

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

MAICON ENIO ELSNBACH

**ESTRUTURA DEMOGRÁFICA DE *Dyckia distachya* Hassler.,
ESPÉCIE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO, NO PARQUE ESTADUAL
DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Porto Alegre

2024

MAICON ENIO ELSENBACH

**ESTRUTURA DEMOGRÁFICA DE *Dyckia distachya* Hassler.,
ESPÉCIE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO, NO PARQUE ESTADUAL
DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Brack

Coorientadora: Prof^a Dra. Fernanda Bered

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

Elsenbach, Maicon Enio
ESTRUTURA DEMOGRÁFICA DE *Dyckia distachya* Hassler.,
ESPÉCIE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO, NO PARQUE ESTADUAL DO
TURVO, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL / Maicon Enio
Elsenbach. -- 2024.
42 f.
Orientador: Paulo Brack.

Coorientadora: Fernanda Bered.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Bacharelado em Ciências Biológicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. *Dyckia distachya*. 2. espécie ameaçada. 3.
estrutura demográfica. 4. Parque Estadual do Turvo. 5.
reófitas. I. Brack, Paulo, orient. II. Bered,
Fernanda, coorient. III. Título.

MAICON ENIO ELSENBACH

**ESTRUTURA DEMOGRÁFICA DE *Dyckia distachya* Hassler.,
ESPÉCIE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO, NO PARQUE ESTADUAL
DO TURVO, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Brack

Coorientadora: Prof^a Dra. Fernanda Bered

Porto Alegre, 13 de agosto de 2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo Brack
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof^a Dra. Fernanda Bered
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof^a Dra. Sandra Cristina Müller
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Eduardo Dias Forneck
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

AGRADECIMENTOS

À família por toda a ajuda e apoio durante a jornada da graduação e do TCC. Às colegas Camila, Fernanda e Sara pela ajuda em grande parte dos campos. Ao orientador Paulo Brack e à coorientadora Fernanda Bered pela ajuda nessa empreitada desafiadora. Ao professor Andreas Kindel pelas importantes contribuições durante a elaboração do projeto durante a disciplina de TCC 1. À banca pela revisão e contribuições à monografia. À UFRGS por disponibilizar veículo e custear grande parte das despesas dos campos. A todos os professores e colegas que contribuíram para a minha formação acadêmica, a qual foi essencial para a realização deste trabalho. Aos servidores da SEMA que auxiliaram nos trâmites para a realização da pesquisa.

Rio que leva nas águas
Mistérios profundos
Pra nunca voltar
Passa nas sombras das matas
Murmuram cascatas mas não voltará

Só me voltou na lembrança
O rio de minha infância
Meu velho Uruguai
Nadei em tuas águas correntes
Brinquei nas enchentes, não esqueço mais

Rio leva em tuas águas
E afoga esta mágoa do meu coração
Deixe chorar nas cascatas
Nas sombras das matas, fica a solidão
Leva pra sempre a saudade
Só a felicidade, volta ao meu coração

Canção Rio de Minha Infância, de Cenair Maicá

RESUMO

Diversas bromélias do gênero *Dyckia* estão ameaçadas de extinção, sendo a coleta de dados demográficos cruciais para a avaliação do status de conservação e embasar eventuais medidas de manejo. *Dyckia distachya* é uma bromélia reófito que teve sete de suas oito populações originais extintas devido à construção de hidrelétricas. A última população silvestre conhecida está localizada no Salto Yucumã, entretanto vem recebendo pouca atenção tanto de pesquisadores quanto de órgãos ambientais. Realizamos a coleta de dados demográficos e da distribuição de todas as rosetas e agrupamentos de *D. distachya* localizadas do lado brasileiro do Salto Yucumã, além de avaliar os efeitos de uma grande inundação sobre essa população. Localizamos 524 rosetas vivas e vestígios de ao menos 857 rosetas mortas, distribuídas em 17 agrupamentos. O número de rosetas vivas por grupo variou de 1 a 113 rosetas, sendo que 83,97% das rosetas vivas eram não-reprodutivas, 14,89% apenas apresentaram reprodução assexuada e 1,14% possuía vestígios de reprodução sexuada. Não foram encontrados vestígios de recrutamento por plântulas. A avaliação dos efeitos de uma longa inundação (40 dias) indicaram que a mesma causou a morte de aproximadamente 40,33% das rosetas, porém sem afetar significativamente o tamanho médio das mesmas. A distribuição tanto das rosetas quanto dos agrupamentos não foi aleatória, estando todos localizados nas cotas de inundação mais elevadas, as quais correspondem a 25% da área total. Também avaliamos que a distância entre as touceiras pode causar um potencial isolamento reprodutivo entre as mesmas. O estudo também forneceu *insights* valiosos para um futuro monitoramento desta população.

Palavras-chave: *Dyckia distachya*; espécie ameaçada; estrutura demográfica; Parque Estadual do Turvo; reófitas.

ABSTRACT

Several bromeliads of the genus *Dyckia* are endangered, and the collection of demographic data is crucial for assessing their conservation status and supporting possible management measures. *Dyckia distachya* is a rheophyte bromeliad that had seven of its eight original populations extinct due to the construction of hydroelectric plants. The last known wild population is located in Salto Yucumã, but has received little attention from both researchers and environmental agencies. We collected demographic and distribution data on all rosettes and clumps of *D. distachya* located on the Brazilian side of Salto Yucumã, in addition to evaluating the effects of a large flood on this population. We located 524 living rosettes and remnants of at least 857 dead rosettes, distributed in 17 clumps. The number of living rosettes per group ranged from 1 to 113 rosettes, with 83.97% of the living rosettes being non-reproductive, 14.89% only showing asexual reproduction and 1.14% having sexual reproduction remnants. No sign of seedlings recruitment was found. The evaluation of the effects of a long flood (40 days) indicated that it caused the death of approximately 40.33% of the rosettes, but without significantly affecting their average size. The distribution of both the rosettes and the clumps was not random, as they were all located at the highest flood levels, which correspond to 25% of the total area. We also assess that the distance between clumps can cause potential reproductive isolation between them. The study also provided valuable insights for future monitoring of this population.

Keywords: *Dyckia distachya*; threatened species; demographic structure; Parque Estadual do Turvo; rheophytes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Conservação de <i>Dyckia</i> e monitoramento populacional.....	9
1.2 <i>Dyckia distachya</i> e sua relação com hidrelétricas.....	10
1.3 População do Salto Yucumã.....	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Principal.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 Área de estudo.....	14
3.2 Coleta de Dados.....	15
3.3 Análise Estatística.....	18
4. RESULTADOS	18
5. DISCUSSÃO	22
5.1 Dados demográficos.....	22
5.2 Distribuição de <i>Dyckia</i> no Salto Yucumã.....	27
5.3 Monitoramento futuro e avaliação da necessidade de manejo.....	29
6. CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35
ANEXOS	41

1. INTRODUÇÃO

1.1 Conservação de *Dyckia* e monitoramento populacional

Dyckia Schult. & Schult.f. é um gênero da família Bromeliaceae, abrangendo ervas presentes em ambientes terrestres, rupícolas ou saxícolas, sendo classificadas como heliófilas (Guarçoni; Santos-Silva; Forzza, 2024). O gênero possui cerca de 180 espécies (Gouda; Butcher; Dijkgraaf, 2024), das quais 163 espécies são nativas do Brasil (JBRJ, 2024), sendo 13 espécies categorizadas como ameaçadas de extinção no Brasil (Brasil, 2022) e 22 espécies no estado do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2014).

O grande número de espécies ameaçadas, dentro do gênero, segue o padrão geral em Bromeliaceae, onde, apesar da grande riqueza encontrada nessa família, grande número de espécies são listadas como ameaçadas (IUCN, 2024; Brasil, 2022). Todavia, o número de espécies ameaçadas possivelmente é muito superior, especialmente para espécies associadas a ambientes terrícolas ou rupícolas (Zizka *et al.*, 2020), substrato frequente para as espécies de *Dyckia*.

Algumas espécies de *Dyckia* pertencem ao grupo ecológico denominado de reófitas (Klein, 1979), plantas que ocorrem principalmente nas margens e ilhas rochosas de rios, especialmente em trechos de corredeiras (Van Steenis, 1981), resistindo à submersão durante longos períodos de cheias dos rios e à baixa disponibilidade hídrica durante períodos de estiagem (Klein, 1990). Na região sul do Brasil, ocorrem ao menos cinco reófitas do gênero: *D. brevifolia* Baker, *D. distachya*, *D. ibiramensis* Reitz, *D. microcalyx* Baker e *D. strehliana* H. Büneker & R. Pontes (Klein, 1979; Büneker *et al.*, 2013).

A restrição a ambientes ripários juntamente com a expansão da matriz energética através da construção de hidrelétricas teve sérias consequências sobre diversas populações de espécies desse grupo, como no caso de *D. distachya* (Reis *et al.*, 2005a) e *D. ibiramensis* (Hmeljevski *et al.*, 2011). Apesar de serem considerados empreendimentos geradores de energia renovável, as usinas hidrelétricas representam grande ameaça à conservação de sistemas lóticos como rios e córregos, pois interferem no fluxo hidrológico natural destes corpos d'água (Moulton; Souza, 2006), apresentando efeitos negativos sobre diversos grupos de plantas (e. g. Reis *et al.*, 2005a; Hmeljevski *et al.*, 2011; Ezcurra *et al.*, 2019).

Adicionalmente, por serem altamente especializadas, as reófitas comumente apresentam distribuição restrita (Klein, 1979), o que associado à perda de habitat pode contribuir para aumentar seu risco de extinção. Com isso, estudos demográficos devem ser considerados como um ponto de partida para a compreensão da estrutura e dinâmica populacional de espécies raras (Freitas *et al.*, 2020), sendo essenciais para quantificar e analisar sobrevivência, crescimento, reprodução e outros fatores responsáveis por atuar na estruturação das populações (Griffith *et al.*, 2016).

A avaliação da estrutura demográfica e o exame dos fatores que afetam a demografia de espécies são uma prioridade para a conservação, em especial para a compreensão da viabilidade das populações remanescentes em habitats fragmentados e/ou antropizados (Lykke, 1998; Hobbs; Yates, 2003; Volis, 2016; Volis; Deng, 2019). Pequenos tamanhos populacionais podem aumentar os riscos de extinção local devido a fatores como a estocasticidade genética, ambiental, demográfica e por catástrofes naturais (Shaffer, 1981; Primack; Rodrigues, 2001; Rocha *et al.*, 2006).

