



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA  
CURSO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Johanna Beatrice Kraisch

**Efeito de promotores de germinação em sementes de *Plantago  
rahniana* (Plantaginaceae), espécie endêmica e ameaçada dos campos de  
altitude Catarinenses**

Florianópolis

2025

Johanna Beatrice Kraisch

**Efeito de promotores de germinação em sementes de *Plantago  
rahniana* (Plantaginaceae), espécie endêmica e ameaçada dos campos de  
altitude Catarinenses**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Eduardo Luís Hettwer Giehl, Dr.  
Coorientador: Prof. Guilherme de Almeida Garcia Rodrigues, Dr.

Florianópolis

2025

Kraisch, Johanna Beatrice

Efeito de promotores de germinação em sementes de *Plantago rahniana* (Plantaginaceae), espécie endêmica e ameaçada dos campos de altitude Catarinenses / Johanna Beatrice Kraisch ; orientador, Eduardo Luis Hettwer Giehl, coorientador, Guilherme de Almeida Garcia Rodrigues, 2025.  
34 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas,  
Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Ecofisiologia. 3. Dormência.  
4. Estratificação. 5. Giberelina. I. Giehl, Eduardo Luis Hettwer. II. Rodrigues, Guilherme de Almeida Garcia. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Johanna Beatrice Kraisch

**Efeito de promotores de germinação em sementes de *Plantago  
rahniana* (Plantaginaceae), espécie endêmica e ameaçada dos campos de  
altitude Catarinenses**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharela e aprovado em sua forma final pelo Curso Ciências Biológicas.

Florianópolis, 26 de novembro de 2025.



Prof. Dra. Daniela Cristina De Toni  
Coordenação do Curso

**Banca examinadora**



Prof. Dr. Eduardo Luís Hettwer Giehl  
Orientador



Prof. Dra. Ana Maria Viana  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Paulo Tamaso Miotto  
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2025.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, James e Adriana, e aos meus irmãos, por todo o apoio, amor e parceria em todos os momentos da minha vida.

À minha tia, Maria, por ter me acolhido em Florianópolis e por todos os momentos compartilhados nessa jornada.

Aos meus orientadores, Eduardo e Guilherme, pelo apoio, ensinamentos e sugestões que enriqueceram e ajudaram a consolidar este trabalho.

Às pessoas do LaFisio, em especial a Gabi, pelo apoio e troca durante os experimentos, cafézinhos e bate-papos, vocês tornaram essa jornada mais leve.

Aos amigos que fiz ao longo da graduação pelas conversas, reuniões e parceria.

Aos professores da UFSC pela dedicação, em especial a professora Talita por me iniciar na pesquisa e a professora Makeli por me iniciar na extensão, e a todos os outros professores que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela excelência de ensino e oportunidades durante a graduação.

Às pessoas do PELD-BISC, em especial a Ana, a Ana Carolina, a Karol, a Lana, a Sofia e o Rafael, tive experiências ótimas fazendo parte do projeto.

Ao PELD-BISC e ao CNPq pelo apoio logístico e financeiro através das chamadas CNPQ/MCTI/CONFAP-FAPS/PELD de 2020, com adesão da FAPESC 2021TR386, e CNPq/ CONFAP-FAPS/PELD N° 23/2024, processo n° 445966/2024-6.

## RESUMO

*Plantago rahniana* é uma espécie herbácea endêmica e ameaçada, encontrada nos campos de altitude de Santa Catarina. A escassez de informações sobre sua biologia reprodutiva, combinada ao status de conservação da espécie, torna relevantes os estudos sobre sua germinação. Considerando a distribuição natural da espécie e o conhecimento existente sobre o gênero *Plantago*, partiu-se da hipótese de que a espécie exibe dormência fisiológica, a qual pode ser superada por tratamentos que simulem suas condições ambientais. As sementes foram coletadas e beneficiadas, seguidas pela aplicação dos seguintes tratamentos: controle, luz, ácido giberélico em três concentrações e estratificação em três períodos distintos. Após 40 dias de experimento, oito indicadores de germinação foram avaliados nos oito tratamentos. Os resultados demonstram que o controle apresenta baixa germinação com alta viabilidade, confirmando a presença de dormência. As respostas aos tratamentos com GA<sub>3</sub>, estratificação e luz confirmaram a dormência fisiológica. As maiores taxas de germinação ocorreram com GA<sub>3</sub> 0,5 mM e 7 dias de estratificação, porém diferiram na dinâmica germinativa. Enquanto a estratificação promoveu uma germinação mais rápida e mais síncrona, o GA<sub>3</sub> induziu um processo lento e mais assíncrono. A luz também estimulou a germinação, porém sem obrigatoriedade. O tratamento de 1 dia de estratificação não foi o suficiente para a superação da dormência. Essa dependência da duração da estratificação para a superação da dormência sugere uma vulnerabilidade significativa às mudanças climáticas, o que pode comprometer ainda mais seu status de conservação. Conclui-se que *P. rahniana* apresenta dormência fisiológica, eficientemente superada pela simulação de frio (estratificação). Os dados obtidos neste estudo preenchem lacunas no conhecimento sobre sua germinação e servem de base para estudos futuros e planos para a conservação da espécie e da biodiversidade dos campos de altitude do sul do Brasil.

**Palavras-chave:** Ecofisiologia; Dormência; Estratificação; Giberelina.

## ABSTRACT

*Plantago rahniana* is an endemic and endangered herbaceous species found in the highland grasslands of Santa Catarina. The lack of information on its reproductive biology, combined with the species' conservation status, makes studies on the germination of the species relevant. Considering the natural distribution of the species and existing knowledge about the *Plantago* genus, we started from the hypothesis that the species exhibits physiological dormancy, which can be overcome by treatments that simulate its environmental conditions. The seeds were collected and processed, followed by the application of the following treatments: control, light, gibberellic acid in three concentrations, and stratification in three time periods. After 40 days of the experiment, eight germination indicators were evaluated in the eight treatments. We found the control had low germination with high viability, confirming the presence of dormancy. The responses to the GA<sub>3</sub>, stratification, and light treatments confirmed physiological dormancy. The highest germination rates occurred with GA<sub>3</sub> 0.5 mM and 7 days of stratification but differed in germination dynamics. While stratification promoted faster and more synchronized germination, GA<sub>3</sub> induced a slow and asynchronous process. Light also stimulated germination, but without being mandatory. The 1-day stratification treatment was insufficient to overcome dormancy. This dependence on the duration of stratification to break dormancy suggests a significant vulnerability to climate change, which may further compromise its conservation status. Thus, *P. rahniana* has physiological dormancy, which is efficiently overcome by cold simulation (stratification). The data obtained here fills gaps in knowledge about its germination and serves as a basis for future studies and plans for the conservation of the species and the biodiversity of Brazil's south highland grasslands.

**Keywords:** Ecophysiology; Dormancy; Stratification; Giberellin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e pontos de coleta no Parque Nacional de São Joaquim	13
Figura 2 – Locais de coleta e espécie coletada	14
Figura 3 – Detalhe do fruto e semente de <i>Plantago rahniana</i>	15
Figura 4 – Delineamento experimental de germinação	16
Figura 5 – Delineamento experimental do teste de tetrazólio aplicado às sementes não germinadas	18
Figura 6 – Taxa de Germinação	20
Figura 7 – Tempo Médio de Germinação	21
Figura 8 – Índice de Velocidade de Germinação	22
Figura 9 – Frequência relativa, índice de incerteza e sincronia de germinação	23
Figura 10 – Germinação acumulada	24

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABA	Ácido Abscísico
B.O.D.	Câmara de Germinação
<i>fi</i>	Frequência Relativa da Germinação
G	Taxa de Germinação
GA	Giberelinas
GA <sub>3</sub>	Ácido Giberélico
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
Parna SJ	Parque Nacional de São Joaquim
<i>P. rahniana</i>	<i>Plantago rahniana</i>
TMG	Tempo Médio de Germinação
TTZ	Teste de Tetrazólio
U	Índice de Incerteza de Germinação
Z	Índice de Sincronia de Germinação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>13</b>
2.1	MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1.1	Coleta	13
2.1.2	Montagem do experimento	14
2.1.3	Desempenho da germinação nos diferentes tratamentos	16
2.1.4	Análise dos dados	19
2.2	RESULTADOS	19
2.2.1	Taxa de germinação (G)	19
2.2.2	Tempo médio de germinação (TMG)	20
2.2.3	Índice de Velocidade de Germinação (IVG)	21
2.2.4	Frequência Relativa (fi), Índice de Incerteza (U) e Índice de Sincronia (Z) de Germinação	22
2.2.5	Germinação acumulada (Gac)	23
2.2.6	Sementes germinadas e não germinadas	24
2.3	DISCUSSÃO	26
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os campos de altitude são ecossistemas abertos, com vegetação herbácea e arbustiva, e estão inseridos no bioma Mata Atlântica no Brasil, ocorrendo nos ambientes montano e alto-montano, a partir de 400 metros de altitude (IBGE, 2012). Esses ecossistemas são reconhecidos por sua grande biodiversidade e altas taxas de endemismo, além de fornecerem serviços ecossistêmicos vitais, como a regulação do ciclo hídrico e do clima (Bengtsson *et al.*, 2019; Iganci *et al.*, 2011). Em Santa Catarina, esta formação vegetal está presente na região central e sudeste do estado, formando mosaicos com florestas de araucária, sob clima oceânico temperado (Cfb, segundo Köppen-Geiger), sem estação seca e com temperaturas médias anuais de 12 °C (Alvares *et al.*, 2013; Wilson e Mayle, 2024).

