

Germinação de esporos e desenvolvimento gametofítico de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) em diferentes temperaturas e fotoperíodos

Spore germination and gametophytic development of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) at different temperatures and photoperiods

Catiuscia Marcon¹
Tatieli Silveira²
Débora Bender³
Annette Droste^{4(*)}

Resumo

Cyathea atrovirens (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) é uma samambaia arborescente de ampla distribuição geográfica que ocorre no Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, no Paraguai, na Argentina e no Uruguai. A espécie habita ambientes diversos como florestas, áreas abertas e mesmo locais impactados pela ação humana. O estudo teve por objetivo avaliar a influencia da temperatura e do fotoperíodo na germinação de esporos e no desenvolvimento de gametófitos de *C. atrovirens*. Esporos foram semeados em frascos contendo meio de Meyer líquido e mantidos nas temperaturas de 15, 20, 23, 26, 29 e 32±1 °C (Experimento 1) e nos fotoperíodos de 8, 12, 16, 24 h de luz e no escuro (Experimento 2). As maiores porcentagens de germinação (84 a 99%) foram observadas nas temperaturas de 20 a 32 °C, enquanto que em 15 °C 43% dos esporos germinaram. Em 32 °C, a maior parte dos gametófitos ainda se encontrava em estágio inicial, com clorócito e rizoide (72%), enquanto que nas temperaturas de 20 a 29 °C, 61 a 73% dos gametófitos

- 1 Bióloga; Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental na Universidade FEEVALE; Endereço: ERS-239, 2755 - Vila Nova, CEP: 93525-075, Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: cati.marcon@hotmail.com
- 2 Graduanda em Ciências Biológicas; Bolsista PROBITI/ FAPERGS no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade FEEVALE; Endereço: ERS-239, 2755 - Vila Nova, CEP: 93525-075, Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: tatieli@feevale.br
- 3 Graduanda em Ciências Biológicas; Estagiária no Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade FEEVALE; Endereço: ERS-239, 2755 - Vila Nova, CEP: 93525-075, Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: debora.bender@hotmail.com
- 4 Dra.; Professora e Coordenadora Substituta do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Coordenadora do Laboratório de Biotecnologia Vegetal da Universidade FEEVALE; Endereço: ERS-239, 2755 - Vila Nova, CEP: 93525-075, Novo Hamburgo – Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: annette@feevale.br (*) Autora para correspondência

Recebido para publicação em 10/10/2013 e aceito em 07/05/2015

já estavam em estágio laminar aos 28 dias. Não houve germinação no escuro. As porcentagens de germinação e de gametófitos laminares foram igualmente altas em todos os fotoperíodos com presença de luz, variando de 91 a 97% e de 74 a 87%, respectivamente. Os dados obtidos podem contribuir para o entendimento da distribuição geográfica e da ocorrência de *Cyathea atrovirens* em diversos habitats.

Palavras-chave: desenvolvimento; fatores abióticos; samambaia arborescente; gametófito; reprodução.

Abstract

Cyathea atrovirens (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) is a widely distributed arborescent fern, grown in the Northeast, Midwest, Southeast and South of Brazil, Paraguay, Argentina and Uruguay. The species is found in different environments such as forests, open areas and even in locations impacted by human action. The study aimed to evaluate the influence of temperature and the photoperiod on spore germination and on the gametophyte development of *C. atrovirens*. Spores were seeded in flasks containing liquid Meyer medium and maintained at temperatures of 15, 20, 23, 26, 29 and 32±1 °C (Experiment 1) and at photoperiod cycles of light and dark of 8, 12, 16, 24 h (Experiment 2). The highest germination percentages (84 to 99%) were observed at temperatures of 20 to 32 °C, while at 15 °C, 43% of the spores germinated. At 32 °C, most gametophytes still remained at the early stage, with chlorocyte and rhizoid (72%), whereas at temperatures from 20 to 29 °C, 61 to 73% of the gametophytes were already in laminar stage at 28 days. There was no germination in the dark. The percentages of germination and laminar gametophytes were equally high in all photoperiods with the presence of light, ranging from 91 to 97% and from 74 to 87%, respectively. The data obtained may contribute to the understanding of the geographical distribution and the occurrence of *Cyathea atrovirens* in diverse habitats.

Keywords: development; abiotic factors; arborescent fern; gametophyte; reproduction.

Introdução

Samambaias arborescentes constituem um grupo de plantas de grande importância na composição das florestas tropicais úmidas (TRYON; TRYON, 1982). As Cyatheaceae, juntamente com as Dicksoniaceae, compreendem a maioria das espécies que desenvolvem cáudices fibrosos (FERNANDES, 2003), que formam um microambiente favorável ao estabelecimento

e desenvolvimento de plantas epifíticas (SANT'ANNA et al., 2001).