Ao menos três dessas espécies possuem estudos que coletaram informações populacionais, sendo *Dyckia brevifolia* (Rogalski *et al.*, 2023), *Dyckia distachya* (Reis *et al.*, 2005b; Janke, 2014) e *Dyckia ibiramensis* (Rogalski *et al.*, 2021; Ferreira, 2022). Todavia, nem todos esses estudos se aprofundam em análises demográficas, frequentemente concentrando-se em análises de recortes temporais de apenas um único ano e sem uma metodologia padronizada.

1.2 *Dyckia distachya* e sua relação com hidrelétricas

Os indivíduos de *Dyckia distachya* apresentam folhas simples, com filotaxia espiralada, dispostas em roseta (Reitz, 1983; Voltolini; Reis; Santos, 2009) (Figura 1.a). Estudos da morfoanatomia de órgãos vegetativos dessa espécie demonstraram a presença de diversas adaptações foliares (Voltolini; Reis; Santos, 2009) e radiculares (Lobo *et al.*, 2008) que permitem sua sobrevivência às condições peculiares do hábitat reofítico.

A reprodução ocorre através de propagação clonal por filhotes laterais, divisão do meristema apical e produção de sementes. A reprodução clonal resulta na formação de densos agrupamentos (touceiras) de rosetas no seu habitat natural

(Winkler; Irgang, 1979; Reitz, 1983; Wiesbauer, 2008). O florescimento ocorre entre os meses de setembro e janeiro e a maturação dos frutos de outubro a fevereiro. Em condições *ex situ* foram observados ao menos 20 espécies de visitantes florais, incluindo abelhas, borboletas, moscas e beija-flores (Wiesbauer, 2008). A espécie possui auto-incompatibilidade provavelmente pós-zigótica, podendo ocorrer à formação de frutos, porém, a maioria com sementes inviáveis (Wiesbauer, 2008). A dispersão das sementes é hidrocórica, sendo que a colonização de novos locais pode ocorrer através da dispersão de sementes ou plântulas (Wiesbauer *et al.*, 2007).

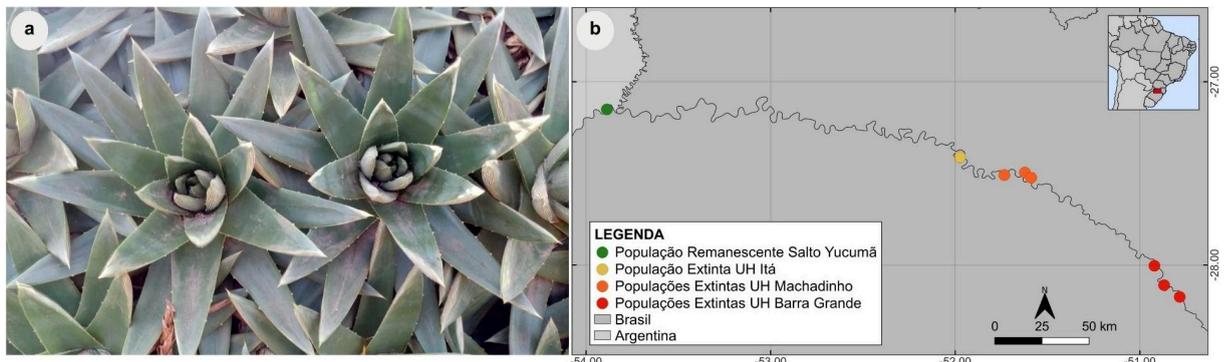


Figura 1. (a) Rosetas de *Dyckia distachya* registrados no lajedo do Salto Yucumã. (b) Mapa com localização das populações originais de *D. distachya* antes da construção das hidrelétricas de Itá, Machadinho e Barra Grande. Autor: Maicon Enio Elsenbach.

D. distachya possuía uma distribuição disjunta ao longo de 617 km da Bacia do Rio Pelotas-Uruguai (Reis *et al.*, 2005a), porém, devido ao seu hábito reofítico, está entre as espécies de Bromeliaceae mais impactadas por empreendimentos hidrelétricos. Essa espécie teve sete das oito populações silvestres conhecidas extintas, entre 2000 e 2005, devido a construção das hidrelétricas de Itá, Machadinho e Barra Grande (Reis *et al.*, 2005a) (Figura 1.b), esta última envolta em uma série de irregularidades durante o processo de licenciamento (Brack; Ruppenthal; Brack, 2015).

Exemplares dessas populações foram coletadas antes das inundações, sendo mantidos apenas através de coleções e reintroduções em outros locais (Wiesbauer *et al.*, 2008). Apesar dos esforços de reintrodução, diversas populações apresentaram dificuldades em seu estabelecimento e manutenção devido a fatores associados a condições inadequadas dos novos ambientes, predação e ausência de recrutamento (Wiesbauer, 2008).

Devido à distribuição restrita, reduzido número de indivíduos, declínio em algumas populações, a localização em áreas sujeitas aos efeitos da construção de hidrelétricas e da provável construção de novas represas, *Dyckia distachya* é avaliada como espécie ameaçada de extinção sendo categorizada como “ criticamente em Perigo” (Brasil, 2022; Rio Grande do Sul, 2014) ou “Extinta na Natureza” (Santa Catarina, 2014).

1.3 População do Salto Yucumã

Historicamente, houve discussões sobre a ocorrência de *Dyckia brevifolia* e *D. distachya* na região do Salto Yucumã. Essa discussão está refletida na literatura, inclusive nos Planos de Manejo do Parque Provincial del Moconá e do Parque Estadual do Turvo, os quais mencionam *Dyckia brevifolia* como ocorrendo nessa área (Bertolini, 1999; Rio Grande do Sul, 2005). No entanto, estudos posteriores indicam que a população registrada no Salto Yucumã trata-se de *D. distachya* (Wiesbauer, 2008; Janke, 2014).

Portanto, a única população *in situ* atualmente conhecida de *D. distachya* está localizada nas duas margens do rio Uruguai, na região do Salto Yucumã (Figura 2), em duas unidades de conservação: o Parque Estadual do Turvo (Brasil) e o Parque Provincial del Moconá, na Argentina (Winkler; Irgang, 1979; Brack *et al.*, 1985; Reis *et al.*, 2005a; Piovesani; Brack, 2024).

Apesar de sua condição *in situ*, Janke (2014) observou que essa população apresentou valores significativamente inferiores de produção média de flores e frutos, na viabilidade do pólen e na taxa de germinação das sementes em relação a quatro populações introduzidas avaliadas. A pesquisadora também observou que 6% das plântulas germinadas, a partir de propágulos da população do Salto Yucumã, possuíam fenótipo albino, hipotetizando-se que o tal condição possa ser consequência de depressão endogâmica ou de cruzamentos com outra espécie potencialmente ocorrente na região.

Por outro lado, o número médio de rosetas por touceiras e o tamanho médio das touceiras apresentaram valores superiores na população natural quando comparados com a média das populações introduzidas. A população do Salto Yucumã também apresentou maior investimento em propagação clonal, enquanto que nas populações introduzidas houve maior investimento em reprodução sexual.

A autora também investigou a diversidade genética e o fluxo de pólen nessas cinco populações, utilizando marcadores moleculares microssatélites. Observou-se que a população do Salto Yucumã apresentou menores níveis de diversidade genética quando comparada com as quatro populações introduzidas. O estudo também demonstrou que o pólen era disperso a distâncias moderadamente curtas, com uma estimativa de dispersão média do pólen a 72,3 m, aparentemente influenciada pela combinação da densidade e da distribuição espacial dos indivíduos reprodutivos.

Apenas dois estudos coletaram dados demográficos da população de *Dyckia* presente no Salto Yucumã, porém de um recorte temporal cada. O primeiro levantamento foi realizado por Reis *et al.* (2005b), no ano de 2005, no qual foi registrado apenas um agrupamento com 60 rosetas, sendo uma reprodutiva. O segundo estudo foi realizado no ano de 2010 por Janke (2014), a qual localizou ao menos 15 agrupamentos e 4464 rosetas, do lado brasileiro e argentino do Salto.

A comparação dos censos citados anteriormente indica, aparentemente, a presença de uma população pequena, porém em expansão. Entretanto, tanto o Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo quanto o relato de pesquisadores e servidores da SEMA, enfatizam que essa população vem sofrendo um declínio nas últimas décadas. Uma hipótese levantada para esse aparente declínio seriam as alterações do regime hidrológico na região, causadas pelas hidrelétricas a montante, devido à atual falta de períodos de cheias e vazantes bem definidos (Rio Grande do Sul, 2005; Janke, 2014). Contudo, Guadagnin (1994) cita um declínio dessa população de *Dyckia*, mesmo antes da construção das hidrelétricas, apesar de também hipotetizar que esse declínio deva-se a grandes processos de erosão e deposição causados pelas inundações do rio Uruguai, sugerindo que seja avaliado se esses danos são produto da dinâmica natural do rio ou de impacto causado por prováveis alterações no regime hidrológico.

Portanto, por tratar-se da última população *in situ* conhecida de *Dyckia distachya*, por ser uma espécie ameaçada de extinção e pela falta de monitoramento de sua dinâmica populacional, justifica-se a necessidade de estudos que busquem compreender a situação atual dessa população, a fim de servir de subsídio para para futuros estudos de monitoramento desta população, bem como em um eventual projeto de manejo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Principal

Avaliar a demografia e distribuição de *D. distachya* no Parque Estadual do Turvo, contribuindo acerca do seu atual status de conservação.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar um censo e caracterizar a estrutura demográfica da população de *D. distachya* presente no Parque Estadual do Turvo;
- Avaliar a distribuição de *D. distachya* no lajedo do Salto Yucumã e se a mesma pode ser explicada através das cotas de inundação do Salto Yucumã;
- Quantificar efeitos demográficos de um longo período de inundação sobre essa população.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O Parque Estadual do Turvo é uma unidade de conservação de proteção integral, possuindo uma área de 17.491,4 hectares. Localiza-se no noroeste do estado do Rio Grande do Sul (φ : -27.206198°; λ : -53.907846°), no município de Derrubadas, junto ao rio Uruguai, fazendo divisa com o estado de Santa Catarina e a província argentina de Misiones (Rio Grande do Sul, 2005). A vegetação presente no parque é classificada como Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012). O clima da região enquadra-se no tipo climático Cfa, com temperaturas médias anuais de 19 °C e precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 1.900 mm (INMET, 2024).

