- Eastern Brazil**. In S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera-Macbride, J. Villa-Lobos, and A. C. Hamilton, eds., *loc. cit.*, pages 397-404.
- Giulietti, A. M.; Menezes, N. L.; Pirani, J. R.; Meguro, M. & Wanderley, M. G. L. 1987. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: caracterização e lista das espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** **9**:1-151.
- Godínez-Álvarez, H.; Valverde T. & Ortega-Baes, P. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. **The Botanical Review** **69**(2): 173-203.
- Gomes, V.; Madeira, J. A.; Fernandes, G. W.; Lemos Filho, J. P. 2001. Seed dormancy and germination of sympatric species of *Chamaecrista* (Leguminosae) in a rupestrian field. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences** **27** (3): 191-197.
- Grime, J. P., Mason, G., Curtis, A. V., Rodman, J., Band, S. R., Mowforth, M. A. G., Neal, A. M. & Shaw, S. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. **Journal of Ecology** **69**: 1017-1059.
- Guterman, Y. 1994. Strategies of seed dispersal and germination in plants inhabiting deserts. **Botanical Review** **60**: 373-425.
- Guterman, Y. 2000. Maternal effects on seed during development. In: Fenner (ed). *Seeds: The ecology of Regeneration in plant communities*. CAB International, 2ª edição.
- Harley, R. M. 1988. Evolution and distribution of *Eriope* (Labiatae) and its relatives in Brazil. Pp. 71-120. In: P.E. Vanzolini & W. R. Heyer (Eds.). **Proceedings of a Workshop on Neotropical Biodiversity Distribution Patterns**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- Harley, R.M. 1995. Introduction. In: **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil**. Ed. B.L. Stannard Royal Botanic Gardens, Kew.
- Harper, J. L. 1977. **Population biology of plants**. Academic Press, London, UK.
- Hill, N. M. & Vander Kloet, S. P. 2005. Longevity of experimentally buried seed in *Vaccinium*: relationship to climate, reproductive factors and natural seed banks. **Journal of Ecology** **93**: 1167-1176.
- Hölzel, N. & Otte, A. 2004. Assessing soil seed bank persistence in flood-meadows: the search for reliable traits. **Journal of Vegetation Science** **15**: 93-100.
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Kigel, J. & Galili, G. 1995. **Seed development and germination**. Academic Press, New York, p. 507-543.
- Labouriau, L. G. 1983. **A Germinação das Sementes**. Washington D. C., Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos.
- Leck, M. A.; Parker, V. T. & Simpson, R. L. 1989. **Ecology of Soil Seed Banks**. Academic Press, London, 462 pp.

- Llorens, L.; Pons, M.; Gil, L.; Boira, H. 2008. Seasonality of seed production and germination trends of *Fumana ericoides* (Cistaceae) in the west semiarid Mediterranean region. **Journal of Arid Environments** **72**: 121–126.
- Lunt, I. D. 1995. Seed longevity of six native forbs in a closed *Themeda triandra* Grassland. **Australian Journal of Botany** **43**: 439-449.
- Madeira, J. A. & Fernandes, G. W. 1999. Reproductive phenology of sympatric *Chamaecrista* taxa of *Chamaecrista* (Leguminosae) in Serra do Cipó, Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **15**:463-479.
- Marone, L.; Rossi, B. E.; Horno, M. E. 1998. Timing and spatial patterning of seed dispersal and redistribution in a South American warm desert. **Plant Ecology** **137**: 143 - 150.
- Martinelli, G. 2007. Mountain biodiversity in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **30** (4): 587-597.
- Medina, B. M. O. & Fernandes, G. W. 2007. The potencial of natural regeneration of rocky outcrop vegetation on rupestrian field soils in “Serra do Cipó”, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** **30**(4): 665-678.
- Mendonça, M. P. & Lins, L. V. 2000. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Fundação Biodiversitas, Fundação Zôo-Botânica de Belo Horizonte.
- Menezes, N. L. & Giulettili, A. M. 2000. *In*: Mendonça, M. P. & Lins, L. V. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**, pp. 65-73. Fundação Biodiversitas, Fundação Zôo-Botânica de Belo Horizonte.
- Meyer, S. E. & Kitchen, S. G. 1994. Life history variation in blue flax (*Linum perenne*: Linaceae): seed germination phenology. **American Journal of Botany** **81**(5): 528-535.
- Milberg, P.; Andersson, L. & Thompson, K. 2000. Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. **Seed Science Research** **10**: 99-104.
- Moles, A. T.; Warton, D. I. & Westoby, M. 2003. Seed size and survival in the soil in arid Australia. **Austral Ecology** **28**: 575-585.
- Oliveira, P. G. & Garcia Q. S. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). **Acta Botanica Brasilica** **19** (3): 639-645.
- Ortega-Baes & Rojas-Aréchiga, M. 2007. Seed germination of *Trichocereus terscheckii* (Cactaceae): Light, temperature and gibberellic acid effects. **Journal of Arid Environments** **69**: 169-176.
- Parker, V. T.; Simpson, R. L.; Leck, M. A. 1989. Pattern and process in the dynamics of seed banks. *In*: **Ecology of soil seed banks** (M. A. Leck, V. T. Parker & R. L. Simpson eds.). Academic Press, New York, p. 367-384.
- Pompelli, M. F. & Guerra, M. P. 2004. *Ex situ* conservation of *Dyckia distachya*: an endangered bromeliad from South Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** **4**(3): 273-279.
- Pons, T. L. 2000. Seed responses to light. *In*: Fenner, M. (Ed.), **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**, pp. 237-260. 2<sup>a</sup> Ed. C.A.B. International.
- Probert, R. J. 1992. The role of temperature in germination ecophysiology. *In*: Fenner, M. (Ed.), **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**, pp. 285-325. Wallingford, U.K.: C.A.B. International. 373 pp.

