

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

QUALIDADE DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Toona ciliata* M. Roem.  
var. *australis*

Júlio Rieger Lucchese  
Engenheiro Florestal/UFSM

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Fevereiro de 2017

### CIP - Catalogação na Publicação

Rieger Lucchese, Júlio  
Qualidade de sementes e produção de mudas de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* / Júlio Rieger Lucchese. -- 2017.  
98 f.

Orientadora: Marília Lazarotto.  
Coorientadora: Claudimar Sidnei Fior.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. cedro-australiano. 2. teste de germinação. 3. estresse salino. 4. análise sanitária. 5. adubação nitrogenada. I. Lazarotto, Marília, orient. II. Sidnei Fior, Claudimar, coorient. III. Título.

JULIO RIEGER LUCCHESE  
Engenheiro Florestal - UFSM

## **DISSERTAÇÃO**

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM FITOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 21.02.2017  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 16.05.2017  
Por

MARÍLIA LAZAROTTO  
Orientadora - PPG Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

CLAUDIMAR SIDNEI FIOR  
Coorientador - PPG Fitotecnia

GILMAR SCHÄFER  
PPG Fitotecnia/UFRGS

GILSON SCHLINDWEIN  
FEPAGRO

GERI EDUARDO MENEGHELLO  
UFPel

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, ao Departamento de Horticultura e Silvicultura, e aos técnicos-administrativos, pela oportunidade, acolhimento e todo suporte oferecido para a realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Aos professores do Departamento de Horticultura e Silvicultura pelos ótimos momentos de convivência e ensinamentos.

Aos colegas da pós-graduação Aquélis Armiliato Emer, Eduarda Demari Avrella, Henrique Ceccagno, Gislaine Taís Grzeça, Luciana Pinto Paim, Luciana Salazar Rehbein, Mara Cíntia Winhelmann, Marciéli Pitorini Bovolini, Marília Tedesco, Monique Caumo, Samanta Siqueira de Campos, pelas amizades formadas e por compartilharem momentos de alegria e tristeza.

Aos alunos de iniciação científica Márcio Alberto Hilgert, Carolina Brose, Larissa Campos de Sá, Carolina Bonotto, pela ajuda na realização dos trabalhos e pelas dúvidas levantadas que me fizeram buscar mais conhecimento.

À minha amiga Ediane Buligon, pela indicação da pessoa que depois se tornou minha orientadora.

À professora Marília Lazarotto, por todo apoio, amizade, confiança e disponibilidade. Ao professor Claudimar Sidnei Fior, pela competência e ajuda. Agradeço imensamente pela oportunidade de realizar o mestrado sob orientação desses dois grandes professores.

Aos meus familiares, em especial à minha mãe Sandi Rieger e ao meu pai Orlando Marcos Lucchese, pelo apoio, compreensão e ajuda em todos os momentos.

À minha gata, Niña, que de gato só tem a aparência, porque o espírito é de humano.

Especialmente à minha amiga, namorada e esposa Vivian Kishimoto. Seu companheirismo e sua amizade foram a base da minha motivação nessa jornada. Não há palavras nesse mundo que possam expressar toda minha gratidão.

Por fim, a todos que de alguma forma ou de outra contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigado.

# QUALIDADE DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*<sup>1</sup>

Autor: Júlio Rieger Lucchese  
Orientador: Marília Lazarotto  
Coorientador: Claudimar Sidnei Fior

## RESUMO

A espécie florestal *Toona ciliata* var. *australis* tem sido utilizada para produção de madeira serrada como alternativa às espécies nativas. Sua produção de mudas é realizada majoritariamente via sementes, as quais, todavia, não possuem padrões de análise. Além disso, a produção de mudas carece de informações a respeito da exigência nutricional da espécie. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes, bem como a produção de mudas, por meio da determinação de padrões dos testes mais utilizados da análise de sementes e aferindo a influência de diferentes adubações e intervalos na produção de mudas. Para a determinação de padrões para a análise de sementes, as sementes foram incubadas a 15, 20, 25 e 30 °C com 0, 12 e 16 h de luz para o teste de germinação. Para a condutividade elétrica, avaliaram-se tempos de imersão até completar 108 horas, em volumes de 50 e 100 mL. No envelhecimento acelerado as sementes foram mantidas até 96 h a 41 °C. Também foram avaliados os efeitos do estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial, utilizando NaCl ou PEG 6000 em diferentes potenciais osmóticos até -1,5 MPa. Para a qualidade sanitária, as sementes foram submetidas ao método *blotter test*, e aos meios batata-dextrose-água, extrato-de-malte-água e ágar-água. Para a produção de mudas, avaliou-se o efeito de diferentes concentrações de nitrogênio (0, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 mg.L<sup>-1</sup>) em intervalos de 7 e 14 dias sobre as características morfológicas das mudas. Foi possível observar que as condições de 25 °C e 16 h de luz proporcionam maior quantidade de plântulas normais. Para condutividade elétrica, a distinção entre os lotes é obtida a 24 h e 60 h com 50 e 100 mL respectivamente. Já para o envelhecimento acelerado, a distinção de lotes ocorreu após 24 h de estresse, porém, com menor sensibilidade que o teste de condutividade elétrica. A germinação e o crescimento inicial de plântulas são afetados tanto pelo estresse salino como hídrico, sendo as plântulas mais sensíveis ao estresse hídrico, e com maior probabilidade de desenvolver plântulas anormais sob estresse salino. A respeito da qualidade sanitária, os lotes comercializados no Brasil utilizados neste estudo são infestados por *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp., *Aspergillus niger* e *A. flavus*, além de apresentarem diferença de incidência entre eles. Para a produção de mudas a concentração de 4000 mg.L<sup>-1</sup> N limita o desenvolvimento das mudas, independente do intervalo. Recomenda-se a utilização de 2060 mg.L<sup>-1</sup> N a cada 7 dias para a produção de mudas de *T. ciliata* var. *australis*.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (99f.) Fevereiro, 2017.