O maior atrativo cênico é o Salto Yucumã, uma queda d'água que pode atingir de 12 a 15 metros de altura e com aproximadamente 1.800 metros de extensão em sentido longitudinal ao rio Uruguai. Durante períodos de baixa vazão do rio Uruguai, os lajedos (rocha basáltica intensamente fraturada) do lado brasileiro podem atingir áreas de aproximadamente 50 hectares, as quais são expressivamente menores no lado argentino. Com o aumento da vazão do rio Uruguai, toda a área é progressivamente inundada, sendo completamente coberta durante grandes inundações.

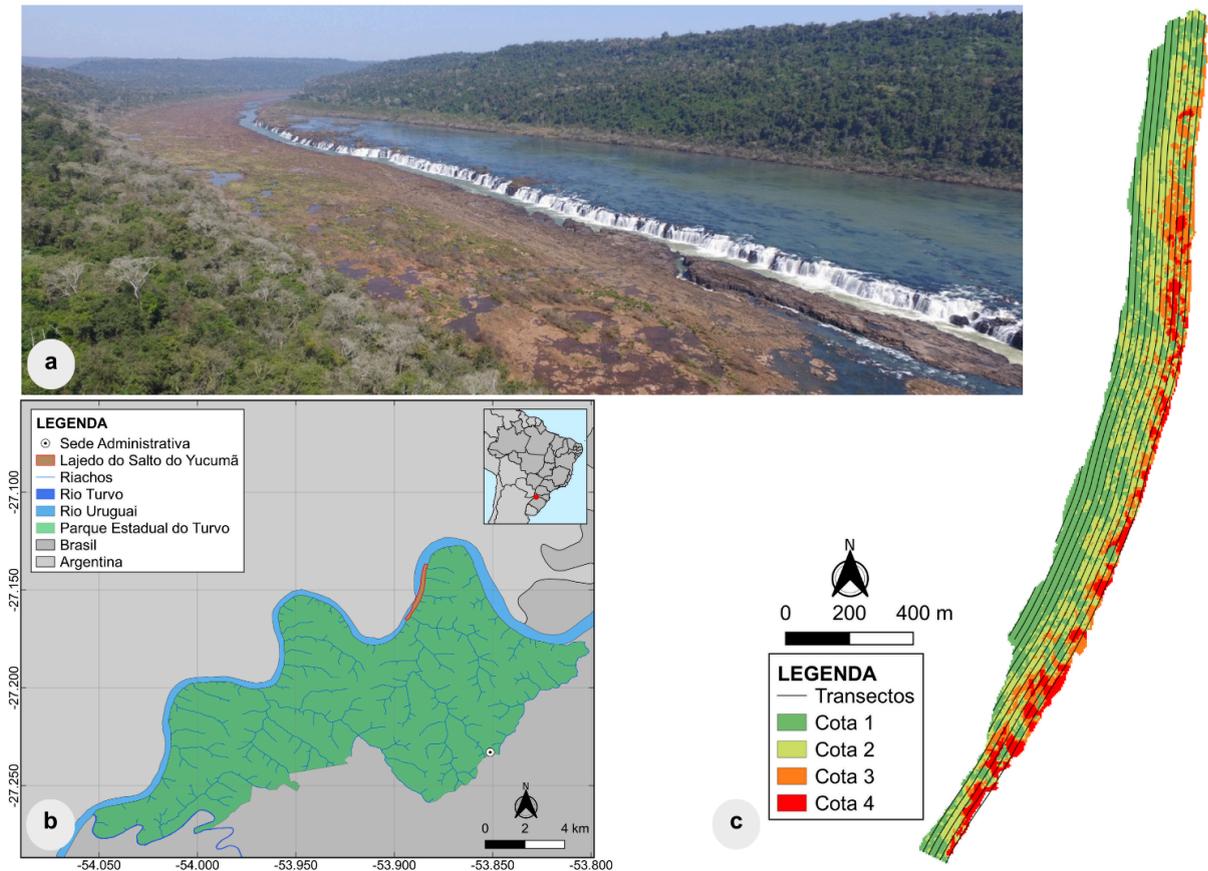


Figura 2. (a) Imagem aérea do Salto Yucumã, com o lado brasileiro em primeiro plano. (b) Localização do Parque Estadual do Turvo. (c) Transectos e cotas de inundação do lado brasileiro do Salto Yucumã. Autor: Dante Andres Meller (a); Maicon Enio Elsenbach (b, c).

3.2 Coleta de Dados

Para caracterizar a estrutura demográfica e a distribuição de *D. distachya* no Parque Estadual do Turvo, foram coletadas informações para determinar: (1) o número total de rosetas e de touceiras; (2) o número e proporção de rosetas em diferentes estágios de desenvolvimento; (3) a proporção entre rosetas isoladas e agrupadas; (4) a área de cada touceira; (5) o número de rosetas por touceira (6) se existe correlação entre o diâmetro das rosetas e o investimento em reprodução sexuada e assexuada; (7) a distância do centro de cada touceira viva até o centro da touceira viva mais próxima; (8) se a distribuição das touceiras apresenta alguma correlação com as cotas de inundação do lajedo do Salto Yucumã.

A distribuição geográfica de *Dyckia* no lado brasileiro do Salto Yucumã foi determinada através de caminhadas. Para garantir a uniformidade no esforço de busca e maximizar os resultados, a área do lajedo do Salto Yucumã foi previamente dividida em 11 transectos, com a mesma orientação do Salto Yucumã e distantes 20 metros do transecto vizinho, totalizando aproximadamente 25,2 quil metros de

transectos e 49,6 hectares averiguadas (Figura 2c). Cada transecto foi percorrido uma vez por um membro da equipe, de maneira lenta e detida, buscando-se localizar visualmente qualquer indivíduo ou agrupamento de *D. distachya* a uma distância de até 10 metros para ambos os lados do transecto.

Todas as rosetas isoladas ou touceiras de *Dyckia* localizadas foram georreferenciadas com o auxílio de receptor GPS. Para a estimativa da área das touceiras, coletou-se medidas com o auxílio de trena, sendo a forma das touceiras registrada através de fotografias. Devido à forma irregular de diversas touceiras, foram desenhados polígonos com dimensões e formas equivalentes a cada touceira com a ajuda do software QGIS 3.28.15, através do qual foi possível calcular a área das touceiras com maior precisão. Para cada touceira obteve-se duas medidas de área, sendo uma considerando a área ocupada por rosetas mortas e a outra pelas rosetas vivas restantes.

Também realizamos o censo demográfico dessa população (mês de junho), quando realizamos a contagem das rosetas e suas respectivas medidas de maior diâmetro, com o auxílio de régua. A partir de ajustes na metodologia de Rogalski *et al.* (2023), todas as rosetas vivas foram classificadas quanto ao seu estágio de desenvolvimento, sendo enquadradas em uma das seguintes categorias: (1) plântulas, indivíduos jovens e isolados, indicando serem provenientes de reprodução sexuada; (2) adultos não-reprodutivos, quando apresentavam forma de roseta, porém sem sinais ou presença de brotos, inflorescência ou infrutescência; (3) adultos com reprodução assexuada, os que tinham forma de roseta e que possuíam apenas brotos; (4) adultos com reprodução sexuada, os que tinham forma de roseta e apresentavam apenas sinal e/ou presença de inflorescência ou infrutescência; (5) adultos com reprodução assexuada e sexuada, os que possuíam simultaneamente brotos e sinal e/ou presença de inflorescência ou infrutescência. Como os brotos correspondem a estruturas pequenas e muito jovens, ainda não formando rosetas com formato bem definido, não foram contabilizados no censo.

O investimento em propagação clonal foi estimado através da contagem do número total de brotos e do número de adultos com brotos. Por sua vez, o investimento em reprodução sexual foi estimado através da contagem do número total de vestígios de inflorescência ou infrutescência e do número de adultos com inflorescência/infrutescência ou seus vestígios.

A determinação da distância entre touceiras vivas mais próximas foi aferida com o auxílio de trena, considerando-se o centro de cada uma. Adicionalmente, avaliamos se a distribuição das rosetas (vivas e mortas) e touceiras de *Dyckia* são aleatórias ou se apresentavam alguma correlação com as cotas de inundação do lajedo do Salto Yucumã. Para isso, foram definidas previamente quatro cotas (níveis) progressivas de inundação através da interpretação visual de imagens de satélite disponíveis no Google Earth Pro, sendo que as cotas 1, 2, 3 e 4 correspondem a interpretação de imagens de 23/03/2020, 27/08/2018, 28/08/2023 e 09/09/2018, respectivamente. Por convenção, definimos que a cota 1 corresponde às áreas mais sujeitas às inundações parciais do Salto Yucumã, a cota 4 corresponde às áreas menos sujeitas a inundações e as cotas 2 e 3 correspondem às áreas a níveis intermediários de inundação (Figura 2c). A área das cotas foi posteriormente convertida em raster com resolução espacial de 5 metros onde cada pixel foi classificado de acordo com a cota predominante em seu interior. A rasterização, a informação sobre a localização das touceiras e a procura uniforme ao longo de toda a área de estudo permitiram gerar uma matriz de presença/ausência para avaliar a distribuição das rosetas (vivas e mortas) e touceiras na área de estudo. Os tratamentos, correções de deslocamentos entre imagens, a estimativas de área dos polígonos e a rasterização foram realizados com o auxílio do software QGIS 3.28.15 e ArcGIS Pro.

Originalmente, as coletas do censo ocorreriam durante o mês de abril, porém durante a coleta de dados ocorreu um inesperado longo período ininterrupto de inundação total da área entre os dias 29/04/2024 e 06/06/2024, totalizando aproximadamente 40 dias. Devido aos severos efeitos da inundação sobre a sobrevivência das rosetas e às limitações de unir dados coletados antes e após essa inundação em um mesmo senso, optou-se pela realização de uma nova contagem geral para o censo no início de junho, sendo tais dados embasam os dados populacionais do censo de junho apresentados nos resultados.

