

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS ANTONIO PINHEIRO GATTI

Schizolobium parahyba var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby:
TRATAMENTO DE SEMENTES E INFLUÊNCIA DE ALTAS TEMPERATURAS
NA QUALIDADE FISIOLÓGICA

Curitiba

2021

LUCAS ANTONIO PINHEIRO GATTI

Schizolobium parahyba var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby:
TRATAMENTO DE SEMENTES E INFLUÊNCIA DE ALTAS TEMPERATURAS
NA QUALIDADE FISIOLÓGICA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre, Programa de Pós graduação em Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profª Drª Maristela Panobianco Vasconcellos

Co-orientadora: Dra. Elisa Serra Negra Vieira

CURITIBA

2021

Gatti, Lucas Antonio Pinheiro

Schizolobium parahyba var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby:
tratamento de sementes e influência de altas temperaturas na qualidade
fisiológica. - Curitiba, 2021.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia
(Produção Vegetal).

Orientação: Maristela Panobianco Vasconcellos

Coorientação: Elisa Serra Negra Vieira

1. Mudanças climáticas. 2. Semente florestal. 3. Sanidade. I.
Vasconcellos, Maristela Panobianco. II. Vieira, Elisa Serra Negra III.
Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **LUCAS ANTONIO PINHEIRO GATTI** intitulada: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: **TRATAMENTO DE SEMENTES E INFLUÊNCIA DE ALTAS TEMPERATURAS NA QUALIDADE FISIOLÓGICA**, sob orientação da Profa. Dra. **MARISTELA PANOBIANCO VASCONCELLOS**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Maio de 2021.

Assinatura Eletrônica

28/05/2021 10:45:39.0

MARISTELA PANOBIANCO VASCONCELLOS

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/05/2021 15:30:17.0

ADRIANA MARTINELLI SENEME

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/05/2021 10:59:33.0

ELISA SERRA NEGRA VIEIRA

Avaliador Externo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5601 - E-mail: pgapv@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 94203

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prpg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 94203

AGRADECIMENTOS

Ao meus pais, Adriana e Sergio Gatti, que sempre dedicaram suas vidas pela melhoria da minha e sempre buscaram me mostrar a importância do estudo, da dedicação e do esforço pessoal.

Assim como a minha irmã, por incentivar minhas conquistas e demonstrar amor fraternal.

À minha orientadora Prof^ª Dr^ª Maristela Panobianco Vasconcellos, que confiou a mim esse experimento e sempre buscou passar adiante todo conhecimento adquirido ao longo de anos de carreira. Mil vezes obrigado, pelos seus conselhos, orientações e contribuições.

À minha co-orientadora Dr^ª Elisa Serra Negra Vieira, e à pesquisadora Dr^ª Bárbara França Dantas, por toda ajuda e dedicação. Suas contribuições foram fundamentais para realização deste trabalho.

À Prof^ª Dr^ª Adriana Martinelli Seneme, pelas contribuições na banca examinadora.

À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, pela oportunidade do estudo e a seus professores, que buscaram edificar o conhecimento e despertar o amor por essa profissão.

À Embrapa Florestas, pela parceria na condução desta dissertação e por possibilitar o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade e experiência concedida no âmbito da pesquisa.

Aos meus amigos de jornada, Thomas, Andreza, Maracélia e Vanessa, pela amizade, contribuições e toda ajuda prestada nesse período.

À equipe técnica do Laboratório de Análise de Sementes da UFPR, Roseli do Rocio Beggiora e Letícia Gonçalves Maduro.

À Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

A Amazônia é o maior e mais conhecido Bioma que atua na atenuação de efeitos climáticos. O aumento da temperatura global pode levar à redução de chuvas, ocorrência de incidência de patógenos e ao desequilíbrio ecológico, afetando o banco de sementes e o processo de sucessão ecológica da região. Dentre as espécies nativas da Amazônia, o paricá tem larga distribuição na região, podendo ser afetado diretamente por mudanças climáticas. Os objetivos desta pesquisa foram: a) verificar a incidência de fungos associados às sementes de paricá e avaliar a resposta da germinação em sementes tratadas com agentes biológicos e fungicidas químicos; b) avaliar os efeitos do estresse térmico na germinação de sementes de paricá e determinar os limites de temperatura para a germinação da espécie, com base em modelos de tempo térmico, empregando-se dados climáticos atuais e de cenários futuros. Para a análise da sanidade das sementes, utilizou-se o método do papel-filtro (*Blotter test*), sendo testados dois agentes biológicos e três fungicidas químicos para o tratamento de sementes. Foram utilizadas sementes de paricá de três safras e cinco temperaturas de germinação (20, 25, 30, 35 e 40 °C), determinando-se as temperaturas ótima, base e teto, além do tempo termal sub e supra ótimo para germinação, para verificar os efeitos de mudanças climáticas futuras. Determinou-se, também, o comprimento das plântulas. A análise sanitária de sementes de paricá identificou os fungos do gênero *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Rhizopus* sp e *Cladosporium* sp., responsáveis pela baixa germinação das sementes. Os agentes biológicos apresentaram capacidade de controle dos fungos similar a dos fungicidas químicos. As temperaturas ótimas para germinação do paricá encontra-se entre 33,1 e 35,3 °C, sendo que o cenário climático futuro diminui a janela de germinação da espécie. A redução da disponibilidade hídrica diminui a janela de germinação, podendo inviabilizar o processo de sucessão ecológica das espécies no bioma amazônico, onde um processo efetivo de preservação da floresta é necessário. Conclui-se que o aumento gradativo das temperaturas na Amazônia pode ser fator limitante para a germinação de sementes de paricá.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Sanidade. Semente florestal.

ABSTRACT

The Amazon is the largest and best-known biome that acts to mitigate climate effects. The increase in global temperature can lead to reduced rainfall, the occurrence of pathogens and an ecological imbalance, affecting the seed bank and the region's ecological succession process. Among the native species of the Amazon, paricá has a wide distribution in the region, and can be directly affected by climate change. The objectives of this research were: a) to verify the incidence of fungi associated with paricá seeds and to evaluate the germination response in seeds treated with biological agents and chemical fungicides; b) evaluate the effects of thermal stress on the germination of paricá seeds and determine the temperature limits for the germination of the species, based on thermal weather models, using current climatic data and future scenarios. For the analysis of the sanity of the seeds, the filter paper method (Blotter test) was used, being tested two biological agents and three chemical fungicides for the treatment of seeds. Paricá seeds of three harvests and five germination temperatures (20, 25, 30, 35 and 40 °C) were used, determining the optimum temperature, base and ceiling, in addition to the sub and supra thermal time for germination, to verify the effects of future climate change. The length of the seedlings was also determined. The sanitary analysis of paricá seeds identified fungi of the genus *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Rhizopus* sp and *Cladosporium* sp., Responsible for the low germination of the seeds. The biological agents showed a capacity to control fungi similar to that of chemical fungicides. The optimum temperatures for germination of paricá are between 33.1 and 35.3 °C, and the future climate scenario reduces the germination window of the species. The reduction of water availability decreases the window of germination, which may make the process of ecological succession of species in the Amazon biome unfeasible, where an effective process of preservation of the forest is necessary. It is concluded that the gradual increase in temperatures in the Amazon may be a limiting factor for the germination of paricá seeds.

Keywords: Climate changes. Sanity. Forest seed.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Estruturas da planta de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby - A: Copa; B: Folhas; C: copa; D: Flor; E: Frutos e F: Sementes.....15
- FIGURA 2. Germinação de sementes de paricá submetidas a diferentes tratamentos.....36
- FIGURA 3. Proliferação de fungos dos gêneros *Aspegillus* e *Penicillium* nas sementes de paricá (sem tratamento), nos respectivos números de dias após o início da germinação – (A) dois; (B) quatro; (C) cinco; (D) sete.....37
- FIGURA 4. Plântula anormal (A) e plântula normal (B) de paricá, após sete dias do início do teste de germinação.....37
- FIGURA 5. Taxa de germinação e limites termais requeridos para a germinação de sementes de paricá, coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, submetidas a diferentes temperaturas na germinação.49
- FIGURA 6. Aspecto morfológico de plântulas de paricá submetidas a diferentes temperaturas de germinação – (A) 20 °C; (B) 25 °C; (C) 30 °C; (D) 35 °C; (E) 40 °C. Barras: 6 cm.....52
- FIGURA 7. Soma termal requerida para a germinação de sementes de paricá coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, considerando os eventos climáticos atuais (A, B e C) e o prognóstico climático do RCP 8.5 (D, E e F) 2018 (A, D), 2019 (B, E) e 2020 (C, F).....53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Incidência de fungos (%) em sementes de paricá submetidas a diferentes tratamentos.....	35
TABELA 2. Germinação (%) de sementes de paricá coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, em função da temperatura empregada.....	48
TABELA 3. Comprimento das plântulas (cm) de sementes de paricá, em função da temperatura de germinação e do ano de coleta, após 14 dias do início da germinação.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> : ORIGEM E IMPORTÂNCIA..	13
2.2 CARACTERÍSTICAS DAS SEMENTES DE <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	13
2.3.1 Disponibilidade hídrica.....	15
2.3.2 Temperatura	16
2.3.3 Sanidade de sementes	17
2.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS.....	18
REFERÊNCIAS GERAIS.....	20
3 CAPÍTULO I – TRATAMENTO BIOLÓGICO E QUÍMICO DE SEMENTES DE PARICÁ - UMA ESPÉCIE FLORESTAL NATIVA DO BIOMA AMAZÔNIA	31
3.1 INTRODUÇÃO	32
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.3 RESULTADOS.....	34
3.4 DISCUSSÃO	38
3.5 CONCLUSÕES.....	39
3.6 REFERÊNCIAS	40
4 CAPÍTULO II – MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby – UMA ESPÉCIE FLORESTAL NATIVA DO BIOMA AMAZÔNIA	42
4.1 INTRODUÇÃO	44
4.2 MATERIAL E METÓDOS.....	45
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.4 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aquecimento global vem se tornando uma realidade cada vez mais evidente para a população mundial. Devido à terminologia desse fenômeno, muitos acreditam que ele cause apenas altas temperaturas; porém, o que de fato ocorre é o agravamento das temperaturas médias em diversas regiões do planeta, gerando extremos climáticos que alteram o ecossistema e o equilíbrio ecológico das espécies nativas.

Frente às adversidades climáticas, estão os grandes biomas, que atuam como mitigadores dos efeitos adversos do aquecimento global no curto prazo. A Amazônia é o mais famoso deles, no entanto, o constante desmatamento e incêndios na floresta contribuíram para a redução da área e, conseqüentemente, diminuição da sua capacidade de retenção de carbono, agravando o efeito estufa.

Especialmente em regiões de clima quente e úmido, a qualidade sanitária da semente merece destaque, uma vez que tais condições favorecem o desenvolvimento de microrganismos fitopatogênicos. A avaliação da sanidade das sementes pode fornecer informações que auxiliam a identificação de problemas, como a baixa ou ausência de germinação e o insucesso na produção de mudas, bem como evitar o transporte de sementes contaminadas por patógenos para outras áreas (PARSA et al., 2016; CARMO et al., 2017).

Dentre os fatores que mais influenciam nas mudanças climáticas ocorridas no Brasil e no mundo, estão o grande poder de armazenamento de carbono e os efeitos sobre o ciclo hidrológico da floresta amazônica (ARTAXO et al., 2014). As alterações climáticas estão ligadas diretamente ao desmatamento de sistemas florestais para transformação em sistemas agrícolas e/ou pastagem, o que implica em transferência de carbono (na forma de dióxido de carbono) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global (NOBRE et al., 2007).

Buscando evitar o agravamento dessas condições, nos últimos anos iniciaram-se políticas de reflorestamento da flora nativa, sendo que diversas espécies de interesse econômico da região vêm sendo utilizadas, entre elas o paricá (*Schizolobium parahyba var. amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby).

Essa espécie pode ser empregada em sistemas agroflorestais, comerciais e no reflorestamento de áreas degradadas, devido ao seu crescimento rápido e a boa adaptabilidade tanto em plantios homogêneos quanto em consórcio com outras espécies (SOUSA et al., 2005). Tais fatores levaram o paricá ao sexto lugar no *ranking* brasileiro de área plantada com espécies arbóreas (IBA, 2020).

Ao contrário da agricultura, medidas de adaptação para a silvicultura precisam ser planejadas bem antes das mudanças esperadas nas condições de crescimento, porque as florestas regeneradas atuais terão que se adaptar às futuras condições climáticas de várias décadas, muitas vezes até mais de 100 anos (SHAH e SHAH, 2015). Compreender como a temperatura afeta uma determinada espécie ajudaria a estimar como ela se comportará em um novo ambiente (ALBAUGH et al., 2018).

Dentre os efeitos das intempéries climáticas para as espécies florestais, a propagação pode ser uma das mais afetadas, já que a dispersão da maioria dessas espécies é dependente das sementes, as quais podem ser sensíveis às variações climáticas. Mesmo as sementes que apresentam alta qualidade (genética, física, fisiológica e sanitária) podem ter seu poder germinativo prejudicado, já que os estádios iniciais do ciclo de vida de uma planta, como a germinação da semente, são os mais suscetíveis às mudanças ambientais para muitas espécies (VIEIRA e SCARIOT, 2006).