# QUALITY OF SEEDS AND NURSERY PRODUCTION OF *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*<sup>1</sup>

Author: Júlio Rieger Lucchese  
Adviser: Marília Lazarotto  
Co adviser: Claudimar Sidnei Fior

## ABSTRACT

The forest species *Toona ciliata* var. *australis* have been used to produce sawn wood as an alternative to native species. Its production of seedlings is carried out mainly via seeds, which however do not have standards of analysis. In addition, seedling production lacks information regarding the nutritional requirement of nitrogen. The objective of this study was to evaluate the physiological and sanitary quality of seeds, as well as the production of seedlings, through the determination of the most used seed analysis tests, and assessing the influence of different fertilization and intervals in the production of seedlings. For the determination of standards for seed analysis, the seeds were incubated at 15, 20, 25 and 30 °C with 0, 12 and 16 h of light for the germination test. For the electrical conductivity, immersion times were evaluated until completing 108 hours, in volumes of 50 and 100 mL. For the accelerated aging, the seeds were maintained till 96 h at 41 °C. In addition, the effects of saline and water stress on germination and seedling initial growth were evaluated using NaCl or PEG 6000 in different osmotic potentials till -1.5 MPa. In relation to the sanitary quality, the seeds were submitted to the methods blotter test, and to the mediums potato-dextrose-agar, malt-agar and agar-water. The effect of different concentrations of nitrogen (0, 250, 500, 1000, 2000 and 4000 mg.L<sup>-1</sup>) in intervals of 7 and 14 days on the morphological characteristics was evaluated for seedling production. It was possible to observe that the conditions of 25 °C and 16 h of light provide a larger amount of normal seedlings. For electrical conductivity the distinction between batches is obtained at 24 h and 60 h with 50 and 100 mL respectively. For the accelerated aging tests, the distinction was obtained after 24 h of stress, but with lower sensibility compared to the electrical conductivity test. Germination and seedling initial growth are affected by both saline and water stress, and seedlings are more sensitive to water stress, and are more likely to develop abnormal seedlings under salt stress. Regarding sanitary quality, lots used in this work and traded in Brazil have *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp., *A. niger* and *Aspergillus flavus*, and presented a difference in incidence between them. For the production of seedlings the concentration of 4000 mg.L<sup>-1</sup> N limits the development of the seedlings, regardless of the interval. It is recommended to use 2060 mg.L<sup>-1</sup> N every 7 days for the production of *T. ciliata* var. *australis*.

---

<sup>1</sup> Master's dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (99p.) February, 2017.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO .....	1
Referências bibliográficas.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 A espécie <i>Toona ciliata</i> M. Roem.....	5
2.2 Qualidade fisiológica de sementes florestais .....	8
2.3 Estresse salino em sementes florestais .....	10
2.4 Qualidade sanitária de sementes florestais .....	12
2.5 Qualidade de mudas florestais .....	13
2.6 Nutrição de mudas florestais.....	15
2.7 Referências bibliográficas.....	17
3 CAPÍTULO 1 – Análise de vigor e viabilidade de sementes de <i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> .....	22
4 CAPÍTULO 2 – Estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de <i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> .....	45
5 CAPÍTULO 3 – Fungos associados às sementes de <i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> .....	59
7 CAPÍTULO 4 – Adubação nitrogenada na produção de mudas de <i>Toona ciliata</i> M. Roem. var. <i>australis</i> .....	72
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
9 APÊNDICES.....	88

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. Grau de umidade de lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> comercializados no Brasil. Porto Alegre, 2016. ....	30
2. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ ) de lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> comercializados no Brasil, em diferentes volumes e tempos de embebição. Porto Alegre, 2016. ....	37
3. Envelhecimento acelerado de lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> comercializados no Brasil, em diferentes tempos de estresse. Porto Alegre, 2016. ....	38
4. Correlação de Pearson entre a quantidade de plântulas normais do teste de germinação a 25 °C e 16 horas de luz (TG), a condutividade elétrica após 24 horas de embebição em 50 mL (CE), e a quantidade de plântulas normais do envelhecimento acelerado após 24 horas de estresse (EA) utilizando diferentes lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> . Porto Alegre, 2016. ....	40
<b>CAPÍTULO 3</b>	
1. Incidência de fungos (%) em diferente lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> plaqueadas em meio MEA e incubadas por sete dias em câmara de germinação a 20 °C e 12 horas de luz. Porto Alegre, 2016. ....	65
2. Incidência de fungos (%) em diferente lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> plaqueadas em meio BDA e inoculadas por sete dias em câmara de germinação a 20 °C e 12 horas de luz. Porto Alegre, 2016. ....	66
3. Incidência de fungos (%) detectados pelo método <i>blotter test</i> em diferente lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> inoculadas por sete dias em câmara de germinação a 20 °C e 12 horas de luz. ....	67
4. Número de lotes de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> em que houve ocorrência e coincidência de fungos detectados em meio ágar-água (AA), batata-dextrose-ágar (BDA), meio extrato-de-malte-ágar (MEA) e <i>blotter test</i> . Porto Alegre, 2016. ....	67



## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. Teste de germinação de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> submetidas a diferentes fotoperíodos e temperaturas. A – IVG (índice de velocidade de germinação); B – PGC (primeira contagem de germinação); C – Plântulas normais; D – Plântulas anormais; E – Sementes duras; F – Sementes mortas. Porto Alegre, 2016. ....	31
2. Curva de embebição de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> com 12 horas de fotoperíodo e submetidas a diferentes temperaturas. Porto Alegre, 2016. ....	35
<b>CAPÍTULO 2</b>	
1. Variáveis de germinação de sementes de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> submetidas a condições de estresse hídrico e estresse salino. Primeira contagem de germinação (A), plântulas normais (B), plântulas anormais (C), sementes duras (D), sementes mortas (E). Porto Alegre, 2015. ....	52
2. Massa fresca (A), comprimento radicular (B) e comprimento de plântulas (C) de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> submetidas a condições de estresse hídrico com PEG 6000 e estresse salino com NaCl. Porto Alegre, 2015. ....	55
<b>CAPÍTULO 4</b>	
1. Relação entre a altura da parte aérea (A) e o diâmetro do coleto (B) de mudas de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> após 130 dias da sementeira em casa de vegetação submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016. ....	78
2. Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) de mudas de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> após 130 dias da sementeira em casa de vegetação e submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016. ....	79
3. Índice de qualidade Dickson (IQD) de mudas de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> após 130 dias da sementeira em casa de vegetação e submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016. ....	81
4. Relação da razão altura da parte aérea (cm) e diâmetro (mm) de mudas de <i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> após 130 dias da sementeira em casa de vegetação e submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016. ....	83

## 1 INTRODUÇÃO

Os dados florestais dos últimos anos apontam para um cenário real de déficit de madeira, resultante do desbalanço na relação entre a demanda, cada dia mais crescente por essa matéria-prima, e a oferta, ultimamente muito reduzida devido a diversas questões, como: a pressão constante e histórica sobre as florestas naturais; as restrições legais do uso, estipuladas para proteger as poucas áreas de florestas remanescentes; dentre outras (FARIAS, 2013).

No Brasil, as pesquisas silviculturais têm dado maior ênfase para as espécies de rápido crescimento, como, por exemplo, as do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*. Entretanto, outras espécies devem ser estudadas visando uma maior diversificação no tocante à produção florestal. Uma espécie que tem se mostrado bastante promissora para esse fim é o cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) (MORETTI *et al.*, 2011). Originária da Austrália, os primeiros plantios no Brasil ocorreram na década de 70 (VILELA & STEHLING, 2015). É uma espécie decídua de alto porte, podendo atingir 40 metros de altura e diâmetro de 3 metros (BOLAND & MCDONALD, 2006).

O cultivo de *T. ciliata* var. *australis* tem se expandido no país, com a finalidade de produção de madeira nobre para serraria e indústria moveleira. Os plantios estão concentrados nos estados da região sudeste, com destaque para os estados do Espírito Santo e Minas Gerais (SORAGI, 2009), podendo ser utilizada em plantios puros e em sistemas agroflorestais (BRAGA *et al.*, 2015).

A produção de mudas no Brasil é baseada principalmente na comercialização de sementes. Porém, a oferta de sementes depende de fatores relacionados à sazonalidade e

rápida perda do poder germinativo quando conservadas em temperatura ambiente (SCOCCHI *et al.*, 2006). Formas alternativas de propagação têm sido estudadas, como a propagação assexuada via miniestaquia (SOUZA *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2015), a qual tem sido utilizada com sucesso em Minas Gerais. Atualmente, as sementes *T. ciliata* var. *australis* são requeridas para a produção de mudas com objetivo de reflorestamento, porém se desconhece a sua qualidade sanitária (ORTEGA & FUENTE, 2013).

No Brasil, devido à introdução recente desta espécie, as informações ainda são incipientes, sobre o seu desenvolvimento em condições ambientais mais diversificadas (FARIAS, 2013). Além disso, a carência de estudos envolvendo a absorção de nutrientes e requerimentos nutricionais do cedro-australiano, bem como envolvendo a sensibilidade a variadas condições de estresses químicos e físicos vêm sendo um entrave para que sua utilização se torne amplamente difundida (MORETTI *et al.*, 2011). Destaca-se ainda, a necessidade da condução de estudos com a espécie, principalmente na fase de muda (BRAGA *et al.*, 2015).

Na literatura, há poucos estudos sobre o comportamento da espécie quanto às condições ambientais de estresse hídrico e salino, sombreamento, nutrição mineral e armazenamento de sementes. Além disso, não há padronização de testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes para *T. ciliata* var. *australis*.

Diante do exposto, os objetivos deste estudo foram:

- Estabelecer padrões de fotoperíodo e temperatura para testes de germinação de *T. ciliata* var. *australis*;
- Determinar um tempo de embebição de volume de água em que há maior distinção entre os lotes para o teste de condutividade elétrica;

- Padronizar um período de envelhecimento acelerado a 41 °C que estratifique lotes de sementes de *T. ciliata* var. *australis* com diferentes níveis de vigor;
- Avaliar os efeitos do estresse salino e hídrico na germinação de sementes de *T. ciliata* var. *australis*;
- Identificar fungos presentes nas sementes de diferentes lotes de *T. ciliata* var. *australis*;
- Avaliar o efeito da adubação nitrogenada no desenvolvimento e qualidade de mudas de *T. ciliata* var. *australis*;

### Referências bibliográficas

BOLAND, D. J.; MCDONALD, M. W. **Forest trees of Australia**. 5. ed. Collingwood: Csiro Publishing, 2006. 769 p.