Essa decisão permitiu obtermos um censo mais atualizado, além de avaliarmos os efeitos da inundação supracitada sobre a mortalidade de rosetas e sobre o tamanho médio das mesmas. Para tanto utilizamos dados de rosetas vivas de touceiras que já haviam sido mensuradas em abril, as quais correspondiam a todas as touceiras da área do salto, à exceção do agrupamento 10. Esses dados

foram comparados com os valores registrados para as rosetas vivas dessas mesmas touceiras durante o censo de junho (após a inundação). A taxa de mortalidade associada a essa enchente foi estimada a partir da diferença entre as rosetas vivas antes e após a inundação, nas touceiras que haviam sido previamente amostradas. Por sua vez, a mortalidade geral da população foi estimada através da soma das rosetas mortas registradas antes da inundação e a mortalidade associada à enchente de maio.

Os transectos e coletas de dados populacionais pré-inundação avaliada foram realizados entre 05/04/2024 e 29/04/2024, enquanto que o censo foi realizado entre os dias 07/06/2024 e 10/06/2024.

3.3 Análise Estatística

A avaliação sobre a aderência dos dados de diâmetro das rosetas vivas à distribuição normal ($p < 0,05$) foi testada através do teste de Shapiro-Wilk. As correlações entre o diâmetro das rosetas e o número de brotos e de estruturas reprodutivas (inflorescência ou infrutescência) por roseta foram estimadas empregando-se o Coeficiente de Correlação de Pearson. A comparação do diâmetro médio das rosetas entre as amostragens pré e pós enchente foi testada através do teste de Mann-Whitney. A distribuição das rosetas e das touceiras foi testada através de Regressão de Poisson Simples. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software Statistica.

4. RESULTADOS

No censo populacional realizado em junho foram registradas 524 rosetas vivas e vestígios de ao menos 857 rosetas mortas, correspondendo a 37,94% e 62,06% do total, respectivamente. Todas as rosetas estão distribuídas em dezesseis agrupamentos localizados no lado brasileiro do Salto Yucumã e um agrupamento introduzido próximo a sede administrativa do parque (Tabela 1).

No censo foram registrados 440 rosetas adultas não-reprodutivas, 78 rosetas adultas com reprodução assexuada (sendo 76 rosetas com 1 broto e 2 rosetas com 2 brotos) e 6 rosetas adultas com reprodução sexuada (com um vestígio de estrutura reprodutiva indeterminada cada). Nenhuma roseta apresentou reprodução sexuada e assexuada simultaneamente. Não observamos recrutamento através de

reprodução sexuada (plântulas) nem registramos indivíduos adultos originalmente isolados. O diâmetro das rosetas no censo variou de 6 a 33 cm, sendo que o tamanho médio das rosetas foi de 18,4 cm, com desvio-padrão de 4,1 cm (Figura 3b).

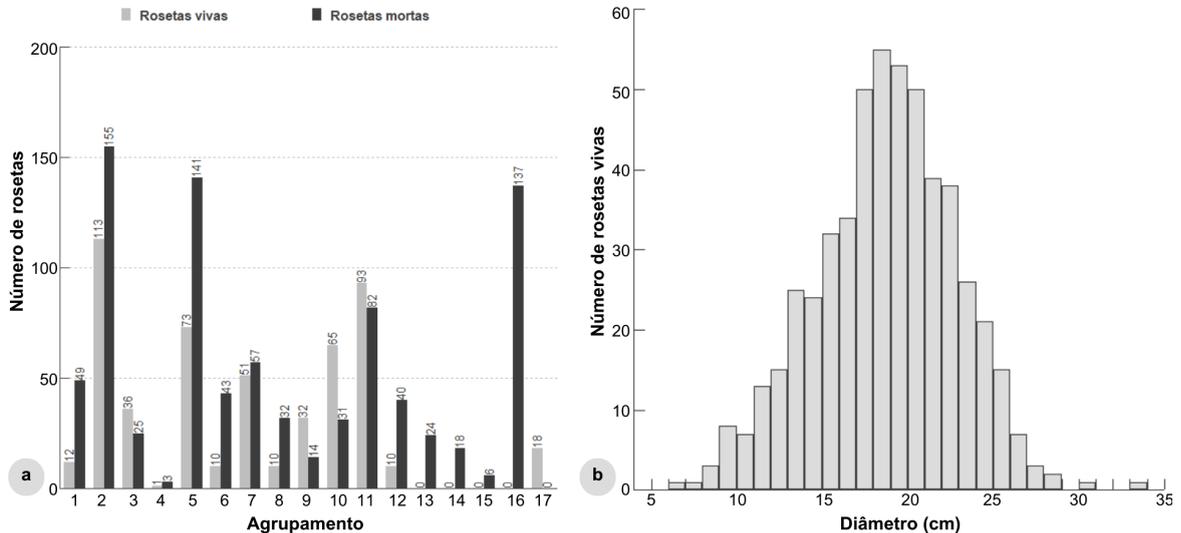


Figura 3. (a) Número de rosetas vivas (cinza) e mortas (preto) por agrupamento. **(b)** Histograma com a frequência de rosetas de acordo com o seu maior diâmetro.

A distribuição do diâmetro das rosetas das amostras de abril não apresentou distribuição normal ($p = 0.114$), enquanto que a amostra de junho e do censo de junho apresentaram distribuição normal ($p = 0.001$ e 0.039 , respectivamente). A correlação positiva do diâmetro das rosetas tanto com o número de inflorescências/infrutescências ($r = 0.085$; $p < 0.026$) quanto com o número de brotos por roseta ($r = 0.249$; $p < 0.001$), indicando uma tendência a rosetas de maior porte investirem mais em estruturas reprodutivas.

Quatro agrupamentos apresentaram mortalidade de 100% (touceiras 13, 14, 15 e 16) em junho e apenas um agrupamento não apresentou mortalidade (touceira 17, próxima a sede administrativa). Todos os demais apresentaram mortalidades que variaram de 30,43% a 81,13%. O número de rosetas vivas por agrupamento variou de 1 até 113 (média: 30,82; desvio padrão: 34,73), sendo que apenas uma touceira apresentou mais de 100 rosetas vivas em junho (Tabela 1).

A área total das touceiras (rosetas vivas e mortas) foi de 14,55 m², sendo 8,00 m² de rosetas vivas e 6,55 m² de rosetas mortas tanto na enchente de maio quanto em enchentes anteriores (Tabela 1). A distribuição das rosetas ($R^2 = 0,052$; $p < 0.001$) e das touceiras ($R^2 = 0,018$; $p < 0.001$) não é aleatória nas distintas cotas de

inundação do lajedo, estando suas distribuições associadas a ambientes mais elevados (cotas 3 e 4) e portanto menos sujeitas a inundações parciais do Salto Yucumã (Tabela 3).

A comparação de dados dos momentos anterior e posterior à enchente indicaram que os cerca de 40 dias de inundação ininterrupta reduziram a amostra analisada de 739 rosetas para 441 rosetas, apresentando uma taxa de mortalidade de aproximadamente 40,33%. Apesar de o tamanho médio das rosetas vivas amostradas sofrer alteração, passando de 17,9 cm para 18,3 cm, essa diferença não foi significativa (p valor = 0,068). Apenas uma touceira teve todas as suas rosetas mortas durante essa enchente específica (16).

A distância do centro de uma determinada touceira com rosetas vivas até a touceira com rosetas vivas mais próxima apresentou grande amplitude, variando entre 1,20 m e 8875 m (mediana: 3,30 m). Análises da distribuição atual das touceiras com rosetas vivas e sua relação com a dispersão média do pólen (72,3 m) a partir de dados de Janke (2014), sugerem um potencial baixo fluxo de pólen ou mesmo isolamento entre diversas touceiras. Quatro touceiras (1, 2, 12 e 17) estão a no mínimo 110 metros da touceira mais próxima, sendo que a touceira 17 está a aproximadamente 9 km das demais. Apenas um grupo (touceiras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11), apresentou distâncias igual ou inferior a 26,5 metros entre suas touceiras. Todas as touceiras também estão a distâncias superiores a 120 metros das touceiras argentinas.

Apesar das interações entre as rosetas de *D. distachya* e outras espécies não terem sido avaliadas, observou-se a presença de indivíduos de *Gymnanthes schottiana* Müll.Arg., *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll.Arg., *Calliandra* sp. e cf. *Steinchisma spathellosum* (Döll) Renvoize associadas a espécie alvo.

Tabela 1. Localização e dados demográficos das 17 touceiras de *Dyckia distachya* localizadas no Parque Estadual do Turvo, em junho de 2024.

Touceira	Local	Tipo	Possui rosetas vivas?	Área rosetas mortas (m2)	Área rosetas vivas (m2)	Adulto não-reprodutivo	Adulto com reprodução assexuada	Adulto com reprodução sexuada	Rosetas adultas vivas	Rosetas adultas mortas
1	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,1529	0,2111	9	0	3	12	49
2	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,6876	1,2642	97	16	0	113	155
3	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,1947	0,5484	22	14	0	36	25
4	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,0679	0,0339	1	0	0	1	3
5	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	1,1602	1,7190	44	29	0	73	141
6	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,2710	0,1423	9	1	0	10	43
7	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,8337	0,4288	44	7	0	51	57
8	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,0408	0,3114	9	1	0	10	32
9	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,1953	0,3798	30	2	0	32	14
10	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,9398	1,4097	62	3	0	65	31
11	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,8283	1,0837	89	4	0	93	82
12	Salto Yucumã	Agrupamento	Sim	0,2672	0,2027	9	1	0	10	40
13	Salto Yucumã	Agrupamento	Não	0,0432	0,0000	0	0	0	0	24
14	Salto Yucumã	Agrupamento	Não	0,1104	0,0000	0	0	0	0	18
15	Salto Yucumã	Agrupamento	Não	0,7064	0,0000	0	0	0	0	6
16	Salto Yucumã	Agrupamento	Não	0,0529	0,0000	0	0	0	0	137
17	Sede Administrativa	Agrupamento	Sim	0,0000	0,2675	15	0	3	18	0
Total	-	-	-	6,5523	8,0025	440	78	6	524	857

Tabela 2. Número absoluto e por classe de desenvolvimento de rosetas vivas nas amostragens de abril e junho para a avaliação da mortalidade da enchente de maio/2024.