Com o avanço das mudanças climáticas globais, as espécies adaptadas a climas mais frios, como o dos campos de altitude, podem se tornar ainda mais ameaçadas (Mondoni, Jiménez-Alfaro e Cavieres, 2022). Segundo projeções climáticas, mesmo nos cenários otimistas haverá perdas de hábitat nos campos de altitude brasileiros; já nos cenários pessimistas, as espécies presentes nesses locais tendem a extinção ainda neste século (Gorsani, 2023). Desta forma, visando a conservação da flora local perante a tais ameaças, é necessária a compreensão dos efeitos do clima sobre as diferentes etapas do ciclo de vida de plantas nativas, como a germinação.

A germinação é a primeira etapa do ciclo vegetal, e pode ser definida como um processo que inicia com a embebição com a retomada do crescimento do embrião, culminando no rompimento do tegumento pela protrusão da radícula (Bewley *et al.*, 2013). Esse processo depende de um conjunto de condições ambientais favoráveis, como umidade, temperatura e oxigênio, porém mesmo sob essas condições ambientais, alguns grupos não iniciam o processo de germinação por se encontrarem num estado chamado de dormência (Baskin e Baskin, 2014). A dormência é um mecanismo adaptativo que impede a germinação de sementes viáveis, sincronizando-as com o período ou condição ambiental mais favorável para o estabelecimento da plântula, facilitando o sucesso da espécie no seu hábitat natural (Baskin e Baskin, 2014; Carrera-Castanõ *et al.*, 2020). Esse mecanismo é mantido por diferentes fatores, que podem ser internos, relacionados ao próprio embrião, ou externos, impostos pelas estruturas que o recobrem (Baskin e Baskin,

2004). Dependendo da espécie e do tipo de bloqueio, a superação da dormência pode ser desencadeada por uma variedade de sinais ambientais (Finch-Savage e Leubner-Metzger, 2006).

Em regiões temperadas como no sul do Brasil, um dos tipos de dormência mais comum é a fisiológica (Finch-Savage e Leubner-Metzger, 2006). Nela, o embrião está formado, mas não germina por razões como um balanço hormonal interno que impede a germinação, isso ocorre principalmente entre os hormônios como o ácido abscísico (ABA), que é um inibidor da germinação, e as giberelinas (GA), que são promotoras (Baskin e Baskin, 2004). Essa classificação pode também ser subdividida em profunda, intermediária e não profunda, de acordo com a amplitude do intervalo de estímulos necessários para a quebra da dormência (Baskin e Baskin, 2004). Para a sua superação, podem ser empregados métodos laboratoriais que simulam sinais que ocorreriam de maneira natural no hábitat da planta. Alguns dos tratamentos mais comumente utilizados são a estratificação, a aplicação exógena de GA e a exposição das sementes à luz (BRASIL, 2009). Esses três tratamentos atuam principalmente pela diminuição da razão entre o ABA e o GA, através da regulação gênica dos dois principais hormônios envolvidos na superação da dormência e germinação das sementes (Wei, Wang e Yu, 2023; Yan e Chen, 2020).

No contexto dos campos de altitude, informações sobre a ecofisiologia da germinação, especialmente a dormência, são ainda incompletas em vários grupos. Dentre as famílias com ocorrência natural nos campos de altitude está Plantaginaceae, sendo *Plantago* o gênero com mais espécies dentro da família, possuindo uma ampla distribuição geográfica, com algumas de suas espécies apresentando dormência (Hassemer, Baumann e Trevisan, 2014; Kuiper e Bos, 1992). Uma espécie do gênero que ocorre nos campos de altitude catarinense em afloramentos rochosos é *P. rahniana* Hassemer & R.Trevis., espécie herbácea rara, endêmica e atualmente ameaçada de extinção (Hassemer, Baumann e Trevisan, 2014). A vulnerabilidade da espécie, acentuada por sua distribuição limitada, é agravada pela ausência de informações sobre sua biologia reprodutiva (Hassemer, Baumann e Trevisan, 2014). Portanto, investigar fatores que promovam a germinação de suas sementes não apenas fornece informações necessárias para subsidiar ações de conservação da biodiversidade local, mas também preenche uma lacuna no conhecimento científico.

Visando compreender os fatores que influenciam a dinâmica germinativa de *P. rahniana* e identificar suas possíveis restrições fisiológicas, este estudo buscou avaliar como fatores ambientais (luz e frio) e a aplicação de hormônio promotor de germinação (GA) influenciam a germinação de sementes da espécie. Nossa hipótese é de que as sementes de *P. rahniana* apresentam dormência fisiológica como uma adaptação às condições climáticas de seu ambiente, o que impede a germinação imediata após a dispersão. Esperamos ainda que a dormência possa ser superada por meio de tratamentos que simulem sinais ambientais e fisiológicos, como a aplicação exógena de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), a exposição a um período de frio e a luz. Foram avaliadas variáveis de germinação e viabilidade de sementes. Este trabalho amplia o conhecimento de espécies endêmicas dos campos de altitude e define possíveis estratégias para propagação da espécie.

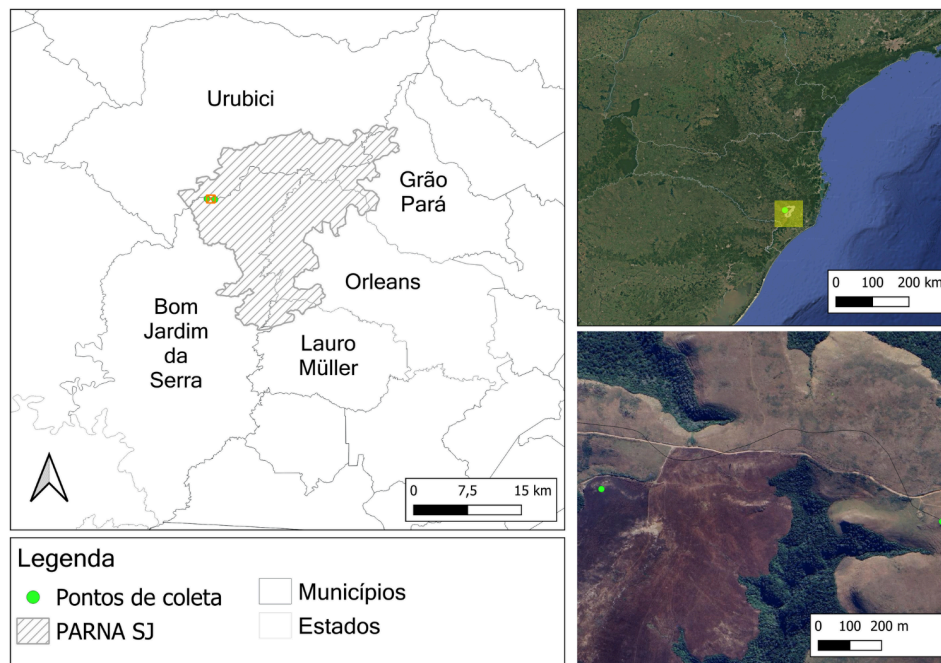
## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 2.1.1 Coleta

A coleta de sementes de *P. rahniana* foi realizada nos campos de altitude do Parque Nacional de São Joaquim (Parna SJ) que fica localizado na região do Planalto Serrano Catarinense. O Parna SJ tem uma área de 49.800 hectares e se situa nos municípios de Bom Jardim da Serra, Grão Pará, Lauro Müller, Orleans e Urubici (Figura 1) (Ferreira *et al.*, 2018).