Cyathea atrovirens é uma samambaia arborescente que apresenta ampla distribuição geográfica, podendo ser encontrada em estados do Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, além de Paraguai, Argentina (PONCE, 1996) e Uruguai (MARQUEZ; BRUSSA, 2011). No Brasil, a espécie é encontrada principalmente no domínio da Mata Atlântica (WINDISCH;

SANTIAGO, 2013) embora, no Rio Grande do Sul, seja comumente encontrada mesmo em locais abertos, em sol pleno, ou pouco sombreados e úmidos e em áreas impactadas pela ação humana, como beiras de estradas (LORSCHREITER et al., 1999; SCHMITT; WINDISCH, 2012). *Cyathea atrovirens* desenvolve cáudices de até seis metros de altura, que apresentam feixes de raízes adventícias na base dos pecíolos. Os pecíolos e as folhas possuem comprimento de até 1,10 e 3 metros, respectivamente, e as lâminas são bipinadas, pinatífidas a pinatilobadas (SEHNEM, 1978; FERNANDES, 1997).

A perda de habitats devido à fragmentação, associada à exploração comercial devido ao potencial ornamental das folhas (TRYON; TRYON, 1982) e das plantas inteiras (WINDISCH, 2002) são potenciais ameaças às populações naturais de *Cyathea atrovirens*. Além disso, cáudices com raízes adventícias são usados em artesanato (FERNANDES, 2000). Para que programas de proteção e manejo possam ser propostos, faz-se necessário o entendimento das tolerâncias e exigências fisiológicas das diferentes fases do ciclo de vida das samambaias. O sucesso do estabelecimento das plantas no habitat natural depende da existência de condições abióticas ideais que permitam o sucesso das etapas iniciais de desenvolvimento *in situ*, que são a germinação dos esporos e o estabelecimento dos gametófitos. Dentre os fatores abióticos, a temperatura, o tipo e a duração da incidência luminosa têm sido apontados como determinantes (PAGE, 1979), principalmente para espécies tropicais, cujos gametófitos parecem ser especialmente sensíveis a variações abióticas (PAGE, 1979; RANAL, 1995).

Quando comparados a sementes, esporos e gametófitos de samambaias são especialmente adequados para estudos morfogênicos e ecofisiológicos, podendo servir de modelo para o entendimento de fenômenos de desenvolvimento que ocorrem em samambaias e em plantas com sementes (KANEGAE; WADA, 2006; RANKER; HAUFLE, 2008). A cultura *in vitro* fornece um ambiente em que as condições abióticas são controladas, o que é especialmente vantajoso quando se tem por objetivo estudar a influência de fatores abióticos sobre o desenvolvimento inicial do organismo vegetal, considerando que a estrutura morfológica de gametófitos de samambaias parece altamente conservada entre ambientes *in vitro* e *in situ* (FARRAR et al., 2008). Esporos podem germinar diretamente em contato com a água ou solução simples de sais minerais *in vitro*, uma vez que as substâncias orgânicas necessárias à germinação provêm do metabolismo das reservas próprias (RAGHAVAN, 1980).

Porém, considerando a representatividade das cerca de 180 espécies de samambaias arbóreas neotropicais (TRYON; TRYON, 1982) e sua importância ecológica e econômica, o número de estudos sobre a germinação de esporos e o desenvolvimento de gametófitos ainda é reduzido. No Brasil, o estudo da influência de diferentes fatores abióticos sobre a germinação de esporos de espécies de Cyatheaceae foi intensificado na década de 1980 por Marcondes-Ferreira e Felipe (1984), Esteves e Felipe (1985a, 1985b), Randi e Felipe (1988a, 1988b) e, mais recentemente, por meio dos trabalhos de Hiendlmayer e Randi (2007) e Azevedo et al. (2008). Especificamente para *Cyathea atrovirens*, há registros de estudos sobre

o efeito do pH sobre a germinação de esporos e o desenvolvimento de gametófitos (RECHENMACHER et al., 2010).

O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência da temperatura e do fotoperíodo sobre a germinação de esporos e o desenvolvimento inicial de gametófitos de *Cyathea atrovirens*, de forma a auxiliar na compreensão das condições ideais para o desenvolvimento do ciclo gametofítico das plantas crescendo no ambiente natural.

Material e Métodos

A população de *Cyathea atrovirens* da qual foram coletadas folhas férteis, encontra-se na Área de Relevante Interesse Ecológico Henrique Luis Roessler (29° 41' 14,2" S e 51° 06' 34,6" W; 16,4 m de altitude) que está localizada na área urbana do município de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. O Parque possui uma área de 54,4 hectares de campos e floresta secundária (ROSA, 2010; WEISHEIMER et al., 1996), classificada como floresta estacional semidecidual de Terras Baixas (IBGE, 2012). Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em bandejas e mantidas em temperatura ambiente por aproximadamente 72 h para induzir a deiscência dos esporângios. Os esporos foram separados dos esporângios através de filtração em papel interfolhado (Melpaper™) e armazenados em tubos eppendorf a 7±1 °C por trinta dias.

