

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**



**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de
Conservação da Biodiversidade PIBIC/ICMBio**

**Relatório Final
(Ciclo 2022-2023)**

**Germinação e conservação *ex situ* de sementes e produção de plantas de
espécies ameaçadas de extinção para reintrodução na natureza e auxiliar na
sua recuperação *in situ*.**

Nome do(a) estudante de IC: Luana Albuquerque de Medeiros

Orientador(a): Suelma Ribeiro Silva

Coorientador(a): Dulce Alves da Silva

Instituição do coorientador: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Brasília,
Março/2023

Resumo

A recuperação de plantas ameaçadas na natureza exige a produção de propágulos para reintrodução no meio natural. As espécies *Uebelmannia buiningii* Donald, *Uebelmannia pectinifera* Buining, *Pilosocereus fulvilanatus* Buining & Brederoo e *Melocactus violaceus* Pfeiff, encontram-se ameaçadas e requerem estratégias de conservação de suas populações em seus habitats naturais. A conservação *ex situ* é uma estratégia relevante para complementar a conservação *in situ* e está prevista no Plano de Ação Nacional para Conservação de Cactáceas e no Plano de recuperação de *Uebelmannia buiningii* como uma técnica para auxiliar na conservação e recuperação das populações na natureza. Este trabalho apresenta aspectos ecológicos e de germinação das sementes dessas quatro espécies para armazenamento em banco genético. As sementes foram medidas e pesadas e os testes de germinação foram conduzidos em câmara de germinação com temperatura alternando entre 30°C (12h luz) e 29°C (12h sem luz). Foram germinadas sementes em tempo zero de dessecação, dessecadas e com dessecação seguida de congelamento. A germinabilidade foi superior a 85%, com exceção de *U. buiningii*, que teve germinabilidade de 16,1% no grupo controle. As sementes são pequenas e arredondadas. Todas as espécies toleram dessecação e congelamento e podem ser armazenadas em banco genético. Foram produzidas 11 plantas de *U. pectinifera* para produção de novas sementes, mas todas as mudas de *U. buiningii* morreram até o 210º dia de cultivo. As mudas de *U. pectinifera* tiveram taxa de mortalidade ascendente de até 50% e um crescimento em altura de 14,31 milímetros em média.

Abstract

The recovery of endangered plants in nature requires the production of propagules for reintroduction into the natural environment. The species *Uebelmannia buiningii* Donald, *Uebelmannia pectinifera* Buining, *Pilosocereus fulvilanatus* Buining & Brederoo and *Melocactus violaceus* Pfeiff are endangered and require conservation strategies for their populations in their natural habitats. *Ex situ* conservation is a relevant strategy to complement *in situ* conservation and is described in the National Action Plan for the Conservation of Cactaceae and in the Recovery Plan for *Uebelmannia buiningii* as a technique to help in the conservation and recovery of populations in nature. This work presents ecological and germination aspects of the seeds of these four species for storage in a gene bank. The seeds were measured and weighed and germination tests were carried out in a germination chamber with a temperature alternating between 30°C (12h of light) and 29°C (12h without light). Seeds were germinated in zero desiccation time, dried and with desiccation followed by freezing. Germinability was greater than 85%, with the exception of *U. buiningii*, which had germinability of 16.1% in the control group. The seeds are small and rounded. All species tolerate desiccation and freezing and can be stored in a gene bank. 11 *U. pectinifera* plants were produced to produce new seeds, but all *U. buiningii* seedlings died by the 210th day of cultivation. *U. pectinifera* seedlings had an increasing mortality rate of up to 50% and a growth in height of 14.31 millimeters on average.

3. Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos.

Tabela 1. Quantidade de sementes e réplicas para cada experimento por espécie.

Tabela 2. Diferença de umidade em sementes do controle e após serem secas em sílica gel por quatro dias, peso seco médio e medidas de comprimento e largura médias das quatro espécies analisadas neste estudo.

Tabela 3. Variâncias médias das três dimensões das sementes, transformadas de acordo com Thompson et al. 2001.

Figura 1. Plantas de *U. pectinifera* (potes brancos) e *U. buiningii* (potes pretos) no quinto mês de cultivo.

Figura 2. Sementes do gênero *Uebelmannia*. a) *Uebelmannia buiningii* e b) *Uebelmannia pectinifera*, c) *Pilosocereus fulvilanatus* d) *Melocactus violaceus*. As barras vermelhas medem um milímetro.

Figura 3. Fases da germinação de *U. buiningii* e *U. pectinifera*. ab (abertura da semente); g (semente germinada) e p (plântula).

Figura 4. Germinação cumulativa de sementes de quatro espécies da família Cactaceae.

Figura 5. Gráfico da germinabilidade média por espécie de Cactaceae no grupo controle.

Figura 6. Porcentagem média de germinação em sementes de espécies da família Cactaceae em diferentes tratamentos: Controle (tempo zero de dessecação), após dessecação e após dessecação seguida de congelamento em *U. buiningii* (4.a); *P. fulvilanatus* (4.b); *M. violaceus* (4.c). $P > 0,05$ e $H = 0,289$. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre as médias.

Figura 7. Altura final das mudas de *U. pectinifera* cultivadas durante este estudo com aplicação do bioestimulante Arbolina (Trat) e somente com fertilizante foliar (Cont). $P > 0,05$ e $T = ?$. As letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre as médias.

Figura 8. Curva de crescimento em altura das plantas de *U. pectinifera* aos 60, 120, 240, 300 e 360 dias de cultivo em substrato. As barras representam o desvio padrão.

Figura 9. Taxa de mortalidade das mudas de *U. pectinifera* aos 70, 140, 210 e 280 dias de experimento.

Figura 10. Mudanças de *U. pectinifera* aos 60 e 360 dias de cultivo (letras a e b, respectivamente).

Figura 11. a) Taxa de mortalidade de *U. buiningii* por mês de cultivo. b) Mortalidade (em porcentagem) das mudas de *U. buiningii* no segundo mês, em plantas com e sem aplicação

de Arbolina (Controle e tratamento, respectivamente). *Mês de aplicação do bioestimulante (Arbolina)

Figura 12. Curva de crescimento em altura das plantas de *U. buiningii* do primeiro ao quarto mês de cultivo em vermiculita. As barras no gráfico indicam o erro padrão.

Sumário

Sumário

Introdução	6
Objetivos	7
Objetivo Geral	7
Objetivos Específicos	8
Material e Métodos	8
<i>Espécies alvo</i>	8
<i>Dimensão, forma e unidade das sementes</i>	9
<i>Teste de Germinação</i>	9
<i>Teste de Tolerância à Dessecação e ao Congelamento</i>	9
<i>Produção de plantas para reintrodução</i>	10
Resultados	12
Discussão	19
Conclusões	21
Recomendações para manejo	22
Agradecimentos	22
Cronograma de Conclusão do Plano de Trabalho	22
Referências bibliográficas	23

Introdução

A família Cactaceae possui aproximadamente 1.850 espécies distribuídas principalmente pelo continente americano (NYFFELER & EGGLI, 2010). O Brasil está em terceiro lugar em diversidade de cactáceas, com aproximadamente 277 espécies, sendo 200 endêmicas (ZAPPI & TAYLOR., 2020). Além disso, a família possui um dos seus centros de diversidade no leste brasileiro (Bahia e Minas Gerais) (TAYLOR & ZAPPI 2004). As cactáceas encontram-se ameaçadas em todos os biomas, como, Cerrado, Mata atlântica, Caatinga, Pantanal, Pampas sendo a coleta ilegal, fragmentação e perda de habitats umas das principais ameaças para essa família botânica (PAN Cactáceas, 2010).