Mudanças climáticas abruptas podem prejudicar o processo de sucessão ecológica pela redução do potencial germinativo do banco de sementes presente no solo; assim, o conhecimento dos processos ecológicos de sementes de espécies da floresta tropical e, seu ajuste a ambientes estressantes, facilitam o uso de técnicas de restauração com maior sucesso (PEREIRA et al., 2013).

Baseado no exposto, a presente pesquisa teve por objetivos: a) verificar a incidência de fungos associados às sementes de paricá e avaliar a resposta da germinação em sementes tratadas com agentes biológicos e fungicidas químicos; b) avaliar os efeitos do estresse térmico na germinação de sementes de paricá e determinar os limites de temperatura para a germinação da espécie, com base em modelos de tempo térmico, empregando-se dados climáticos atuais e de cenários futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*: ORIGEM E IMPORTÂNCIA

O paricá é uma árvore de larga distribuição geográfica, ocorrendo principalmente na Amazônia; sua área de ocorrência é restrita à Bacia Amazônica na Bolívia, Venezuela e Brasil (SOUZA et al., 2003), ocorrendo nos estados do Acre, Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia.

A árvore adulta pode alcançar até 20-30 m de altura, com diâmetro do tronco que pode atingir 1 m. Essa espécie é bastante utilizada na produção de lâminas médias ou miolo de compensados, brinquedos, caixotaria leve, portas, saltos de calçados, formas de concreto, construção de canoas e forros (AMATA, 2009). Pode, também, fornecer matéria-prima para a obtenção de celulose e papel, devido ao seu fácil branqueamento e a excelente resistência obtida com o papel branqueado (CARVALHO e VEIGAS, 2004).

O potencial silvicultural e tecnológico apresentado pelo paricá tem viabilizado a espécie para o reflorestamento nas Regiões Norte e parte da Região Nordeste do país, pela qualidade de sua madeira para diferentes fins como produção de laminados e carvão (VIDAURRE et al., 2012).

Até 2016, o paricá foi a quinta espécie arbórea mais cultivada no Brasil, com aproximadamente 91 mil hectares plantados, sendo sua produtividade média em torno de 20 a 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, mostrando um crescimento semelhante às espécies de *Pinus* que é de 25 a 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (IBA, 2017).

Com a frequente introdução de sistemas agroflorestais principalmente na Região Amazônica e, visando a preservação da floresta nativa e o uso racional do solo, o cultivo de paricá tem se tornado uma importante alternativa para tais sistemas (LIMA et al., 2003), por apresentar rápido desenvolvimento em altura e diâmetro (MARQUES et al., 2004).

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS SEMENTES DE *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

As sementes de paricá são coletadas diretamente do campo, no chão para produção de mudas e na árvore para pesquisa, sendo que em um quilo pode conter de 980 a 1.400 sementes (SOUZA et al., 2005), enquanto o peso de 1000

sementes varia em torno de 780-1010g (AMATA, 2009). Em relação ao comportamento fisiológico, as sementes da espécie são ortodoxas; possuem exocarpo resistente e impermeável, podendo ser estocadas por períodos longos sem que seu poder germinativo seja afetado (CARVALHO, 2007), desde que em condições ambientais com temperatura de 0 - 5°C e 40 % de umidade relativa do ar (SOUZA et al., 2005).

Shimizu et al. (2011) indicaram que as sementes do paricá apresentam dormência tegumentar, uma vez que ao serem colocadas em recipiente com água por 72 horas não foi constatada alteração de sua massa quando apresentavam o tegumento intacto. Já as sementes escarificadas iniciaram a embebição 12 horas após a imersão e absorveram volume de água correspondente a aproximadamente 200% de sua massa inicial ao final das avaliações.

A importância da dormência baseia-se principalmente no bloqueio da germinação, o que leva a uma germinação desuniforme. Esse mecanismo torna-se importante para distribuição da germinação de um lote de sementes no tempo e no espaço (EIRA e CALDAS, 2000).

Quando as sementes de paricá foram coletadas com a testa, ainda conservando a cor verde ou o tegumento tenro, a germinação foi alta (90%) no quarto dia após a semeadura (DAPONT et al., 2014). Sementes não escarificadas apresentaram germinação lenta e desuniforme, iniciada nos primeiros 10 dias após a semeadura e atingindo 90% de germinação somente após seis anos (CRUZ e CARVALHO, 2006).

Devido à ocorrência de dormência, diversos trabalhos foram realizados buscando métodos para sua superação, tendo sido testados: escarificação mecânica (CRUZ e CARVALHO, 2006;), escarificação com ácido sulfúrico (TRIVINO-DIAZ et al., 1990; LEÃO e CARVALHO, 1995; CRUZ et al., 2007) e imersão em água de 60 a 90 °C (NETO et al., 2007;). Na Instrução Normativa para Análise de Sementes Florestais (BRASIL, 2013) é recomendado o método de escarificação mecânica com lixa, no terço superior do tegumento.

A produção anual de sementes é abundante, tornando-se uma fonte alternativa de recursos para o agricultor com sua comercialização. A coleta é feita manualmente no chão; entretanto, muitas sementes são perdidas pois a dispersão é realizada pelo vento, o que muitas vezes faz com que caiam

distantes do povoamento, em áreas adjacentes de capoeira ou de floresta, o que causa dificuldades para a sua coleta (ROSSI, 2001). As sementes devem ser coletadas preferencialmente antes da deiscência dos frutos, iniciando a dispersão espontânea, quando as sementes adquirem uma cor café-claro (AMATA, 2009). Na Figura 1 encontram-se as estruturas da planta de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (MELO, 2012)

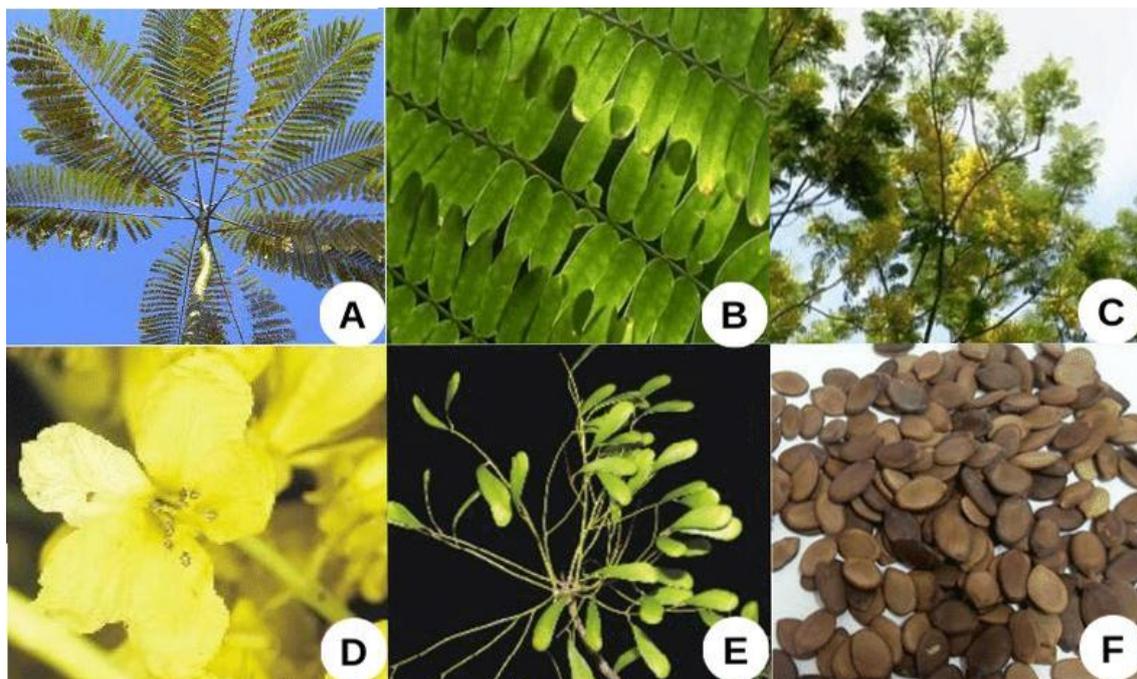


Figura 1. Estruturas da planta de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby - A: Copa; B: Folhas; C: copa; D: Flor; E: Frutos e F: Sementes. Autor: Melo, 2012.

2.3 FATORES QUE AFETAM A GERMINAÇÃO DE SEMENTES

2.3.1 Disponibilidade hídrica

A água, juntamente com a temperatura e a presença de oxigênio, são os fatores fundamentais do ambiente para desencadear o processo germinativo. A absorção de água pelas sementes desencadeia a reativação das atividades metabólicas das sementes, as quais na maioria das espécies, após atingirem a maturidade fisiológica, permanece reduzida (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012; MARCOS-FILHO, 2015).

A embebição de água pela semente é um processo essencialmente físico e diretamente ligado à permeabilidade do tegumento, onde o movimento da água para o interior da semente ocorre no sentido do maior meio de concentração para o de menor, começando geralmente a partir da área periférica da semente (NASSIF; VIEIRA; FERNANDES, 1998; MARCOSFILHO, 2015).

O teor de água presente nas células e o seu potencial hídrico são características que estão diretamente ligadas aos processos metabólicos inerentes à semente, sendo estas não só reguladoras das velocidades desses processos, mas também responsáveis pelas suas próprias ocorrências (NASSIF et al., 1998; PIÑA-RODRIGUEZ et al., 2015).

2.3.2 Temperatura

A temperatura apresenta grande influência tanto na porcentagem quanto na velocidade de germinação das sementes, estando relacionada às reações bioquímicas que regulam o metabolismo necessário para iniciar o processo de germinação (CARVALHO E NAKAGAWA, 2000). Os limites térmicos para a germinação são definidos pela temperatura mínima (T_{min}), ótima (T_o) e máxima (T_{mam}); portanto, é determinante saber tais temperaturas, já que as mesmas podem limitar a distribuição geográfica da espécie (KURTAR, 2010).

As sementes apresentam comportamento variável quanto à temperatura, não havendo uma temperatura ótima e uniforme para todas as espécies, sendo considerada ótima a temperatura na qual a semente expressa seu potencial máximo de germinação em um curto período (PIÑA-RODRIGUEZ et al., 2015; MARCOS-FILHO, 2015) e as temperaturas máxima e mínima os pontos críticos, onde acima e abaixo das quais, respectivamente, não ocorre germinação (POPINIGIS, 1985; MAYER E POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

Embora as estimativas dos cenários climáticos sejam baseadas em mudanças na temperatura do ar, a temperatura do solo também muda com o aumento da temperatura do ar, afetando a germinação e a persistência da semente no banco de sementes (OOI et al., 2009).

Na literatura, encontra-se um estudo abordando fatores para condução do teste de germinação de sementes de *Schizolobium parahyba var. amazonicum*

(RAMOS et al., 2006), mas cujo enfoque não foi avaliar o efeito de temperaturas no poder germinativo da espécie e sim testar as condições ideais para germinação em laboratório.

2.3.3 Sanidade de sementes

A qualidade sanitária das sementes florestais é um fator importante na germinação, pois a contaminação por microrganismos fitopatogênicos podem causar perdas devido à deterioração das sementes, além de anormalidades e lesões nas plântulas (SALES et al., 2018). Espécies nativas possuem grande relevância ecológica, devido ao potencial em reflorestamento e recomposição de áreas degradadas; no entanto, poucas informações estão disponíveis quanto à qualidade sanitária de sementes dessas espécies (CARMO et al., 2017).

Avaliar a sanidade de sementes é importante para fornecer informações sobre os principais problemas que podem ocorrer nas sementes, como a baixa ou a falta de germinação, perda da viabilidade com consequente interferência na longevidade de sementes armazenadas e insucesso na produção das mudas (BOTELHO, 2006).

A sanidade das sementes é de importância também para a produção de mudas. Outro fator considerável é que, a partir da disseminação desses patógenos no campo, os sistemas florestais podem sofrer perdas econômicas, sendo fundamental aumentar os estudos envolvendo o levantamento de patógenos em sementes florestais nativas (LEÃO et al., 2011).

Segundo Benetti et al. (2009), a baixa qualidade das mudas de certas espécies florestais nativas pode estar relacionada a problemas fitossanitários nas suas sementes, havendo assim necessidade de detecção para posterior controle desses patógenos.

A associação de sementes com microrganismos constitui uma preocupação cada vez maior, principalmente em países tropicais, onde as condições climáticas para essa associação são mais propícias (MACHADO, 2000). Alguns patógenos não afetam a semente ou a emergência das plântulas, mas infectam a plântula sistemicamente, reduzindo seu vigor e só manifestando sintomas posteriormente (LEÃO et al., 2011).

O tratamento de sementes florestais, embora pouco estudado, é ferramenta fundamental para diminuir a incidência de doenças na fase de emergência, podendo contribuir para a redução ou a erradicação desse problema (MACIEL et al., 2014).

Existem três modalidades principais de controle de fungos associados às sementes: químico, que consiste na incorporação de produtos químicos artificialmente desenvolvidos às sementes; físico, cuja metodologia baseia-se na exposição das sementes a ação do calor ou de outro agente físico controlado; e biológico, onde é necessária a incorporação de organismos antagonistas aos microrganismos fitopatogênicos presentes nas sementes (MACHADO, 2000).