BRAGA, M. M.; NETO, F. E. A.; OLIVEIRA, A. H. Influência da saturação por bases na qualidade e crescimento de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 49–58, 2015.

FARIAS, E. S. **Seleções em teste de origem e progênie de *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis* para densidade da madeira em avaliações destrutivas e não destrutivas**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

FERREIRA, D. A. *et al.* Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 715–723, 2012.

MORETTI, B. S. *et al.* Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453–463, 2011.

ORTEGA, R. D. Z.; FUENTE, A. L. Incidencia de hongos en semillas de *Toona ciliata* y evaluación de la patogenicidad de *Fusarium* sp. y *Phomopsis* sp. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 15, n. 2, p. 107–112, 2013.

PEREIRA, M. O. *et al.* Resgate vegetativo e propagação de cedro-australiano por estaquia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 4, p. 282–289, 2015.

SCOCCHI, A. *et al.* Conservación de semillas de cedro australiano (*Toona ciliata*). **Plant Genetic Resources Newsletter**, Rome, n. 137, p. 22–25, 2006.

SORAGI, L. C. **Qualidade de superfícies usinadas em madeira de *Toona ciliata* M. Roem**. 2009. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SOUZA, J. C. A. V. *et al.* Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 205–213, 2009.

VILELA, E. S.; STEHLING, E. C. **Recomendações de plantio para cedro australiano**. Campo Belo: Bela Vista Florestal, 2015. 20 p.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A espécie *Toona ciliata* M. Roem

Pertence à família botânica Meliaceae, a qual possui aproximadamente 50 gêneros e 600 espécies, sendo que algumas espécies têm maior importância econômica por produzirem madeira de boa qualidade, como o mogno (*Swietenia macrophylla*) e o cedro-branco (*Cedrela fissilis*) (SOUZA & LORENZI, 2008).

Sua distribuição natural ocorre em países do sudeste asiático como Bangladesh, Birmânia, China, Filipinas, Índia, Indonésia, Malásia e Tailândia, sendo largamente difundida entre os paralelos 15 e 25°N (LAMPRECHT, 1990). A variedade *australis* é originária da Austrália e ocorre naturalmente na região leste, desde Ulladulla, ao sul de Sidney, no estado de New South Wales, até Atherton, no norte do estado de Queensland (GRIJPMAN & RAMALHO, 1969; GRAU *et al.*, 2006).

A espécie *Toona ciliata* foi descrita pela primeira vez por Endlicher em 1840, porém, na época, foi registrada como *Cedrela toona*. Em 1846, Roemer observou diferentes características morfológicas na espécie que poderiam separá-la em espécies distintas, criando então o gênero *Toona*. Com isso, as espécies do gênero *Cedrela* nativas da África, Europa e Ásia foram transferidas para o gênero *Toona* (Endlicher) M. J. Roemer (ROEMER, 1846; HARMS, 1940).

É uma espécie arbórea caducifólia, possui tronco retilíneo e cilíndrico, podendo apresentar bifurcação, com sapopemas pouco evidentes e baixas. Apresenta casca grossa e dura, com deiscência em placas retangulares e escamiformes, de coloração cinza a marrom, com manchas de líquens (LORENZI *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2010). De acordo com

Lorenzi *et al.* (2003), a espécie pode alcançar um porte de 20 a 35 m de altura, porém, segundo Pinheiro *et al.* (2006), a altura e diâmetro podem atingir até 50 e 2 metros respectivamente em seu bioma natural.

As folhas são compostas paripinadas de 30 a 50 cm de comprimento, com 10 a 16 folíolos membranáceos, lanceolados, de cor verde-clara em ambas as faces, de 5 a 15 cm de comprimento, com pecíolo de menos de 1 cm (LORENZI *et al.*, 2003). As folhas possuem substâncias que exalam odor agradável e característico, propriedade que a diferencia do cedro brasileiro (SOUZA *et al.*, 2010).

Floresce entre os meses de setembro e novembro e frutifica entre os meses de janeiro e março. Esses eventos podem ocorrer com um mês de antecedência devido a ocorrências climáticas (SOUZA *et al.*, 2010). As flores são pendentes, alógamas, com pedúnculos pendentes e de tamanho menor que as folhas (PINHEIRO *et al.*, 2003). Os frutos são cápsulas lenhosas elipsoides, deiscentes, de cor marrom-avermelhada, com 2,0 a 2,8 cm de comprimento (LORENZI *et al.*, 2003).

As sementes são ortodoxas, aladas e pequenas de 10 a 20 mm de comprimento, de cor castanho-clara e uma faixa castanho-escura diagonal, contornando toda semente (PINHEIRO *et al.*, 2003; FRANK *et al.*, 2009).

A propagação de *Toona ciliata* tem sido realizada por sementes, que se caracterizam pela rápida perda de poder germinativo quando conservadas em temperatura ambiente (27 °C). Além de sementes, a propagação também é realizada por ministaquia, técnica que permite a seleção e clonagem dos melhores materiais genéticos (LAMÔNICA, 2013).