Em câmara de fluxo laminar horizontal, amostras de 10 mg de esporos foram semeadas em frascos de vidro (capacidade 200 ml) contendo 30 ml de meio Meyer líquido (MEYER et al., 1955) autoclavado. O meio líquido permite o contato direto dos esporos com a água, estimulando a absorção de água, etapa inicial do processo

de germinação, e é descrito como meio que favorece o desenvolvimento dos gametófitos (CAMLOH; GOGALA, 1992; CAMLOH, 1999). O meio Meyer em forma líquida é utilizado em estudos de cultura *in vitro* de *Cyathea atrovirens* (RECHENMACHER et al., 2010; SILVEIRA et al., 2013) e *C. corcovadensis* (MARCON et al., 2014). O pH do meio foi ajustado em 6,0, valor adequado para a germinação de esporos da espécie (RECHENMACHER et al., 2010). Não houve assepsia dos esporos para manter as condições experimentais semelhantes às encontradas na natureza (AZEVEDO et al., 2008). Foram realizados dois experimentos independentes e separadamente:

Experimento 1 – Avaliação dos efeitos da temperatura sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de gametófitos: frascos contendo meio Meyer com esporos foram mantidos em câmaras de germinação tipo BOD sob fotoperíodo de 12 h, sob intensidade luminosa de 70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (lâmpadas fluorescentes de luz branca), nas temperaturas de 15, 20, 23, 26, 29 e 32±1 °C. Para cada temperatura avaliada, foram usadas quatro repetições, totalizando 24 frascos.

Experimento 2 - Avaliação dos efeitos do fotoperíodo sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de gametófitos: frascos contendo meio Meyer com esporos foram mantidos em câmaras de germinação tipo BOD com temperatura de 26±1 °C, sob intensidade luminosa de 70 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (lâmpadas fluorescentes de luz branca), nos fotoperíodos de 8, 12, 16 e 24 h de luz e no escuro. Para cada fotoperíodo avaliado, foram utilizadas quatro repetições, totalizando vinte frascos.

Em ambos os experimentos, as avaliações de germinação e desenvolvimento gametofítico foram feitas aos 7, 14, 21 e 28

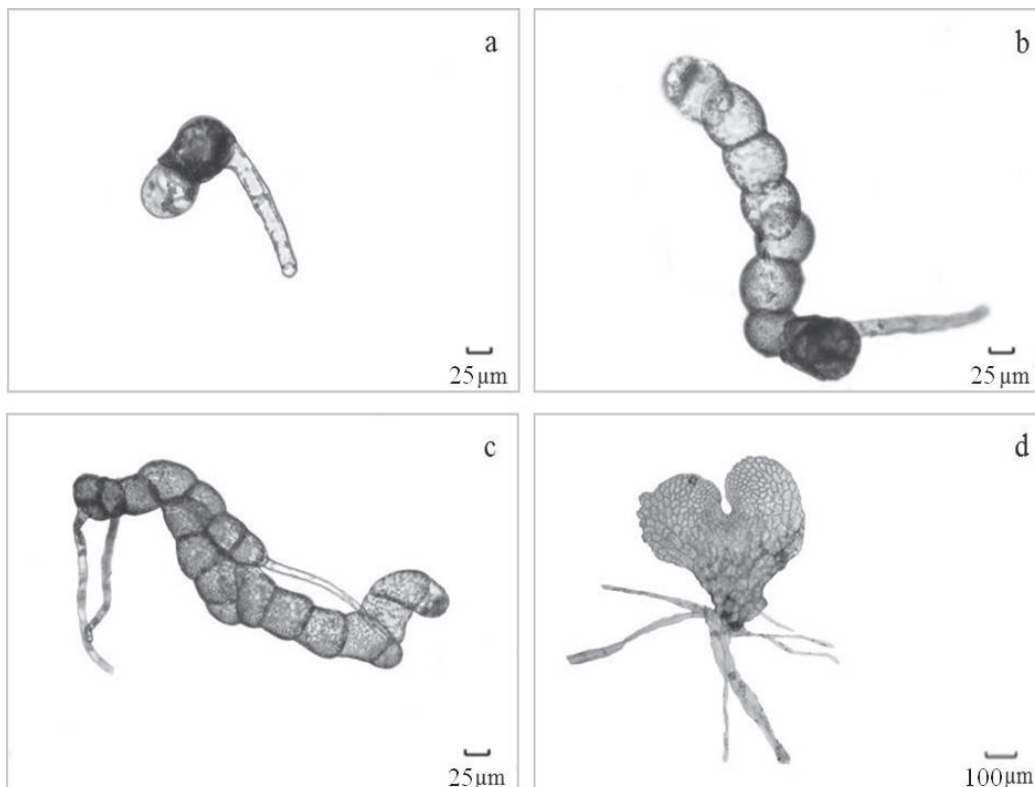
dias. De cada tratamento, quatro lâminas microscópicas foram preparadas, uma de cada repetição, sendo contados os 100 primeiros indivíduos observados de cada lâmina sob microscópio binocular (Nikon, Eclipse E200, aumento de 400x), conforme metodologia proposta por Viviani e Randi (2008), perfazendo um total de 400 indivíduos por tratamento. Os indivíduos foram classificados nos seguintes estádios gametofíticos de acordo com Rechenmacher et al. (2010): gametófito com clorócito e rizóide (Figura 1a), gametófito filamentar (Figura 1b), gametófito laminar (Figura 1c) e gametófito cordiforme (Figura 1d). Utilizou-se como critério para considerar esporo germinado a emergência do clorócito ou do rizóide (RANAL, 1999).

Os dados foram expressos em porcentagem e analisados estatisticamente pelo programa SPSS versão 20. A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram verificadas por meio dos testes de Shapiro-Wilk e de Levene, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e diferenças entre médias foram verificadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (ZAR, 1999).