O gênero *Uebelmannia* é composto por três espécies, é endêmico dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais) e não possui germoplasma depositado nas coleções de conservação *ex situ* (SILVEIRA *et al.*, 2018). A perda de seus habitats naturais por ação da pecuária e extração de areia e cascalho, além de coleta ilegal são alguns motivos que levam à ameaça de extinção de *Uebelmannia buiningii* Donald (SOUZA, 2014). Além disso, tanto *Uebelmannia buiningii* como *Uebelmannia pectinifera* Buining possuem um sistema de autoincompatibilidade, que está relacionado com a distribuição restrita do gênero (TEIXEIRA., 2018; SOUSA 2013).

Das espécies de cactos estudadas a maioria é de polinização cruzada obrigatória e é auto incompatível (MANDUJANO *et al.* 2010), dependendo, portanto, de seus polinizadores para produção de sementes. Esse sistema está associado com a baixa produção de sementes (SUTHERLAND & DELPH, 1984) e pode afetar negativamente a recuperação *in situ*. Assim, a reintrodução de propágulos tem sido apontada como uma estratégia para aumentar as populações de *U. buiningii* Donald (SILVA, OLIVEIRA, MEDEIROS., 2021). No entanto, a reintrodução de propágulos na natureza exige que o germoplasma esteja disponível. Faz-se necessário também o conhecimento acerca dos mecanismos de propagação e identificação de condições que limitam a germinação.

A conservação *ex situ* é uma estratégia eminente, que deve ser integrada à conservação *in situ*. Jardins botânicos e bancos genéticos são alguns espaços que armazenam vários materiais (ex: sementes, DNA, etc) de espécies vegetais, os quais podem ser usados no futuro para diferentes finalidades (MAUNDER *et al.*, 2004), inclusive a de reintrodução de plantas em seus habitats naturais, apesar de suas limitações já bem conhecidas (SIMMONS, 1976; HAMILTON, 1994; MAUNDER *et al.* 2004; VOLIS and BLECHER, 2010). Tais limitações incluem, por exemplo, problemas de manutenção da variabilidade genética de materiais

presentes em bancos genéticos, o que requer grande quantidade de sementes e que em geral a sua disponibilidade torna-se inviável quando se trata de espécies raras.

O relatório de revisão da Estratégia Global de Conservação de Plantas solicitou que pelo menos 75% das espécies ameaçadas de extinção deveriam estar disponíveis em coleções *ex situ* e 20% delas contidas em programas de restauração (Meta 8) até 2020. Essa meta, no entanto, não foi alcançada. De acordo com Silveira *et al.* (2018) apenas cerca de 21% das espécies em estado de ameaça no Brasil estão conservadas de forma *ex situ*. Assim, é perceptível a necessidade de se aumentar o percentual de plantas ameaçadas em conservação *ex situ* para os próximos anos.

É nesse contexto que está inserida essa pesquisa, a qual surge na perspectiva de contribuir para o desenvolvimento de protocolos de germinação de sementes e produção de material vegetal de espécies de cactáceas ameaçadas de extinção para inclusão em banco genético. *Pilosocereus fulvilanatus* Buining & Brederoo é considerada ameaçada (Em Perigo) (MMA, 2022) e possui distribuição restrita nos campos rupestres e de vegetações como carrasco (Flora e Funga do Brasil, 2023). *Melocactus violaceus* Pfeiff também se encontra na Lista nacional de espécies da flora ameaçadas de extinção (MMA, 2022) (Vulnerável) e sua forma de reprodução em habitats naturais acontece unicamente por produção de sementes, já que não emitem brotamentos, impossibilitando sua propagação vegetativa (TAYLOR, 1991). *Uebelmannia buiningii* (Criticamente em perigo) e *U. pectinifera* Buining (Em Perigo) ainda não apresentam informações a respeito dos aspectos ecológicos da germinação de suas sementes e das condições para armazenamento em banco genético. Já *M. violaceus* e *Pilosocereus fulvilanatus* possuem informações sobre germinação, mas não sobre características para armazenamento em banco genético.

Objetivos

Objetivo Geral

Testar metodologias de germinação e conservação *ex situ* de sementes de espécies dos gêneros *Uebelmannia*, *Pilosocereus* e *Melocactus*, ameaçadas de extinção.

Objetivos Específicos

1. Desenvolver protocolo de germinação de sementes de *Uebelmannia pectinifera* e *U. buiningii*;
2. Avaliar aspectos ecológicos das sementes de *Uebelmannia pectinifera*, *U. buiningii*, *Melocactus violaceus* e *Pilosocereus fulvilanatus*, tais como dimensões, massa seca, presença de dormência, dependência de luz para germinação e temperatura máxima e mínima para a germinação;
3. Testar tolerância à dessecação seguida de congelamento nas sementes de *Uebelmannia pectinifera*, *U. buiningii*, *Melocactus violaceus* e *Pilosocereus fulvilanatus* como método de conservação *ex situ* em longo prazo em banco genético, e
4. Produzir plantas de *Uebelmannia pectinifera* e *U. buiningii* para reintrodução na natureza e promoção da conservação *in situ*.

Material e Métodos

Espécies alvo

Essa pesquisa teve como foco duas espécies de cactáceas do Cerrado ameaçadas de extinção, *Uebelmannia buiningii* (Criticamente Em perigo) e *Uebelmannia pectinifera* (Em Perigo) (MMA, 2022), restritas aos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço mineiro. Além disso, foram acrescentadas duas espécies de cactáceas coletadas na Caatinga (*Melocactus violaceus* e *Pilosocereus fulvilanatus*), Vulnerável (VU) e Em perigo (EN), respectivamente, (MMA, 2022).

As sementes de *U. buiningii* e *U. pectinifera* foram obtidas de frutos maduros coletados de 20 indivíduos de populações diferentes localizados nos campos rupestres no Parque Estadual de Serra Negra e no Parque Nacional de Sempre Vivas e no em Minas Gerais, respectivamente. As sementes de *P. fulvilanatus* e *M. violaceus* foram obtidas através de frutos maduros coletados de indivíduos cultivados no Banco ativo de germoplasma de cactáceas (sistema de curadorias da Embrapa) doação feita pela Curadora de Cactáceas (Diva Corrêa) da Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza, CE). Os dados de passaporte dos acessos (indivíduos) estão

na tabela 1 e foram retirados do *site* Alelo (<https://av.cenargen.embrapa.br/avconsulta/Passaporte/detalhes.do?ida=214871>).

Os experimentos para conservação *ex situ* foram conduzidos no Laboratório de Sementes da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia em Brasília (DF), em setembro de 2022 em câmara de germinação BOD (Eletrolab EL202/4) com temperatura alternando entre 30°C (12h luz) e 29°C (12h sem luz). Foram germinadas sementes das quatro espécies da família cactaceae citadas anteriormente.

Dimensão, forma e umidade das sementes

Para cada espécie 15 sementes beneficiadas foram escolhidas ao acaso para medição das três dimensões (comprimento, largura e espessura) com a utilização de lupa digital. As três dimensões de cada semente foram transformadas por meio da divisão de cada uma delas pelo comprimento (THOMPSON *et al.* 1993). Dessa forma, sementes perfeitamente esféricas apresentam variância igual a zero e as alongadas ou achatadas vão apresentar variância de até 0,33 (THOMPSON *et al.* 2001).