Figura 1 – Localização e pontos de coleta no Parque Nacional de São Joaquim



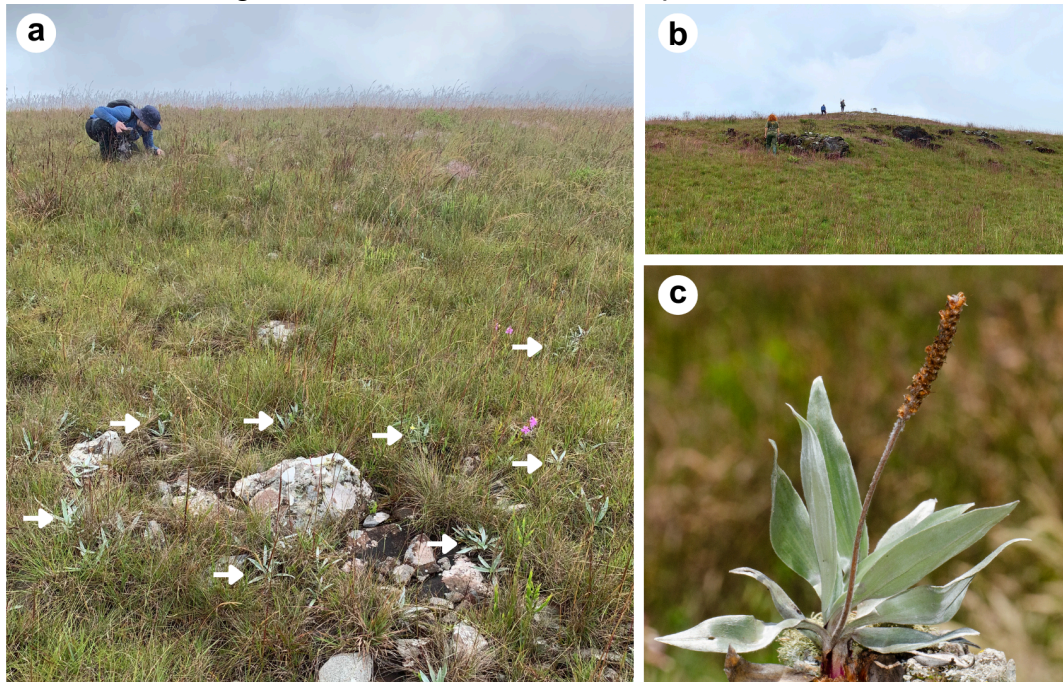
Legenda: Mapa com a localização em Santa Catarina do Parna SJ, seus limites e extensão dentro dos cinco municípios e onde ocorreu a coleta das sementes das duas populações de *P. rahniana* dentro dos limites do Parna SJ.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do IBGE (2024) e ICMBio (2018)

As coletas ocorreram em janeiro de 2025, durante o verão. Foram selecionadas de forma randomizada as infrutescências de mais de 10 indivíduos da espécie em duas populações diferentes (Figura 2). Ambas no município de Bom Jardim da Serra, na fronteira com Urubici, a cerca de 1700 metros de altitude (Figura 1). As infrutescências foram armazenadas em sacos com fecho hermético e ao

abrigo da luz e transportadas até o laboratório de Fisiologia Vegetal (LaFisio) da Universidade Federal de Santa Catarina para aplicação dos protocolos descritos abaixo.

Figura 2 – Locais de coleta e espécie coletada



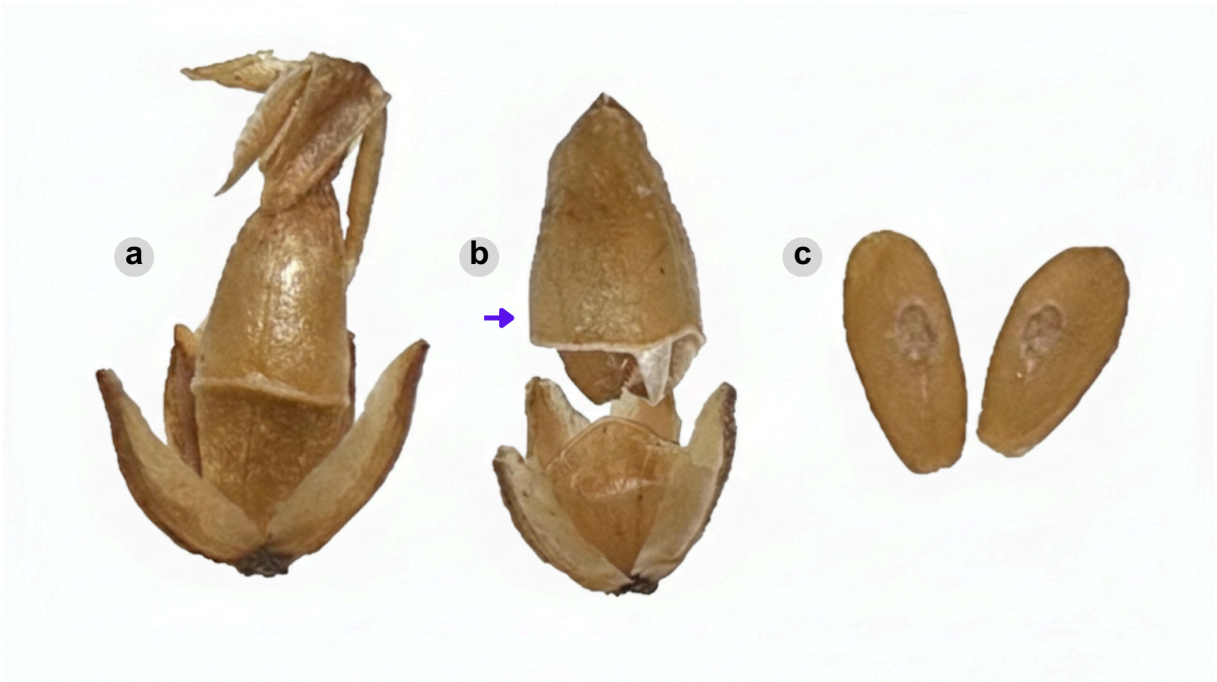
Legenda: Área de coleta de *P. rahniana* no Parna SJ. (a) Fitofisionomia do primeiro local de coleta onde a espécie (indicada pelas setas brancas) foi encontrada. (b) Visão geral de segundo local de coleta, capturada a distância. (c) Indivíduo de *P. rahniana* em estágio de frutificação.

Fonte: Elaborado pela autora. Crédito das imagens: Eduardo L. Hettwer Giehl.

### 2.1.2 Montagem do experimento

Os frutos foram separados das infrutescências, sendo extraídas em média duas sementes por fruto (Figura 3). Durante este processo foi realizado o beneficiamento das sementes, retirando-se as sementes que apresentavam danos aparentes, resultando em cerca de 800 sementes íntegras. Para os experimentos de germinação, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições de 25 sementes por tratamento. O experimento contou com oito tratamentos diferentes, sendo eles: controle, exposição à luz, estratificação entre 5 e 7 °C durante 1, 3 ou 7 dias e aplicação de GA<sub>3</sub> nas concentrações de 0,1, 0,25 ou 0,5 milimolar (mM).

Figura 3 – Detalhe do fruto e semente de *P. rahniana*

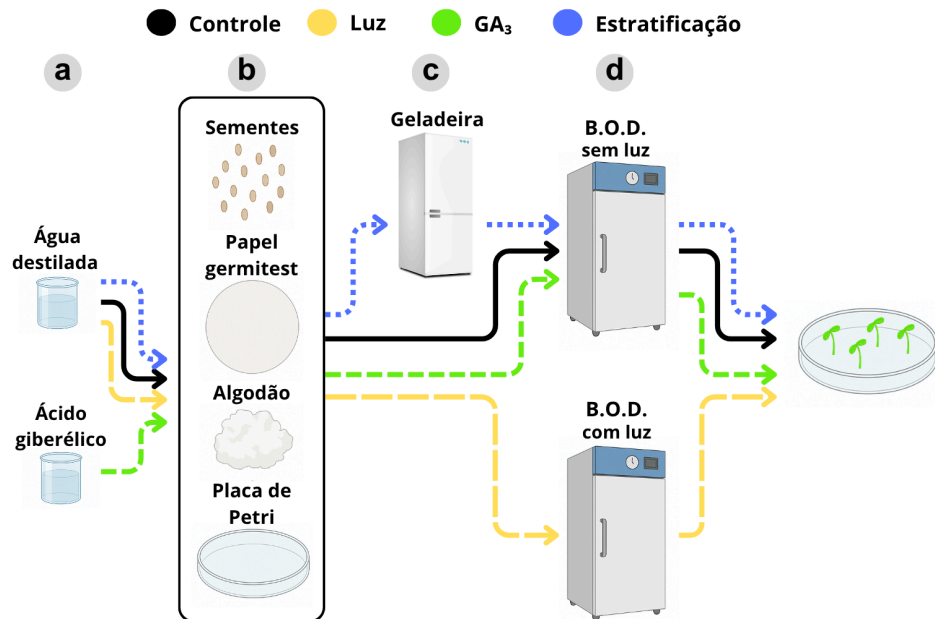


Legenda: Fotografia do fruto e semente da espécie *P. rahniana*. (a) Detalhe de um fruto separado da infrutescência de *P. rahniana*. (b) Pericarpo (seta roxa) envolvendo duas sementes. (c) Face placentar das sementes de *P. rahniana*.