Amostra	Nº adulto não-reprodutivo	Nº adulto com reprodução assexuada	Nº adulto com reprodução sexuada	Nº rosetas adultas vivas	% mortalidade de rosetas
Abril	654	80	5	739	-
Junho	363	75	3	441	40,33

Tabela 3. Distribuição das rosetas e touceiras de *D. distachya* ao longo de diferentes cotas de inundação do lajedo do Salto Yucumã. Cota 1 corresponde às áreas do lajedo que já são inundadas com uma menor vazão de água. Cotas 2 e 3 correspondem a áreas inundadas a partir de níveis intermediários crescentes de vazão. Cota 4 corresponde a áreas em que apenas são inundadas durante períodos de grande vazão do Rio Uruguai. OBSERVAÇÃO: os valores da tabela não incluem os dados da touceira 17 (não sujeita a inundação), localizada junto à sede administrativa do parque.

Cota	Área		Rosetas Vivas		Rosetas Mortas		Touceiras	
	ha	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1	20,20	40,73	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	17,29	34,87	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	7,53	15,18	125	23,85	204	23,80	2	12,5
4	4,57	9,22	381	76,15	653	76,20	14	87,5
Total	49,59	100,00	506	100,00	857	100,00	16	100,00

5. DISCUSSÃO

5.1 Dados demográficos

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a população presente no lado brasileiro do Salto Yucumã possui um tamanho populacional reduzido, com um pequeno número de rosetas e de touceiras. A primeira avaliação da população de *Dyckia* presente no Salto Yucumã registrou apenas 60 rosetas em um único agrupamento (Reis *et al.*, 2005b). A comparação desses dados com os valores observados em nosso estudo, poderia indicar um cenário de crescimento populacional. Porém, é provável que os baixos valores encontrados anteriormente por Reis *et al.* (2005b) sejam consequência da falta de um delineamento de coleta de dados e de um menor esforço amostral, os quais aparentemente não utilizaram metodologia de busca em toda a área do Salto, o que pode ter limitado os resultados, uma vez que atualmente a maior parte dos indivíduos estão localizados nas áreas mais distantes e menos acessíveis do lajedo.

Por sua vez, Janke (2014) localizou ao menos 4464 rosetas em 15

agrupamentos. Porém, tais coletas incluíram rosetas presentes no lado argentino do Salto Yucumã. Devido à falta de informações sobre a localização exata de cada touceira, falta de acesso aos números de rosetas por touceira de maneira individualizada e a falta de informações sobre a extensão e padronização das buscas, não é possível a realização de comparações seguras com os resultados dos demais estudos.

Até o momento, nosso estudo apenas conseguiu avaliar a situação em um ano, não sendo possível determinar com clareza se essa população está em declínio, estabilidade ou expansão. Porém comparações de imagens de distintos recortes temporais indicam uma grande redução no número de rosetas em determinadas touceiras ou mesmo o desaparecimento completo de touceiras entre 2020 e 2024 (Figura 4c-f), o que associado a elevada mortalidade registrada nesse estudo, reforçam as evidências de um potencial cenário de declínio populacional. Todavia, essa dinâmica populacional só poderá ser efetivamente avaliada através da comparação com dados coletados nos próximos anos através de uma metodologia padronizada. Ferreira (2022) comparando dados de estudos demográficos de *Dyckia ibiramensis* coletados em quatro oportunidades (2008, 2015, 2018 e 2022), observou uma redução do número de rosetas na comparação entre a primeira e última avaliações, apesar do cenário dinâmico, onde a população apresentou declínio, estabilidade e acréscimo populacional em relação à avaliação imediatamente anterior.

A elevada mortalidade de rosetas (40,33%) durante a enchente avaliada, demonstra o potencial desse tipo de evento em alterar expressivamente o tamanho dessa população. Estudos com plântulas da espécie *Dyckia brevifolia* demonstraram que as mesmas são tolerantes a períodos de pelo menos 30 dias de submersão, apresentando uma série de adaptações morfológicas, bioquímicas e de expressão gênica a essa condição (Costa *et al.*, 2022), mecanismos esses que podem ser similares em *D. distachya*, já que essas duas espécies são altamente relacionadas geneticamente (Pinangé *et al.*, 2017). Apesar de *D. distachya* possuir características morfológicas que provavelmente auxiliam no seu estabelecimento e sobrevivência em condições reofíticas (Lobo *et al.*, 2008; Voltolini; Reis; Santos, 2009), uma possível hipótese para a elevada taxa de mortalidade registrada nessa inundação, é que a mesma seja parcialmente influenciada por inundações anteriores à avaliada.

No período entre outubro e dezembro de 2023, o Salto Yucumã esteve completamente inundado de maneira ininterrupta, sendo que no período posterior entre janeiro e abril houve uma frequente oscilação entre dias de inundação e de exposição do lajedo. É possível que a falta de longos períodos para a realização de processos bioquímicos como a fotossíntese, tenha impedido que as bromélias restabelecessem suas reservas energéticas, tornando-se muito mais suscetíveis à inundação de maio.

Apesar de uma taxa de mortalidade de 40% durante essa inundação específica, a mortalidade total foi consideravelmente superior ao longo dos últimos meses. De todos os registros de rosetas feitos durante o estudo, aproximadamente 62% eram de rosetas mortas, antes e durante a enchente avaliada. Pela similaridade entre as rosetas mortas antes e após a enchente de maio, pelos vestígios de que a mortalidade foi um evento recente (Figura 4a) e por todas as touceiras apresentarem considerável taxa de mortalidade (Figura 3a), acreditamos que a maioria ou mesmo a totalidade das mortes registradas sejam consequência das frequentes inundações no período de 2023/2024. Como indício complementar para essa hipótese, citamos a elevada mortalidade de sarandis e outras reófitas presentes na área logo após as enchentes. Cabe ainda destacar a presença de indícios do carreamento de partes expressivas de algumas touceiras, indicando que o número total de vestígios de rosetas mortas provavelmente esteja sendo subestimado (Figura 4b).

A contagem do número de rosetas permite estimar o número de *ramets*, entretanto, o número de genótipos (*genets*) é mais difícil de ser determinado sem análises genéticas, uma vez que o mesmo não necessariamente é igual a soma do número de touceiras e de indivíduos isolados. Isso deve-se ao fato de que na ausência de monitoramento prévio de longo prazo, não é possível determinar se duas touceiras próximas estiveram unidas no passado ou se uma touceira atual foi formada pela união de duas ou mais touceiras anteriores. Soma-se a isso o fato das sementes de *Dyckia* serem relativamente grandes, podendo se dispersar e germinar próximo à planta-mãe, algo similar ao observado na bromélia *Vriesea gigantea* (Paggi *et al.*, 2010), gerando no caso de *D. distachya* a presença de um novo genótipo parcialmente distinto do genótipo materno na mesma touceira.

Todavia, partindo-se de um cenário mais simples, onde cada touceira originou-se a partir da germinação de uma plântula e de sua posterior expansão por

reprodução clonal, cada touceira corresponderia a um genótipo. Caso esse pressuposto esteja correto, implicaria na presença de apenas 12 ou 13 genótipos presentes no Parque Estadual do Turvo, uma vez que das 17 touceiras localizadas, quatro apresentam todas as rosetas mortas e a touceira da sede administrativa (17) não possui sua touceira de origem determinada. Esse valor corresponderia a um tamanho efetivo populacional extremamente baixo, sendo uma potencial explicação para os resultados de baixo *fitness* encontrados por Janke (2014).



Figura 4. (a) Vestígios de rosetas mortas. (b) Seta amarela indicando área da touceira 05 que aparentemente carreada pelas enchentes. (c-d) Touceira 05 (seta azul) em 2020 (c) e em 2024 (d). A outra touceira (seta vermelha) em 2020 (c) não possui mais vestígios em 2024. (e-f) Touceira 16 em 2020 (e) e seus vestígios em 2024 (f). Autor: Maicon Enio Elsenbach (a, b,d,f); Carlos Neimar Kuhn (c, e).

O surgimento de novos genótipos nessa população basicamente pode ocorrer via recrutamento de plântulas. Porém, não registramos plântulas durante o censo. Também não foram encontrados vestígios de recrutamento nos anos anteriores, uma vez que todas as touceiras localizadas já eram conhecidas desde ao menos o ano de 2020. Dados coletados por Janke (2014) no ano de 2010, indicaram a presença

de baixo nível de recrutamento no Salto Yucumã, apesar de não ficar claro se os registros são do lado brasileiro ou argentino.

Um baixo recrutamento através de plântulas também foi relatado em populações de outras espécies da família, como *Aechmea magdalenae* (Villegas, 2001) e *Bromelia antiacantha* (Duarte *et al.*, 2007), ou mesmo ausência de recrutamento em algumas das populações de *D. ibiramensis* (Rogalski *et al.*, 2021), *D. brevifolia* (Rogalski *et al.*, 2023). Porém, um potencial cenário de ausência prolongada de recrutamento por plântulas e o desaparecimento completo de agrupamentos (Figura 3a; Figura 4c-f) podem comprometer a manutenção da diversidade genética da população e contribuir para um declínio populacional.

Cabe destacar que a distância de 20 metros entre os transectos e o relevo irregular do lajedo do Salto Yucumã poderiam eventualmente provocar uma subamostragem, especialmente de plântulas, que possuem tamanho reduzido e encontram-se em fendas. Entretanto, acreditamos que a ausência de plântulas e o baixo número de touceiras registradas sejam fidedignos à realidade, uma vez que que toda a área foi percorrida inúmeras vezes durante a execução de outras pesquisas ao longo dos últimos anos ou mesmo para as medições durante nossa pesquisa, e apesar do olhar atento para a localização de indivíduos de *D. distachya*, não foi localizado qualquer vestígio de plântulas ou outras touceiras, além das descritas nesse trabalho (M. E. E., observação pessoal).

O número de rosetas que apresentaram investimento em reprodução assexuada (78) foi superior às com investimento em reprodução sexuada (6). Um maior investimento em reprodução assexuada já havia sido previamente observado nessa população (Janke, 2014) e em populações de outras reófitas como *D. brevifolia* (Rogalski, 2023) e *D. ibiramensis* (Rogalski *et al.*, 2021). Também houve uma maior tendência de investimento em reprodução sexuada e assexuada em rosetas de grande porte. Apesar de não testarmos hipóteses para explicar essa observação, é possível que a correlação positiva observada seja consequência dos rosetas de maior porte provavelmente possuírem maiores reservas energéticas após as frequentes inundações a que essa população foi exposta, tendo mais condições de investir em reprodução.