A madeira da *Toona ciliata* var. *australis* é similar a dos cedros nativos brasileiros (*Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*), e por isso, é cultivada com o objetivo de fornecer madeira de qualidade para serrarias e indústrias moveleiras, podendo ser utilizada para fabricação de compensados, móveis, esculturas, portas e janelas, na construção de navios e

aviões, instrumentos musicais entre outras finalidades (PINHEIRO *et al.*, 2006). Apresenta densidade básica de  $0,337 \text{ g.cm}^{-3}$ , e valores médios de módulo de ruptura e módulo de elasticidade de  $468 \text{ Kgf.cm}^{-2}$  e  $65.118 \text{ Kgf.cm}^{-2}$ , respectivamente (PEREYRA *et al.*, 2006; ALMEIDA, 2010). O alburno possui coloração clara e cerne marrom-avermelhado, e as tábuas originadas têm um forte cheiro aromático agradável depois de serrada, devido à presença de óleos voláteis, tornando-a resistente ao ataque de térmitas (BYGRAVE & BYGRAVE, 2005). Quanto à retratibilidade, Braz *et al.* (2013) e Ziech (2008) encontraram valores baixos de contração radial e tangencial, em torno de 3% e 8% respectivamente (VALLE, 2014).

Esta espécie se desenvolve em áreas com precipitação anual entre 800 e 1.800 mm, tolerando de dois a seis meses de seca. Apresenta bom desenvolvimento em regiões de 100 a 1.500 m de altitude e com temperatura em torno de 20 a 26 °C. Suporta temperaturas mínimas absolutas pouco abaixo de 0 °C (PINHEIRO *et al.*, 2006).

Há plantios comerciais muito difundidos na América do Sul, principalmente entre os paralelos 24°N e 10°S, compreendendo México, América Central, Antilhas, regiões setentrionais da América do Sul, Peru e Brasil (LAMPRECHT, 1990). No Brasil, a espécie encontrou ótimas condições para o seu desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, para a produção de madeira, sendo cultivada no sul do estado da Bahia e em toda a região sudeste, com destaque para os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, os quais já possuem plantios em escala comercial muito bem desenvolvidos (ZIECH, 2008).

Recomenda-se realizar o corte raso aos 15 anos, podendo ser antecipado ou adiado, conforme as condições específicas do local de plantio, dos objetivos e da necessidade do produtor. Sua atual produtividade média, sem seleção ou melhoramento genético, é de cerca de  $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no Brasil (PINHEIRO *et al.*, 2003).



## 2.2 Qualidade fisiológica de sementes florestais

O ser humano possui uma relação especial com as sementes desde a pré-história, sendo fonte de alimento, material para ferramentas, construções, roupas, além de funções farmacêuticas e ornamentais (ROBERTS, 1972). Possuem vital importância na agricultura, pois delas depende a propagação da maioria das espécies cultivadas. Apesar de existirem algumas exceções, em que a propagação é realizada vegetativamente (BEWLEY *et al.*, 2013), as sementes ainda são fundamentais para sistemas de melhoramento genético. Além disso, proveem diversas funções biológicas para a espécie, como dispersão e meios de sobrevivência em condições não favoráveis (STEEVES, 1983).

As sementes são consideradas como propágulos de plantas contendo embriões em crescimento suspenso, com energia provinda de sua própria reserva de alimento, e protegidos por uma camada especial de envoltório (ROBERTS, 1972). Assim que encontram condições favoráveis para seu desenvolvimento, inicia-se o processo de germinação, gerando novas plântulas desde que não haja dormência.

Durante o processo de germinação, uma cadeia de eventos é iniciada, proporcionando alterações celulares que resultam na emergência do embrião (BEWLEY *et al.*, 2013). Todo esse processo é influenciado pela qualidade da semente, sendo esse um dos principais fatores que afetam o potencial da produção de culturas (YANG & WEN, 2016). Para a instalação de plantios comerciais é preferível que sejam utilizadas sementes de alta qualidade, pois afeta diretamente no sucesso do estabelecimento, no crescimento e qualidade da árvore (KYAW, 2009).

Em geral, qualidade de semente engloba quatro características distintas: genética (relacionada às características herdadas); física (tamanho, cor, idade, ocorrência de rupturas nas sementes); fisiológica (maturidade, grau de umidade e habilidade para germinar); e sanidade (doenças e pragas) (KYAW, 2009; YANG & WEN, 2016). A qualidade fisiológica está relacionada principalmente a vida do embrião e determina o

desempenho da semente, ou seja, sementes de qualidade alta apresentam alta germinação e vigor de crescimento (YANG & WEN, 2016), tendo maior probabilidade de sobrevivência a campo.

A germinação é uma forma de medir a qualidade fisiológica de lotes de sementes, os quais podem ser diferenciados pelo vigor (potencial para emergência rápida e uniforme, e desenvolvimento de plântulas normais sob uma ampla gama de condições a campo) e viabilidade (sementes vivas com potencial para germinar quando expostas a condições favoráveis) (MCDONALD & COPELAND, 1997).

Existem diversos testes capazes de avaliar a viabilidade de sementes, dentre os quais pode-se citar o teste de germinação e o teste de tetrazólio, o qual possui vantagem de ser mais rápido que o teste de germinação, porém, nem sempre é aceito para propósitos oficiais devido a subjetividade dos resultados (ELIAS *et al.*, 2012). O teste de germinação estima a quantidade de sementes que produz plântulas normais em condições favoráveis para a espécie, sendo os resultados expressos em porcentagem (KARRFALT, 2008). A porcentagem de germinação mais as sementes dormentes é igual à porcentagem de sementes viáveis de um lote, entretanto, não deve servir de base para situações a campo, pois os testes são realizados em condições ótimas para a espécie, as quais raramente são encontradas a campo (ELIAS *et al.*, 2012). Apesar disso, os resultados dos testes de viabilidade tem grande importância para o viveirista, sendo ideal para a separação de lotes de acordo com sua qualidade.