Fonte: Elaborado pela autora.

As sementes foram dispostas em placas de Petri contendo uma folha de papel Germitest sobre uma camada de algodão, umedecidos com 12 ml de água destilada ou solução de GA<sub>3</sub> nas concentrações mencionadas anteriormente (Figura 4 a-b). Os tratamentos de estratificação foram armazenados ao abrigo de luz durante 1, 3 ou 7 dias a 5–7 °C, e em seguida transferidos para câmara de germinação (B.O.D.) a 20 °C no escuro (Figura 4 c-d). Os tratamentos de ácido giberélico foram incubados diretamente em B.O.D. a 20°C no escuro (Figura 4 d). Já no caso do tratamento luz, as sementes foram incubadas em B.O.D. a 20°C com fotoperíodo de 12 horas (Figura 4 d). Como controle, sementes sem tratamento prévio foram diretamente incubadas em B.O.D. a 20°C no escuro (Figura 4 d). A contagem de germinação ocorreu diariamente por um período de 40 dias.

Figura 4 – Delineamento experimental de germinação



Legenda: Montagem do experimento de germinação. (a) Soluções aplicadas ao substrato: água destilada para os tratamentos controle, luz e estratificação (1, 3 ou 7 dias) e GA<sub>3</sub> nas concentrações de 0,1, 0,25 ou 0,5 mM. (b) As sementes foram distribuídas sobre papel germitest acima de uma camada de algodão umedecido com as soluções, em placas de Petri. (c) Etapa exclusiva da estratificação: armazenamento das sementes entre 5-7 °C por 1, 3 ou 7 dias. (d) Placas mantidas em câmaras de germinação, com ou sem luz, por 40 dias.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 2.1.3 Desempenho da germinação nos diferentes tratamentos

Para a avaliação do desempenho da germinação sob os diferentes tratamentos, utilizamos oito indicadores: taxa de germinação (G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), frequência relativa da germinação ( $f_i$ ), índice de incerteza de germinação (U), índice de sincronia de germinação (Z), germinação acumulada (Gac) e teste de tetrazólio (TTZ), calculados conforme abaixo.

1. Taxa de Germinação (G) (Labouriau, 1983):

$$G(\%) = \left( \frac{\text{Número Total de Sementes Germinadas do Tratamento}}{\text{Número Total de Sementes do Tratamento}} \right) \times 100$$

2. Tempo Médio de Germinação (TMG) (Labouriau, 1983):

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Onde:

- $n_i$  é o número de sementes germinadas no tempo  $t_i$ .
- $t_i$  é o tempo em dias desde o início do experimento até o  $i$ -ésimo dia.
- $k$  é o último dia de germinação.

3. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (Maguire, 1962):

$$IVG = \sum_{i=1}^n n_i / t_i$$

Onde:

- $n_i$  é o número de sementes germinadas no tempo  $t_i$ .
- $t_i$  é o tempo em dias desde o início do experimento até o  $i$ -ésimo dia.

4. Frequência Relativa da Germinação ( $f_i$ ) (Labouriau e Valadares, 1976):

$$f_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Onde:

- $n_i$  é o número de sementes germinadas no tempo  $t_i$ .
- $k$  é o último dia de germinação.

5. Índice de Incerteza de Germinação (U) (Labouriau e Valadares, 1976):

$$U = - \sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i$$

Onde:

- $f_i$  é a frequência relativa de germinação.
- $k$  é o último dia de observação.

6. Índice de Sincronia de Germinação (Z) (Primack, 1980):

$$Z = \frac{\sum [n_i(n_i-1)]}{(\sum n_i)(\sum n_i-1)}$$

Onde:

- $n_i$  é o número de sementes germinadas no tempo  $t_i$ .

## 7. Germinação Acumulada (GAc):

$$GAc(\%) = \left( \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{T} \right) \times 100$$

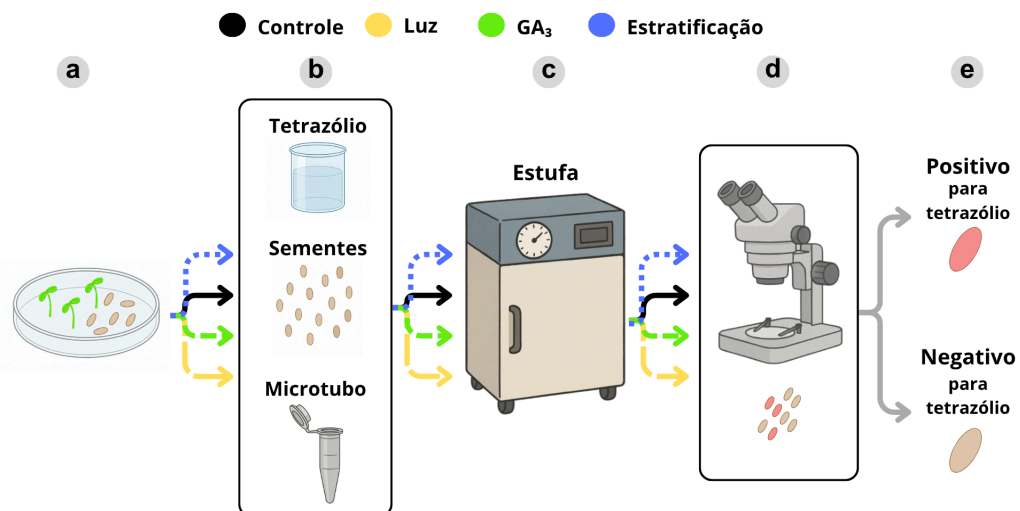
Onde:

- $n_i$  é o número de sementes germinadas no tempo  $t_i$ .
- $k$  é o último dia de observação.
- $T$  é o número total de sementes do tratamento.

## 8. Teste de tetrazólio (TTZ)

Ao final do experimento, as sementes que não germinaram foram submetidas ao TTZ. As sementes que não germinaram foram separadas conforme o tratamento e repetição em microtubos com a solução 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio na concentração de 1% e mantidas no escuro em estufa a 37° C por 24 horas para coloração (Figura 5). Em seguida, as sementes foram lavadas com água destilada e analisadas individualmente em lupa utilizando-se os seguintes critérios de interpretação: onde sementes com coloração vermelha são positivas para o teste de tetrazólio e consideradas viáveis; já as sementes que não reagiram (sem coloração), foram consideradas inviáveis (França-Neto e Krzyzanowski, 2019).

Figura 5 – Delineamento experimental do teste de tetrazólio aplicado às sementes não germinadas



Legenda: Montagem do experimento de tetrazólio. (a) Seleção das sementes não germinadas após 40 dias em B.O.D. (b) Acondicionamento em microtubos separados por tratamento e repetição, e imersão em solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio a 1%. (c) Armazenamento a 37 °C por 24 horas em estufa. (d) Seccionamento e análise com microscópio estereoscópio. (e) Sementes com coloração avermelhada foram consideradas viáveis; aquelas sem coloração, inviáveis.