O reduzido número de rosetas com reprodução sexuada, provavelmente é parcialmente explicado pela época de amostragem (junho), uma vez que segundo

(Wiesbauer, 2008) a floração e frutificação desta espécie ocorre até janeiro e fevereiro, respectivamente. Porém, provavelmente essa hipótese apenas explique parcialmente esses dados, uma vez que também registramos todos os resquícios de estruturas reprodutivas, as quais tendem a permanecer aderidas à planta por mais tempo. É possível que esse valor também seja consequência das longas enchentes, que podem ter desestimulado o investimento em estruturas reprodutivas sexuadas.

5.2 Distribuição de *Dyckia* no Salto Yucumã

Nossos dados sugerem que a distribuição tanto das rosetas quanto das touceiras não é aleatória (ambos com $p = < 0.001$), apesar dos coeficientes de determinação baixos ($R^2 = 0,052$ e $0,018$ respectivamente). Aparentemente esse baixo valor de R^2 é consequência de a distribuição das rosetas e touceiras também não ser homogênea dentro das cotas 3 e 4, dado que a larga maioria dos pixels da matriz de presença/ausência também possuem valores igual a zero nessas cotas. Uma possível explicação para a restrição de *D. distachya* às cotas mais elevadas é a influência do fluxo hidrológico, uma vez que segundo Poff *et al.* (1997), em de rios e córregos o fluxo hidrológico é a principal variável que determina e limita a distribuição das espécies, regulando a integridade ecológica desses ambientes.

Atualmente, o fator mais marcante de influência no regime de inundação do Salto Yucumã é a Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó, que iniciou suas operações em 2010. A usina está localizada a aproximadamente 160 quilômetros a montante do Salto, sendo observado variações bruscas no nível de água liberado pela usina ao longo de poucas horas, fazendo com que a área sofra transições repentinas e frequentes entre períodos de inundação e de exposição do lajedado, sendo tais transições mais frequentes nas cotas de inundação mais baixas (M. E. E., observação pessoal).

Outro fator que pode estar exercendo influência sobre o tamanho dessa população é a alteração do regime de chuvas na região ao longo das últimas décadas. Dados pluviométricos indicam um aumento da precipitação total anual na região nas últimas décadas (Guedes; Priebe; Manke, 2019; Dunn *et al.*, 2024), cenário que pode se intensificar, uma vez que projeções futuras indicam que o sul do Brasil provavelmente terá maior variabilidade de precipitação, bem como elevadas médias de precipitação (Alves *et al.*, 2021). Independentemente de qual fator esteja atuando, ou se é um somatório de ambos, provavelmente o grande número de dias

em que certas áreas do lajedo permanecem submersas pode estar restringindo a atual distribuição de indivíduos dessa população.

Outro indício da aparente influência do fluxo hidrológico sobre a distribuição dessa população, está o fato certas touceiras (especialmente as touceiras 01 e 02) estarem localizadas em pequenas porções de rocha mais elevadas, que durante cheias parciais tornam-se verdadeiros bastiões para a permanência dessa bromélia em meio a uma paisagem completamente inundada em suas mediações (Figura 5). Não é possível avaliar se essa condição deve-se ao surgimento de touceiras apenas nesses locais mais elevados ou se são as touceiras restantes, após os agrupamentos de cotas menos elevadas (mais sujeitas a inundações parciais) terem desaparecido. A segunda hipótese é a mais provável, uma vez que essa população aparentemente possuía uma distribuição mais ampla no Salto Yucumã (Paulo Brack, observação pessoal).



Figura 5. Registro da touceira 02 parcialmente submersa devido a elevação do rio Uruguai. Observa-se que a touceira, a similaridade de algumas outras, permanece no local de maior nível de inundação das imediações. Observa-se ao fundo, que as quedas do Salto Yucumã, local onde se localizam as touceiras argentinas, estão em uma cota de inundação mais elevada que o lado brasileiro. Seta preta indicando a localização da touceira. Imagem circular mostrando a touceira em maior detalhe. Autor da imagem: Maicon Enio Elsenbach.

O potencialmente reduzido ou ausente fluxo de pólen entre diversas touceiras e a provável similaridade genética entre rosetas de um mesmo agrupamento podem impedir a formação de sementes viáveis, uma vez que segundo Wiesbauer (2008) trata-se de uma espécie com auto-incompatibilidade, a qual necessita de polinização

cruzada para a formação de sementes viáveis. Esse reduzido fluxo de pólen e a provável baixa produção de sementes, poderiam ser uma das variáveis responsáveis pela ausência de plântulas na área de estudo. Esse potencial isolamento observado em nosso estudo também está de acordo com o reduzido número de doadores efetivos de pólen (1,7) observado previamente nessa população (Janke, 2014). Entretanto, o valor de dispersão média do pólen e número de doadores efetivos de pólen observado por Janke (2014) devem ser analisada com cuidado, uma vez que possivelmente variam ao longo do tempo em função de fatores como o número de flores, a oferta de néctar e a densidade dos polinizadores.

5.3 Monitoramento futuro e avaliação da necessidade de manejo

Simplesmente estabelecer que as comunidades nas quais as espécies ameaçadas vivem estejam dentro de áreas protegidas, pode não ser suficiente para evitar o seu declínio e extinção (Primack; Rodrigues, 2001; Rocha *et al.*, 2006), especialmente em áreas impactadas por pressões antrópicas como é o caso do Salto Yucumã (Anexo 2b-d). Metanálises avaliando a diversidade genética em Bromeliaceae indicam que a riqueza alélica das espécies amostradas pode até ser inferior em unidades de conservação quando comparado com populações fora dessas áreas protegidas (Barcellos; Costa; Bered, 2023).

Particularmente para essa população de *D. distachya*, outro potencial risco para sua conservação é decorrente da insegurança jurídica quanto ao status de proteção do lado brasileiro do Salto Yucumã. Desde o ano de 2021 a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) aparentemente adota uma interpretação do decreto de criação dessa área protegida (Rio Grande do Sul, 1947) que não considera o rio Uruguai como pertencente ao Parque Estadual do Turvo, fato agravado pela caracterização do lajedo do Salto Yucumã pelo Plano de Manejo do parque como leito do rio Uruguai, não inserindo essa área no zoneamento do parque (Rio Grande do Sul, 2005; Rio Grande do Sul, 2022). Essa interpretação fica evidente no polígono do parque disponibilizado no site da SEMA, o qual exclui o rio Uruguai e o Salto Yucumã da área do parque (Rio Grande do Sul, 2024).

Além do amparo jurídico, as espécies com potencial risco de extinção, devem possuir medidas efetivas de monitoramento regular e eventualmente de manejo. Entre os pontos essenciais para o monitoramento desta população está a inclusão dos indivíduos presentes no lado argentino do Salto Yucumã, local que visivelmente

apresenta um número mais expressivo de rosetas. A inclusão do lado argentino deverá considerar adaptações na metodologia para a coleta de dados, especialmente quanto aos transectos, os quais são inexecutáveis naquela área devido a maior parte do leito do rio estar constantemente submerso. Outro ponto a ser observado é o fato das rosetas estarem predominantemente presentes próximo às quedas do Salto, local de difícil acesso e que pode apresentar riscos à segurança dos pesquisadores durante a amostragem. Todavia, a metodologia de transectos utilizada em nosso estudo demonstra ser promissora para a avaliação do lado brasileiro, permitindo uma varredura relativamente homogênea dessa área, sendo especialmente importante para a mensuração do recrutamento de plântulas.

A inclusão do lado argentino no monitoramento aumentaria demasiadamente o esforço de campo e os custos. Como demonstrado em nosso trabalho, essa população pode sofrer grande variação numérica em um único ano e apresenta um tamanho reduzido, por isso sugerimos que certas informações como número de rosetas, número de touceiras e taxa de recrutamento sejam medidas anualmente, fornecendo dados atualizados sobre o status da população. Porém, outras variáveis demográficas e genéticas que demandam maior esforço em campo, maior custo ou que apenas apresentaram mudanças perceptíveis a médio ou longo prazo, podem ser coletadas em períodos mais espaçados.

Entre os fatores que deverão ser avaliados periodicamente está determinar se o recrutamento espontâneo está ocorrendo e se o mesmo é suficiente para a manutenção da diversidade genética e a permanência dessa população. Devido a ausência de registro de plântulas, não foi possível avaliar quais fatores podem estar influenciando neste recrutamento, porém estudos futuros devem avaliar a possível influência de variáveis como a baixa produção de sementes e alta frequência de fenótipos albinos (Janke, 2014), a alta seletividade na transição semente-plântula dessa espécie em ambientes reofíticos (Zimmermann, 2011), os impactos das inundações e da instabilidade do lajedo devido ao rolamento de blocos de rocha (M. E. E., observação pessoal) e dispersão majoritariamente unidirecional de sementes e propágulos vegetativos via hidrocórica.

A adição de dados genéticos ao monitoramento é essencial para a compreensão do status de uma população e para guiar eventuais atividades de manejo (Hoban *et al.*, 2022). Devido aos custos elevados e a provável demora para

ocorrerem alterações expressivas nos parâmetros genéticos, a frequência das análises genéticas deve levar em consideração futuras estimativas do tempo para a formação de uma nova geração de plantas, seja via reprodução clonal, mas principalmente sexual.

Dentre os parâmetros genéticos que devem ser analisados, sugerimos a determinação da riqueza alélica (RA), heterozigosidades observada (H_o) e esperada (H_e), coeficiente de endogamia (F_{IS}) e índice de fixação (F_{ST}). Além disso, a determinação do tamanho efetivo da população (N_e) deve ser considerada, visto que este parâmetro é muito importante para acessar a habilidade das populações de adaptarem-se rapidamente a novos ambientes, bem como inferir sobre a probabilidade de depressão endogâmica e resposta à perturbações ambientais (Hoban *et al.*, 2022). A fim de obterem-se recortes temporais mais completos e comparáveis, os anos de coleta de dados genéticos idealmente devem coincidir com a coleta de dados demográficos.

Análises mais detalhadas sobre a presença de polinizadores e sobre potencial isolamento reprodutivo das touceiras também devem ser consideradas no monitoramento desta população, uma vez que tal isolamento pode estar interferindo na reprodução sexuada dessa população, podendo causar uma redução do tamanho efetivo populacional e agravar eventuais efeitos de depressão endogâmica.