Resultados e Discussão

De acordo com os dados observados, a germinação de esporos e o desenvolvimento de gametófitos de *Cyathea atrovirens* foram influenciados pela temperatura. Aos sete

Figura 1 – Estádios gametofíticos de *Cyathea atrovirens*: (a) gametófito com clorócito e rizóide; (b) gametófito filamentar; (c) gametófito laminar; (d) gametófito cordiforme



Fonte: Autores (2014).

dias, foram observados gametófitos em todas as temperaturas testadas, com exceção de 15 °C. Esses gametófitos se encontravam principalmente no estágio de clorócito e rizoide, primeira etapa do ciclo de vida das samambaias. Em 26 °C, a porcentagem de gametófitos (48%) foi numericamente maior do que nas demais temperaturas, embora sem diferença estatística para as porcentagens em 23 e 29 °C, que foram de 31 e 36%, respectivamente e nessa temperatura também já havia gametófitos filamentosos (0,5%) (Figura 2).

Aos 14 dias, os esporos cultivados em 15 °C ainda não haviam germinado. A maior porcentagem de gametófitos com clorócito e rizoide foi observada na temperatura de 32 °C (62%). Gametófitos laminares, estágio de desenvolvimento mais avançado, foram encontrados nas temperaturas de 20 a 29 °C, estando em porcentagens significativamente maiores em 23, 26 e 29 °C (35 a 48%). A porcentagem total de esporos germinados foi significativamente superior em 26 e 29 °C (93%) (Figura 2).

Aos 21 dias, novamente a maior porcentagem de gametófitos com clorócito e rizoide (69%) foi observada em 32 °C e nesse período, pela primeira vez, foram observados gametófitos nesse estágio em 15 °C (4,5%). As porcentagens de gametófitos laminares registradas nas temperaturas de 20 a 29 °C não diferiram significativamente entre si, variando de 58 a 64%, e foram superiores à porcentagem em 32 °C, que foi de apenas 0,5%. Também nessas quatro temperaturas, as porcentagens totais de esporos germinados não diferiram estatisticamente entre si, sendo apenas numericamente maiores em 26 e 29 °C (93%) (Figura 2).

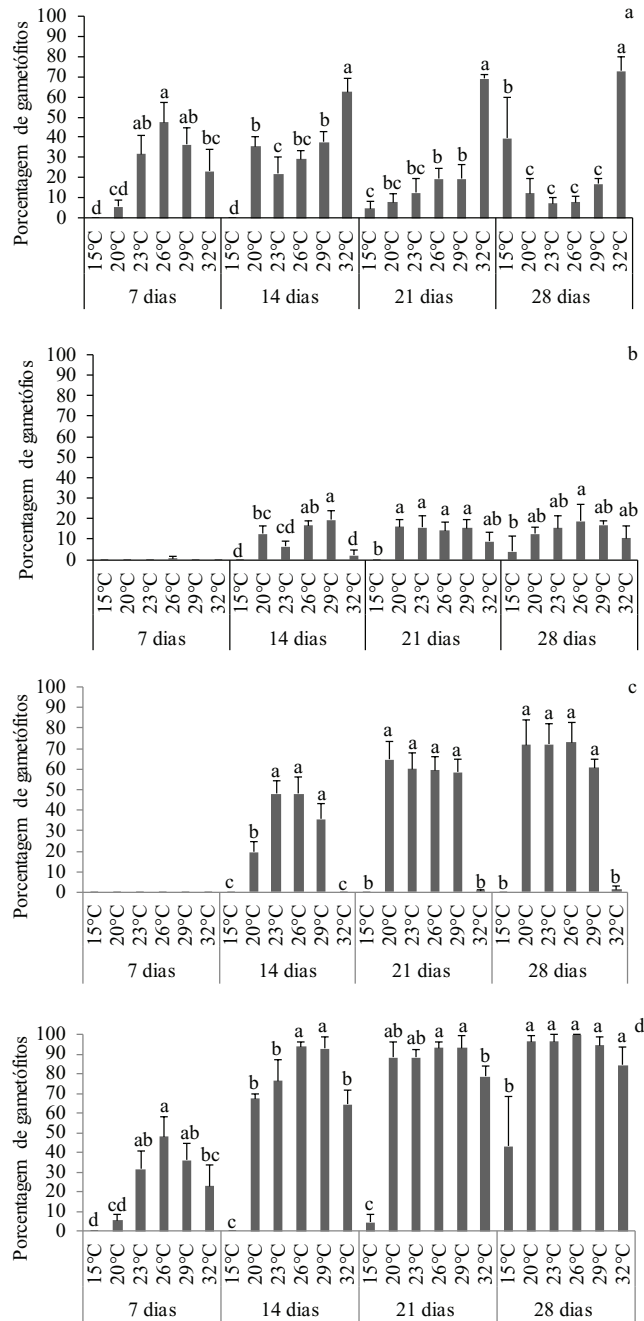
Aos 28 dias, as porcentagens totais de esporos germinados foram estatisticamente

iguais nas temperaturas de 20 a 32 °C, variando de 84 a 99%, enquanto que, em 15 °C, 43% dos esporos haviam germinado. No entanto, em 32 °C a maior parte dos gametófitos ainda continuava em estágio inicial com clorócito e rizoide (72%), enquanto que nas temperaturas de 20 a 29 °C, 61 a 73% dos gametófitos eram laminares, porcentagens estas significativamente maiores à porcentagem de gametófitos nesse estágio em 32 °C (1%) (Figura 2). Enquanto que ainda não foram observados gametófitos laminares em 15 °C, nas temperaturas de 23 e 26 °C, já foram registrados 2% e 0,25% de gametófitos cordiformes, respectivamente.