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 2.1.4 Análise dos dados

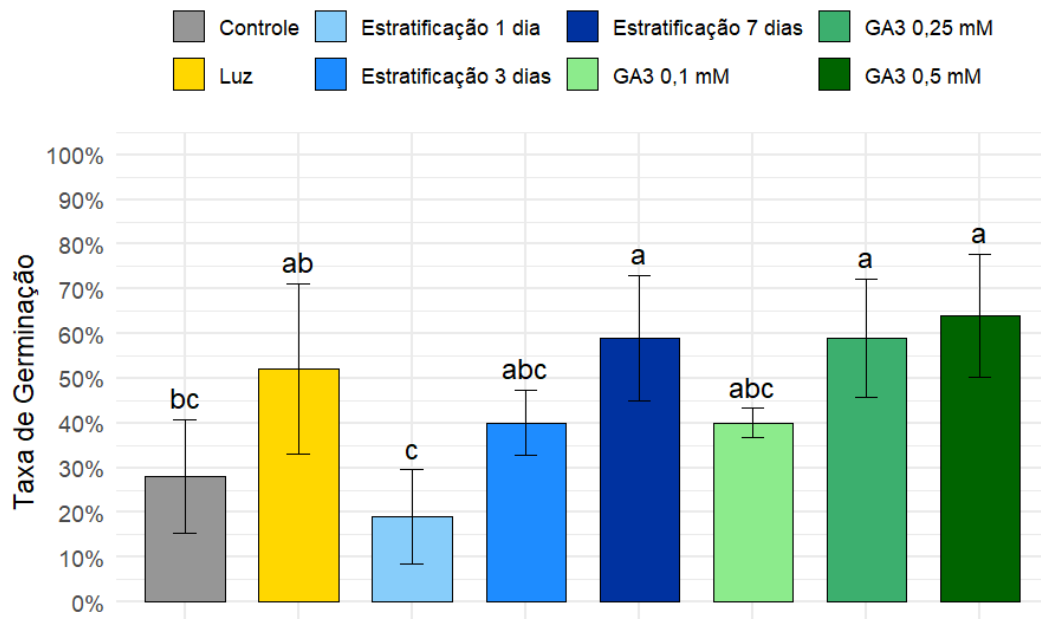
Para testar diferenças entre os oito tratamentos nos resultados de G, TMG, IVG e TTZ, foram realizados testes estatísticos, sendo eles: teste de variância (ANOVA), teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk, teste de homogeneidade de Bartlett e teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Quando as variâncias não foram homogêneas foi aplicado o teste ANOVA de Welch e o teste *post hoc* de Games-Howell. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2025).

## 2.2 RESULTADOS

### 2.2.1 Taxa de germinação (G)

O uso de tratamentos de superação de dormência afetou a germinação de sementes de *P. rahniana* de maneiras distintas. As aplicações exógenas de GA<sub>3</sub> nas concentrações de 0.5 (G= 64%) e 0.25 (G= 59%) e a estratificação de 7 dias (G= 59%) apresentaram as maiores taxas de germinação do experimento (Figura 6). Resultados intermediários foram observados no tratamento luz (G= 52%), estratificação de 3 dias (G= 40%) e GA<sub>3</sub> 0,1 mM (G= 40%) (Figura 6). Os tratamentos com a estratificação por 1 (G= 19%) e 3 dias (G= 40%) apresentaram taxas de germinação estatisticamente iguais às do grupo controle (G= 28%), porém visualmente conseguimos ver um padrão de aumento da taxa de germinação com o aumento do tempo de estratificação (Figura 6).

Figura 6 – Taxa de Germinação



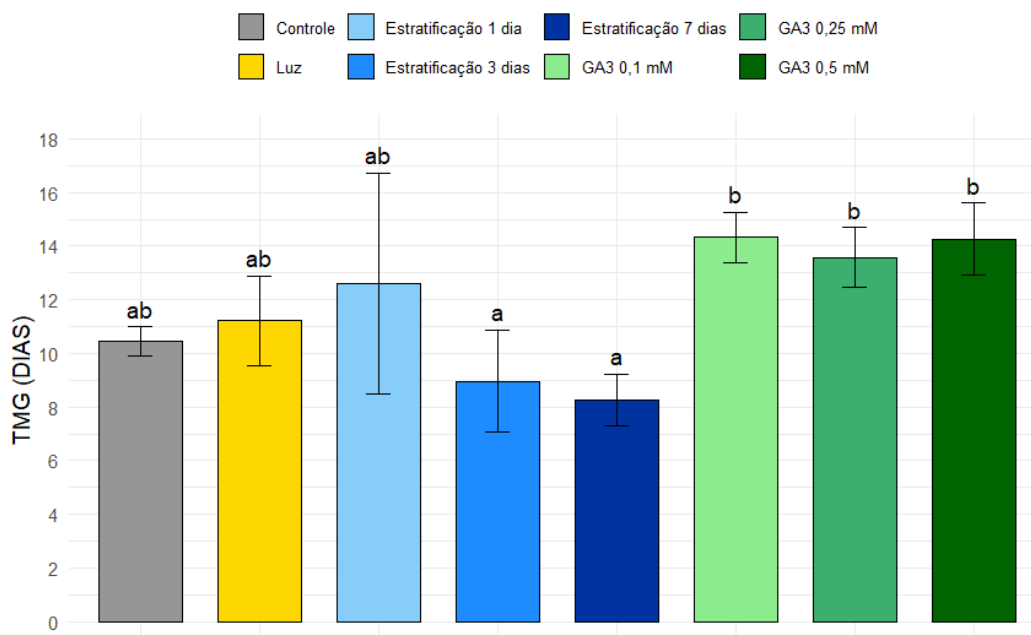
Legenda: Porcentagem de germinação de sementes de *P. rahniana* submetidas a diferentes tratamentos, sendo eles o grupo controle, luz, estratificação em diferentes durações e aplicação de GA<sub>3</sub> em diferentes concentrações. As barras representam a média da taxa de germinação  $\pm$  o desvio-padrão e as letras indicam as diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Fonte: Elaborado pela autora.

### 2.2.2 Tempo médio de germinação (TMG)

Os tempos mais curtos de germinação foram encontrados sob estratificação por 3 e 7 dias, levando 9 e 8 dias para germinar, respectivamente (Figura 7). Em oposição, os tratamentos com aplicação de GA<sub>3</sub> resultaram nos maiores TMG. Os tratamentos GA<sub>3</sub> 0,1 mM e 0,5 mM levaram, em média, 14 dias para germinar, e o de 0,25 mM, levou 13 dias (Figura 7). Os tratamentos intermediários foram o grupo controle, com um TMG de 10 dias, os tratamentos luz (TMG= 11 dias) e a estratificação de 1 dia (TMG= 12 dias) (Figura 7).

Figura 7 – Tempo Médio de Germinação



Legenda: Tempo médio de germinação (em dias) de sementes submetidas aos tratamentos controle, luz, GA<sub>3</sub> em diferentes concentrações e estratificação em diferentes durações. As barras representam o TMG ± o desvio-padrão e as letras indicam as diferenças estatísticas entre os tratamentos.

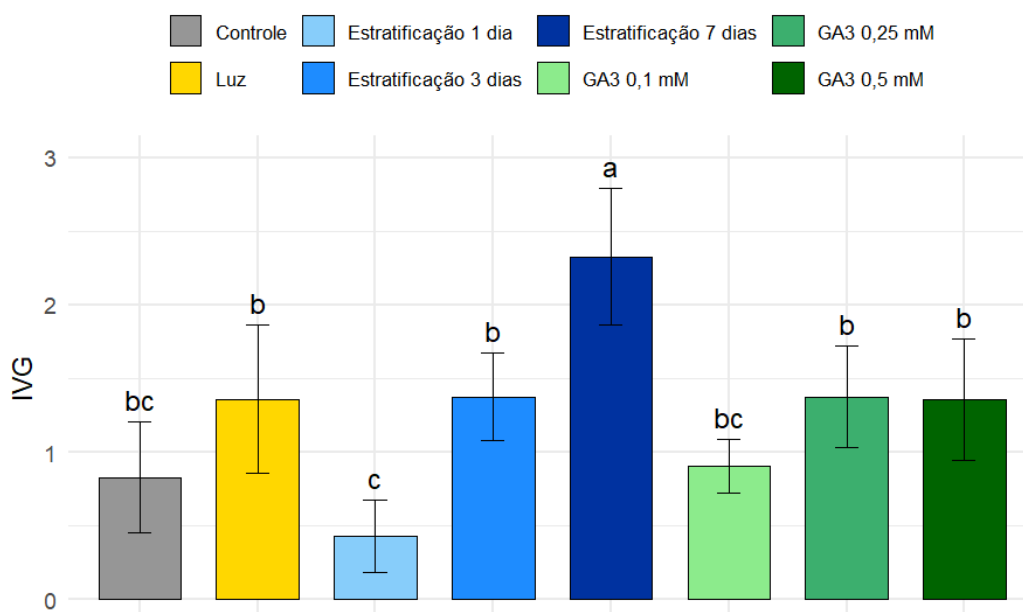
Fonte: Elaborado pela autora.

### 2.2.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

A germinação mais rápida ocorreu sob estratificação por 7 dias (IVG= 2,3), sendo a germinação 2,8 vezes mais rápida neste tratamento do que no controle (IVG= 0,8), sendo estatisticamente superior a todos os outros (Figura 8).