Para determinação do conteúdo de água, três amostras de 15 sementes para *U. buiningii* e três amostras de 20 sementes para *P. fulvilanatus* e *M. violaceus* foram pesadas antes e depois de serem secas em estufa a 100 graus célcus por 24 horas. O cálculo do conteúdo de água foi realizado dividindo a quantidade de água evaporada pela massa seca das sementes e multiplicada por 100 (Board of trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew, Technical Information Sheet 04, 2022).

Teste de Germinação

O desempenho germinativo das sementes foi analisado pelo teste de germinação em placas de Petri descartáveis (90 x15 mm), contendo ágar (o número de sementes em cada réplica está descrito na Tabela 1). As sementes foram germinadas na presença de luz com temperatura alternando entre 30°C (12h luz) e 29°C (12h sem luz). A germinação foi contada diariamente com a utilização de lupa e a semente foi considerada germinada quando houve protrusão da radícula. A presença de dormência foi analisada pelo desempenho germinativo das sementes nas condições citadas acima.

Teste de Tolerância à Dessecação e ao Congelamento

Para testagem de tolerância e dessecação, foram avaliados dois tratamentos: (1) dessecação - as sementes foram colocadas em placas de petri dentro de um gerbox contendo

sílica gel desidratada, o qual foi fechado com fita parafilm para evitar a entrada de umidade do ambiente externo e ficaram ali por quatro dias e (2) congelamento - as sementes dessecadas foram armazenadas em um saco plástico aluminizado, selado e depositado em um congelador a - 7°C por dez dias. Após esses tratamentos as sementes foram germinadas com temperatura alternando entre 30° C (12h luz) e 29° C (12h sem luz) em placas de Petri descartáveis (90 x 15 mm), contendo ágar. A quantidade de sementes semeadas para cada espécie encontra-se na Tabela 1. A espécie *U. pectinifera* não foi testada quanto ao seu conteúdo de água e tolerância à dessecação e congelamento, dada a pouca quantidade de semente (27) e o *status* de ameaça da espécie (Em perigo) (MMA, 2022).

Tabela 1. Quantidade de sementes e réplicas para cada experimento por espécie.

Espécie	Dados de Passaporte	Controle	Secas
<i>Uebelmannia buiningii</i> -		3 réplicas de 30 sementes	3 réplicas de 30 sementes + 2 de 25
<i>Uebelmannia pectinifera</i> -		3 réplicas de 9 sementes	-
<i>Pilosocereus fulvilanatus</i>	BRA 00193141-9; BCG 358; Brasil -> Ceará -> Viçosa do Ceará	3 réplicas de 40 sementes	3 réplicas de 40 sementes
<i>Melocactus violoceres</i>	BRA 00223477-1; BCG 134	3 réplicas de 30 sementes	3 réplicas de 30 sementes

Produção de plantas para reintrodução

Para as espécies do gênero *Uebelmannia*, as plântulas germinadas foram cultivadas primeiramente em vermiculita e posteriormente em substrato contendo casca de arroz carbonizada, vermiculita e solo comercial na proporção de 5:3:3 e 10 gramas de adubo orgânico (Bokashi).

Após 80 dias do transplante para o substrato (*U. pectinifera*) e cerca de 45 dias de transplante para vermiculita (*U. buiningii*) foi aplicado um biofertilizante a base de nanopartícula de carbono (Arbolina) que está sendo desenvolvida pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e pesquisadores da Universidade de Brasília em 16 plantas de *U. buiningii* e 11 plantas de *U. pectinifera*, com intervalo de 15 dias entre as aplicações. Esse

bioestimulante é composto principalmente por carbono (47%), nitrogênio (17%) e hidrogênio (4%) e age ativando rotas metabólicas, podendo aumentar a capacidade de absorção e aproveitamento da luz, com melhor ganho energético. Quinze plantas de *U. buiningii* e dez plantas de *U. pectinifera* não receberam tratamento com Arbolina, nesse caso foi aplicado dois mL de fertilizante foliar com o mesmo intervalo do tratamento. Após o término da aplicação da Arbolina todas as mudas passaram a receber dois mL de fertilizante foliar de 15 em 15 dias.

As alturas das mudas de *U. buiningii* e *U. pectinifera* foram tiradas com ajuda de paquímetro digital, de 60 em 60 dias para análise de crescimento em altura. A taxa de mortalidade foi calculada através do percentual de plantas mortas até o 280º dia de experimento (*U. pectinifera*) e 210º dia (*U. buiningii*). Os gráficos e dados de média, desvio padrão e taxas de mortalidade e crescimento foram obtidos com ajuda do programa Microsoft Excel. Para análise da eficiência do bioestimulante foi calculado se houve diferença significativa entre as médias das alturas das plantas no tratamento com Arbolina e no grupo controle de *U. pectinifera* através do teste t de Student com auxílio do programa *Past*, (versão 4.03).

Para *U. buiningii* foram transplantadas 40 plântulas para a vermiculita após dois a três dias de germinadas em ágar. A mortalidade das plantas foi calculada de mês em mês e elas foram inicialmente mantidas em câmara de germinação BOD (Eletrolab EL202/4) com temperatura alternando entre 30°C (12h luz) e 29°C (12h sem luz).

As plantas das duas espécies foram tiradas da câmara de germinação no quinto mês de cultivo, colocadas em uma bandeja com água e mantidas ao ar livre até então (Figura 1), com rega duas vezes na semana (as plantas de *U. buiningii* foram passadas da vermiculita para o substrato neste mês).



Figura 1. Plantas de *Uebelmannia pectinifera* (potes brancos) e *Uebelmannia buiningii* (potes pretos) no quinto mês de cultivo.

Seria feita uma nova coleta no final de 2022 para que novos testes fossem feitos e mais propágulos fossem produzidos, porém as sementes não estavam disponíveis no campo nessa época.

Resultados

Dimensão, forma e umidade das sementes

As sementes de espécies da família Cactaceae (gêneros *Uebelmannia*, *Pilosocereus* e *Melocactus*) apresentam massa seca média de $0,36 \pm 4,71E-05$ miligramas (*U. buiningii*), $0,843 \pm 0,75 E-05$ miligramas (*M. violaceus*) e $0,640 \pm 3,28 E-05$ miligramas (*P. fulvilanatus*) (Tabela 2). Além disso, são pequenas (Figura 2) e arredondadas, com variância perto de zero (Tabela 3).

Tabela 2. Diferença de umidade em sementes do controle e após serem secas em sílica gel por quatro dias, peso seco médio e medidas de comprimento e largura médias das quatro espécies analisadas neste estudo.

Espécie	Umidade secas (%)	Umidade controle (%)	Peso seco médio (mg)	Comprimento médio (mm)	Largura média (mm)
<i>Uebelmannia buiningii</i>	5	10	$0,353 \pm 4,71E-05$	1,14	0,88
<i>Uebelmannia pectinifera</i>	-	-	-	1,88	1,36
<i>Pilosocereus fulvilanatus</i>	3	7	$0,640 \pm 3,28E-05$	1,67	1,03
<i>Melocactus violaceus</i>	3	9	$0,843 \pm 0,75E-05$	1,35	1,28

Tabela 3. Variâncias médias das três dimensões das sementes, transformadas de acordo com Thompson et al. 2001.