O fato de a germinação em 15 °C ter sido observada com retardo de tempo de duas semanas e ter permanecido significativamente mais baixa em todos os períodos avaliados, quando comparada à germinação nas demais temperaturas testadas, corroborou com o registro de que as ciateáceas apresentam velocidade e porcentagem de germinação superiores em temperaturas medianas (PEREZ-GARCÍA; RIBA, 1982; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A germinação de esporos de *Ruhmora adiantiformis* (G. Forst.) Ching (Dryopteridaceae) em 15 °C ocorreu em média aos 12,1 dias, tempo significativamente maior do que a média de 7,9 dias para ocorrer germinação em 25 °C (BRUM; RANDI, 2002).

No presente estudo, foi observado desenvolvimento gametofítico mais acelerado nas temperaturas de 20 a 29 °C, evidenciado pela observação de maiores porcentagens de gametófitos em estágio mais avançado (laminar) nesta faixa de temperaturas, desde os 21 dias. Esses resultados sugerem que, no ambiente natural, os gametófitos

Figura 2 - Porcentagens (média \pm desvio padrão) de gametófitos com clorócito e rizoide (a), filamentos (b), laminares (c), cordiformes (d) de *Cyathea atrovirens* *in vitro* mantidos em diferentes temperaturas



Fonte: Autores (2014)

Nota: Médias seguidas por letras iguais em cada período não diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

têm maior chance de estabelecimento nas estações mais quentes do ano. No ambiente em que as plantas doadoras de esporos se encontram, a temperatura média dos meses de dezembro a março nos últimos três anos foi de 23,9 °C, segundo dados obtidos da Estação Meteorológica 83961 (29° 41'S; 51° 03'W) de Campo Bom. De fato, um estudo de monitoramento da fenologia mostrou que o aumento da temperatura parece ter promovido a fertilidade de uma população de *Cyathea atrovirens* em um fragmento de floresta secundária no Rio Grande do Sul, uma vez que um maior número de plantas com esporângios imaturos e fechados foi observado na primavera. A maior parte das plantas liberou esporos maduros no verão, estação em que as temperaturas médias da série histórica dos últimos oito anos no Rio Grande do Sul foram superiores a 22 °C, com base em dados da Estação Meteorológica 83961, Oitavo Distrito de Meteorologia, do Instituto Nacional de Meteorologia. O número de plantas liberando esporos foi drasticamente reduzido nos meses de inverno, quando a temperatura média registrada foi de 12,9 °C em julho (SCHMITT; WINDISCH, 2012).

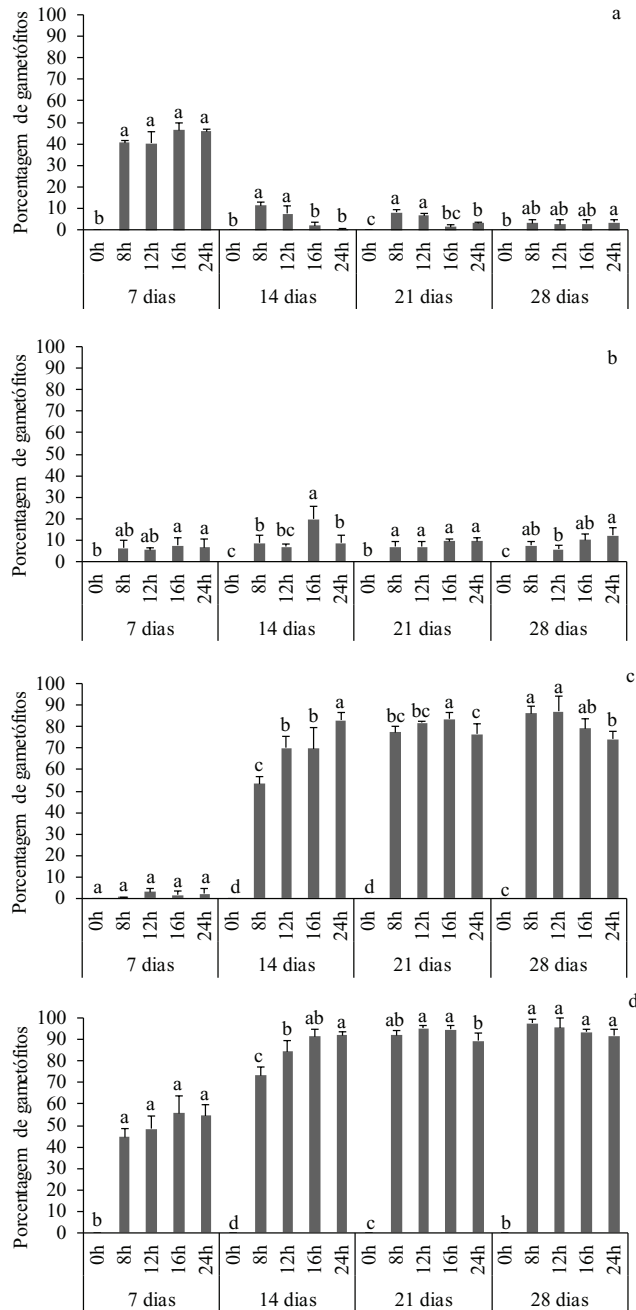
Embora a porcentagem total de esporos germinados em 32 °C não tenha diferido significativamente das porcentagens registradas em 20, 23, 26 e 29 °C, a maior parte destes esporos permaneceu no primeiro estágio gametofítico. Também para as samambaias arborescentes *Lophosoria quadripinnata* (J.F. Gmel.) C. Chr. (Dicksoniaceae), *Alsophila scabriuscula* Maxon, *Cyathea bicrenata* Liebm., *C. mexicana* Schldtl. & Cham. e *C. fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée (Cyatheaceae), há registro de diminuição na germinação a partir de 30 °C. Além disso, ainda existem diversos registros de que esporos de espécies de