Com desempenho intermediário, e sem diferenças estatísticas entre si, ficaram os tratamentos luz (IVG= 1,36), estratificação de 3 dias (IVG= 1,38), e GA<sub>3</sub> 0,25 mM (IVG= 1,37) e 0,5mM (IVG= 1,36) (Figura 8). Todos estes tratamentos apresentaram um IVG em torno de 1,37, representando uma velocidade 1,7 vezes maior que a do grupo controle (Figura 8). O tratamento GA<sub>3</sub> 0,1 mM (IVG= 0,9) apresentou desempenho similar ao do controle (Figura 8). Em contraste, o pior desempenho foi registrado na estratificação por 1 dia (IVG= 0,4), que apresentou o menor IVG do experimento (Figura 8).

Figura 8 – Índice de Velocidade de Germinação



Legenda: Efeito de diferentes tratamentos sobre o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de *P. rahniana*, sendo eles o grupo controle, luz, estratificação em diferentes durações e aplicação de ácido giberélico em diferentes concentrações. As barras representam a média da taxa de germinação  $\pm$  o desvio-padrão e as letras indicam as diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos.

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 2.2.4 Frequência Relativa ( $f_i$ ), Índice de Incerteza (U) e Índice de Sincronia (Z) de Germinação

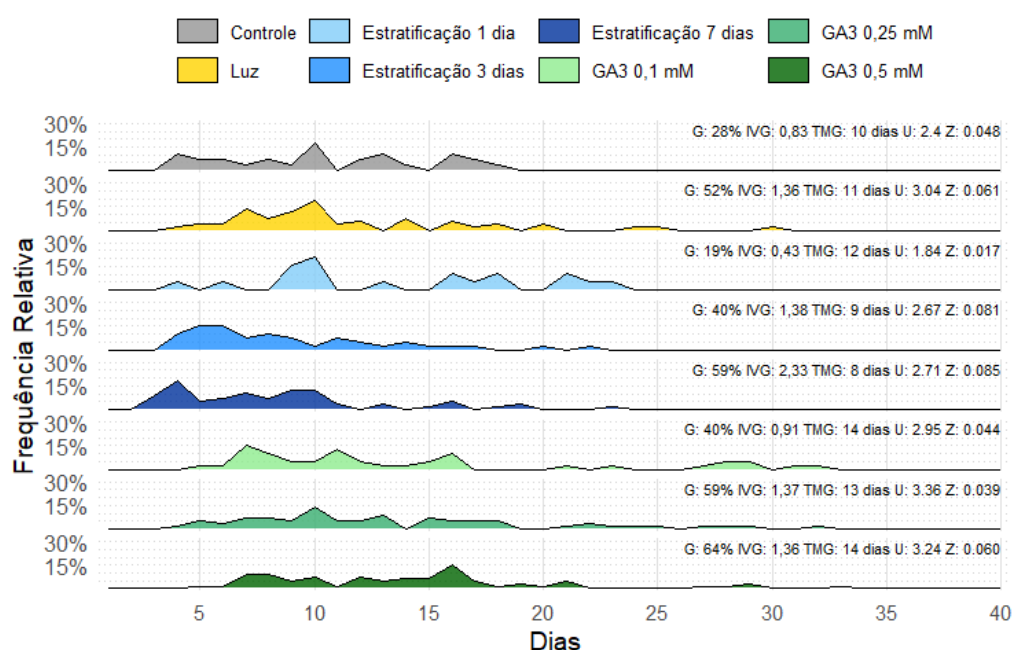
A frequência relativa de germinação ( $f_i$ ), combinada com os índices de incerteza (U) e sincronia (Z), revelaram a distribuição temporal da germinação em cada tratamento. Os tratamentos com os padrões de germinação mais eficientes foram os com maiores períodos de estratificação, porém todos os tratamentos apresentaram uma sincronia baixa, ou seja, todos são assíncronos (Figura 9). A estratificação por 7 dias destacou-se por promover maior sincronidade na germinação, apresentando o maior índice Z ( $Z= 0,085$ ), indicada pela sobreposição de germinação no tempo, com um pico de germinação concentrado e precoce (Figura 9). A estratificação por 3 dias ( $Z= 0,081$ ) também apresentou um dos maiores índice Z, com um pico moderado e precoce (Figura 9).

Em oposição, os tratamentos com GA<sub>3</sub> resultaram na germinação mais dispersa e imprevisível. O GA<sub>3</sub> 0,25 mM registrou a maior incerteza ( $U= 3,36$ ) e uma das menores sincronias ( $Z= 0,039$ ) (Figura 9). De forma similar, o GA<sub>3</sub> 0,5 mM

também apresentou alta incerteza ( $U= 3,24$ ), com um padrão de germinação disperso ao longo do tempo, indicando uma germinação assíncrona (Figura 9).

Os demais tratamentos apresentaram padrões intermediários ou desfavoráveis. O controle e a luz resultaram em curvas de frequência baixas e dispersas (Figura 9). Embora a estratificação por 1 dia tenha tido a menor incerteza ( $U= 1,84$ ), registrou a maior assincronia ( $Z= 0,017$ ) do experimento, correspondendo a um padrão de germinação mais baixo e esporádico (Figura 9).

Figura 9 – Frequência relativa, índice de incerteza e sincronia de germinação



Legenda: Gráfico com os dados de frequência relativa de germinação pelo tempo em dias.

Na parte superior direita de cada tratamento são disponibilizados dados dos valores de taxa de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), o índice de incerteza (U) e o índice de sincronia (Z).

Fonte: Elaborado pela autora.

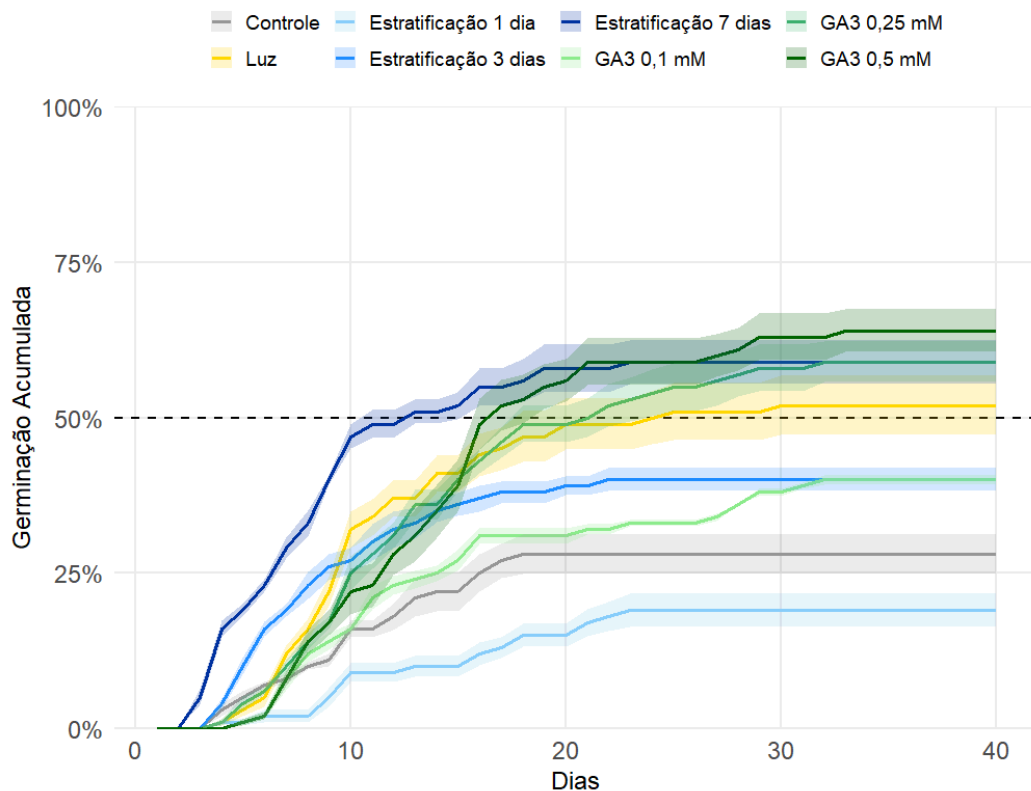
### 2.2.5 Germinação acumulada (Gac)

A curva de Gac com a maior inclinação do experimento foi a da estratificação por 7 dias, ocorrendo entre os dias 3 e 15, atingindo o platô máximo rapidamente, com uma das taxas de germinação mais altas, atingindo os 50% de germinação entre os dias 11 e 12 (Figura 10). Os tratamentos GA<sub>3</sub> 0,5 mM e 0,25 mM também apresentaram uma taxa de germinação alta, mas com aumento mais gradual e

prolongado, continuando até aproximadamente o dia 30, atingindo 50% de germinação, respectivamente, no dia 16 e entre os dias 18 e 20 (Figura 10).