Os testes de vigor avaliam a performance da espécie frente condições adversas, como alta umidade, frio e calor. Atualmente são muito utilizados como medida de controle de qualidade por empresas de sementes e instituições de controle e pesquisas (ELIAS *et al.*, 2012). É importante ressaltar que, assim como o teste de germinação, os resultados dos testes de vigor não asseguram uma mesma germinação a campo. O principal objetivo desses testes é indicar se lotes de sementes com maior porcentagem de germinação

poderão enfrentar condições adversas no armazenamento, transporte ou a campo (MARCOS FILHO, 1998).

O teste de condutividade elétrica baseia-se na análise da condutividade da água após a imersão das sementes. Lotes de sementes com baixo vigor lixiviam grande quantidade de eletrólitos na água, proporcionando maior condutividade elétrica (MATTHEWS & POWELL, 2006; MARCOS FILHO, 2015). A origem dos solutos pode ser de células mortas dos cotilédones (MATTHEWS & POWELL, 2006), ou ainda, devido a danos por embebição ocasionado pela baixa velocidade de reparo da membrana celular (MATTHEWS & POWELL, 2006; MARCOS FILHO, 2015). Bonner e Vozzo (1986) encontraram alta correlação da condutividade elétrica com a germinação da maioria das espécies florestais estudadas, indicando o teste como um bom estimador da qualidade das sementes.

O teste de envelhecimento acelerado é o teste de vigor mais conhecido (MARCOS FILHO, 2015). Baseia-se no condicionamento das sementes a situações de temperatura e umidade alta por curtas durações, seguido de um teste de germinação (ELIAS *et al.*, 2012). De acordo com Elam e Blanche (1989), lotes de alto vigor demonstrarão uma pequena redução da germinação, já lotes com baixo vigor, reduzirão drasticamente sua germinação nessas condições.

### **2.3 Estresse salino em sementes florestais**

A disponibilidade de água é o fator ambiental mais importante no processo de germinação das sementes, e relacionado a isso, está a salinidade do meio. O excesso de sais provoca uma redução do potencial hídrico do solo, reduzindo o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, restringindo a captação de água pela semente. Quando o potencial osmótico da solução é inferior ao das células do embrião, ocorre a redução da velocidade e porcentagem de germinação e da formação de plântulas (CAVALCANTE & PEREZ, 1995; MARCOS FILHO, 2005).

A fase de germinação e o estabelecimento das plântulas arbóreas são estágios importantes para a sobrevivência das espécies florestais. A capacidade das sementes de algumas espécies em germinar sob condições de estresse hídrico confere vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca. Muitas pesquisas têm procurado avaliar a embebição de sementes pela determinação da pressão osmótica em solução salina, capaz de fazer cessar a absorção de água pela semente (LABORIAU, 1983).

A magnitude da redução da germinação de sementes sob estresse salino, quando comparado ao controle, serve como um indicador da tolerância da espécie à salinidade. Para tanto, um dos métodos mais usados para a determinação da tolerância aos sais é a porcentagem de germinação, assim como os testes de vigor, sob condições salinas, por meio do uso de soluções osmóticas. Com essas avaliações é possível estimar o potencial das sementes no campo, em ambientes salinos (FARIAS, 2008).

Diversas soluções osmóticas têm sido usadas para simular um ambiente com reduzida umidade; dentre estas, pode-se citar o polietilenoglicol (PEG 6000) e o cloreto de sódio (NaCl). Porém, essas duas soluções possuem diferenças químicas que podem acarretar diferenças nos resultados de germinação e vigor das sementes, mesmo em potenciais hídricos similares (SOUZA & CARDOSO, 2000).

O cloreto de sódio, além de provocar um efeito osmótico, provoca efeito iônico. Altas concentrações de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  podem inibir o metabolismo da divisão e expansão das células, retardando a germinação e até levando à morte celular (NEUMANN, 1997; ZHANG *et al.*, 2010).

Os efeitos iônicos podem ser distinguidos dos efeitos osmóticos comparando o efeito de soluções salinas com soluções osmóticas inertes, como o PEG, que não consegue penetrar na parede celular. A inibição da germinação com PEG é atribuída aos efeitos osmóticos, e qualquer diferença na germinação de sementes tratadas com soluções salinas é relacionado aos efeitos iônicos (DODD & DONOVAN, 1999).

A habilidade das plantas em sobreviver sob condições salinas é importante para sua distribuição geográfica e para a agricultura nas regiões salinizadas. É necessário que se utilizem espécies que tolerem essa condição, porém, para que se obtenha sucesso deve-se conhecer os efeitos da salinidade na espécie a ser empregada (FARIAS, 2008).

O limite máximo de tolerância ao estresse hídrico que a semente suporta varia de acordo com espécie estudada. Fanti e Perez (2003), ao avaliarem o efeito do estresse hídrico com PEG 6000 na viabilidade de sementes de paineira (*Ceiba speciosa* (A. St.-Hil.) Ravenna), observaram que a germinação cessou completamente no potencial osmótico -0,7 MPa, sendo portanto esse o limite máximo de tolerância da espécie. Já para sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), de acordo com Perez *et al.* (2001), o limite máximo é entre -1,4 e -1,6 MPa.

Para a corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.), Pelegrini *et al.* (2013) observaram que após -0,4 MPa, houve uma queda drástica na germinação em soluções contendo PEG 6000. Porém, potenciais osmóticos produzidos somente com NaCl não influenciaram no processo germinativo dessa espécie. Para *Toona ciliata* var. *australis* ainda não há informações a respeito do seu comportamento em ambiente salinizado.