menor porte também apresentam diminuição da germinação em temperaturas a partir de 30 °C. Ranal (1999) observou que a germinação de esporos das Polypodiaceae *Microgramma lindbergii* (Mett. ex Kuhn) de la Sota, *M. squamulosa* (Kaulf.) de la Sota e *P. polypodioides* (L.) Watt ocorreu nas temperaturas de 21,7; 25,2 e 29,4 °C, embora na última, os poucos gametófitos formados tivessem permanecido no estágio filamentar. *Rumohra adiantiformis* (BRUM; RANDI, 2002), *Cheilanthes feei* T. Moore (Pteridaceae) (NONDORF et al., 2003), *Polypodium lepidopteris* Kunze (Polypodiaceae) (VIVIANI; RANDI, 2008) e *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching (Gleichenaceae) (SANTOS et al., 2010) apresentaram menores porcentagens de germinação em temperaturas a partir de 30 °C. Temperaturas altas podem inibir a síntese de proteínas mediadas pelo fitocromo e envolvidas no processo de germinação e desenvolvimento de samambaias (RAGHAVAN, 1989; HAUPT, 1991).

Os esporos de *Cyathea atrovirens* não foram capazes de germinar na ausência de luz (Figura 3), o que indicou que a espécie é fotoblástica positiva. Em geral, poucas são as espécies de samambaias capazes de germinar no escuro (ESTEVES; FELIPPE, 1985a), sendo que das seis espécies de Cyatheaceae que ocorrem no Rio Grande do Sul, quatro foram avaliadas quanto a esse aspecto, todas sendo fotoblásticas positivas (MARCONDES-FERREIRA; FELIPPE, 1984; ESTEVES; FELIPPE, 1985b; AZEVEDO et al., 2008).

Na presença de luz, independentemente do número de horas de exposição dos esporos, foi observado o desenvolvimento de gametófitos de *Cyathea atrovirens*. Aos sete dias, as porcentagens de esporos germinados

Figura 3 - Porcentagens (média \pm desvio padrão) de gametófitos com clorócito e rizoide (a), filamentos (b), laminares (c), cordiformes (d) de *Cyathea atrovirens* *in vitro* mantidos em diferentes fotoperíodos



Fonte: Autores (2014)

Nota: Médias seguidas por letras iguais em cada período não diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

variaram de 44 a 55%, sendo que não houve diferenças significativas entre tratamentos de luz no que se referiu aos diversos estádios de desenvolvimento registrados. O estádio inicial, com clorócito e rizoide, foi numericamente mais representativo (40 a 46%), embora, em porcentagens baixas (0,2 a 3%), já fossem observados gametófitos laminares em todos os tratamentos com luz (Figura 3).

Os esporos de *Cyathea atrovirens* não são clorofilados e apresentam coloração marrom (AZEVEDO et al., 2008), indicando a presença de lipídios como substância principal de reserva (DYER, 1979). Após absorção de água, esporos não clorofilados, na presença de luz, desenvolvem cloroplastos e entram em divisão celular, dando origem a células-mãe rizoidais e de protonema (FURUYA et al., 1997). A necessidade de luz para germinar indica que, no ambiente natural, os esporos depositados sobre a superfície do solo serão responsáveis pelo estabelecimento de novos indivíduos nas populações, o que corrobora com o registro de que, mesmo quando em ambiente florestal, *C. atrovirens* inicia seu desenvolvimento em solo exposto e sem serapilheira (AZEVEDO et al., 2008).

Aos 14 dias, a porcentagem de esporos germinados no fotoperíodo de 24 h de luz foi numericamente maior (92%) do que as porcentagens nos demais fotoperíodos, embora a mesma não tivesse diferido significativamente da porcentagem no tratamento com 16 h de luz (91%). Também em 24 h de luz, foi observada maior porcentagem de gametófitos laminares (83%), seguida das porcentagens desses gametófitos em 16 e 12 h de luz (70%), que não diferiram entre si, mas foram significativamente superiores à porcentagem de gametófitos laminares em fotoperíodo de 8 h de luz (53%). Por outro lado, aos 14

dias, o estádio de desenvolvimento mais inicial, com clorócito e rizoide, estava pouco representado nos tratamentos com 16 e 24 h de luz (1 a 2%), enquanto que 7 a 11% dos esporos amostrados nos tratamentos com 8 e 12 h de luz haviam originado gametófitos que se encontravam nesse estádio. Essa relação de gametófitos com clorócito e rizoide nos diferentes fotoperíodos também foi observada aos 21 dias (Figura 3).