Devido às restrições com o uso de fungicidas e aos cuidados necessários com o meio ambiente, o uso do tratamento biológico vem ganhando destaque. Porém, ainda são necessários estudos para viabilizar as técnicas de aplicação e os microrganismos com potencial para esse fim (MACIEL et al., 2014). A grande vantagem do método biológico é que pode contribuir para um controle mais estável das doenças, onde a presença dos patógenos não prejudica as sementes (PARISI et al., 2011).

Atualmente, muitos trabalhos de pesquisa estão buscando métodos alternativos de controle sanitário. Agentes de controle biológico são comumente isolados da rizosfera, filosfera e solo (AL-ANI, 2018).

Trichoderma spp. têm se destacado como bioprotetor, por atuar como antagonista de alguns fitopatógenos de importância econômica e por promover o crescimento e florescimento de plantas (JUNGES et al., 2016). O *Trichoderma* é o gênero mais versátil de fungos que têm sido usados para controlar fungos patogênicos de plantas e gerenciar doenças (AL-ANI, 2018). Além disso, *Trichoderma* spp. são fungos simbiotes endofíticos de plantas amplamente utilizados no tratamento de sementes, para controlar doenças e promover crescimento e produtividade das plantas (MASTOURI et al., 2010).

2.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS

Desde a Revolução Industrial, as concentrações atmosféricas de CO₂ subiram de 280 ppm para mais de 410 ppm (CIAIS et al., 2013). Essas altas concentrações, juntamente com concentrações crescentes de outros gases de

efeito estufa, levaram a um aumento de 0,8 °C na temperatura média anual global a partir de 2017 (HANSEN et al., 2010).

Os biomas brasileiros abrigam uma porção significativa da biodiversidade mundial, constituindo importantes centros de biodiversidade. No entanto, essa rica biodiversidade vem sendo crescentemente ameaçada por atividades antrópicas, principalmente aquelas ligadas à conversão das paisagens naturais em áreas de produção agropecuária, o que ocasiona o agravamento das mudanças climáticas (ALEIXO et al., 2010).

Nesse sentido, mudanças meteorológicas afetam os processos metabólicos das plantas e desenvolvimento em campo (PIROVANI et al., 2018). Além das alterações recentes nas paisagens naturais, mudanças climáticas em curso e previstas constituem um segundo fator de ameaça à biodiversidade dos biomas brasileiros, com especial ênfase para aqueles predominantemente florestais e com maior riqueza de espécies e endemismo, como o bioma Amazônia (ALEIXO et al., 2010).

Em geral, as plantas devem responder a mudanças nas condições ambientais, seja por adaptação a novas condições ou pela migração via pólen, sementes ou propágulos para novos locais onde as condições são mais favoráveis (FARJAT et al., 2015). A germinação é um processo complexo, sendo facilmente afetada por fatores climáticos, temperatura e disponibilidade hídrica; assim, mudanças climáticas abruptas podem prejudicar o setor agropecuário e florestal pela redução do potencial germinativo das sementes.

As plantas não são apenas afetadas pelo clima, mas são elas próprias reguladoras-chave do clima global e regional (ZHU et al., 2017). Os ecossistemas terrestres atualmente absorvem 30% do CO₂ antropogênico emitido todos os anos; logo, em condições ideais (sem limitação de água e temperatura elevada) as árvores parecem interagir com o CO₂ de maneira positiva para aumentar o seu crescimento. Existem estudos sobre os efeitos da elevada concentração de CO₂ nas espécies arbóreas e quase todos mostraram um aumento no crescimento das espécies devido ao incremento de concentração de CO₂ (GUNDERSON e WULLSCHLEGER, 1994; AINSWORTH e ROGERS, 2007; LE QUÉRÉ et al., 2016).

O Brasil apresenta elevada vulnerabilidade aos possíveis efeitos das alterações climáticas, principalmente se considerarmos as projeções atuais de

mudança no clima global (SOLOMON et al., 2007). O cenário climático brasileiro acompanha a mesma tendência de aquecimento global, em que as mudanças mais significativas são no aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como seca, enchentes e inundações (ASSIS et al., 2012).

Pela importância da temática, diversos autores vêm estudando os efeitos que o aquecimento global pode acarretar (GUEDES et al., 2019; JONG et al., 2019), nos sistemas agrícolas (CAMARGO et al., 2010; SANTOS et al., 2011; BACK et al., 2013) e nos diferentes biomas (NOBRE et al., 2007; FEARNSIDE, 2009).

Na tentativa de prever tais efeitos, modelos matemáticos foram utilizados por Cardoso (2015) com sementes de *Astronium fraxinifolium* Schott (Aroeira-do-campo), espécie arbórea do cerrado. O autor, com auxílio da modelagem matemática, descreveu a germinação da espécie em condições variáveis de temperatura e disponibilidade de água, quantificando 70% da variação total da velocidade de germinação.

Seguindo a mesma abordagem, Oliveira et al. (2019), considerando um modelo térmico e hídrico, avaliaram a precisão desses modelos na germinação *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira-do-sertão). Neste trabalho, verificou-se que as sementes apresentaram tolerância ao aumento da temperatura; no entanto, uma possível limitação hídrica afetaria o processo de germinação, independentemente do aumento nas temperaturas.

REFERÊNCIAS GERAIS

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. **Plant Cell & Environment**, v.30, n.3, p.258–270, 2007.

AL-ANI, L. K. T. Trichoderma: beneficial role in sustainable agriculture by plant disease management. In: **Plant Microbiome: Stress Response**. p.105-126, 2018.

ALVINO, F. O. **Influência do espaçamento e da cobertura do solo com leguminosas sobre o crescimento do paricá.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 101p. 2006.

ALBAUGH, T. J., FOX, T. R., MAIER, C. A., CAMPOE, O. C., RUBILAR, R. A., COOK, R. L.; RAYMOND, J. E.; ALVARES, C. A.; STAPE, J. L. A common garden experiment examining light use efficiency and heat sum to explain growth differences in native and exotic *Pinus taeda*. **Forest ecology and management**, v.425, p.35-44, 2018.

AMATA. **Revisão sobre Paricá: *Schizolobium amazonicum* Huber Ex Ducke.** AMATA. Inteligência da floresta viva, 2009. 106 p.

ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F. J.; CUNHA, H. B.; QUESADA, C. A. N.; MARENGO, J. A.; KRUSCHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da Floresta Amazônica. **Ciência e Cultura**, v.66, n.3, p.41-46, 2014.

ASSAD, E. D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H.; Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057–1064, 2004.

ASSIS, J.M.O.; LACERDA, F.F.; SOBRAL, M.C.M. Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.320-331, 2012.

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico 2013 - ano base 2012**, 2013. 148 p.

BACK, A. J.; BRUNA, E. D.; DALBO, M. A. Mudanças climáticas e a produção de uva no vale do Rio do Peixe-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.1, p.159-169, 2013.

BENETTI, S. C.; SANTOS, A. F. dos; JACCOUD FILHO, D. de S. Levantamento de fungos em sementes de cedro e avaliação da patogenicidade de *Fusarium* sp. e *Pestalotiopsis* sp. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.58, n.1, p.79-83, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. secretaria de defesa agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 398p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98p.

BRADFORD, K. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**, v.50, n. 1, p. 248-260, 2002.

BRAGA, L. F.; CARVALHO, A. B.; SOUSA, M. P.; LIMA, G. P. P.; GONÇALVES, A. N. Aplicação de poliaminas em sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke durante a emergência sob estresse hídrico. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.5, n.1, p.27-35, 2007.

BOTELHO, L. S. **Fungos Associados às Sementes de Ipê – amarelo (*Tabebuiaserratifolia*), Ipê - roxo (*Tabebuia impetiginosa*), Aroeira - pimenteira (*Schinus terebinthifolius*) e Aroeira – salsa (*Schinus molle*): Incidência, Efeitos na Germinação, Transmissão para Plantulas e Controle**. 2006. 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba – SP, 2006.

CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, v.69, n.1, p. 239-247, 2010.

CAMPOS, J. H. B.; SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R.; Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.396–404, 2010.

CARDOSO, V.J.M. Parâmetros termo-hídricos da germinação de sementes de *Astronium fraxinifolium* SCHOTT e aspectos ecofisiológicos. **Heringeriana**, v.9, n.1, p.13-23, 2015.

CARMO, A.L.M.D.; MAZARATTO, E.J.; ECKSTEIN, B.; SANTOS, Á.F.D. Associação de fungos com sementes de espécies florestais nativas. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.3, p.246-247, 2017.

CARVALHO, J.G. & VIEGAS, I.J.M. **Caracterização de sintomas de deficiências de nutrientes em paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 2004. 6p. Circular Técnica, 37.

CARVALHO, P. E. R. **Paricá: *Schizolobium amazonicum***. Colombo, PR. EMBRAPA. 2007. Circular Técnica 142.

CARVALHO, M.N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CIAIS, P.; SABINE, C.; BALA, G.; BOPP, L.; BROVKIN, V.; CANADELL, J.; CHHABRA, A.; DEFRIES, R.; GALLOAWAY, J.; HEIMANN, M. **Carbon and other biogeochemical cycles**. In: TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. 2013. 106p.

COVELL, S.; ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes I. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v.37, n. 5, p. 705–715, 1986.

Climate Change 2013: The Physical Science Basis. **Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 465–570.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U.; OLIVEIRA, R. P. Viabilidade na germinação e dormência em sementes de *Centrosema pubescens* Benth. **Pasturas Tropicales**, v.19, n.1, p.37-41, 1997.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Methods of overcoming dormancy in *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Leguminosae – Caesalpinioideae) seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.108-115, 2006.

EIRA, M. T. S.; CALDAS, L.S. Seed dormancy and germination as concurrent processes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.1, p.85-104, 2000.

ELLIS, R.H.; COVELL, S.; ROBERTS, E.H.; SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific

variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v.37, n.10, p.1503-1515, 1986.

FARJAT, A. E.; ISIK, F.; REICH, B. J.; WHETTEN, R. W.; MCKEAND, S. E. Modeling climate change effects on the height growth of loblolly pine. **Forest Science**, v.61, n.4, p. 03-715, 2015.

FEARNSIDE, P. M. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n.4, p.609-618, 2009.

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

GUMMERSON, R. J. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v.37, n.6, p.729-741, 1986.

GUNDERSON, C. A.; WULLSCHLEGER, S. D. Photosynthetic acclimation in trees to rising atmospheric CO₂: a broader perspective. **Photosynthesis Research**, v.39, n.3, p.369–388, 1994.

GHISOLFI, E. M.; EFFGEN, E. M.; MENDONÇA, A. D.; NAPPO, M. E.; SILVA, A. D. Influência do tamanho da semente e tipo de recipiente na germinação de *Schizolobium amazonicum* (Herb) Ducke. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.5, n. 9, p. 4-10, 2006.

HANSEN, J.; RUEDY, R.; SATO, M. L. O. K. Global surface temperature change. **Reviews of Geophysics**, v.48, n.4, p.1-29, 2010.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. **Climate Change 2007: Working Group I: The physical science basis: global climate projections**. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 2007. 1007p.

IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual**. Brasília, 2017. Disponível em: www.iba.com.br. Acesso em: 24 ago. 2019. 80p.

ISTA. **International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association**, Switzerland. 2015. 276p.

HARDEGREE, S. P. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal-temperature Models and Subpopulation-specific Regression. **Annals of Botany**, v.97, n.6, p.1115-1125, 2006.

JOHNSEN, K.H.; WEAR, D.; OREN, R.; TESKEY, R. O.; SANCHEZ, F.; Will, R.; BUTNOR, J.; MARKEWITZ, D.; RICHTER, D.; RIALS, T; ALLEN H. L.; SEILER, J.; ELLSWORTH, D.; MAIER, C.; KATUL, G.; DOUGHERTY, P. M. Meeting global policy commitments: carbon sequestration and southern pine forests. **Journal of Forestry**, v.99, n.4, p.14–21, 2001.

JOHNSEN, K. H.; BUTNOR, J. R.; KUSH, K. S.; SCHMIDTLING, R. C.; NELSON, C. D. Hurricane Katrina winds damaged longleaf pine less than loblolly pine. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.33, n. 4, p. 178–181, 2009.

JONG, P.; BARRETO, T. B.; TANAJURA, C. A.; KOULOUKOU, D.; OLIVEIRA-ESQUERRE, K. P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Estimating the impact of climate change on wind and solar energy in Brazil using a South American regional climate model. **Renewable energy**, v.141, n.1, p.390-401, 2019.

JUNGES, E.; MUNIZ, M.F.; MEZZOMO, R.; BASTOS, B.; MACHADO, R.T. *Trichoderma* spp. na produção de mudas de espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2, p.237-244, 2016.

KARL, T.R., J.M. MELILLO, T.C. PETERSON. **Global climate change impacts in the United States**. Cambridge University Press, 2009.188 p.

LE QUÉRE E. C., ANDREW R.M., CANADELL J.G., SITCH S., KORSBAKKEN J.I., PETERS G.P., MANNING A.C., BODEN T.A., TANS P.P., HOUGHTON R.A. Global carbon budget 2016. **Earth System Science Data**, v.8, n.1, p.605–649, 2016.

LEÃO, N. V.; CARVALHO, J. E. U. de. Métodos para superação da dormência de sementes de paricá, *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. **Informativo ABRATES**, v.5, n.2, p.168, 1995.