#### **2.4 Qualidade sanitária de sementes florestais**

A sanidade da semente refere-se, primariamente, à presença ou ausência de agentes patogênicos, tais como fungos, bactérias, vírus e nematóides. Entretanto, pode também estar relacionada a anomalias decorrentes de alterações nutricionais e condições climáticas adversas, ocorridas no campo, no processamento ou no armazenamento (BRASIL, 2009; LAZAROTTO, 2010).

A semente, germinada ou não, pode carregar várias espécies de patógenos (MACHADO, 1988). A contaminação pode ocorrer predominantemente no solo, onde são colonizados por diversos fungos, incluindo saprófitas e parasitas facultativos, tais como: *Alternaria* sp., *Cylindrocladium* sp., *Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Phomopsis* sp., *Pythium* sp.,

*Rhizoctonia* sp. e *Trichoderma* sp., dentre outros. A partir do momento que as sementes e frutos são levados para o beneficiamento e/ou armazenamento, os fungos são disseminados para as sementes sadias (FERREIRA, 1989).

A identificação dos fungos em sementes pode ser realizada pelo método do papel-filtro ou “blotter test”, e métodos que utilizam meios de cultura (ZAUZA *et al.*, 2007). Existem diversos meios de cultura, porém os mais utilizados são o BDA (batata dextrose ágar) com sua variação acídica (ABDA) e o extrato de malte ágar (MEA) (HENNING, 2005).

Dependendo do meio de cultura ou substrato utilizado, pode haver maior ou menor sensibilidade na detecção de certos organismos, portanto é necessário um estudo para identificação do melhor método para detecção da maior diversidade de agentes possíveis, especialmente se forem identificados fungos e/ou bactérias potencialmente patogênicos para a espécie. Isso porque, deve-se levar em consideração que a semente é um veículo de disseminação de patógenos, os quais podem, às vezes, causar surtos de doenças nas plantas, pois pequenas quantidades de inóculo na semente podem ter uma grande significância epidemiológica à campo (PESKE & BARROS, 2006).

Assim, o uso de semente livre de patógeno reduz o custo de produção, aumenta a produtividade e melhora a qualidade da semente produzida (MACHADO, 1988). De acordo com a concepção do manejo de doenças de plantas, dentre as inúmeras medidas que podem ser empregadas pelo agricultor, o uso de sementes sadias ou com qualidade sanitária, dentro de padrões pré-estabelecidos, é de grande importância para garantir a sustentabilidade do agroecossistema (MENDES, 2006).

## **2.5 Qualidade de mudas florestais**

À parte de plantios comerciais, as espécies florestais também são utilizadas para regeneração natural, em sistemas agroflorestais e em parques ou cidades para fins urbanísticos, tendo seu plantio realizado a cada ano em todo o mundo. Para suprir toda essa

demanda deve haver concomitantemente uma grande produção de mudas anualmente (KRASOWSKI, 2009).

A produção de mudas florestais possibilita mantê-las em casas de vegetação até que estejam aptas para seu plantio a campo, aumentando suas chances de sobrevivência e o estabelecimento do povoamento (RAVINDRANATH *et al.*, 2004), reduzindo os custos totais da instalação de um plantio comercial.

Com auxílio da tecnologia, a produção de mudas de qualidade tem ganhado grande importância para a silvicultura. Fatores como luz, temperatura, umidade e nutrientes têm sido controlados para otimizar a germinação e o crescimento das mudas (RAVINDRANATH *et al.*, 2004).

No setor florestal diversas pesquisas têm sido realizadas para identificar características nas mudas que possam indicar sua qualidade, prevendo seu desempenho a campo (LANDIS *et al.*, 2010). Muda com baixa qualidade possuem crescimento reduzido em altura, apresentando baixas taxas de incremento por hectare ano. Já mudas com alta qualidade oferecem resistência às condições adversas que podem ocorrer (CARNEIRO, 1995).

A qualidade de mudas é dividida em três classes distintas baseadas em atributos morfológicos (altura, diâmetro, volume de raiz e massa seca), atributos fisiológicos (resistência a frio e dormência de gemas) e atributos de desempenho (teste do potencial de crescimento radicular). Dentre essas classes, os atributos morfológicos são os mais facilmente avaliados, além de não sofrerem grandes alterações durante o processo de plantio (LANDIS *et al.*, 2010).

Além disso, são calculados índices baseados nos atributos morfológicos, como a relação entre altura da parte aérea e diâmetro de coleto, e o índice de Dickson desenvolvido em 1960 para avaliação da qualidade de *Pinus strobus* L., o qual considera a relação de outros índices, como a altura/diâmetro e massa seca da parte aérea e da raiz (DICKSON *et*

*al.*, 1960). Desde então esses índices têm sido utilizados na produção de mudas de diversas outras espécies (FONSECA *et al.*, 2002, 2006; GOMES *et al.*, 2003; BINOTTO *et al.*, 2010; CALDEIRA *et al.*, 2012).

## 2.6 Nutrição de mudas florestais

Os fatores do meio podem interferir nas características externas de uma muda, sendo que alguns são passíveis de manejo. Dentre esses, encontra-se a nutrição das plantas, que pode ser ajustada a condições satisfatórias com práticas de manejo do solo, como a correção e fertilização com nutrientes essenciais, para a obtenção de mudas de boa qualidade (ALVAREZ V., 1996).