As curvas intermediárias ocorreram nos tratamentos luz e estratificação por 3 dias, com um aumento da taxa de germinação mais rápida que o controle no início, mas com menor intensidade que a estratificação por 7 dias (Figura 10). O tratamento luz atingiu 50% de germinação entre os dias 22 e 23 (Figura 10). As curvas do GA<sub>3</sub> 0,1 mM e do controle apresentaram inclinações similares, e a estratificação de 1 dia obteve a curva com a menor inclinação, indicando um processo de germinação lento e com porcentagem de germinação menor (Figura 10). Os tratamentos estratificação por 1 e 3 dias, GA<sub>3</sub> 0,1 mM e controle não atingiram 50% de germinação ao longo do experimento (Figura 10).

Figura 10 – Germinação acumulada



Legenda: Germinação acumulada (%) de sementes submetidas a diferentes tratamentos (controle, luz, estratificação 1,3 e 7 dias e GA<sub>3</sub> 0,1 , 0,25 e 0,5mM) durante 40 dias. A linha tracejada serve como guia para indicar quando cada tratamento atingiu 50% de germinação. Cada linha representa a média da germinação acumulada e a área sombreada indica o respectivo desvio padrão.

Fonte: Elaborado pela autora.

## 2.2.6 Sementes germinadas e não germinadas

A tabela 1 apresenta os percentuais de viabilidade das sementes de *P. rahniana* em diferentes tratamentos, que foram obtidos a partir do TTZ realizado nas sementes não germinadas ao fim dos 40 dias de germinação. Em relação às sementes germináveis (viáveis), os maiores percentuais foram encontrados no controle (37%) e na estratificação 3 dias (42%) (Tabela 1). Estes dois tratamentos mantiveram uma quantidade significativamente maior de sementes dormentes em comparação com todos os outros, que apresentaram porcentagens abaixo de 19% (Tabela 1). Os tratamentos luz, estratificação por 1 e 7 dias, e GA<sub>3</sub> 0,1, 0,25 e 0,5 mM resultaram na menor quantidade de sementes germináveis, variando entre 14 e 19% (Tabela 1).

A porcentagem de sementes inviáveis revelou que a estratificação por 1 dia causou a maior perda de viabilidade (64%), significativamente superior a todos os outros tratamentos (Tabela 1). O tratamento com GA<sub>3</sub> 0,1 mM (41%) também apresentou uma alta taxa de inviabilidade (Tabela 1). Em contrapartida, a estratificação por 3 dias (18%) e o GA<sub>3</sub> 0,5 mM (19%) resultaram nos menores percentuais de sementes inviáveis, indicando menor dano ou perda de viabilidade sob estas condições (Tabela 1).

Tabela 1 – Porcentagem de sementes germinadas, germináveis e inviáveis de *P. rahniana* submetidas à diferentes tratamentos de superação de dormência.

Tratamentos	Germinadas (%)	Germináveis (%)	Inviáveis (%)
Controle	28 ± 12,65 (bc)	37 ± 11,49 (a)	35 ± 8,17 (bc)
Luz	52 ± 19,32 (ab)	14 ± 12,65 (b)	34 ± 11,63 (bc)
Estratificação 1 dia	19 ± 10,52 (c)	17 ± 8,83 (b)	64 ± 11,63 (a)
Estratificação 3 dias	40 ± 7,30 (abc)	42 ± 7,75 (a)	18 ± 2,31 (d)
Estratificação 7 dias	59 ± 13,90 (a)	17 ± 8,29 (b)	24 ± 10,86 (cd)
GA <sub>3</sub> 0,1 mM	40 ± 3,27 (abc)	19 ± 5,03 (b)	41 ± 8,25 (b)
GA <sub>3</sub> 0,25 mM	59 ± 13,11 (a)	19 ± 8,83 (b)	22 ± 5,16 (cd)
GA <sub>3</sub> 0,5 mM	64 ± 13,86 (a)	17 ± 8,83 (b)	19 ± 6,83 (d)

Legenda: Relação de sementes germinadas por tratamento com não germinadas (em %), que foram divididas em dois grupos: germináveis, que apresentaram reação ao teste de tetrazólio a 1%, e inviáveis, que não apresentaram reação ao teste tetrazólio ou estavam mortas. As letras indicam as diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos.

Fonte: Elaborado pela autora.

## 2.3 DISCUSSÃO

Nossos resultados revelam que *P. rahniana* possui dormência fisiológica, a qual pode ser superada pelos tratamentos estratificação, luz e GA<sub>3</sub>, com destaque para a estratificação 7 dias, corroborando nossa hipótese. Isso pode ser comprovado principalmente através dos dados de taxa de germinação e viabilidade, que variam entre os tratamentos aplicados para a superação da dormência. Já no controle, sementes sem tratamentos pré-germinativos apresentaram uma taxa de germinação baixa, porém com alta proporção de sementes não germinadas que permaneciam viáveis (teste de tetrazólio), indicando a presença de dormência fisiológica nas sementes (Soares *et al.*, 2016).

Em relação a luz, as sementes de *P. rahniana* germinaram tanto na presença, quanto na sua ausência. Esse dado nos sugere que a luz não é um requisito para a germinação, mas um fator estimulante. Esse comportamento já foi registrado no gênero, como no caso de *Plantago ovata*, porém essa característica é variável em *Plantago* (Sousa *et al.*, 2008). Ainda assim, a luz teve um melhor desempenho que o grupo controle, porém apresentou uma dinâmica de germinação lenta e assíncrona.

No tratamento de estratificação houve uma relação clara entre o tempo de frio e o aumento das taxas e desempenho de germinação. O período de 1 dia apresentou um dos piores parâmetros de todo o experimento com relação a taxa, velocidade, sincronia e viabilidade. Já o período de 7 dias de estratificação teve um dos melhores desempenhos em vários parâmetros de germinação. A resposta positiva a um tempo de estratificação relativamente curto (7 dias), que poderia ser representado por uma semana seguida de frio, classifica a dormência como fisiológica do tipo não profunda (Baskin e Baskin, 2004).

Os tratamentos com aplicação exógena de GA<sub>3</sub>, nas concentrações 0,25 e 0,5 mM, tiveram taxas de germinação boas, porém a dinâmica de germinação se mostrou com maior assincronia. A eficácia da aplicação exógena de GA<sub>3</sub> confirma a regulação hormonal como um componente importante na germinação da espécie (Luo *et al.*, 2025).

A heterogeneidade e a estratégia “bet-hedging” são algumas das possíveis respostas ecofisiológicas para explicar os dados deste estudo. A estratégia “bet-hedging” é a distribuição dos riscos de investimento da germinação em

ambientes imprevisíveis, e a heterogeneidade é a variação dentro da população e indivíduo, e podem estar ligados à dinâmica de germinação. Em relação a sincronia de germinação, todos os tratamentos apresentaram baixa sincronicidade. A maior exposição ao frio promoveu a germinação mais rápida e mais sincronizada de todo o experimento, essa relação entre estratificação e aumento da sincronia já foi descrita em outros grupos (Maleki *et al.*, 2023). Já as maiores concentrações de GA<sub>3</sub> geraram a germinação mais lenta e assíncrona do experimento. A presença de assincronia é frequentemente associada a estratégias de “bet-hedging” reduzindo o risco de extinção local por eventos imprevisíveis (Finch-Savage e Bassel, 2016). Por conta da ocorrência desses eventos, como, por exemplo, geadas na primavera, espécies dos campos de altitude sulinos podem apresentar esse tipo de estratégia, isso possibilita a permanência de uma parte das sementes no banco de sementes no solo, aumentando as chances de germinação (Pausas *et al.*, 2022).

Um período de 7 dias de frio apresentou o melhor desempenho geral de germinação, com a maior velocidade do experimento e uma taxa de germinação alta (Figura 6 e 8). A germinação mais rápida após o frio do inverno pode aumentar as chances de sucesso na primavera, já que, se estabelecendo antes das outras, a espécie contaria com mais recursos (Pan *et al.*, 2025). Essa resposta positiva à estratificação é compartilhada por outras espécies do gênero, como *P. lanceolata*, estando presente em diferentes grupos sob pressões ambientais similares, reforçando a relação da espécie com o seu ambiente de origem (Finch-Savage e Leubner-Metzger, 2006; Kiss *et al.*, 2025). No entanto, uma exposição muito curta ao frio não foi o suficiente para aumentar as taxas de germinação. Essa diminuição da taxa de germinação, em relação a 7 dias de estratificação, provavelmente ocorreu porque a exposição das sementes ao frio de curta duração não foi o suficiente para a superação da dormência, podendo ter induzido uma parcela das sementes à dormência secundária. No contexto do avanço das mudanças climáticas, além das perdas de habitat, o aquecimento global e a alteração dos padrões de temperatura podem reduzir a eficácia ou a duração do sinal de frio, impedindo uma superação eficiente da dormência, diminuindo as populações naturais da espécie a longo prazo (Gorsani, 2023; Klupczyńska e Pawłowski, 2021).