LEÃO, N. V. M.; BARBOSA, L. V. A.; BENCHIMOL, R. L.; da SILVA, C. M.; FELIPE, S. H. S.; SHIMIZU, E. S. C. Avaliação fisiológica e sanitária de diferentes lotes de sementes de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) utilizada em SAFs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBSAF: Embrapa Amazônia Oriental: UFRA: CEPLAC: EMATER: ICRAF, 2011.

LIMA, S. F.; CUNHA, R. L.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, C. A. S.; CORRÊA, F. L. O. Comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb.) submetido à aplicação de doses de boro. **Cerne**, v.9, n.2, p.192-204, 2003.

MACHADO, J.C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. 2nd ed. Lavras: LAPS/UFLA/FAEPE. 2000. 138p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MANESCHY, R. Q.; SANTANA, A. C.; VEIGA, J. B.; FILGUEIRA, G. C. Análisis económico de sistema silvopastoriles con paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber) en el nordeste de Pará, Brasil. **Zootecnia Tropical**, v.26, n.3, p.403-405, 2008.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das mudanças climáticas no Brasil**. Análise Conjunta Brasil - Reino Unido Sobre os Impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia, 2011. 56 p.

MARQUES, T. C. L. L. S. M.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. Exigências nutricionais do paricá (*Schizolobium amazonicum*, Herb.) na fase de muda. **Cerne**, v.10, n.2, p.167-183, 2004.

MARCOS FILHO, J. **Germinação de sementes**. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM SEMENTES, 1. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.11-39.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E.; Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. **Phytopathology**, v.100, n.11, p.1213-1221, 2010.

MATYAS, C. Modeling climate change effects with provenance test data. **Tree Physiol**, v.14, n.1, p.797– 804, 1994.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon Press, 1989. 270 p.

MELO, R. R. Avaliação de variáveis tecnológicas na produção de painéis LVL confeccionados com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). 2012. 182 p.

MEYER, S.; DEBAENE-GILL, S.B.; ALLEN, P.S. Using hydrothermal time concepts to model seed germination response to temperature, dormancy loss and priming effects in *Elymus elymoides*. **Seed Science Research**, v.10, n.3, p.213-223, 2000.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. D. **Fatores Externos (ambientais) que influenciam a germinação de sementes**. Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP, Informativo Sementes IPEF, 1998. 14p.

NETO, P. A. S.; ALVINO, F. O.; RAYOL, B. P.; PRATA, S. S.; ESQUERDO, L. N. Métodos para superação de dormência em sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.732-734, 2007.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v.59, n.3, p.22-27, 2007.

OHASHI, S.T.; YARED, J. A. G.; NETO, J. T. F. Variabilidade entre procedências de paricá *Schizolobium parahyba var amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby

plantadas no município de Colares – Pará. **Acta Amazônica**, v.40, n.1, p.81 – 88, 2010.

PELTOLA, H., KILPELAINEN, A., KELLOMAKI, S. Diameter growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees grown at elevated temperature and carbon dioxide concentration under boreal conditions. **Tree Physiology**, v.22, n. 14, p. 963–972, 2002.

PEREIRA, H. M.; FERRIER, S.; WALTERS, M.; GELLER, G. N.; JONGMAN, R. H. G.; SCHOLLES, R. J.; BRUFORD, M. W.; BRUMMITT, N.; BUTCHART, S. H. M.; CARDOSO, A. C. Essential biodiversity variables. **Science**, v.339, n.6117, p. 277–278, 2013.

PIÑA-RODRIGUEZ, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. **Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção**. ABRATES, 2015. 478 p.

PIROVANI, D. B., PEZZOPANE, J. E. M., XAVIER, A. C., PEZZOPANE, J. R. M., DE JESUS JÚNIOR, W. C., MACHUCA, M. A. H., MOREIRA, T. R. Climate change impacts on the aptitude area of forest species. **Ecological indicators**, v.95, n.1, p.405-416, 2018.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PBMC. **Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Sumário Executivo GT1. PBMC: Rio de Janeiro, Brasil, 2013. 24 p.

ROLSTON, M. P. Water impermeable seed dormancy. **Botanical Review**, v.44, n.1, p.365-396, 1978.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. D. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.1, p.163-168, 2006.

ROSSI, L. M. B. Aspectos silviculturais e sócioeconômicos de uma espécie de uso múltiplo: o caso de *Schizolobium amazonicum* (Hub.) Ducke. In:

CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 8., 2000, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Prefeitura Municipal; Santa Maria: UFSM, 2001. p. 271-279.

SALLAS, L.; LUOMALA E. M.; UTRIAINEN, J.; KAINULAINEN, P.; HOLOPAINEN, J. K. Contrasting effects of elevated carbon dioxide concentration and temperature on Rubisco activity, chlorophyll fluorescence, needle ultrastructure and secondary metabolites in conifer seedlings. **Tree Physiology**, v.23, n.2, p.97–108, 2003.

SAMUELSON, L. J.; STOKES, T. A.; JOHNSEN, K. Ecophysiological comparison of 50-year-old longleaf pine, slash pine and loblolly pine. **Forest ecology and management**, v. 274, n.1, p. 108-115, 2012.

SANTOS, R. S.; COSTA, L. C.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; OLIVEIRA, R. A.; JUSTINO, F. B. Avaliação da relação seca/produtividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, p.313-321, 2011.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.** Cambridge University, 2007. 996 p.

SCHMIDTLING, R. C. Use of provenance tests to predict response to climate change: Loblolly pine and Norway spruce. **Tree Physiology**, v.14, n.7, p.805–817, 1994.

SCHIMIZU, E. S. C.; PINHEIRO, H. A.; COSTA, M. A.; FILHO, B. G. S. Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação de sementes em lixa e água quente. **Revista Árvore**, v.35, n.4, p.791-800, 2011.

SHAH, S., SHAH, C. Tree Rings for the Assessment of the Potential Impact of Climate Change on Forest Growth. **Applied ecology and environmental research**, v.13, n.1, p.277-288, 2015.

SOUZA, C. R.; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; VIERIA, A. H. **Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*** (Huber x Duche) Barneby. Manaus – AM: Embrapa. Circular Técnica, n.18, 2003. 12p.

SOUZA, D.B.; CARVALHO, G.S.; RAMOS, E.J.A. **Paricá *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke**. Informativo Técnico, Rede de Sementes da Amazônia, n. 13, 2005. 2p.

STANTURF, J. A.; GOODRICK, S. L.; OUTCALT, K.W. Disturbance and coastal forests: a strategic approach to forest management in hurricane impact zones. **Forest Ecology Management**, v.250, n.1, p.119–135, 2007.

OOI M. K. J.; AULD T. D.; DENHAM A. J. Climate change and bet-hedging: interactions between increased soil temperatures and seed bank persistence. **Global Change Biology**, v.15, n.10, p.2375–2386, 2009.

TEAM, CORE WRITING, RAJENDRA K. PACHAURI, L. A. MEYER. **"IPCC, 2014: climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I." II and III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental panel on Climate Change**. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. 154 p.

TRIVINO-DIAZ, T.; ACOSTA, R.; CASTILLO, A. **Técnicas de manejo de semillas para algunas especies forestales neotropicales en Colombia**. Colombia: CONIF / INDERANA, 1990. 91 p.

VIEIRA, D.L.M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. **Restoration Ecology**, v.14, n. 1, p.11–20, 2006.

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.365-371, 2012.

ZHU, P.; ZHUANG, Q.; CIAIS, P.; WELP, L.; LI, W.; XIN, Q. Elevated atmospheric CO₂ negatively impacts photosynthesis through radiative forcing and physiology-mediated climate feedback. **Geophysical Research Letters**, v.44, n.4, p. 1956–1963, 2017.

3 CAPÍTULO I – TRATAMENTO BIOLÓGICO E QUÍMICO DE SEMENTES DE PARICÁ - UMA ESPÉCIE FLORESTAL NATIVA DO BIOMA AMAZÔNIA

RESUMO

O paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) é uma espécie florestal nativa do Bioma Amazônia, utilizada para a recuperação de áreas degradadas e reflorestamentos para exploração madeireira. As suas sementes são a principal via para a formação de mudas, havendo ampla demanda e alto valor para comercialização; no entanto, apresentam baixa viabilidade pelo ataque de fungos. O trabalho teve por objetivo identificar os fungos associados às sementes de paricá e avaliar a resposta da germinação em sementes tratadas com agentes biológicos e fungicidas químicos. Foram testados dois agentes biológicos e três fungicidas químicos para o tratamento de sementes. A avaliação da germinação foi realizada com quatro repetições de 25 sementes cada, a temperatura constante de 25 °C. Foram encontrados quatro gêneros de fungos associados às sementes de paricá, sendo eles: *Aspergillus* sp. (70%), *Penicillium* sp. (31%), *Rhizopus* sp. (21%) e *Cladosporium* sp. (8%). O tratamento antifúngico em sementes de paricá apresentou efeito positivo proporcionando aumento significativo na viabilidade das sementes. Os agentes biológicos apresentaram capacidade de controle dos fungos similar à dos fungicidas químicos.

Palavras-chave: Controle biológico, Fungicida, Germinação, Patógeno, *Schizolobium parahyba*.

3.1 INTRODUÇÃO

O paricá (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*) (Huber ex Ducke) Barneby é uma espécie florestal nativa do Bioma Amazônia de grande porte e rápido crescimento, com larga distribuição geográfica. É utilizada para recuperação e restauração ambiental; exploração da madeira; produção de energia; celulose e papel e na medicina popular (CARVALHO, 2007).

As sementes são a principal via para a formação de mudas da espécie, havendo ampla demanda e alto valor para comercialização. Em virtude de não se terem muitos campos de produção com acompanhamento técnico, diversos lotes apresentam altos índices de contaminação intrínseca por agentes patogênicos, reduzindo a qualidade das sementes. Logo, a avaliação sanitária das sementes pode fornecer informações que auxiliem a identificação e mitigação de eventuais problemas, como a baixa ou ausência de germinação, perda da viabilidade com conseqüente interferência na longevidade das sementes armazenadas e insucesso na produção das mudas, além de evitar o transporte de sementes contaminadas por fitopatógenos para novas áreas (SANTOS et al., 2015; PARISI et al., 2019).

Ao se identificar os patógenos, pode-se indicar a necessidade do tratamento das sementes antes da produção de mudas, principalmente para espécies florestais nativas que apresentam poucas informações quanto à qualidade sanitária das suas sementes (PARISI et al., 2019) e têm uma oferta reduzida que depende da espécie, da safra e do indivíduo, dificultando a execução de trabalhos de pesquisa, especialmente para aquelas de interesse ecológico e comercial, como é o caso do paricá.

O uso de produtos químicos no controle de agentes fitopatológicos é o método mais utilizado por agricultores nos países em desenvolvimento, mas podem causar conseqüências ecotoxicológicas (KUMAR e ASHRAF, 2017). Deste modo, o uso de agentes biológicos no controle sanitário vem ganhando cada vez mais destaque, principalmente por ser menos agressivo ao ambiente, já havendo inclusive recomendações de uso para sementes florestais (MACIEL et al., 2014; JUNGES et al., 2016).

Assim, o trabalho teve por objetivo verificar a incidência de fungos associados às sementes de paricá e avaliar a germinação em sementes tratadas com agentes biológicos e fungicidas químicos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de paricá foram coletadas de matrizes localizadas em área experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes e no de Patologia de Sementes, ambos localizados no Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba.

A amostra de sementes foi homogeneizada utilizando o método mecânico (divisor centrífugo), de acordo com as instruções das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e dividida em quatro subamostras (repetições estatísticas). Para superação de dormência das sementes foi utilizado o método de escarificação mecânica em superfície abrasiva, na região oposta ao eixo embrionário (Cruz e Pereira, 2014).

Para a análise da sanidade das sementes, foi utilizado o método do papel-filtro (*Blotter test*) (NEERGARD, 1979), no qual para cada tratamento foram distribuídas dez sementes de forma equidistante em caixas plásticas transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), previamente desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio (NaClO) na concentração de 1% durante três minutos e álcool 70%, forradas com duas folhas de papel-filtro, esterilizadas e umedecidas com água estéril. As caixas foram colocadas na câmara de incubação (BOD) a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ com fotoperíodo de 12 horas, durante cinco dias. Em seguida, foi feita a análise da incidência dos fungos nas sementes, com o auxílio de microscópios estereoscópico e ótico, considerando-se como infectada a semente com presença de estruturas fúngicas. Os fungos foram identificados em nível de gênero, com o auxílio da bibliografia especializada (BARNETT e HENTER, 1998). Os resultados da incidência de fungos nas sementes foram expressos em porcentagem.

Para o tratamento das sementes, foram escolhidos produtos cujo espectro de ação atua-se no controle dos fungos identificados. Foram testados os seguintes fungicidas químicos nas respectivas doses do produto comercial / 100

kg de semente: Carboxina + Tiram (Vitavax Thiram 200 SC – 80,0 mL); Tiofanato-Metílico (Certeza N – 80,5 mL) + Fluazinam; Piraclostrobina + Metil Tiofanato + Fipronil (Standak Top – 100,0 mL). Além desses, foram testados dois fungicidas biológicos: *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckf & Nirenberg (Trichodermax com $1,5 \times 10^9$ esporos viáveis/ml – 6,0 g) e *Bacillus subtilis* isolado QST 713 (Serenade com 1×10^9 UFC/g de ativo – 2,7 mL).