Espécie	Variância média (mm)
<i>Uebelmannia buiningii</i>	0,06
<i>Uebelmannia pectinifera</i>	0,09
<i>Pilosocereus fulvilanatus</i>	0,08
<i>Melocactus violaceus</i>	0,02

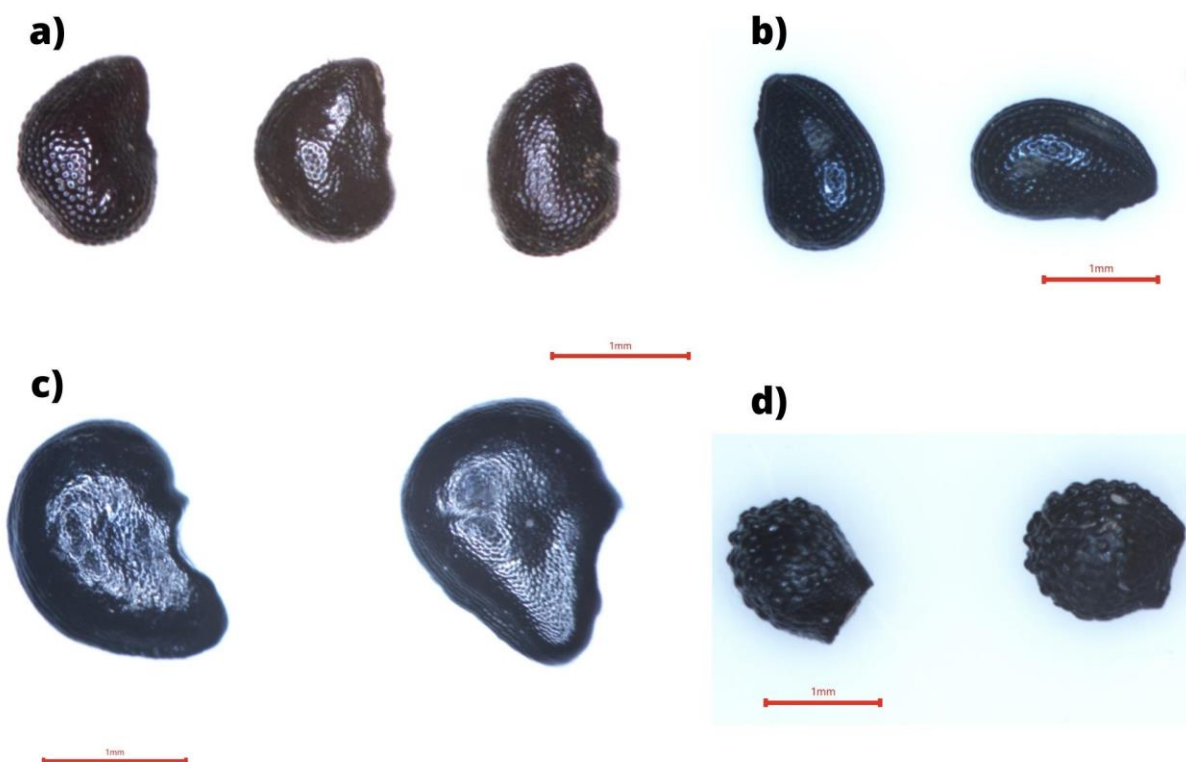


Figura 2. Sementes da família Cactaceae trabalhadas neste estudo. a) *Uebelmannia buiningii*, b) *Pilosocereus fulvilanatus*, c) *Uebelmannia pectinifera* d) *Melocactus violaceus*. As barras vermelhas medem um milímetro.

Teste de germinação

As espécies tiveram taxa de germinação alta (maior do que 85%), exceto *U. buiningii*. As sementes das outras três espécies de Cactaceae germinaram bem na presença de luz e em temperatura alternando em 30°C (12h luz) e 29°C (12h sem luz). A germinação (Figura 3) iniciou entre dois e dez dias após o início da semeadura das sementes, dependendo da espécie e o tempo médio de germinação para cada espécie foi de 348 horas (*U. buiningii*), 148,71 h (*U. pectinifera*), 79,19h (*P. fulvilanatus*) e 168,46h (*M. violaceus*) (Figura 4). A germinação ocorreu de forma cumulativa, menos para *U. buiningii* Donald (Figura 4).

As espécies *U. pectinifera*, *P. fulvilanatus* e *M. violaceus* não apresentam dormência, dadas suas altas taxas de germinação.



Figura 3. Fases da germinação de *Uebelmannia buiningii* e *Uebelmannia pectinifera*. ab (abertura da semente); g (semente germinada) e p (plântula).

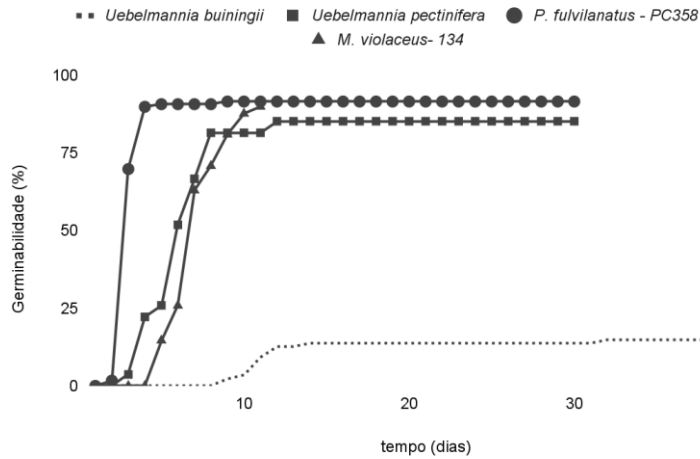


Figura 4. Germinação cumulativa de sementes de quatro espécies da família Cactaceae.

Teste de Tolerância à Dessecação e ao Congelamento

O tratamento de dessecação resultou na diminuição da umidade das sementes, chegando a até 5% (*U. buiningii*) e 3% (*P. fulvilanatus* e *M. violaceus*) (tabela 2) e não houve diferença significativa (Teste de Kruskal-Wallis; $P > 0,05$) das porcentagens de germinação entre os experimentos de tolerância à dessecação e congelamento e o controle (Figura 5). As sementes do controle apresentaram entre 7% e 10,3% de umidade (Tabela 2) e 16,10% e 91,54% de germinabilidade (Figura 4), enquanto nos dois tratamentos (secas e congeladas) apresentaram entre 3% e 5% de umidade (Tabela 2.) e 12,93% e 98,89% de germinabilidade (Figura 5.)

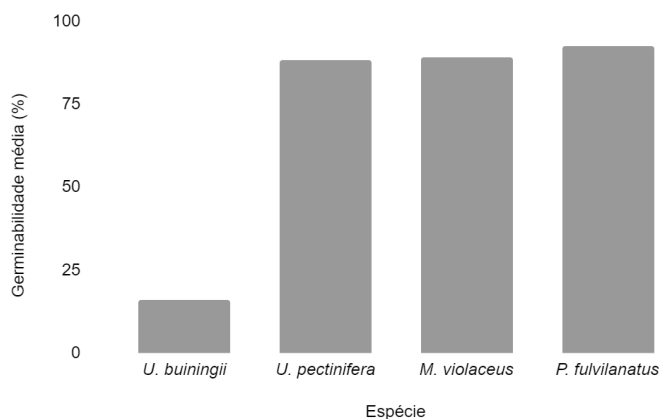


Figura 5. Gráfico da germinabilidade média por espécie de Cactaceae no grupo controle.