As taxas de germinação de todos os tratamentos tiveram uma média abaixo de 65%, sendo os tratamentos luz, estratificação de 7 dias e GA<sub>3</sub> 0,25 e 0,5 mM os únicos tratamentos a atingirem mais de 50% de germinação. Essa taxa de

germinação pode ter ocorrido pela presença de sementes naturalmente inviáveis, o que pode estar ligado à heterogeneidade das sementes. Naturalmente, sementes apresentam polimorfismos genéticos entre populações, além da influência de fatores ambientais na planta-mãe, que provoca a expressão de diferentes fenótipos nas sementes (Lacey *et al.*, 2022). Essa variação intraespecífica é comum, podendo provocar a ausência e/ou a necessidade de diferentes estímulos para a superação da dormência variando entre as sementes (Carrera-Castanõ *et al.*, 2020; Milberg e Andersson, 1998).

Essa amplitude de respostas é utilizada na estratégia de “bet-hedging”. Esse fator pode elucidar os padrões de germinação no gráfico de frequência relativa de germinação. Podemos observar um padrão de germinação diferente na estratificação 3 e 7 dias, os dois estão deslocados para a esquerda e depois apresentam picos baixos em intervalos mais distantes (Figura 9). Esse dado nos indica o papel da sincronia inicial provocada pela estratificação, que sinaliza a passagem do frio, seguida de um momento oportuno para a germinação, provocando uma germinação mais expressiva no início, porém mantendo o padrão assíncrono posteriormente. Já os demais tratamentos estão mais à direita do gráfico indicando um início mais tardio e com picos moderados em intervalos menores (Figura 9).

Os dados obtidos têm implicações diretas para a conservação da espécie *P. rahniana*. Planos de ação visando a melhora no estado de conservação da espécie devem considerar a necessidade de exposição ao frio para a quebra da dormência e germinação eficiente. Para a propagação em viveiro, a exposição ao frio entre 5-7 °C por 7 dias é o protocolo mais indicado, produzindo mudas de forma rápida (Figura 8). A aplicação exógena de hormônios, apesar da alta taxa de germinação, levaria a um manejo mais custoso, devido a necessidade de um tempo maior e custos adicionais com reguladores de crescimento vegetal (Figura 7).

Como perspectivas, sugerimos avaliar se a interação entre os tratamentos de estratificação e aplicação exógena de GA<sub>3</sub> poderia otimizar ainda mais a germinação, ou ainda a junção do tratamento de estratificação com a presença de luz. Outro ponto seria o teste com maiores durações de estratificação que poderiam revelar se a taxa de germinação de 59% é o máximo possível por este método. Finalmente, análises fisiológicas e bioquímicas sobre a letalidade da estratificação

curta (1 dia), poderiam elucidar melhor os mecanismos que levam a deterioração da semente.

### 3 CONCLUSÃO

Nosso estudo comprovou a presença de dormência fisiológica em sementes da espécie *P. rahniana*, podendo ser superada por meio de tratamentos, como a estratificação, a aplicação exógena de GA<sub>3</sub> e a luz, sendo a estratificação por 7 dias o mais recomendado, por aumentar o índice de velocidade de germinação em relação aos demais tratamentos. A raridade da espécie parece estar associada à necessidade de um período de frio para a quebra da dormência fisiológica e subsequente germinação no seu hábitat natural, sendo um período curto insuficiente para a superação da dormência, levando a um cenário pessimista frente às mudanças climáticas. Para a melhoria do estado de conservação da espécie, é recomendado intervenções externas como o reforço populacional, a partir de mudas ou tratamentos de estratificação em sementes.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2004.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Ecologically Meaningful Germination Studies. *In*: BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014. cap. 2, p. 5-35.
- BENGTSSON, J. *et al.* Grasslands—more important for ecosystem services than you might think. **Ecosphere**, v. 10, n. 2, 2019.
- BEWLEY, J. D. *et al.* Germination. *In*: BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds**. New York: Springer, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Teste de germinação. *In*: BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. Cap. 5, p. 147-224.
- CARRERA-CASTAÑO, G. *et al.* An Updated Overview on the Regulation of Seed Germination. **Plants**, v. 9, p. 703, 2020.
- FERREIRA, L. M. *et al.* (org.). **Plano de Manejo do Parque Nacional de São Joaquim**. Brasília, DF: ICMBio, 2018. 72 p.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567–591, 2016.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v. 171, n. 3, p. 501-523, 2006.
- FRANÇA-NETO, J.; KRZYZANOWSKI, F. Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 359-366, 2019.
- GORSANI, R. G. **'Campo de altitude': climate changes in time and space**. 2023. 123 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.
- HASSEMER, G.; BAUMANN, M.; TREVISAN, R. *Plantago rahniana* (Plantaginaceae): A Narrow Endemic, New Species from Southern Brazil. **Systematic Botany**, v. 39, n. 2, p. 637-643, 2014.
- IGANCI, J. R. V. *et al.* Campos de Cima da Serra: the Brazilian Subtropical Highland Grasslands show an unexpected level of plant endemism. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 167, n. 4, p. 378-393, dez. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa da Área de Aplicação da Lei nº 11.428 de 2006**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 1 mapa, color.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas territoriais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Limite do Parque Nacional de São Joaquim**. Brasília, DF: ICMBio, 2018. 1 arquivo shapefile.

KISS, R. *et al.* Effect of pre-germination temperature conditions on germination characteristics of temperate grassland species. **BMC Ecol Evo**, v. 25, p. 82, 2025.

KLUPCZYŃSKA, E.; PAWŁOWSKI, T. Regulation of Seed Dormancy and Germination Mechanisms in a Changing Environment. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 3, p. 1357, 2021.

KUIPER, P. J. C.; BOS, M. (ed.). **Plantago: A Multidisciplinary Study**. Berlin: Springer, 1992. (Ecological Studies).

LABOURIAU, L. F. G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: Organização dos Estados Americanos, 1983.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, p. 263-284, 1976.

LACEY, E. P. *et al.* Transgenerational Genetic Effects Help Explain Latitudinal Variation in Seed Mass and Germination Timing in *Plantago lanceolata*. **Plants**, v. 11, p. 522, 2022.

LUO, Y. *et al.* Exogenous GA3 Promotes Germination by Reducing Endogenous Inhibitors in Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) Seeds. **Plants**, v. 14, p. 1464, 2025.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALEKI, K. *et al.* A model for changes in germination synchrony and its implements to study weed population dynamics: a case study of Brassicaceae. **Plants**, Basel, v. 12, n. 2, art. 233, 2023.

MILBERG, P.; ANDERSSON, L. Does cold stratification level out differences in seed germinability between populations?. **Plant Ecology**, v. 134, p. 225-234, 1998.

MONDONI, A.; JIMÉNEZ-ALFARO, B.; CAVIERES, L. A. Effect of climate change on plant regeneration from seeds in the arctic and alpine biome. In: BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (ed.). **Plant Regeneration from Seeds**. Academic Press, 2022. p. 3-18.

PAN, L. *et al.* Trade-off strategies between growth and defense of spring ephemeral plants in early spring. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, p. 1503169, 2025.

PAUSAS, J. G. *et al.* Bet-hedging and best-bet strategies shape seed dormancy. **New Phytologist**, v. 236, n. 4, p. 1232-1236, 2022.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, v. 68, p. 849-862, 1980.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2025.

SOARES, V. N. *et al.* Can the Tetrazolium Test be Used as an Alternative to the Germination Test in Determining Seed Viability of Grass Species? **Crop Science**, v. 56, p. 707-715, 2016.

SOUSA, M. *et al.* Germination of *Plantago ovata* Forsk. (Plantaginaceae) seeds: Temperature and photoblastism. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 51-57, 2008.

WEI, Y.; WANG, S.; YU, D. The Role of Light Quality in Regulating Early Seedling Development. **Plants (Basel)**, v. 12, n. 14, p. 2746, 2023.

WILSON, O.; MAYLE, F. A conservation assessment of Brazil's iconic and threatened Araucaria Forest-Campos mosaic. **Biological Conservation**, v. 296, p. 110650, 2024.

YAN, A.; CHEN, Z. The Control of Seed Dormancy and Germination by Temperature, Light and Nitrate. **The Botanical Review**, v. 86, p. 39-75, 2020.