A incorporação dos produtos foi realizada manualmente, colocando as sementes, e posteriormente os produtos com as doses recomendadas, dentro de um saco plástico, agitando-se até obtenção de distribuição homogênea da formulação sobre as sementes.

O teste de germinação foi conduzido colocando-se as sementes para germinar em rolo de papel toalha umedecido com água em volume equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco e previamente esterilizado, sendo mantidas em germinador, a temperatura constante de 25 °C, por um período de sete dias (BRASIL, 2013). Foram consideradas germinadas as sementes que produziram plântulas normais, sendo os resultados expressos em porcentagem.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes para cada teste realizado. A análise estatística dos dados foi feita por meio de Modelos Lineares Generalizados, com ajuste às distribuições binomial e normal, a fim de identificar o modelo mais ajustado aos dados. A seleção foi baseada no Critério de Informação de Akaike (AIC), uma medida de qualidade de ajuste que penaliza o modelo por sua complexidade (número de parâmetros). A distribuição binomial se mostrou mais bem ajustada. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de contrastes de Tukey ($P < 0,05$). Todas as análises foram realizadas no programa R, versão 3.5.2.

3.3 RESULTADOS

De acordo com a análise sanitária, foram identificados quatro gêneros de fungos associados às sementes de paricá: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. e *Cladosporium* sp., com diferentes incidências relativas a cada tratamento testado (Tabela 1). Com relação aos tratamentos químicos, o mais eficiente para controle dos fungos identificados foi o Carboxina + Tiram o qual anulou a presença de todos os patógenos. Em termos de tratamento biológico,

o agente a base de *Trichoderma asperellum* apresentou controle eficaz para fungos dos gêneros *Penicillium*, *Rhizopus* e *Cladosporium* (Tabela 1).

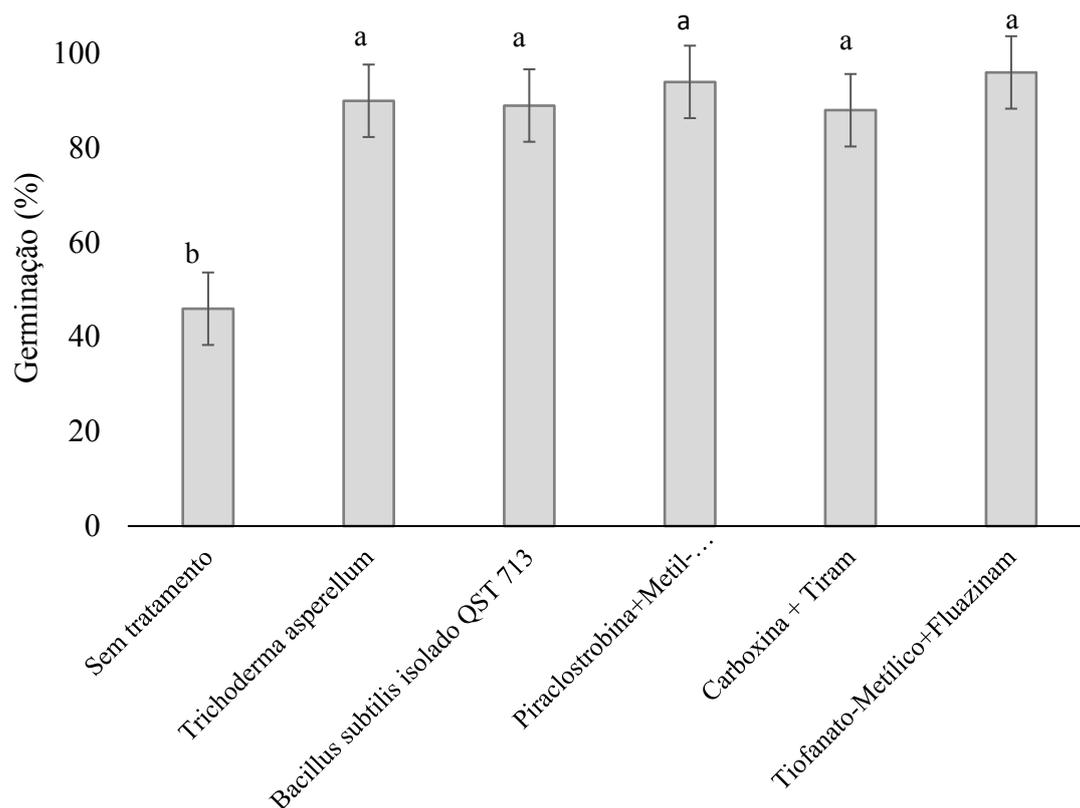
Tabela 1. Incidência de fungos (%) em sementes de paricá submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Rhizopus</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.
Sem tratamento	70 a	31 a	21 a	8 a
Carboxina + Tiram	0 e	0 c	0 b	0 b
Tiofanato- Metílico+Fluazinam	31 c	2 c	0 b	0 b
Piraclostrobina+Metil Tiofanato+Fipronil	5 d	0 c	0 b	0 b
<i>Trichoderma</i> <i>asperellum</i>	70 ab	8 b	0 b	0 b
<i>Bacillus subtilis</i> isolado QST 713	61 b	36 a	1 b	0 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pode-se verificar que apesar do baixo controle de *Aspergillus* nas sementes pelo produto a base de *Trichoderma asperellum* (Tabela 1), as plântulas oriundas não foram significativamente afetadas pelo fungo, e continuaram o seu desenvolvimento normal, como pode ser comprovado pelo teste de germinação, no qual este tratamento proporcionou 90% de viabilidade (Gráfico 1), ou seja, um incremento de 44% na germinação em comparação a sementes sem tratamento.

Gráfico 1. Germinação de sementes de paricá submetidas a diferentes tratamentos.



Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). C.V. = 7,08%. Barra = erro padrão.

O tratamento de sementes de paricá apresentou efeito positivo, proporcionando aumento significativo na viabilidade das sementes em comparação à testemunha (Gráfico 1). Não houve diferença estatística entre os fungicidas biológicos e químicos testados, sendo que todos proporcionaram uma germinação variando entre 88 a 96%, bem superior à verificada para a testemunha (sem tratamento).

O efeito prejudicial dos patógenos na germinação de sementes foi descrito em etapas na Figura 1, sendo observado principalmente para sementes sem tratamento, onde o primeiro indício de formação de colônia e crescimento micelial foi observado 48 horas após o início do teste de germinação, com crescimento inicial a partir da incisão tegumentar (Figura 1A), para rapidamente se desenvolver na superfície da semente (Figura 1B) e, em alguns casos, chegar a deteriorar também a região do hipocótilo e da raiz primária (Figura 1C), interrompendo o processo germinativo de forma drástica e inviabilizando a formação das plântulas (Figura 1D).

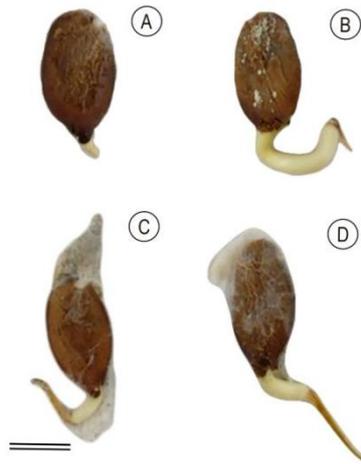


Figura 1. Proliferação de fungos dos gêneros *Aspegillus* e *Penicillium* nas sementes de paricá (sem tratamento), nos respectivos números de dias após o início da germinação – (A) dois; (B) quatro; (C) cinco; (D) sete. Barras: 1 cm.

Os fungos prejudicaram o desenvolvimento das plântulas de paricá, levando muitas vezes ao comprometimento do seu desenvolvimento, classificando-as como anormais (Figura 2A). Apesar de eles serem potencialmente danosos quando associados às sementes, no presente trabalho verificou-se que com o tratamento de sementes, inclusive os biológicos, foram produzidas expressiva quantidade de plântulas normais (Figura 2B) no teste de germinação.



Figura 2. Plântula anormal (A) e plântula normal (B) de paricá, após sete dias do início do teste de germinação.

3.4 DISCUSSÃO

Os fungos identificados nas sementes de paricá (Tabela 1) são saprofíticos, frequentemente encontrados em sementes de espécies florestais (Santos et al., 2015). São oportunistas, pois em condições ambientais favoráveis, invadem os tecidos das sementes em germinação, afetando a sua viabilidade e acelerando a deterioração (OLIVEIRA et al., 2009).

A ação dos tratamentos testados sobre cada fungo alvo, levantadas na tabela 1, demonstrou que a eficácia do fungicida químico está relacionada com a sua ação combinada, sistêmica e de contato, o que tende a aumentar o espectro de ação nas sementes. No presente trabalho, todos os fungicidas químicos usados possuem mobilidade combinada, tendo os ingredientes ativos Carboxina, Tiofanato-metílico e Metil Tiofanato mobilidade sistêmica, enquanto os ingredientes Tiram, Fluazinam e Fipronil são de contato. Para Aimi et al. (2016), fungicidas químicos com ação combinada (sistêmico + contato) são os mais eficazes no controle de fungos do gênero *Penicillium* spp e *Cladosporium* spp.

Com relação ao amplo espectro de controle do tratamento biológico, está relacionado ao mecanismo de ação; para Wang et al. (2016), o principal mecanismo dos agentes de biocontrole está no contato entre células e na competição por espaço e nutrientes, em vez da liberação de compostos antifúngicos. Os fungicidas biológicos são produzidos a base de microrganismos que agem colonizando a filosfera, por meio de competição, parasitismo direto, produção de metabólitos secundários e micro parasitismo de estruturas de resistência de patógenos, que em geral são difíceis de serem destruídos, podendo assim prevenir o ataque e a penetração do patógeno nas sementes (MACHADO et al., 2012). Outra vantagem dos métodos de controle biológico testados é que eles podem contribuir para um controle mais estável das doenças no campo, por serem adicionados ao agroecossistema, e sem grande impacto na natureza (KUMAR e ASHRAF, 2017).

A baixa germinação das sementes não tratadas (testemunha) (Gráfico 1), confirmaram a hipótese inicial do trabalho, segundo a qual os fungos poderiam ser considerados como responsáveis pela baixa germinação das sementes de

paricá, reforçando a importância do tratamento adequado de sementes desta espécie. Os fungos *Aspergillus* e *Penicillium* são saprófitas e, quando as sementes são levadas ao armazenamento, eles são disseminados para as sementes saudáveis; por isso, muitas vezes, há a necessidade de se realizar tratamento (LAZAROTTO et al., 2010). Neste experimento, observou-se que, independentemente dos tratamentos usados (químicos ou biológicos), ambos limitaram a ação dos fungos nas sementes, propiciando não só a obtenção de maiores porcentagens de germinação, mas também diminuição das anomalias por eles causados em plântulas de paricá, talvez pelo fato de se tratar de uma espécie florestal nativa.

Maciel et al. (2014), constaram um aumento na germinação de sementes de *Pinus elliottii*, tratadas com *Trichoderma* e *Bacillus subtilis*, atribuindo esse efeito positivo a competição por substrato entre os agentes biológicos e os fungos. Fantinel et al. (2015) também constataram que, apesar do controle biológico a base de *Trichoderma* ter apresentado resultados inferiores ao controle químico (Carboxina + Tiram) em sementes florestais de *Acca sellowiana*, o uso dos agentes biológicos proporcionou uma maior porcentagem de plântulas normais. O emprego de agentes biológicos, como os presentes nos fungicidas Trichodermax (*Trichoderma asperellum*) e Serenade (*Bacillus subtilis*), podem influenciar o potencial de germinação e formação de plântulas devido à produção de substâncias promotoras de crescimento, que favorecem o sistema aéreo e radicular (MACHADO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2016).

As consequências deletérias na germinação do ataque do ataque de fungos (demonstrados nas Figuras 1 e 2) ocorrem pois os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* agem causando danos por meio da produção de enzimas, toxinas e reguladores de crescimento, causando interferência em diversos processos fisiológicos essenciais das sementes, destruindo órgãos de reserva ou tecidos jovens, danificando o sistema radicular ou o sistema vascular de plântulas (ROCHA et al., 2014).

3.5 CONCLUSÕES

A análise sanitária de sementes de paricá identificou os fungos do gênero: *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Rhizopus* sp e *Cladosporium* sp., responsáveis

pela baixa germinação das sementes. Os agentes biológicos apresentaram capacidade de controle dos fungos similar a dos fungicidas químicos.

3.6 REFERÊNCIAS

AIMI, S. C.; ARAUJO, M. M.; MUNIZ, M. F. B.; WALKER, C. Teste de sanidade e germinação em sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Florestal**, v.26, n.4, p.1361-1370, 2016.

BARNETT, H. L.; HENTER B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 4th ed. Saint Paul: The American Phytopathological Society; 1998. 218p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98p.

CARVALHO, P. E. R. **Paricá-Schizolobium amazonicum**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 8 p. (Circular Técnica, 142).

CRUZ, E. D.; PEREIRA, A. G. **Germinação de sementes de espécies amazônicas: paricá [*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby]**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 3 p. (Comunicado Técnico, 251).