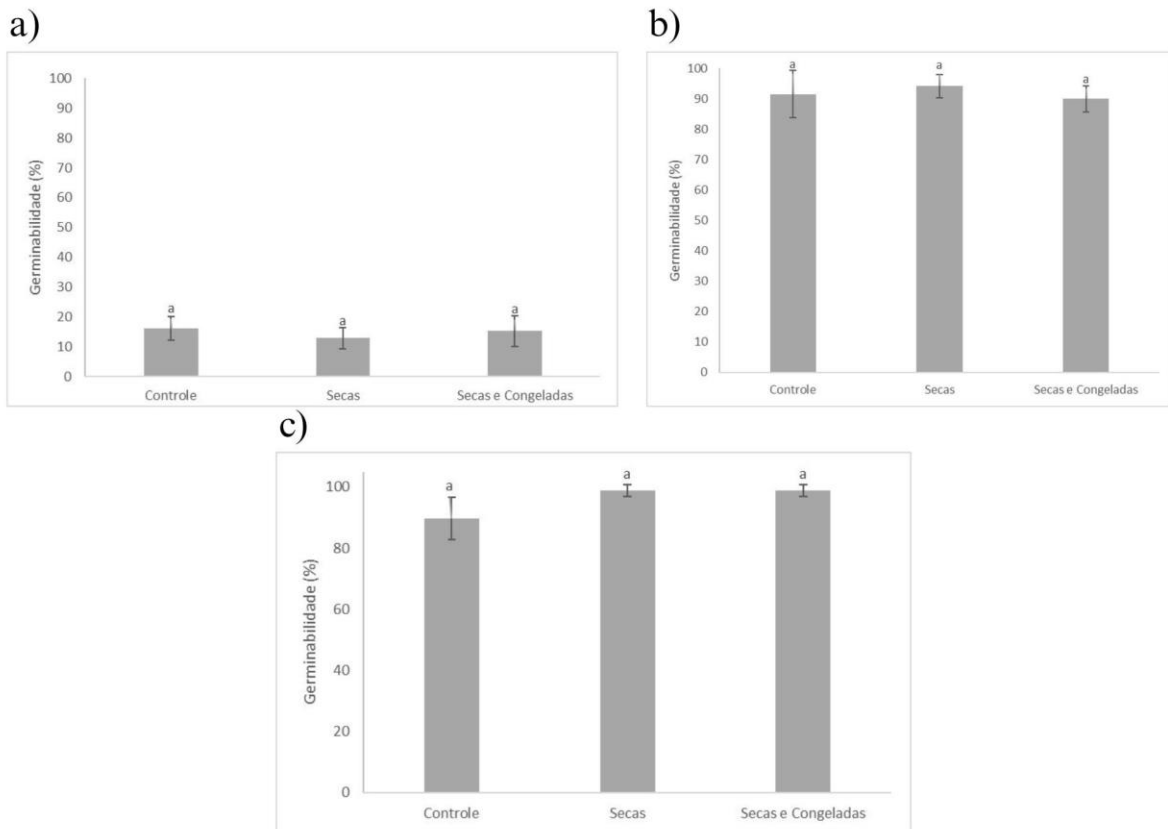


Figura 6. Porcentagem média de germinação em sementes de espécies da família Cactaceae em diferentes tratamentos: Controle (tempo zero de dessecação), após dessecação e após dessecação seguida de congelamento em *U. buiningii* (4.a); *P. fulvilanatus* (4.b); *M. violaceus* (4.c). $P > 0,05$ e $H = 5,375$. Letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre as médias e as barras indicam o desvio padrão.

Produção de plantas para reintrodução

Plantas de *U. buiningii* e *U. pectinifera* podem ser produzidas em laboratório e em larga escala. Até o presente momento, para *U. pectinifera* estão sendo cultivadas 11 plantas. O tratamento com Arbolina não mostrou ter aumentado o crescimento das plantas (Figura 7), portanto, estão sendo cultivadas sem a aplicação do bioestimulante.

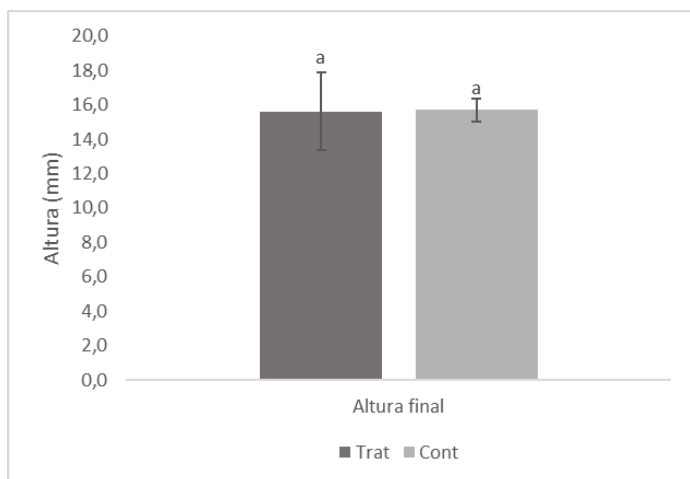


Figura 7. Altura final das mudas de *Uebelmannia pectinifera* cultivadas durante este estudo com aplicação do bioestimulante Arbolina (Trat) e somente com fertilizante foliar (Cont). $P > 0,05$ e $T = 0,11817$. As letras iguais indicam que não houve diferença significativa entre as médias.

As mudas de *U. pectinifera* cresceram em média 14,31 milímetros desde a primeira medição (Figura 8) e apresentaram taxa de mortalidade crescente, onde a maior parte das mudas morreu entre os 70 e 140 dias após o transplante para substrato (Figura 9). Apesar disso, as que não morreram continuam crescendo em altura e desenvolveram mais folhas (Figura 10).

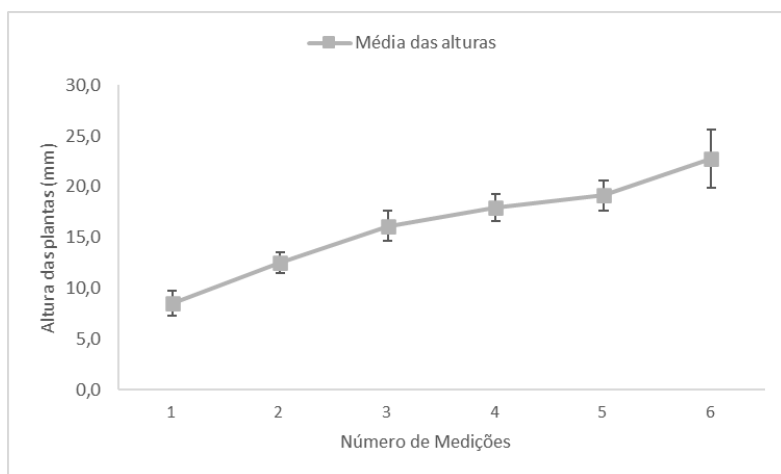


Figura 8. Curva de crescimento em altura das plantas de *Uebelmannia pectinifera* aos 60, 120, 240, 300 e 360 dias de cultivo em substrato. As barras representam o desvio padrão.