Conclusão

O conhecimento acerca dos estádios iniciais de desenvolvimento obtido em condições experimentais controladas contribui para o entendimento do ciclo de vida completo da espécie, uma vez que as condições abióticas ideais para a germinação de esporos refletem, geralmente, também as condições ótimas para o desenvolvimento dos estádios de desenvolvimento subsequentes (NONDORF et al., 2003). As samambaias e, em especial, as espécies tropicais, apresentam diferentes tolerâncias fisiológicas a alterações ambientais (PAGE, 1979; KORNÁS, 1985; RANAL, 1995; PACIÊNCIA; PRADO, 2004). A amplitude das faixas de temperatura e de fotoperíodo em que os esporos germinaram e os gametófitos se desenvolveram no presente estudo pode contribuir para o entendimento da ampla distribuição geográfica de *Cyathea atrovirens* no Brasil, de sua ocorrência em diversos habitats e de seu potencial para colonizar ambientes degradados.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS Processo 09513942 e FAPERGS/PROBITI Edital 2012) pela concessão de bolsas de pesquisa.

Referências

- AZEVEDO, F.; DROSTE, A.; WINDISCH, P. Aspectos da germinação de esporos e desenvolvimento da fase gametofítica de *Alsophila setosa* Kaulf. e *Cyathea atrovirens* Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae). **Pesquisas - Botânica**, São Leopoldo, n. 59, p. 223-236, 2008.
- BRUM, F. R.; RANDI, A. M. High irradiance and temperature inhibit the germination of the spores in the fern *Rumohra adiantiformis* (Forst.) Ching (Dryopteridaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 391-396, 2002.
- CAMLOH, M. Spore age and sterilization affect germination and early gametophyte development of *Platyserium bifurcatum*. **American Fern Journal**, v. 89, p. 124-132, 1999.
- CAMLOH, M.; GOGALA, N. *In vitro* culture of *Platyserium bifurcatum* gametophytes. **Scientia Horticulturae**, v. 51, p. 343-346, 1992.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000.
- DYER, A. F. The culture of fern gametophytes for experimental investigation. In: DYER, A. F. (Ed.). **The Experimental Biology of Ferns**. London: Academic Press, 1979. p. 253-305.
- ESTEVEVES, L. M.; FELIPPE, G. M. Fotossensibilidade de esporos de pteridófitas dos cerrados. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 8, p. 219-222, 1985a.
- _____. Germination and morphology of spores of *Trichipteris corcovadensis*. **American Fern Journal**, v. 75, p. 92-102, 1985b.
- FARRAR, D. R.; DASSLER, C.; WATKINS JÚNIOR, J. E.; SKELTON, C. Gametophyte Ecology. In: RANKER, T. A.; HAUFLER, C. H. **Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes** (Ed.). New York: Cambridge University Press, 2008. p. 222-256.
- FERNANDES, I. **Taxonomia e fitogeografia de Cyatheaceae e Dicksoniaceae nas regiões sul e sudeste do Brasil**. 1997. 435 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- _____. Taxonomia dos representantes de Dicksoniaceae no Brasil. **Pesquisas - Botânica**, n. 50, p. 5-26, 2000.
- _____. Taxonomia dos representantes de Cyatheaceae do Nordeste Oriental do Brasil. **Pesquisas - Botânica**, n. 54, p. 1-54, 2003.
- FURUYA, M.; KANNO, M.; OKAMOTO, H.; FUKUDA, S.; WADA, M. Control of mitosis by phytochrome and a blue-light receptor in fern spores. **Plant Physiology**, v. 13, p. 677-683, 1997.