FANTINEL, V. S.; OLIVEIRA, L. M.; CASA, R. T.; ROCHA, E. C.; SCHENEIDER, P. F.; VICENTE, D. Tratamento de sementes de goiaba-serrana (*Acca sellowiana*): efeito na incidência de fungos e na germinação. **Revista brasileira de biociências**, v.13, n.2, p.84-89. 2015.

JUNGES, E.; MUNIZ, M. F.; MEZZOMO, R.; BASTOS, B.; MACHADO, R. T. *Trichoderma* spp. na produção de mudas de espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2, p.237-244, 2016.

JUNIOR, G. M. B.; JUNIOR, A. F. C.; CHAGAS, L. F. B.; CARVALHO FILHO, M. R.; OLIVEIRA MILLER, L.; SANTOS, G. R. Controle biológico de fitopatógenos por *Bacillus subtilis* in vitro. **Biota Amazônia**, v.7, n.3, p.45-51, 2017.

KUMAR, M.; ASHRAF, S. Role of *Trichoderma* spp. as a biocontrol agent of fungal plant pathogens. **Probiotics and Plant Health**, v.1, n.1, p.497-506, 2017.

LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, A. F. Detecção, transmissão, patogenicidade e controle químico de fungos em sementes de paineira (*Ceiba speciosa*). **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 134-139, 2010.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F. D.; ANTONIOLLI, Z. I. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.274-288, 2012.

MACIEL, C. G.; WALKER, C.; MUNIZ, M. F. B.; ARAÚJO, M. M. Antagonismo de *Trichoderma* spp. e *Bacillus subtilis* (UFV3918) a *Fusarium sambucinum* em *Pinus elliottii* Engelm. **Revista árvore**, v.38, n.3, p.505-512, 2014.

OLIVEIRA, M. D. M.; NASCIMENTO, L. C.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; GUEDES, R. S. Tratamentos térmico e químico em sementes de mulungu e efeitos sobre a qualidade sanitária e fisiológica. **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p.150-155, 2009.

OLIVEIRA, G. R. F.; SILVA, M. S.; MARCIANO, T. Y. F.; PROENÇA, S. L.; SÁ, M. E. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 4, p. 439-448, 2016.

PARISI, J. J. D.; BIAGI, J. D.; BARBEDO, C. J.; MEDINA, P. F. Viability of *Inga vera* Willd. subsp. affinis (DC.) TD Penn. embryos according to the maturation stage, fungal incidence, chemical treatment, and storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, p.70-76, 2013.

PARISI, J.J.D.; SANTOS, A.F.; BARBEDO, C.J.; MEDINA, P.F. Patologia de Sementes Florestais: Danos, Detecção e Controle, uma revisão. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.2, p.129-133, 2019.

ROCHA, F. S; CATÃO, H. C. R. M.; de AMORIM BRANDÃO, A.; GOMES, L. A. A. Danos causados por diferentes potenciais de inóculo de *Aspergillus ochraceus* no vigor de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 6, p. 2895-2903, 2014.

SANTOS, A.F.; ECKSTEIN, B.; MUNIZ, M.F.B.; CARMO, A.L.M.; AUER, C.G.; JACCOUD FILHO, D.S.; PARISI, J.J.D. Patologia de sementes de espécies florestais no Brasil. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.23, p.193-211, 2015.

WANG, Y.; YUAN, Y.; LIU, B.; ZHANG, Z.; YUE, T. Biocontrol activity and patulin-removal effects of *Bacillus subtilis*, *Rhodobacter sphaeroides* and *Agrobacterium tumefaciens* against *Penicillium expansum*. **Journal of applied microbiology**, v. 121, n. 5, p. 1384-1393, 2016.

4 CAPÍTULO II – MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby – UMA ESPÉCIE FLORESTAL NATIVA DO BIOMA AMAZÔNIA

RESUMO

As mudanças climáticas em curso constituem fator de ameaça à biodiversidade dos biomas brasileiros, com ênfase para aqueles predominantemente florestais e com maior riqueza de espécies e endemismo, como o da Amazônia. Tais mudanças podem aumentar a pressão sobre espécies nativas no processo de sucessão natural, merecendo destaque dentre elas o paricá, espécie florestal nativa presente no Bioma Amazônia, que pode ter o seu processo de sucessão ecológico afetado. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos do estresse térmico na germinação de sementes de paricá e determinar os limites de temperatura para a germinação da espécie, com base em modelos de tempo térmico, empregando-se dados climáticos atuais e de cenários futuros. Foram utilizadas sementes de paricá de três safras e cinco temperaturas de germinação (20, 25, 30, 35 e 40 °C), determinando-se as temperaturas ótima, base e teto, além do tempo termal sub e supra ótimo para germinação, para verificar os efeitos de mudanças climáticas futuras. Determinou-se também o comprimento das plântulas. Verificou-se que a temperatura de 40 °C é limitante para germinação e crescimento das plântulas e que as temperaturas ótimas para germinação do paricá encontra-se entre 33,1 e 35,3 °C. A redução da disponibilidade hídrica diminui a janela de germinação, podendo inviabilizar o processo de sucessão ecológica das espécies no bioma amazônico, onde um processo efetivo de preservação da floresta é necessário. Conclui-se que o aumento gradativo das temperaturas na Amazônia pode ser fator limitante para a germinação de sementes de paricá.

Palavras-chave: Altas temperaturas, clima futuro, tempo térmico, paricá.

ABSTRACT

The ongoing climate changes are a threat to the biodiversity of Brazilian biomes, with an emphasis on those predominantly forestry and with greater species richness and endemism, such as that of the Amazon. Such changes can increase the pressure on native species in the process of natural succession; among them, the paricá stands out, as a native forest species present in the Amazon Biome, which may have its ecological succession process affected. The objective of this research was to evaluate the effects of thermal stress on the germination of paricá seeds and to determine the temperature limits for the germination of the species, based on thermal time models, using current climatic data and future scenarios. Paricá seeds of three harvests and five germination temperatures (20, 25, 30, 35 and 40 °C) were used, determining the optimum temperature, base and ceiling, in addition to the sub and supra thermal time for germination, to verify the effects of future climate change. The length of the seedlings was also determined. It was found that the temperature of 40 °C is limiting for germination and seedlings formation and that the optimum temperatures for germination of paricá are between 33.1 and 35.3 °C. The reduction of water availability decreases the window of germination, which may make the process of ecological succession of species in the Amazon biome unfeasible, where an effective process of preservation of the forest is necessary. It is concluded that the gradual increase in temperatures in the Amazon may be a limiting factor for the germination of paricá seeds.

Keywords: High temperatures, future climate, thermal sum, paricá.

4.1 INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), em seu relatório, publicou possíveis cenários para as prováveis mudanças climáticas globais, sendo uma previsão otimista o aumento da temperatura de 0,3 °C a 1,7 °C, de 2010 até 2100. O mesmo relatório indicou o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) como o principal agente causal das mudanças na temperatura do planeta.

Além das alterações recentes nas paisagens naturais, mudanças climáticas em curso constituem fator de ameaça à biodiversidade dos biomas brasileiros, com ênfase para aqueles predominantemente florestais e com maior riqueza de espécies e endemismo, como o bioma Amazônia e Mata Atlântica. Estes contêm uma porção significativa da fauna e flora mundial, constituindo importantes centros de biodiversidade pela combinação de altos níveis de riqueza naturais (ALEIXO et al., 2010).

As mudanças climáticas podem ter consequências importantes para os estádios de desenvolvimento das espécies, desde a germinação da semente até o crescimento e estabelecimento das plantas (MARAGHNI et al., 2010), sendo que os primeiros estádios do ciclo de vida da planta são os mais suscetíveis às mudanças ambientais para muitas espécies (VIEIRA e SCARIOT, 2006).

Nesse sentido, sementes de espécies que se adaptam às condições ambientais locais são mais propensas a tolerarem variações extremas na temperatura, assim como a falta de precipitação (SOVU et al., 2010). Logo, a capacidade de sementes para germinarem em uma ampla diversidade de condições ambientais garante a sobrevivência e regeneração de espécies (VIVIAN et al., 2008).

O conhecimento dos processos ecológicos de sementes de espécies da floresta tropical e seus ajustes a ambientes estressantes facilita o uso de técnicas de restauração com maior sucesso (PEREIRA et al., 2013). No entanto, existem poucos estudos que buscam compreender os efeitos das alterações climáticas na germinação das sementes (OLIVEIRA et al., 2019; DANTAS et al., 2020), principalmente para espécies nativas do Bioma Amazônia, as quais vêm sofrendo com o aumento das áreas desmatadas, seja por ação natural ou antrópica.

Paricá (*Schizolobium parahyba amazonicum* Huber ex Ducke) está entre as espécies amazônicas que podem ter seu processo de sucessão ecológico afetado pelas mudanças climáticas na região. Trata-se de uma espécie florestal nativa presente em toda extensão da floresta amazônica brasileira, venezuelana, colombiana, peruana e boliviana (FERNANDES et al., 2019).

Dentre as espécies indicadas para plantios florestais, as do gênero *Schizolobium* destacam-se por apresentarem potencial silvicultural e madeira de qualidade (NORONHA et al, 2018). O potencial silvicultural e tecnológico da espécie vem demonstrando sua viabilidade para reflorestamento nas regiões Norte e parte da região Nordeste do Brasil (VIDAURRE, 2012).

O paricá vem sendo muito utilizado por empresas do ramo madeireiro por possuir várias vantagens, como fácil obtenção de sementes, rápido crescimento e boa capacidade de regeneração em áreas alteradas por atividades antrópicas (ROSA, 2006). Dessa forma, a espécie se apresenta como fonte não só de remediação das ações antrópicas, mas também como de exploração sustentável, devido a qualidade e apreciação das suas sementes e da sua madeira. Tais características tornam a espécie uma alternativa para o setor madeireiro, o qual pode vir a sofrer com a escassez de madeira (ARAÚJO et al., 2018).

Mesmo sendo uma espécie de fácil adaptação, o aumento da temperatura média global pode impactar a germinação de suas sementes; logo, simular tais condições permitiria averiguar quais seriam os efeitos e impactos dessa condição climática na germinação da espécie.

Baseado no exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do estresse térmico na germinação de sementes de paricá e determinar os limites de temperatura para a germinação da espécie, com base em modelos de tempo térmico, empregando-se dados climáticos atuais e de cenários futuros.

4.2 MATERIAL E METÓDOS

As sementes de paricá provenientes de três anos de coleta (2018, 2019 e 2020) foram colhidas de 12 matrizes localizadas na Universidade Federal Rural da Amazônia (Belém-PA) e conduzidas até o Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Florestas, em Colombo-PR.

As amostras de sementes, de cada ano de coleta, foram homogeneizadas utilizando-se o método mecânico (divisor centrífugo), de acordo com as instruções das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e divididas em quatro subamostras (repetições estatísticas).

A determinação do teor de água inicial das sementes de cada ano de coleta foi realizada por meio do método de estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, utilizando-se duas subamostras de 5,0 g de sementes cada (BRASIL, 2009).

Para superação de dormência das sementes foi utilizado o método de escarificação mecânica em superfície abrasiva, na região oposta ao eixo embrionário, segundo metodologia proposta por Cruz e Pereira (2014). Em seguida, as sementes foram desinfestadas superficialmente por três minutos em água sanitária comercial (diluída em solução 2%) e posteriormente tratadas com fungicida Vitavax Thiram 200 SC® (0,8 mL kg⁻¹), sendo a mistura feita por agitação manual em saco plástico durante três minutos.

Para avaliar o efeito do estresse térmico, testes de germinação foram conduzidos com cinco temperaturas constantes (20, 25, 30, 35 e 40 °C), em câmaras de germinação do tipo B.O.D., empregando-se quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, com semeadura as em rolo de papel umedecido com água em volume equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco (BRASIL, 2009). O acompanhamento do processo germinativo ocorreu a partir de 24 horas da instalação dos testes, sendo a contagem final de plântulas normais realizada aos 14 dias após a semeadura (LORENZI, 2002).

A determinação do comprimento total de plântulas foi realizada ao final do teste de germinação, utilizando-se 10 plântulas por repetição para cada tratamento, com auxílio de uma régua milimetrada, sendo o comprimento determinado da extremidade da raiz primária até a extremidade máxima do cotilédone e os resultados foram expressos em centímetros.

O delineamento estatístico empregado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial (temperatura x anos de coleta).

A germinação acumulada foi dada em função do tempo, para cada temperatura, e ajustada para curvas sigmoidais de Boltzmann. A taxa de germinação (GR) foi calculada como função recíproca do tempo necessário para atingir 50% de germinação ($1/t_{50}$) (COVELL et al., 1986). A partir da GR de cada temperatura, análises de regressão linear foram realizadas para calcular a

interceptação no eixo x nas faixas de temperaturas sub e supra ótimas, gerando estimativas da temperatura base (T_b) e da temperatura teto (T_c) para germinação, abaixo e acima das quais a germinação é igual a zero (COVELL et al., 1986; ELLIS et al., 1986). A interceptação entre as duas linhas de regressão linear nas temperaturas sub e supra ótimas foi utilizada para estimar a temperatura ótima (T_o) (HARDEGREE, 2006).