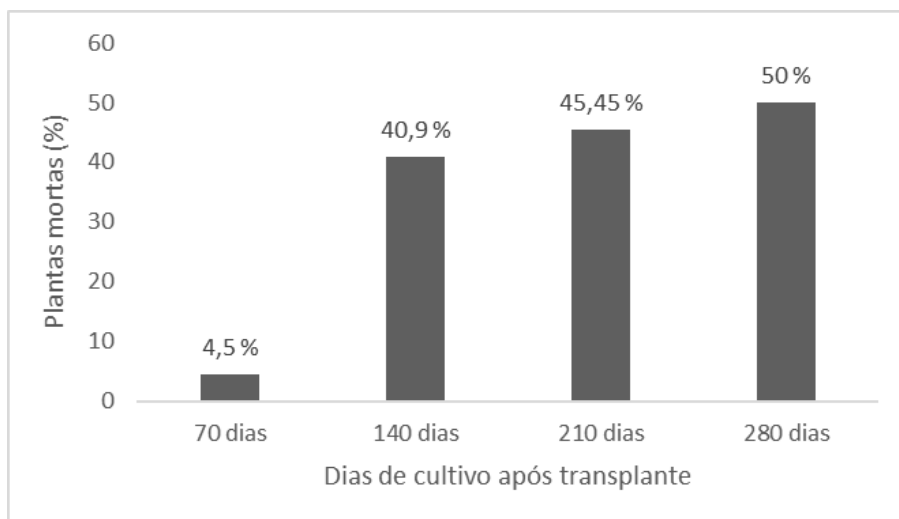


Figura 9. Taxa de mortalidade das mudas de *Uebelmannia pectinifera* aos 70, 140, 210 e 280 dias de experimento.

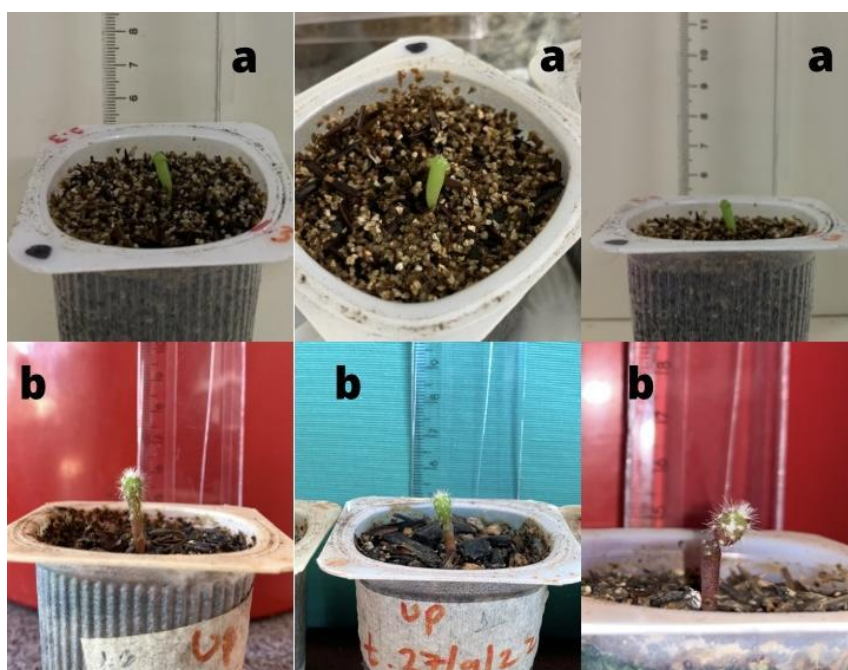


Figura 10. Mudanças de *Uebelmannia pectinifera* aos 60 e 360 dias de cultivo (letras a e b, respectivamente).

Para *U. buiningii* as taxas de mortalidade por mês de cultivo são apresentadas na figura 11.a. Até o final do sexto mês de cultivo já não havia mais nenhuma planta de *U. buiningii* viva. Além disso, a aplicação da Arbolina ocorreu no segundo mês, quando a maior parte das plantas morreram, porém, as mortes ocorreram tanto no grupo controle quanto no tratamento (Figura 11.b). Por fim, essa espécie teve uma média de crescimento de 2,83 milímetros em quatro meses (Figura 12).

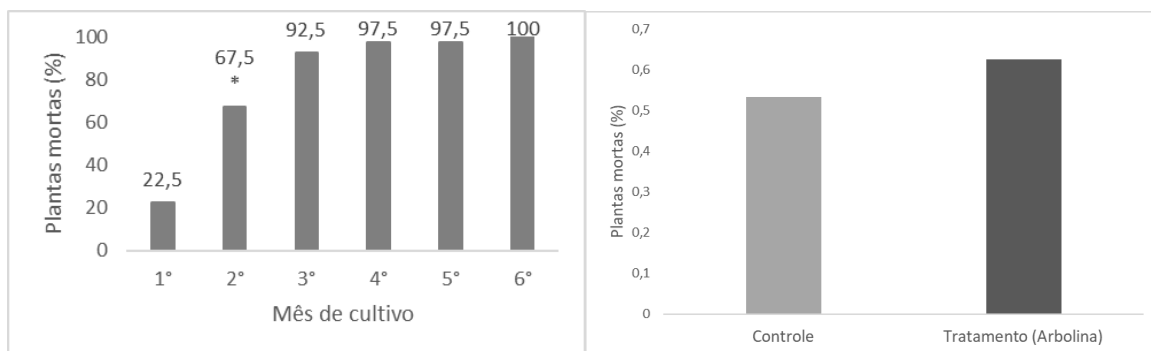


Figura 11. a) Taxa de mortalidade de *Uebelmannia buiningii* por mês de cultivo. b) Mortalidade (em porcentagem) das mudas de *Uebelmannia buiningii* no segundo mês, em plantas com e sem aplicação de Arbolina (Controle e tratamento, respectivamente).

*Mês de aplicação do bioestimulante (Arbolina).

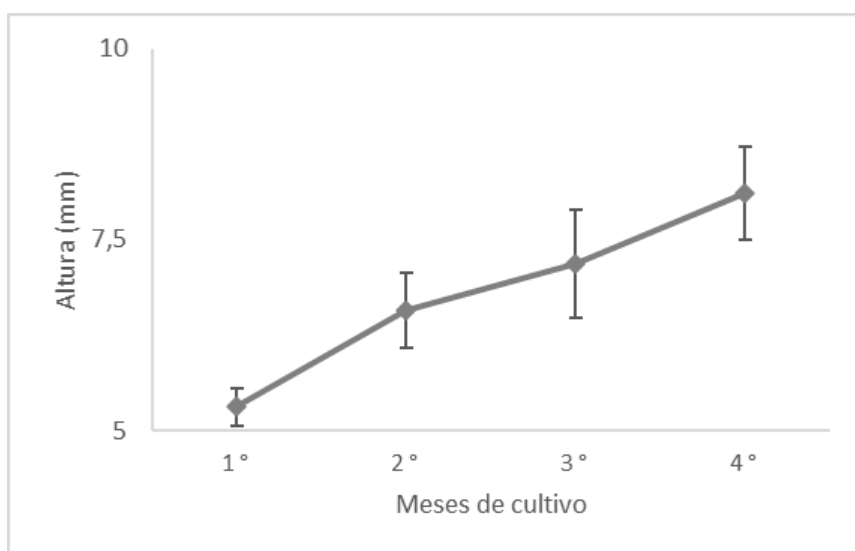


Figura 12. Curva de crescimento em altura das plantas de *Uebelmannia buiningii* do primeiro ao quarto mês de cultivo em vermiculita. As barras no gráfico indicam o erro padrão.

Discussão

O tamanho das sementes de cactáceas do Cerrado (*U. buiningii* e *U. pectinifera*) analisadas neste estudo é pequeno quando comparado a outras sementes dessa família registrada nesse bioma, como *Tachigali subvelutina* (Benth.), que mede aproximadamente um centímetro de comprimento (ALVES-DA-SILVA. & BENITO, 2021). A dimensão da semente pode estar relacionada com a capacidade de sobrevivência das plantas em condições de fogo, para algumas espécies de savana, por exemplo, a sobrevivência das mudas está relacionada positivamente com a massa das sementes (HOFFMANN, 2000). Apesar de as sementes analisadas neste estudo serem pequenas, elas são numerosas, assim, pode haver uma compensação entre o tamanho e o número de sementes produzidas, de forma que sementes menores possuem uma

menor taxa de sobrevivência, mas produzem um maior número de sementes (JAKOBSSON & ERIKSSON, 2000). No Bioma Caatinga, em geral as sementes de cactos são pequenas (menores do que 5mm) (MEIADO, 2012) estando associada à capacidade de captar melhor a água, dada a maior razão superfície/ volume, o que é uma morfologia vantajosa para espécies de ambiente semiáridos (MEIADO, 2012).