A aparente influência do fluxo hidrológico sobre a distribuição dessa população também deve ser melhor investigada, a fim de quantificar eventuais efeitos de mudanças climáticas e/ou de hidrelétricas sobre essa e outras espécies no rio Uruguai. Devido aos impactos de usinas hidrelétricas sobre as populações dessa espécie, destaca-se a necessidade de monitoramento contínuo dessa e das demais populações introduzidas, inclusive nos programas de licenciamento das hidrelétricas à montante, em especial da Usina Foz do Chapecó.

A determinação de quais fatores podem estar contribuindo para o aparente declínio dessa população de *Dyckia* é essencial para a avaliação da sua viabilidade a longo prazo e para uma melhor compreensão sobre a eficiência de eventuais futuras medidas de manejo da mesma. Entretanto, para planejar a proteção a longo prazo de uma espécie ameaçada, devemos considerar tanto as necessidades da espécie em anos normais, mas também em anos excepcionais (Primack; Rodrigues, 2001).

Devido a heterogeneidade do ambiente do Salto Yucumã, também torna-se essencial futuras avaliações de quais áreas do lajedo do Salto Yucumã são mais viáveis para eventuais ações de repovoamento, as quais provavelmente deverão levar em consideração as cotas de inundação, a estabilidade do substrato e as relações entre essa bromélia e outras espécies reófitas nessa área. Porém, devido às atuais incertezas sobre a viabilidade a médio e longo prazo de uma população (mesmo que manejada) no Salto Yucumã, também são necessários esforços para a localização de novas áreas com condições reofóticas adequadas para uma eventual introdução de indivíduos, preferencialmente em um local sem a influência de hidrelétricas.

Soma-se a isso a necessidade da realização de buscas mais extensivas por eventuais populações desconhecidas de *D. distachya* na região. Apesar dos esforços de Reis *et al.* (2005) para encontrar novas populações, é necessário um maior esforço, especialmente em regiões como o Arroyo Yabotí (Misiones, Argentina), local em que há relatos da presença da espécie (Bertolini, 1999). A presença de outras espécies de *Dyckia* na região também deve ser investigada, uma vez que Janke (2014) hipotetiza que uma das possíveis causas do baixo *fitness* da população do Salto Yucumã seja consequência uma possível depressão exogâmica, devido a hibridização com outra espécie do gênero. Eventos de hibridização são comuns dentro desse gênero (Pinangé *et al.*, 2017), sendo reportada a presença de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (heterotípico *Dyckia subinermis* Mez) na área do Parque Provincial Moconá (Chebez, 2005). Soma-se a isso, a necessidade de estudos taxonômicos sobre as espécies do gênero no sul do Brasil, já que algumas espécies do gênero possuem divergências quanto a sua classificação e distribuição.

Apesar do reduzido número de trabalhos anteriores e do presente estudo ter avaliado a situação da população em apenas um ano, o (1) reduzido número de touceiras e de rosetas, (2) a elevada mortalidade registrada e (3) a aparente ausência de recrutamento, tornam o risco de desaparecimento da espécie elevado no lado brasileiro. Idealmente, qualquer intervenção de manejo dessa população deve ser precedida por um monitoramento. Porém, os dados apresentados em nosso estudo e por Janke (2014) demonstram os riscos de extinção a que essa população está submetida. Segundo a autora supracitada, essa população necessita de intervenção humana para continuarem existindo, sendo o monitoramento e a

gestão contínua necessárias para garantir a persistência desta população, devendo inclusive ser considerada a introdução de indivíduos geneticamente compatíveis de outras populações.

O Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo enfatiza a necessidade de reprodução *ex situ*, porém afirmando que a reintrodução carece de estudos que indiquem os requisitos de habitat e os fatores determinantes do declínio (Rio Grande do Sul, 2005). Diante desse cenário, sugerimos como medida imediata de conservação dessa população a conservação *ex situ*, de exemplares de todas as touceiras presentes no Parque Estadual do Turvo. Essa medida permitirá a manutenção da diversidade genética ainda presente nessa população, servindo como matrizes para eventuais atividades de repovoamento nessa ou em outras áreas da região. Idealmente, as coletas devem ser realizadas após análises genéticas, garantindo-se a coleta de toda a diversidade genética na área, além de permitir a compreensão das frequências alélicas e genotípicas da população em eventuais atividades de repovoamento.

Apesar do hábito reofítico, os indivíduos de *D. distachya* se adaptam a condições de ausência de inundações periódicas, chegando inclusive a apresentar vigoroso aumento do número de rosetas, facilitando sua conservação *ex situ*. Entretanto, a conservação *ex situ* não deve ser encarada como um fim em si mesma, mas sim como uma forma de “backup” genético caso as touceiras de origem desapareçam. A propagação *ex situ* também permite a utilização desses indivíduos como fonte geradora de novas rosetas e de propágulos para repovoamentos ou reintroduções, uma vez que possuem expressiva propagação clonal (Janke, 2014) e as sementes mantêm sua viabilidade por ao menos 4 anos quando armazenadas corretamente (Bandas, 2018).

6. CONCLUSÃO

A população de *Dyckia distachya* presente no Parque Estadual do Turvo possui um reduzido número de rosetas e de touceiras. A alta mortalidade registrada devido às enchentes aparentemente constitui um importante risco para a viabilidade dessa população. A coleta regular de dados demográficos e genéticos são essenciais para uma melhor compreensão do status atual de conservação dessa população, sendo essencial a inclusão dos indivíduos do lado argentino do Salto Yucumã. Também reforçamos a importância em agregar estudos ambientais, especialmente sobre potenciais impactos dos empreendimentos hidrelétricos e alterações no regime de chuvas sobre essa e outras reófitas da região. Medidas de conservação *ex situ* dessa população e eventualmente de manejo *in loco* devem ser avaliadas o mais breve possível, sob a pena do risco de desaparecimento da última população silvestre conhecida dessa espécie e de sua consequente recategorização como “Extinta na Natureza” tanto na lista da flora ameaçada do Brasil quanto do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. M.; CHADWICK, R.; MOISE, A.; BROWN, J.; MARENGO, J. A. Assessment of rainfall variability and future change in Brazil across multiple timescales. **International Journal Of Climatology**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. E1875-E1888, 2020. DOI: 10.1002/joc.6818.
- BANDAS, M. D. **Germinação de sementes de *Dyckia distachya* Hassler (Pitcairnioideae, Bromeliaceae) armazenadas por diferentes períodos de tempo**. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- BARCELLOS, M. F.; COSTA, L. M. S.; BERED, F. Genetic diversity and conservation in Bromeliaceae based on SSR markers. **Genetics And Molecular Biology**, [s. l.], v. 46, n. 31, p. e20230135, 2023. DOI: 10.1590/1678-4685-GMB-2023-0135.
- BRACK, P.; BUENO, R. M.; FALKENBERG, D. B.; PAIVA, M. R. C.; SOBRAL, M.; STEHMANN, J. R. Levantamento florístico do Parque Estadual do Turvo, Tenente Portela, Rio Grande do Sul, Brasil. **Roessléria**, v. 7, n. 1, p. 69-94, 1985.
- BRACK, P. RUPPENTHAL, E. L. BRACK, I. V. Projetos de hidrelétricas no rio Uruguai: perdas e desafios socioambientais. In DAL MAGRO, M. L. P.; RENK, A.; FRANCO, G. M. S. (Orgs.) **Impactos Socioambientais da Implantação da Hidrelétrica Foz do Chapecó**. 1 ed. Chapecó (SC): Argos, 2015. p.17-42.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 148, de 07 de junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da União**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, [2022]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- BÜNEKER, H. M.; PONTES, R. C.; SOARES, K. P.; NETO, L. W.; LONGHI, S. J. Uma nova espécie reófito de *Dyckia* (Bromeliaceae, Pitcairnioideae) para a flora do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 284-289, 2013.
- CHEBEZ, J. C. **Guía de las reservas naturales de la Argentina**: nordeste. Buenos Aires: Editorial Albatros, 2005. 188 p.
- COSTA, L. M. S.; VILASBOA, J.; FETT-NETO, A. G.; RODRIGUES, N. F.; BERED, F.; MARGIS, R. Responses to submergence and recovery in seedlings of the rheophyte *Dyckia brevifolia* (Bromeliaceae). **Environmental And Experimental Botany**, [s. l.], v. 201, p. 104984, 2022. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.104984.
- DUARTE, A. S.; VIEIRA DA SILVA, C.; PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; SILVA, J. Z.; REIS, M. S. Estrutura demográfica e produção de frutos de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 106-112, 2007.

DUNN, R. J. H.; HEROLD, N.; ALEXANDER, L. V.; DONAT, M. G.; ALLAN, R.; BADOR, M.; BRUNET, M.; CHENG, V.; IBADULLAH, W. M. W.; IBRAHIM, M. K.I. B. Observed Global Changes in Sector-Relevant Climate Extremes Indices—An Extension to HadEX3. **Earth And Space Science**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. e2023EA003279, 2024. DOI: 10.1029/2023EA003279.

EZCURRA, E.; BARRIOS, E.; EZCURRA, P.; EZCURRA, A.; VANDERPLANK, S.; VIDAL, O.; VILLANUEVA-ALMANZA, L.; ABURTO-OROPEZA, O. A natural experiment reveals the impact of hydroelectric dams on the estuaries of tropical rivers. **Science Advances**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. eaau9875, 2019. DOI: 10.1126/sciadv.aau9875.

FERREIRA, J. M. **Estrutura demográfica e dinâmica populacional da bromélia endêmica *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma reófito ameaçada de extinção na área de influência da hidrelétrica PCH Ibirama**. Orientador: Tiago Montagna. 2022. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

FREITAS, L.; RIBEIRO, P. C. C.; CANCIO, A. S.; MACHADO, M. A.; SAMPAIO, M. C.; FORZZA, R. C.; VICCINI, L. F. Population demography, genetic variation and reproductive biology of two rare and endangered *Neoregelia* species (Bromeliaceae). **Botanical Journal Of The Linnean Society**, [s. l.], v. 192, n. 4, p. 787-802, 2019. DOI: 10.1093/botlinnean/boz110.

GOUDA, E. J.; BUTCHER, D.; DIJKGRAAF, L. (continuamente atualizado) **Encyclopaedia of Bromeliads, Version 5**. Utrecht University Botanic Gardens. Disponível em: <https://bromeliad.nl/encyclopedia/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

GRIFFITH, A. B.; SALGUERO-GÓMEZ, R.; MEROW, C.; MCMAHON, S. Demography beyond the population. **Journal Of Ecology**, Londres, v. 104, n. 2, p. 271-280, 2016. DOI: 10.1111/1365-2745.12547.