O tempo térmico da amostra que germinar em temperaturas sub-ótimas (θ_{Tsub}) e o tempo térmico da população que germinar em temperaturas supra-ótimas (θ_{Tsupra}) foram calculados utilizando-se as equações abaixo:

$$\theta_{Tsub} = (T - T_b) t \quad (\text{equação 1})$$

$$\theta_{Tsupra} = (T_c - T) t \quad (\text{equação 2}),$$

Onde T é temperatura de germinação, T_b é temperatura base, T_c é temperatura teto e t é o tempo desde o início da embebição (COVELL et al., 1986).

Para calcular a soma térmica ambiental e prever a germinação das sementes, a partir dos parâmetros T_b , T_c , e T_o , foram utilizados dados climáticos referente aos anos de coleta das sementes e o cenário futuro RCP 8.5 (IPCC, 2014).

Para definição dos dados climáticos históricos, foram coletados valores diários da temperatura do ar e da precipitação referentes aos anos de 2018, 2019 e 2020, na Estação Meteorológica Automática de Belém, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, Belém – PA ($-1^\circ 44' S$, $-48^\circ 44' O$). O cenário futuro utilizado foi de RCP (Representative Concentration Pathways) 8.5, com aumento da temperatura média em $3.5^\circ C$ (IPCC, 2014) e precipitação até o ano de 2100.

A soma térmica foi calculada semanalmente, contanto que a precipitação da semana tivesse atingido no mínimo 20 mm, de acordo com a equação a seguir:

$$\text{Soma térmica} = (T_m - T_b)t \quad (^\circ C d) \quad (\text{equação 3}),$$

Em que T_m é a temperatura semanal média, T_b é a temperatura base, abaixo da qual não há germinação, e t é o número de dias até atingir o tempo térmico para germinação (θ_T).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água das sementes de cada ano de coleta, no início dos experimentos, foram de 4,5% (2018), 5,7% (2019) e 6,3% (2020). Os valores de germinação das sementes de paricá, em função da temperatura e do ano de coleta, encontra-se na Tabela 1. Vale ressaltar que apesar das diferenças de temperaturas testadas, as sementes iniciaram o processo de germinação (emissão da raiz primária) a partir do terceiro dia após a semeadura.

Tabela 1. Germinação (%) de sementes de paricá coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, em função da temperatura empregada.

Temperaturas	Germinação (%) de sementes de paricá		
	2018	2019	2020
20 °C	90 Aa	95 Aa	90 Aa
25 °C	94 Aa	95 Aa	94 Aa
30 °C	97 Aa	96 Aa	95 Aa
35 °C	91 Aa	93 Aa	80 Bb
40 °C	86 Aa	82 Ba	78 Ba
C.V. (%)	6,05	4,25	7,07

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade.

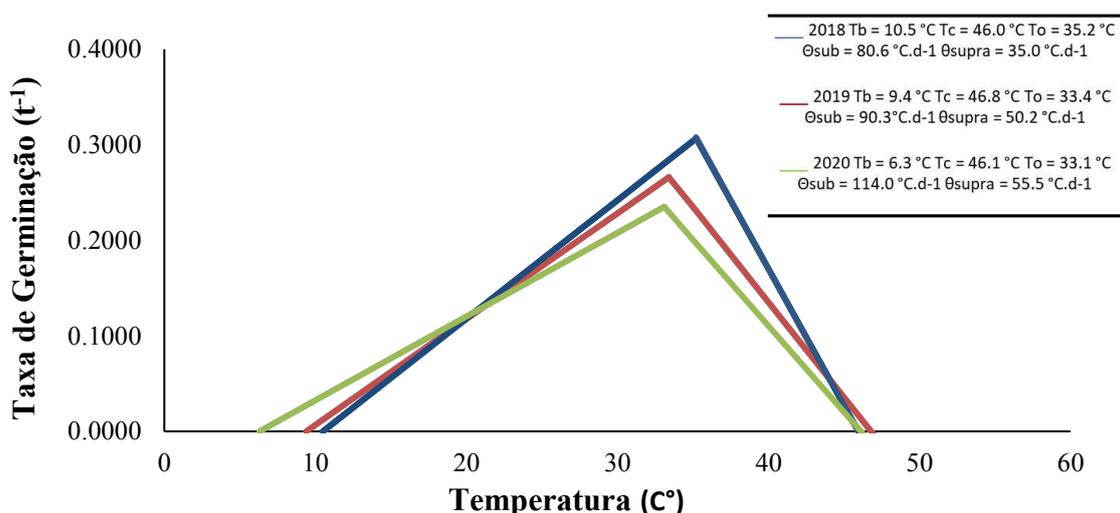
Nos anos de coleta de 2018 e 2019, não houve diferença na germinação entre as temperaturas de 20 a 35°C, ficando acima de 90%. No ano de coleta 2019, já ocorreram variações significativas a partir de 35°C, sendo que a 40°C observou-se 78% de germinação. Ainda em relação à temperatura de 40°C, no ano de coleta 2019 verificou-se também declínio na formação de plântulas normais (82%) na temperatura mais elevada.

A taxa de germinação é comumente usada para obter os limites de germinação de sementes de diversas espécies, devido a sua relação linear com a temperatura (COVELL et al., 1986; BRADFORD, 2002). Ela pode ser usada,

ainda, para calcular os tempos termais sub e supra ótimos, assim como as temperaturas limites para a germinação da espécie (OLIVEIRA et al., 2018); sendo essa taxa utilizada no presente experimento para determinar tais condições para sementes de paricá (Gráfico 1).

A temperatura base (T_b) e temperatura teto (T_c) (Gráfico 1) correspondem a temperatura limites para a germinação (ponto onde a curva de regressão intercepta o eixo x), respectivamente; T_o é a temperatura ideal; θ_{sub} e θ_{supra} correspondem, respectivamente, a tempo termal sub e supra-ótimo.

Gráfico 1. Taxa de germinação e limites termais requeridos para a germinação de sementes de paricá, coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, submetidas a diferentes temperaturas na germinação.



As sementes coletadas em todos os anos estudados apresentaram temperaturas base variando de 6,3 a 10,5°C e temperatura teto variando de 46 a 46,8°C. Dessa forma, a espécie apresenta uma ampla tolerância térmica (6,3 – 46,8 °C), sendo capaz de germinar em uma ampla faixa de temperatura. Como a T_b da espécie é baixa, maior tende a ser o θ_{sub} -ótimo, pois quanto maior a temperatura base, menos graus dias a espécie requer para alcançar 50% da germinação (DÜRR et al., 2015).

As sementes de paricá apresentaram maior θ_{sub} do θ_{supra} ; isso ocorre porque a temperatura base é baixa e está distante da temperatura ótima, logo

maior é a quantidade energética requerida para que a espécie alcance 50% da germinação, o que justifica os menores valores de θ_{supra} , já que a temperatura teto está mais próxima da ótima.

Os menores valores de germinação foram obtidos na temperatura de 40 °C, mesmo a temperatura teto (T_c) estando entre 46 e 46,8°C. O mesmo resultado foi encontrado por Oliveira et al. (2018) ao testarem diferentes temperaturas (de 10 a 40 °C) na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva*, sendo que os autores verificaram que mesmo quando a T_c foi superior a 50 °C a germinação a 40 °C foi baixa (menor que 50%), quando comparada às demais temperaturas. Da mesma forma, Gomes et al. (2019) ao verificarem a influência da temperatura de 40°C na germinação de sementes de *Cenostigma microphyllum*, que apresentaram temperatura teto (T_c) de 55,4 °C.

Segundo Dürr et al. (2015), espécies tropicais que apresentam temperatura base baixa tendem a alcançar 50% da germinação de forma rápida, pois alcançam o tempo térmico requerida em um intervalo de tempo menor (3-4 dias), já que as temperaturas locais tendem a ser mais elevadas.

Apesar do tratamento com 40°C ter uma germinação elevada para uma espécie florestal (78% a 86%, dependendo do ano de coleta), as sementes expostas as tais condições apresentaram mais plântulas desproporcionais em tamanho do que nos demais tratamentos. Tal fato permite verificar que apesar de germinarem em temperaturas mais próximas da T_c , as plântulas originadas dessas sementes apresentam mais deformidades e desproporcionalidades do que em temperaturas mais baixas, ficando claro a incapacidade de formar plântulas normais.

Os resultados de vigor, expressos pelo comprimento de plântulas, está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Comprimento das plântulas (cm) de paricá, em função da temperatura de germinação e do ano de coleta, após 14 dias da sementeira.

Temperaturas	Comprimento de total plântulas (cm)		
	2018	2019	2020
20 °C	11,9 Ba	11,4 Ba	10,6 Ba
25 °C	12,3 Ba	12,6 Ba	12,8 Aa
30 °C	13,7 Aa	14,6 Aa	13,7 Aa
35 °C	10,6 Cc	13,8 Aa	12,2 Ab
40 °C	5,2 Db	6,6 Ca	4,8 Cb
C.V. (%)	9,65 %	10,53 %	8,44 %

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade.

Foi observado que no ano de coleta 2018, à medida que a temperatura aumentou, ocorreu acréscimo no comprimento de plântulas até 30°C; a partir da temperatura de 35°C verificou-se redução significativa do crescimento. Já para os anos de coleta 2019 e 2020, a redução no crescimento ocorreu aos 40°C. Oliveira e Barbosa (2014), ao estudarem o efeito de altas temperaturas na germinação de *Cedrela fissilis*, verificaram que o crescimento das plântulas foi severamente reduzido na temperatura de germinação de 35 °C.

A temperatura de 40 °C afetou o crescimento das plântulas em todos os anos de coleta, com valores que variaram de 4,8 a 6,6 cm. Pelos resultados, observa-se que a espécie não é tolerante a temperaturas extremas, tendo ocorrido em todos anos de coleta a má formação do sistema radicular.

A temperatura de 25°C é recomendada para condução do teste de germinação do paricá, segundo a instrução normativa para análise de sementes florestais (BRASIL, 2013), no entanto, foi possível observar o efeito do aumento gradativo da temperatura no crescimento das plântulas de paricá até 30 °C, temperatura na qual os maiores comprimentos de plântula foram obtidos, independentemente do ano de coleta das sementes.

Apesar das temperaturas de 30 e 35 °C não diferirem estatisticamente para os anos de coleta 2019 e 2020, foi possível verificar que a temperatura de 35°C acarretou o menor desenvolvimento de plântulas de paricá (Figura 1D).

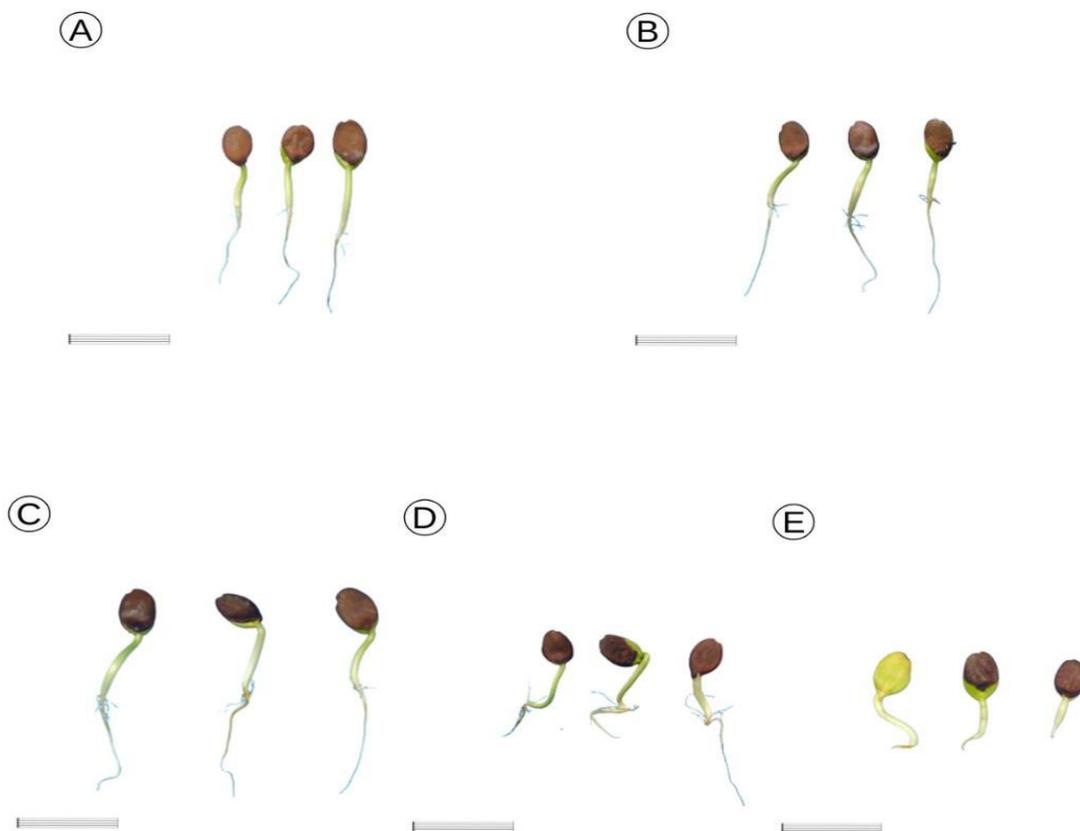


Figura 1. Aspecto morfológico de plântulas de paricá submetidas a diferentes temperaturas de germinação – (A) 20 °C; (B) 25 °C; (C) 30 °C; (D) 35 °C; (E) 40 °C. Barras: 6 cm.