A germinação cumulativa e rápida de *U. pectinifera*, *P. fulvilanatus* e *M. melocactus* (Figura 4) pode ser explicada como uma estratégia dessas espécies de se estabelecer rapidamente no ambiente quando as condições hídricas são favoráveis (FERREIRA & BORGHETTI, 2004). Por outro lado, a maioria das sementes de *U. buiningii* germinam prontamente, porém, algumas germinaram depois de 30 dias, podendo apresentar dormência. Segundo FERREIRA & BORGHETTI (2004) bancos de sementes com germinação espalhada no tempo é comum em ambientes com estresses, como uma longa estação seca e distúrbios, como queimadas por exemplo. Essas características são encontradas em savanas, como nos Campos Rupestres da Cadeia do Espinhaço (MG), habitat natural de *U. buiningii*.

Não foi testada a germinação no escuro das quatro espécies, porque não havia quantidade suficiente e os outros testes feitos foram colocados com maior prioridade. Adicionalmente, outros estudos já relataram a presença de sementes fotoblásticas positivas na família Cactaceae subfamília Cactoideae (MEIADO, 2012). Além disso, as sementes são pequenas (< do que 2 mm), o que pode ser um fator favorável à necessidade de luz para germinação, pois sementes pequenas são comumente fotoblásticas positivas (HEWITT, 1998). As temperaturas máximas e mínimas não foram testadas pela falta de sementes.

A alta taxa de germinação observada no acesso BCG 134 da espécie *M. violaceus*, não apresentando dormência, diferencia dos resultados mostrados em Figueira *et al.* (1994). Esses autores indicam que essa mesma espécie, coletada no Espírito Santo e analisada quanto a suas taxas de germinação, apresentou dormência, a qual era quebrada quando as sementes passaram pelo trato digestório de uma espécie específica de lagarto. Essa diferença encontrada neste estudo com relação ao de FIGUEIRA *et al.* (1994) pode estar relacionada com o fato das sementes do acesso (BCG 134) (Tabela 1) terem sido coletadas de um indivíduo cultivado em condições favoráveis de água e temperatura e assim não desenvolveram sementes dormentes.

A análise de tolerância à dessecação e congelamento das sementes de *U. buiningii* Donald, *U. pectinifera* Buining, *P. fulvilanatus* e *M. violaceus* contribuem com o Plano de Ação Nacional para Conservação de Cactáceas (PAN Cactáceas), Plano de recuperação de *U. buiningii* e a meta 8 da Estratégia Global de Conservação de Plantas, por gerar informações a respeito da possibilidade de armazenamento de sementes dessas plantas em bancos de

germoplasma, favorecendo assim, a conservação *ex situ* dessas quatro espécies de cactáceas ameaçadas de extinção. As sementes de *P. fulvilanatus* e *M. violaceus* foram depositadas no Banco Genético da Embrapa. As sementes de *U. buiningii* Donald, *U. pectinifera* serão depositadas assim que houver novas coletas.

O fato de todas as mudas de *U. buiningii* morrerem indica que é uma espécie de difícil cultivo e isso pode estar relacionado com o status de ameaça dessa planta, uma vez que além de ter uma germinabilidade baixa (<50%), as plântulas não conseguem crescer e se estabelecer. Por outro lado, a coleta de sementes na natureza e seu armazenamento com qualidade são aspectos que devem ser observados para garantir o sucesso de sua produção em laboratório. Por exemplo, a germinabilidade baixa de *U. buiningii* provavelmente pode ter ocorrido porque o lote de sementes não encontra-se viável. As sementes que não germinaram estavam com fungo e tinham embrião formado, mas estavam mortas. Isso porque as sementes viáveis germinaram sem fungo. Um experimento feito com essa espécie no ano anterior, (ALVES-DA-SILVA, D. A, *et al.*, dados não publicados), mostrou, sob as mesmas condições, que a germinabilidade média de *U. buiningii* foi de 41,45 %. Por outro lado, *U. pectinifera* apresentou uma boa taxa de germinação e persistência das plântulas cultivadas até o presente, porém, essa análise deve ser feita por um período mais longo para melhores conclusões.

A produção de propágulos (sementes, mudas) e sua inclusão em bancos genéticos é uma etapa importante para viabilizar a implementação de programas de reintrodução de plantas na natureza, integrando a conservação *ex situ* com a conservação *in situ*. Entretanto, o uso desses materiais em programas de reintrodução deve considerar, por exemplo, o conhecimento sobre variabilidade genética do material presente no banco genético, um dos aspectos fundamentais para o sucesso da reintrodução (GODEFROID *et al.*, 2011).

Conclusões

Foi desenvolvido o protocolo de germinação de *Uebelmannia pectinifera*, *Uebelmannia buiningii*, *Pilosocereus fulvilanatus* e *Melocactus violaceus*, já que foi viável a germinação em ágar e temperatura alternando entre 30°C (12h luz) e 29°C (12h sem luz). As sementes toleram tanto a dessecação quanto o congelamento, assim, podem ser dessecadas a até 3% (*P. fulvilanatus* e *M. violaceus*) e 5% (*U. buiningii*) e podem ser armazenadas em banco genético como forma de conservação *ex situ*. Além disso, as sementes dessas espécies são

pequenas, ortodoxas e *P. fulvilanatus*, *M. violaceus* (BCG 134) e *U. pectinifera* não apresentam dormência. A maioria das sementes de *U. buiningii* germinam prontamente, porém, algumas podem apresentar dormência.

Foram produzidas 11 plantas de *U. pectinifera* Buining, indicando que essas plantas podem ser produzidas com a metodologia adotada.

Uebelmannia buiningii teve uma baixa germinabilidade, o que pode ser explicado pela inviabilidade das sementes, portanto, um novo lote de sementes deve ser testado.

Recomendações para manejo

Para que sejam feitos novos experimentos com *U. buiningii*, recomenda-se que novas sementes sejam coletadas e beneficiadas logo em seguida para evitar o crescimento de fungos na mucilagem (polpa). Além disso, recomendamos à equipe do Instituto Estadual de Florestas-IEF- MG, Parque Estadual de Serra Negra, do Plano de Ação Territorial do Espinhaço Mineiro (PAT Espinhaço Mineiro) e do Parque Nacional Sempre Vivas que incluam ações, em seus planos de ação e de manejo, relacionadas como a coleta de sementes para armazenamento em banco genético e produção de plantas em quantidade necessária para reintrodução.

Agradecimentos

Ao PIBIC e ao ICMBio pela oportunidade e ao CNPQ pela bolsa concedida. À minha orientadora Suelma Ribeiro Silva pela oportunidade, orientação e parceria estabelecida com a Embrapa-Cenargen que contribuiu para a execução deste estudo. À minha co-orientadora Dulce Alves da Silva pelo acompanhamento, incentivo e pela atenção durante a pesquisa no laboratório do Cenargen.