- Ranieri, B. D. 2006. **Caracterização do habitat, fenologia e germinação de sementes de duas espécies rupestres (Gesneriaceae), endêmicas de Minas Gerais**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Rizzini, C.T. 1979. **Tratado de Fitogeografia do Brasil, aspectos sociológicos e florísticos**. 2º vol. Ed. Universidade de São Paulo.
- Rojas-Aréchiga, M. & Vázquez-Yanes, C. 2000. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Environments** **44**: 85-104.
- Santos, F. M. G. 2008. Comportamento germinativo de espécies do gênero *Stachytarpheta* Vahl. (Verbenaceae) ocorrentes nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Schütz, W. 2000. Ecology of seed dormancy and germination in sedges (*Carex*). **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** **3**(1): 67-89.
- Silveira, F. A. O.; Negreiros, D. & Fernandes, G. W. 2004. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Marsetia taxifolia* (A. St.-Hil.) DC. (Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica** **18**(4): 847-851.
- Simpson, R.L., Leck, M.A. & Parker, V.T. 1989. Seed banks: general concepts and methodological issues. In Ecology of soil seed banks (M.A. Leck, V.T. Parker & R.L. Simpson, eds.). Academic Press, London, p.3-8.
- Stöcklin, J. & Fischer, M. 1999. Plants with longer-lived seeds have lower extinction rates in grassland communities 1950–1980. *Oecologia*, **120**, 539–543.
- Stricker, D. 2008. BrightStat.com: Free statistics online. **Computer Methods and Programs in Biomedicine** **92**: 135-143.
- Tarré, E.; Pires, B. B. M.; Guimarães, A. P. M.; Carneiro, L. A.; Forzza, R. C.; Mansur, E. 2007. Germinability after desiccation, storage and cryopreservation of seeds from endemic *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. and *Dyckia* Schult. & Schult. f. species (Bromeliaceae). **Acta Botanica Brasilica** **21**(4): 777-783.
- Taylor, N. & Zappi, D. 2004. **Cacti of Eastern Brazil**. The Royal Botanic Gardens, Kew.
- Thompson, K. 1993. Persistence in soil. Pp. 199-202. In: G. A. F. Hendry & J. P. Grime (Eds.). **Methods in comparative plant ecology: a laboratory manual**. London, Chapman-Hall.
- Thompson, K. 2000. The functional ecology of soil seed banks. In: **Seed: The ecology of regeneration in plant communities** (ed M. Fenner) pp. 215-235. CAB International, London.
- Thompson, K., Band, S.R.; Hodgson, J. G. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. **Functional Ecology** **7**: 236–241.
- Tischew, S. & Kirmer, A. 2007. Implementation of basic studies in the ecological restoration of surface-mined land. **Restoration Ecology** **15** (2): 321-325.
- Van Mourik, T. A.; Stomph, T. J. & Murdoch, A. J. 2005. Why high seed densities within buried mesh bags may overestimate depletion rates of soil seed banks. **Journal of Applied Ecology** **42**: 299–305.
- Vandelook, F.; Van de Moer, D. & Van Assche, J. A. 2008. Environmental signals for seed germination reflect habitat adaptations in four temperate Caryophyllaceae. **Functional Ecology** **22**: 470–478.

- Vázquez-Yanes, C. & Orozco-Segovia, A. 1993. Patterns of Seed Longevity and Germination in the Tropical Rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics** **24**: 69-87.
- Vázquez-Yanes, C. & Orozco-Segovia, A. 1996. Comparative longevity of seeds of five tropical rain forest woody species stored under different moisture conditions. **Canadian Journal of Botany** **74**: 1635-1639.
- Vázquez-Yanes, C. & Rojas-Aréchiga, M. 1996. *Ex situ* conservation of tropical rain forest seed: problems and perspectives. **Interciência** **21**: 293-298.
- Velten, S. B. & Garcia, Q. S. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**(4): 753-761.
- Velten, S. B. & Garcia, Q. S. 2007. Variation between three *Eremanthus* (Asteraceae) species in their ability to form a seed bank. **Revista Brasileira de Botânica** **30**(4): 713-719.
- Venable, D. L. & Lawlor, L. 1980. Delayed germination and dispersal in desert annuals: escape in space and time. **Oecologia** **46**: 272-282.
- Zappi, D.C. & Taylor, N.P. 2003. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Cactaceae. **Boletim de Botânica da Univ. São Paulo** **21**:147-154.
- Zhang, Z. Q.; Shu, W. S.; Lan, C. Y.; Wong, M. H. 2001. Soil seed bank as an input of seed source in revegetation of lead/zinc mine tailings. **Restoration Ecology** **9** (4): 378-385.