GUADAGNIN, D. L. **Zonificación del Parque Estadual do Turvo, RS, Brasil y directivas para el Plan de Manejo**. Orientador: João Oldair Menegheti. 1994. Dissertação (Mestrado) - Centro de Zoología Aplicada, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 1994.

GUARÇONI, E.A.E.; SANTOS-SILVA, F.; FORZZA, R.C. *Dyckia* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB6046>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

GUEDES, H. A. S.; PRIEBE, P. S.; MANKE, E. B. Tendências em Séries Temporais de Precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 283-291, 2019. DOI: 10.1590/0102-77863340238.

HMELJEVSKI, K. V.; REIS, A.; MONTAGNA, T.; REIS, M. S. Genetic diversity, genetic drift and mixed mating system in small subpopulations of *Dyckia ibiramensis*,

a rare endemic bromeliad from Southern Brazil. **Conservation Genetics**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 761-769, 2011. DOI: 10.1007/s10592-011-0183-3.

HOBAN, S.; ARCHER, F. I.; BERTOLA, L. D.; BRAGG, J. G.; BREED, M. F.; BRUFORD, M. W.; COLEMAN, M. A.; EKBLUM, R.; FUNK, W. C.; GRUEBER, C. E. Global genetic diversity status and trends: towards a suite of essential biodiversity variables (EBVs) for genetic composition. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 97, n. 4, p. 1511-1538, 2022. DOI: 10.1111/brv.12852.

HOBBS, R. J.; YATES, C. J. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. **Australian Journal Of Botany**, [s. l.], v. 51, n. 5, p. 471, 2003. DOI: 10.1071/BT03037.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2a edição,, Rio de Janeiro. 275p. 2012.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos, Estação Automática de Frederico Westphalen. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

IUCN - International Union for Conservation of Nature. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 16 jul. 2024.

JANKE, A. **Sucesso reprodutivo, diversidade genética e fluxo de pólen de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae), uma espécie altamente ameaçada de extinção**. 2014. Orientadora: Fernanda Bered. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

JBRJ - Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Flora e Funga do Brasil**. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

KLEIN, R. M. Reófitas no Estado de Santa Catarina, Brasil. In: **Anais do XXX Congresso Nacional de Botânica**. Campo Grande. 1979. p. 159-169.

KLEIN, R. M. Espécies raras ou ameaçadas de extinção do estado de Santa Catarina. Vol. 1. **IBGE**, Rio de Janeiro. 287 p. 1990.

LOBO, G. M.; VOLTOLINI, C. H.; REIS, A.; SANTOS, M. Morfoanatomia de raízes adventícias das Reófitas *Dyckia brevifolia* (Baker) e *D. distachya* (Hassler) (Bromeliaceae). **Insula Revista de Botânica**, Florianópolis, v. 37, p. 81-94, 2008.

LYKKE, A. M. Assessment of species composition change in savanna vegetation by means of woody plants' size class distributions and local information. **Biodiversity And Conservation**, [s. l.], v. 7, n. 10, p. 1261-1275, 1998. DOI: 10.1023/A:1008877819286.

BERTOLINI, M. P. Plan de Manejo del Parque Provincial Moconá. Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables, Gobierno de la Provincia de Misiones.

121p, 1999.

MOULTON, T. P.; SOUZA, M. L. de. Conservação com Base em Bacias Hidrográficas. In: ROCHA, Carlos Frederico Duarte; BERGALLO, Helena Godoy; VAN SLUYS, Monique; ALVES, Maria Alice Santos. **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: Editora Rima, 2006. p. 157-182.

PAGGI, G. M.; SAMPAIO, J. A. T.; BRUXEL, M.; ZANELLA, C. M.; GÖETZE, M.; BÜTTOW, M. V.; PALMA-SILVA, C.; BERED, F. Seed dispersal and population structure in *Vriesea gigantea*, a bromeliad from the Brazilian Atlantic Rainforest. **Botanical Journal Of The Linnean Society**, [s. l.], v. 164, n. 3, p. 317-325, 2010. DOI: 10.1111/j.1095-8339.2010.01088.x.

PIOVESANI, W. S.; BRACK, P. Lista atualizada e aspectos sobre a conservação da flora vascular do Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, [s. l.], v. 79, p. e20241352-e20241352, 2024. DOI: 10.21826/2446-82312024v79e20241352.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, Julie C. The Natural Flow Regime. **Bioscience**, [s. l.], v. 47, n. 11, p. 769-784, 1997. DOI: 10.2307/1313099.

PRIMACK, R.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. 1 ed. Londrina: Editora Planta, 2001. 328 p.

REIS, A.; ROGALSKI, J. M.; BERKENBROCK, I. S.; VIEIRA, N. K. Conservação de espécies reófitas de *Dyckia* no Sul do Brasil: *Dyckia distachya*. **Relatório Técnico-3 para Fundação Biodiversitas**, 2005a.

REIS, A.; VIEIRA, N. K.; ROGALSKI, J. M.; BERKENBROCK, I. S. Estrutura demográfica da reófita *Dyckia distachya* Hassler na Bacia do Rio Uruguai, Brasil. In: **56º Congresso Nacional de Botânica**. Curitiba, 2005b.

REITZ, R. **Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica**. In: Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1983. p. 808.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto Estadual nº 2.312, de 11 de março de 1947. Cria uma Reserva Florestal Estadual. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS. Acesso em: 16 jul. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. Portaria SEMA Nº 063, de 06 de setembro de 2005. Plano de manejo do Parque Estadual do Turvo. Porto Alegre, RS. 355p. 2005. Acesso em: 16 jul. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 52.109, de 01 de dezembro de 2014. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS. Acesso em: 16 jul. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria Sema Nº 61, de 18 de abril de 2022. Alteração no Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**. 76. ed. Porto Alegre, RS, 22 abr. 2022. p. 687-688. Acesso em: 16 jul. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Parque Estadual do Turvo**. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-turvo>. Acesso em: 05 jul. 2024.

ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M. A. S. **Biologia da conservação**: essências. 1 ed. São Carlos: Rima, 2006. 582 p.

ROGALSKI, J. M.; BERKENBROCK, I. S.; VIEIRA, N. K.; REIS, A. Demographic structure of clonal, endemic, and endangered rheophyte bromeliad *Dyckia ibiramensis*: asexual vs sexual reproduction. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 72, p. e00752020, 2021. DOI: 10.1590/2175-7860202172116.

ROGALSKI, J. M.; REIS, M. S.; REIS, A. Demographic structure across all known populations of the rheophyte *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae) in the Itajaí-Açu River, Southern Brazil. **Brazilian Journal Of Biology**, São Carlos, v. 83, p. e278315, 2023. DOI: 10.1590/1519-6984.278315.

SANTA CATARINA. Resolução CONSEMA nº 51, de 05 de dezembro de 2014. Reconhece a Lista Oficial das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC. 23 dez. de 2014. Acesso em: 05 jul. 2024.

SHAFFER, M. L. Minimum Population Sizes for Species Conservation. **Bioscience**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 131-134, 1981. DOI: 10.2307/1308256.

VAN STEENIS, C. G. G. J. **Rheophytes of the world**: an account of the flood-resistant flowering plants and ferns and the theory of autonomous evolution. Alphen aan den Rijn & Rockville: Sijthoff & Noordhoff, 1981.

VILLEGAS, A. C. Spatial and Temporal Variability in Clonal Reproduction of *Aechmea magdalenae*, a Tropical Understory Herb. **Biotropica**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 48-59, 2001. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2001.tb00156.x.

VOLIS, S. How to conserve threatened Chinese plant species with extremely small populations? **Plant Diversity**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 45-52, 2016. DOI: 10.1016/j.pld.2016.05.003.

VOLIS, S.; DENG, T. Importance of a single population demographic census as a first step of threatened species conservation planning. **Biodiversity And Conservation**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 527-543, 2019. DOI: 10.1007/s10531-019-01897-3.

VOLTOLINI, C. H.; REIS, A.; SANTOS, M. Leaf morphoanatomy of rheophyte *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 335-343, 2009.

WIESBAUER, M. B.; SCARIOT, E. C.; SASAKI, L. L.; REIS, A. Influência da luz e inundação na germinação de *Dyckia distachya* Hassler, uma bromélia em vias de extinção. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 717-719, 2007.

WIESBAUER, M. B. **Biologia reprodutiva e diversidade genética de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) como subsídio para conservação e reintrodução de populações extintas na natureza**. Orientador: Ademir Reis. 2008. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

WINKLER, S.; IRGANG, B. E. Observações ecológicas de bromeliáceas na mata subtropical do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, Porto Alegre, v. 24, p. 51-60, 1979.

ZIMMERMANN, T. G. **Conservação e introdução da bromélia *Dyckia distachya* Hassler, uma reófito ameaçada de extinção**. Orientador: Ademir Reis. 2011. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ZIZKA, A.; AZEVEDO, J.; LEME, E.; NEVES, B.; COSTA, A. F.; CACERES, D.; ZIZKA, G. Biogeography and conservation status of the pineapple family (Bromeliaceae). **Diversity And Distributions**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 183-195, 2019. DOI: 10.1111/ddi.13004.

ANEXOS



Anexo 1. Imagens de todas as 17 touceiras localizadas atualmente no Parque Estadual do Turvo. Destaca-se a presença de caules de rosetas mortas em todas as touceiras, exceto a 17. Touceiras 13 a 16 possuíam todas as rosetas mortas em jun./24. Autor das imagens: Maicon Enio Elsenbach.

ANEXOS



Anexo 2. Distúrbios e pressões antrópicas localizadas na área do Salto Yucumã durante a pesquisa. **(a)** Erosão causada pelas enchentes do rio Uruguai. **(b)** Peixes mortos devido a variação repentina da vazão do rio Uruguai devido a Usina Foz do Chapecó. **(c)** Anta (*Tapirus terrestris*) morta com perfurações provenientes de munição, indicando ter sido alvo de caça ilegal. **(d)** Dourado (*Salminus brasiliensis*) morto, com petrecho de pesca (“bóia louca”) preso a boca, indicando ter sido alvo de pesca ilegal. Autor das imagens: Maicon Enio Elsenbach.