Cronograma de Conclusão do Plano de Trabalho

Etapa 1 - Beneficiamento das sementes: Concluída

Etapa 2 - Revisão bibliográfica: Concluída

Etapa 3 - Coleta de parâmetros ecológicos e germinação das sementes: Concluída

Etapa 4 - Teste de protocolo de dessecação e congelamento das sementes: Concluída

Etapa 5 - Crescimento de indivíduos para reintrodução: Concluída

Etapa 6 - Elaboração de planilhas: Concluída

Etapa 7 - Entrega do Relatório Final: Concluída

Etapas	Set/ 22	Out /22	Nov/ 22	Dez /22	Jan /23	Fev /23	Mar/ 23	Abr /23	Mai/ 23	Jun /23	Jul /23	Ago /23	Set /23
1	x												
2	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
4		x	x	x	x	x							
5			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6			x	x	x	x							
7													x

Referências bibliográficas

AKÇAKAYA, RH; BENNETT, E. L; BROOKS, T. M; GRACE, M. K; HEATH, A; HEDGES, S; HILTON-TAYLOR, C; HOFFMANN, M; KEITH, D. A; LONG, B; MALLON, D. P; MEIJAARD, E; MILNER-GULLAND, E. J; RODRIGUES, A. S. L; RODRIGUEZ, J. P; STEPHENSON, P. J; STUART, S. N & YOUNG, R. P. Quantifying species recovery and conservation success to develop an IUCN green List of Species. *Conservation Biology*, 32(5): 1128-1138. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.13112>. Acesso em: 03/03/2023.

AKÇAKAYA, RH; RODRIGUES, A. S. L; KEITH, D.A, MILNER-GULLAND, E. J; SANDERSON, E. W; HEDGES, S; MALLON, D. P; GRACE, M. K; LONG, B; MEIJAARD, E. & STEPHENSON, P. J. Assessing ecological function in the context of species recovery. *Conservation Biology*, 34(3): 561-571. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.13425>. Acesso em: 03/03/2023.

ALVES-DA-SILVA, D. & BENITO, N. P. Procedimentos para avaliar a predação, dormência, germinação e conservação de sementes de *Tachigali subvelutina* (Benth.) Oliveira-Filho. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*. Brasília, DF. 2021.

DANTAS, N. B. L. Caracterização morfométrica de sementes de mucunã (*Dioclea grandiflora* Mart. ex Benth.). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2020. 31p. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5747>. Acesso em: 02/03/2023.

FERREIRA, A. G. & BORGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.

FIGUEIRA, J. E. C; Vasconcellos N. J. Garcia, M. A; & Souza, A. L. T. *Saurocory* em *Melocactus violaceus* (Cactaceae). *Biotropica*, 26: 295-301. 1994.

GODEFROID, S., PIAZZA, C., ROSSI, G., BUORD, S., STEVENS, A.D., AGURAIUJA, R., COWELL, C., WEEKLEY, C.W., VOGG, G., IRIONDO, J.M., JOHNSON, I., DIXON, B., GORDON, D.R., MAGNANON, S., VALENTIN, B., BJUREKE, K., KOOPMAN, R., VICENS, M., VIREVAIRE, M., VANDERBORGHT, T. How successful are plant species reintroductions? *Biological Conservation* 144, 672-682.2011.

HAMILTON, M.B. *Ex situ* conservation of wild plant species: time to reassess the genetic assumptions and implications of seed banks. *Conservation Biology* 8, 39-49.1994.

HEWITT, N. Seed size and shade-tolerance: a comparative analysis of North American temperate trees. *Oecologia* 114: 432-440. 1998.

HOFFMANN, W. A. Post-Establishment Seedling Success in the Brazilian Cerrado: A Comparison of Savanna and Forest Species 1. *Biotropica*, v.32, n.1, p. 62-69, 2000.

JAKOBSSON A. & ERIKSSON O. A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. *Oikos*. 88: 494–502. 2000.

MANDUJANO, MDC, CARRILLO-ANGELES, I; MARTÍNEZ-PERALTA, C. GOLUBOV, J. *Biologia Reprodutiva de Cactaceae*. In: Ramawat, K. (eds) *Desert Plants*. Springer, Berlim, Heidelberg, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02550-1_10. Acesso em: 03/03/2023.

MAUNDER, M; HAVENS, K; GUERRANT JR, E. O & FALK, D. A. *Ex situ* methods: a vital but underused set of conservation resources. In Guerrant Jr, E; Havens, K. & Maunder, M. (Eds.). *Ex situ* Plant conservation: supporting species survival in the wild. London: Island press. P. 30-20. 2004.

MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardeais. *Informativo Abrates*. 22(3), 20-23. 2012.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2022. Portaria n° 148, DE 7 DE JUNHO DE 2022.

NYFFELER, R., & EGGLI, U. A farewell to dated ideas and concepts - Molecular phylogenetics and a revised suprageneric classification of the family Cactaceae. *Schumannia* 6: 109-149. 2010.

SILVA, S.R (orgs) .Plano de Ação Nacional para a Conservação das Cactáceas. Série Espécies Ameaçadas n° 24. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
SILVA, S.R; OLIVEIRA, W.L; MEDEIROS, M.B. Plano de Recuperação de *Uebelmannia buiningii* Donald (Cactaceae)/ Recovery Plan for *Uebelmannia buiningii* Donald (Cactaceae). 1 ed. Brasília, 202p. 2021.

SILVEIRA, F. A. O. TEIXIDO, A. L., ZANETTI, M., PÁDUA, J. G. ANDRADE, A. C. S., COSTA, M. L. N. *Ex situ* conservation of threatened plants in Brazil: a strategic plan to achieve Target 8 of the Global Strategy for Plant Conservation. *Rodriguésia*, v. 69, n. Rodriguésia, 2018 69(4), p. 1547–1555, out. 2018.

SIMMONS, J.B., BEYE, R.I., BRANDHAM, P.E., LUCAS, G.L., PARRY, V.T.H. eds. *Conservation of Threatened Plants*. Plenum Pub Corp, New York and London. 1976.

SOUSA, M.P. *Biologia floral e reprodutiva de Uebelmannia pectinifera Buining spp. pectinifera (Cactaceae): subsídios para sua conservação*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2013. 73 pp.

SOUZA, V. C. *Relatório de atividades*. Parque Estadual Serra Negra. Instituto Estadual de Florestas, 82 pp Strong AW. (2014).

SUTHERLAND, S. & DELPH, L. P. On the Importance of Male Fitness in Plants: Patterns of Fruit-Set. *Ecological Society of America*. 65: 1093-1104. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1938317>. 1984. Acesso em: 02/03/2023.

TAYLOR, N. P. O gênero melocactus (Cactaceae) na América Central e do Sul. *Bradleya* 9: 1-80. Disponível em: <https://doi.org/10.25223/brad.n9.1991.a1>. Acesso em: 03/03/2023.

TAYLOR, N.P. & ZAPPI, D.C. *Cacti of Easten Brazil*. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew. 2004.

TEIXEIRA, V.D., FRANCO VEROLA, C., DA COSTA, I.R., SILVA, S. R., COSTA, M. A. P. C. AONA, L. Y. S. Investigating the floral and reproductive biology of the endangered microendemic cactus *Uebelmannia buiningii* Donald (Minas Gerais, Brazil). *Folia Geobot* 53, 227–239 .2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12224-018-9315-6>. Acesso em: 03/03/2023.

VOLIS, S., BLECHER, M., 2010. Quasi in situ – a bridge between ex situ and in situ conservation of plants. *Biodiversity and Conservation* 19, 2441-2454. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9849-2>.

ZAPPI, D. & TAYLOR, N. Cactaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB1622>> (acesso em 02/03/2023).