- HAUPT, W. Phytochrome-controlled fern-spore germination: phase-specific modulation by elevated temperatures. **Photochemistry and Photobiology**, v. 54, p. 811-818, 1991.
- HIENDLMAYER, R.; RANDI, A. M. Response of spores and young gametophytes of *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae) and *Blechnum brasiliense* Desv. (Blechnaceae) to different light levels. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, n. 4, p. 909-915, 2007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em geociências, manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- KANEGAE, T.; WADA, M. Photomorphogenesis of Ferns. In: SCHAFER, E.; NAGY, F. (Ed.). **Photomorphogenesis in Plants and Bacteria**. 3. ed. Dordrecht: Springer, 2006. p. 515-536.
- KORNÁS, J. Life forms and seasonal patterns in the pteridophytes in Zambia. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 46, n. 4, p. 669-690, 1985.
- LORSCHETTER, M. L.; ASHRAF, A. R.; WINDISCH, P. G.; MOSBRUGGER, V. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part II. **Palaeontographica**, v. 251, p. 71-235, 1999.
- MARCON, C.; SILVEIRA, T.; DROSTE, A. Germination and gametophyte development of *Cyathea corcovadensis* (Raddi) Domin (Cyatheaceae) from spores stored at low temperatures. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v. 36, n. 4, p. 403-410, 2014.
- MARCONDES-FERREIRA, W.; FELIPPE, G. M. Effects of light and temperature on the germination of spores of *Cyathea delgadii*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 7, p. 53-56, 1984.
- MARQUEZ, G. J.; BRUSSA, C. A. First record of Cyatheaceae in Uruguay. **American Fern Journal**, v. 101, p. 205-205, 2011.
- MEYER, B. S.; ANDERSON, D. B.; SWANSON, C. A. **Laboratory Plant Physiology**. New York: Van Nostrand, 1955.
- NONDORF, L. S.; DOOLEY, A. M.; PALMIERI, M.; SWATZELL, J. The effects of pH, temperature, light intensity, light quality, and moisture levels on spore germination in *Cheilanthes feei* of Southeast Missouri. **American Fern Journal**, v. 93, p. 56-69, 2003.
- PACIÊNCIA, M. L. B.; PRADO, J. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas da Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 641-653, 2004.
- PAGE, C. N. The diversity of ferns: an ecological perspective. In: DYER, A. F. (Ed.). **The Experimental Biology of Ferns**. London: Academic Press, 1979. p. 10-56.
- PÉREZ-GARCIA, B.; RIBA, R. Germinación de esporas de Cyatheaceae bajo diversas temperaturas. **Biotropica**, v. 14, p. 281-287, 1982.

PONCE, M. Pteridophyta. In: ZULOAGA, F. O.; MORRONE, O. (Ed.). **Catálogo de las plantas vasculares de Argentina I: Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae)**. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, v. 60. Saint Louis: Missouri Botanical Garden Press, 1996. p. 1-79.

RAGHAVAN, V. Cytology, physiology and biochemistry of fern spore. **International Review of Cytology**, v. 62, p. 69-118, 1980.

_____. **Developmental biology of fern gametophytes**. New York: Cambridge University Press, 1989.

RANAL, M. A. Estabelecimento de pteridófitas em mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. 1. Caracterização Climática do Ambiente. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 67, p. 351-367, 1995.

_____. Effects of temperature on spore germination in some fern species from semideciduous mesophytic forest. **American Fern Journal**, v. 89, p. 149-158, 1999.

RANDI, A. M.; FELIPPE, G. M. Efeito do armazenamento de esporos, da aplicação de DCMU e da pré-embebição em PEG na germinação de *Cyathea delgadii*. **Ciência e Cultura**, v. 40, p. 484-489, 1988a.

_____. Effect of red light and far-red on the germination of spores of *Cyathea delgadii*. **Revista Brasileira de Botânica**, n. 11, p. 41-45, 1988b.

RANKER, T. A.; HAUFLER, C. H. **Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes**. 1. ed. New York: Cambridge University Press, 2008.

RECHENMACHER, C.; SCHMITT, J. L.; DROSTE, A. Spore germination and gametophyte development of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) under different pH conditions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 1155-1160, 2010.

ROSA, N. A. **Plano de Manejo** – Parque Municipal Henrique Luís Roessler – Parcão. Novo Hamburgo: Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo, 2010.

SANT'ANNA, J. R.; MIGUEL, O. G.; ALQUINI, Y. Estudo morfo-anatômico de *Trichipteris atrovirens* (Langsd. et Fisch.) Tryon (Cyatheaceae). **Revista Visão Acadêmica**, v. 2, n. 2, p. 59-64, 2001.

SANTOS, E. P. G.; LEHMANN, D. R. M.; SANTOS, M.; RANDI, A. M. Spore germination of *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching (Polypodiopsida - Gleicheniaceae) at different temperatures, levels of light and pH. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 53, n. 6, p. 1309-1318, 2010.

SCHMITT, J. L.; WINDISCH, P. G. Caudex growth and phenology of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) in secondary forest, southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 2, p. 397-405, 2012.

- SEHNEM, A. Ciateáceas. In: REITZ, P. R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. p. 1-116.
- SILVEIRA, T.; MARCON, C.; DROSTE, A. Germinação de esporos armazenados em frio e desenvolvimento gametofítico *in vitro* de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) na presença de antibióticos. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 3, n. 1, p. 23-33, 2013.
- TRYON, R. M.; TRYON, A. F. **Ferns and allied plants with special reference to Tropical America**. New York: Springer Verlag, 1982.
- VIVIANI, D.; RANDI, A. M. Effects of pH, temperature and light intensity on spore germination and growth analysis of young sporophytes of *Polypodium lepidopteris* (Langsd. & Fisch.) Kunze (Pteridophyta, Polypodiaceae). **Rodriguésia**, v. 59, p. 435-444, 2008.
- WEISHEIMER, C.; MAUHS, J.; SAUL, A. F. P. **Plano de Manejo Parque Municipal Henrique Luiz Roessler – Parcão**. Novo Hamburgo: Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo, 1996. 31p.
- WINDISCH, P. G. Pteridófitas do Brasil: diversidade decrescente. In: ARAÚJO, E. L.; MOURA, A. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GESTINARI, L. M. S.; CARNEIRO, J. M. T. (Ed.). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2002. p. 196-198.
- WINDISCH, P. G.; SANTIAGO, A. C. P. **Cyatheaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB90866>>. Acesso em: 23 set. 2013.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analyses**. 4. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1999.