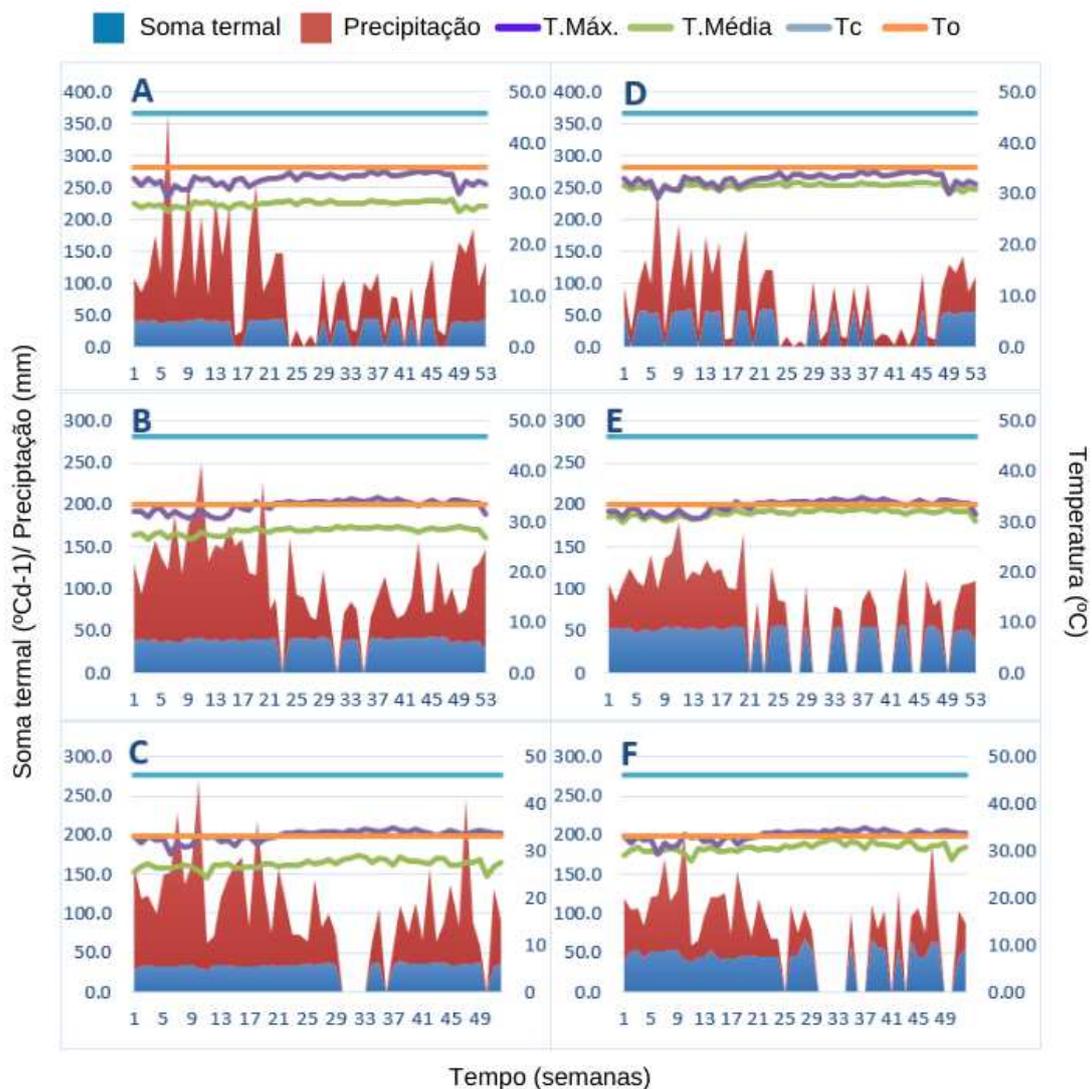
Tal comportamento foi perceptível também na temperatura de 40°C (Figura 1E), sendo que a formação do sistema radicular foi menor, e em alguns casos atrofiado.

O aumento da temperatura média já é notado em algumas regiões, assim como seus efeitos sob o regime de chuvas e queimadas em áreas florestais. Mudanças climáticas constituem um fator de ameaça à biodiversidade dos Biomas brasileiros, com ênfase para aqueles predominantemente florestais, como a Amazônia (ALEIXO et al., 2010).

A soma térmica corresponde a quantidade energética requerida para que uma espécie possa realizar o processo de germinação (Gráfico 2) . Ela é

estimada com base nos dados climáticos locais, tendo sido calculada apenas quando ocorreu volume de chuva superior a 20 mm. Verificou-se que apenas em algumas semanas a precipitação foi menor que 20 mm, considerando-se que esse é o volume ideal para que haja a manutenção da capacidade de campo dos solos do bioma Amazônia, o que permite que o processo de germinação ocorra (SOUZA et al., 2006).

Gráfico 2. Soma termal requerida para a germinação de sementes de paricá coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, considerando os eventos climáticos atuais (A, B e C) e o prognóstico climático do RCP 8.5 (D, E e F) 2018 (A, D), 2019 (B, E) e 2020 (C, F).



A soma térmica para a germinação de sementes de paricá no cenário atual foi próxima de $40\text{ }^{\circ}\text{Cd}^{-1}$, enquanto no cenário futuro houve um acréscimo para $50\text{ }^{\circ}\text{Cd}^{-1}$, evidenciando que o aumento da disponibilidade energética poderia reduzir o tempo de germinação da espécie, uma vez superada a dormência.

De acordo com os dados obtidos pela taxa de germinação, verificou-se que a temperatura média (histórica e futura) está abaixo da temperatura teto ($46,0\text{--}46,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) estimada para a germinação do paricá, em todos os anos; logo, o aumento de $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ até 2100 não afetaria, por si só, a germinação das sementes de paricá.

No entanto, o aumento da temperatura causa desequilíbrio ambiental, podendo afetar o regime hídrico local; já que o cenário climático brasileiro acompanha a mesma tendência de aquecimento global, em que as mudanças mais significativas são no aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como secas, enchentes e inundações (ASSIS et al., 2012).

Tais mudanças podem ser percebidas no cenário futuro, onde a redução da precipitação em 40% diminuiria a janela de germinação da espécie no bioma, principalmente entre os meses de junho e outubro (semanas de 25 a 40), que correspondem aos meses onde há a redução da pluviosidade na região amazônica.

Para Oliveira et al. (2018), o cenário de redução da precipitação estipulado no RPC 8.5 mostrou-se limitante para a germinação de espécies nativa no bioma Caatinga, evidenciando que o solo da região, já afetado pelos baixos índices pluviométricos, tenderia a ter menores condições para possibilitar o processo de germinação.

Na América do Sul, temperaturas mais altas e uma maior duração da estação seca poderão aumentar a frequência de estiagens sazonais rigorosas iniciadas pelo episódio El Niño, contribuindo para o aumento de incêndios e comprometendo a integridade ambiental dos biomas brasileiros, em particular os predominantemente florestais (MARENGO et al., 2009).

Apesar do paricá germinar no intervalo de 7 a 13 dias, o mesmo só ocorre sob condições ideais, onde a dormência tegumentar é superada e a temperatura $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ é constante (BRASIL, 2013). Porém, tais condições não são comuns em

ambiente florestal; nessas condições, a germinação é baixa (16%), e taxas acima de 90% podem ser obtidas, mas com aproximadamente 2310 dias (CRUZ; CARVALHO, 2006; CARVALHO, 2007).

Tendo em vista esse cenário, uma redução drástica da precipitação poderia atuar como um fator crucial para prejudicar o processo de sucessão ecológica continuada dessa espécie no bioma Amazônia, já que mesmo em condições ambientais aparentemente homogêneas, a germinação de uma população de sementes raramente é um processo simultâneo (CARDOSO, 2011).

4.4 CONCLUSÕES

1. Verificou-se que a temperatura de 40 °C é limitante para germinação de sementes de paricá e formação de raízes.
2. As temperaturas ótimas para germinação de sementes de paricá encontra-se entre 33,1 e 35,3 °C, sendo que a redução da disponibilidade hídrica diminui a janela de germinação, podendo inviabilizar o processo de sucessão ecológica das espécies no bioma amazônico, onde um processo efetivo de preservação da floresta amazônica é necessário.

4.5 AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, A. L. P.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 2, p. 194-196, 2010.

ARAÚJO, M. S.; CONEGLIAN, A.; HODECKER, B. E. R.; PELÁ, A.; GONÇALVES, R. N.; ROCHA, E. C. Initial growth of Brazilian firetree (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake) fertilized with phosphorus in Red-Yellow Latosol. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 7, p. 1108-1113, 2018.

ASSIS, J. M. O.; LACERDA, F. F.; SOBRAL, M. C. M. Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, n. 1, p. 320-331, 2012

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. secretaria de defesa agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 398 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 98p.

BRADFORD, K. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**, v. 50, n. 2, p. 248-260, 2002.

COVELL, S.; ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H.; SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes I. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 37, p. 705–715, 1986.

CARDOSO, V. J. M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus dia. **Oecologia Australis**, v.15, n. 2, p. 236-248, 2011.

CARVALHO, P. E. R. **Paricá: (*Schizolobium amazonicum*)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 8 p. (Circular Técnica, 142)

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Métodos de superação de dormência em *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (*leguminosae – caesalpinioideae*) seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 108-115, 2006.

CRUZ, E. D.; PEREIRA, A. G. **Germinação de sementes de espécies amazônicas: paricá [*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby]**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 3 p. (Comunicado Técnico, 251).

DÜRR, C.; DICKIE, J. B.; YANG, X. Y.; PRITCHARD, H. W. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: contribution to a seed trait database. **Agricultural and forest meteorology**, v. 200, n. 1, p. 222-232, 2015.

ELLIS, R. H.; COVELL, S.; ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 37, n. 10, p. 1503-1515, 1986.

GUMMERSON, R.J. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v.37, n. 6, p. 729-741, 1986.

HARDEGREE, S. P. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal-temperature Models and Subpopulation-specific Regression. **Annals of Botany**, v. 97, n. 6, p. 1115-1125, 2006.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International Rules for Seed Testing**. Switzerland. 2015. 276 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.2. Odessa: Plantarum, 2002. 201p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**. v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARAGHNI, M.; GORAI, M.; NEFFATI, M. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 3, p. 453–459, 2010.

MARENGO, J. A. NOBRE, C. A., BETTS, R. A., COX, P. M., SAMPAIO, G., SALAZAR, L. Global warming and climate change in Amazonia. **Amazonia and Global Change**, v. 186, n. 1, p. 273-292, 2009.

NORONHA, F. C. C.; DE JESUS FRANÇA, L. C.; CONCEIÇÃO, J. P. F.; PAVAN, B. E.; FARIAS, S. G. G. Germinação e crescimento inicial de plântulas de espécies de diferentes procedências do gênero *Schizolobium* spp. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.16, n. 2, p. 1-9, 2018.

OLIVEIRA, A. K. M.; BARBOSA, L. A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes e na formação de plântulas de *Cedrela fissilis*. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 441-450, 2014.

OLIVEIRA, G. M. D.; SILVA, F. F. S. D.; ARAUJO, M. D. N.; COSTA, D. C. C. D.; GOMES, S. E. V.; MATIAS, J. R.; ANGELOTTI, F.; CRUZ, C. R. P.; SEAL, C.; DANTAS, B. F. Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 32-43, 2019.

PBMC. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao **Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Sumário Executivo GT1. PBMC: Rio de Janeiro, Brasil, 2013. 24 p.

PEREIRA, H. M.; FERRIER, S.; WALTERS, M.; GELLER, G. N.; JONGMAN, R. H. G.; SCHOLLES, R. J.; BRUFORD, M.W.; BRUMMITT, N.; BUTCHART, S. H. M.; CARDOSO, A. C.; COOPS, N. C.; DULLOO, E.; FAITH, D. P.; FREYHOF, J.; GREGORY, R. D.; HEIP, C.; HÖFT, R.; HURTT, G.; JETZ, W.; KARP, D. S.; MCGEOCH, M. A.; OBURO, D.; ONODA, Y.; PETTORELLI, N.; REYERS, B.; SAYRE, R.; SCHARLEMANN, J. P. W.; STUART, S. N.; TURAK, E.; WALPOLE, M.; WEGMANN, M. Essential biodiversity variables. **Science**, v. 339, n. 6117, p. 277-278, 2013.

ROSA, L.S. Ecologia e silvicultura do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) na amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.45, n.1, p.135-174, 2006.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (E.D). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University, 2007. 996 p.

SOVU, P. S.; TIGABU, M.; ODÉN, P. C. Restoration of former grazing lands in the highlands of Laos using direct seeding of four native tree species. **Mountain Research and Development**, v. 30, n. 3, p. 232-243, 2010.

TEAM, CORE WRITING, RAJENDRA, K; PACHAURI, L; MEYER, A. "**IPCC, 2014: climate change 2014: synthesis report**. Contribution of Working Groups I." II and III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. 151 p.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. **Restoration ecology**, v. 14, n. 1, p. 11-20, 2006.

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36 n. 2, p. 365-371, 2012.

VIVIAN, R.; SILVA, A.A.; GIMENES, J.M.; FAGAN, E.B.; RUIZ, S.T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – Breve revisão. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.