Os efeitos benéficos da adição de elementos minerais, para melhorar o crescimento da planta são conhecidos na agricultura há muito tempo. Experimentos no solo e na água (soluções nutritivas) foram feitos com plantas superiores para estabelecer a essencialidade dos elementos minerais para o crescimento e desenvolvimento, e seus papéis no metabolismo (MARSCHNER, 1995).

Sabe-se que o nitrogênio é um dos nutrientes considerados essenciais às plantas e de maior exigência quantitativa, permanecendo como constituinte celular (aminoácidos, ácidos nucléicos), e sua deficiência inibe o crescimento da planta, mostrando clorose nas folhas mais velhas com conseqüente queda (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A exigência de nitrogênio pode variar de acordo com a espécie estudada. Como exemplo, Cruz *et al.* (2006), ao avaliar o desenvolvimento de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) com diferentes dosagens de sulfato de amônio e frequência de adubação, encontraram que o ponto ótimo para esta espécie situa-se na dosagem de 0,91 g.muda<sup>-1</sup> a cada 14 dias. Porém, na mesma linha de pesquisa, mas com a espécie *Pinus palustris* Mill., Jackson *et al.* (2012) observaram desenvolvimento mais satisfatório na dosagem de 3 mg de N.muda<sup>-1</sup> por semana.



A prática de fertilização mineral, além de constituir um fator indispensável para o desenvolvimento das mudas, acelera consideravelmente o crescimento e reduz os custos de produção. Essa prática é importante, sobretudo, quando os recipientes utilizados na formação das mudas são tubetes, uma vez que possuem pequenas dimensões, tornando, conseqüentemente, igualmente pequenas as reservas de nutrientes, além de o processo de lixiviação ser intenso (THOMAS, 2007). Desta forma, para um bom plantio florestal, é necessário a utilização de mudas com boa qualidade, e, para isso, as mesmas devem estar nutridas adequadamente (BATISTA, 2009).

## 2.7 Referências bibliográficas

- ALMEIDA, N. A. **Biodegradação de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*)**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- ALVAREZ V., V. H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 615–660
- BATISTA, I. M. P. **Armazenamento de sementes e produção de mudas de cedro (*Cedrela odorata* L.)**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.
- BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd. ed. New York: Springer New York, 2013. 392 p.
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457–464, 2010.
- BONNER, F. T.; VOZZO, J. A. Evaluation of tree seeds by electrical conductivity of their leachate. **Journal of Seed Technology**, Moline, p. 142–150, 1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA. 2009, 395 p.
- BRAZ, R. L. *et al.* Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 4, p. 663–670, 2013.
- BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing australian red cedar and other meliaceae species in plantation**. Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation, 2005. 68 p.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Biossólido como substrato para produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1009–1017, 2012.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 281–289, 1995.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 537–546, 2006.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, Mattawa, v. 36, n. 1, p. 10–13, 1960.

DODD, G. L.; DONOVAN, L. A. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 86, n. 8, p. 1146–1153, 1999.

ELAM, W. W.; BLANCHE, C. A. Accelerated aging: a potential vigour test for multipurpose tree seeds. In: TURNBULL, J. W. (Ed.). **Tropical Tree Seed Research**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1989. p. 63

ELIAS, S. G. *et al.* **Seed testing: principles and practices**. East Lansing: Michigan State University Press, 2012. 354 p.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeito do estresse hídrico e envelhecimento precoce na viabilidade de sementes osmocondicionadas de paineira (*Chorisia speciosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 537–543, 2003.

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral da gliricídia (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp)**. 2008. 49 f. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008.

FERREIRA, F. A. **Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570 p.

FONSECA, C. A.; CRUZ, H. N. P.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 537–546, 2006.

FONSECA, É. P. *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515–523, 2002.

FRANK, H. O. *et al.* Germinação in vitro de sementes de cedro australiano (*Toona ciliata*-Meliaceae). In: INIC/IX EPG/III INIC Jr, 13., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: UNIVAP, 2009.

GOMES, J. M. *et al.* Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização NPK. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 113–127, 2003.

GRAU, A.; ZAPATER, M. A.; NEUMANN, R. A. Botánica y distribución del género *Cedrela* en el noroeste de Argentina. In: BUZZA, K. (Ed.). **Ecología y producción de cedro (género *Cedrela*) en las Yungas australes**. Tucumán: Ediciones del Subtrópico, 2006. p. 19–30

GRIJPMAN, P.; RAMALHO, R. S. *Toona* spp., posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceae em America Latina. **Turrialba**, Turrialba, v. 19, n. 4, p. 531–547, 1969.

HARMS, H. Meliaceae. In: ENGLER, A.; PRANTL, K. (Ed.). **Die Natürlichen Pflanzenfamilien**. 2nd. ed. Leipzig: W. Engelmann, 1940. v. 19b I.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais**. 2 ed. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p.

JACKSON, D. P.; DUMROESE, R. K.; BARNETT, J. P. Nursery response of container *Pinus palustris* seedlings to nitrogen supply and subsequent effects on outplanting performance. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 265, p. 1–12, 2012.

KARRFALT, R. P. Seed testing. In: **The woody plant seed manual**. Washington: Forest Service, 2008. p. 1223

KRASOWSKI, M. J. Producing planting stock in forest nurseries. In: **Forests and Forest Plants**. Oxford: Eolss, 2009. v. III. p. 368

KYAW, N. N. Present management of the existing teak resources in Myanmar. In: CHOO, K. Y. *et al.* (Ed.). **Forest genetic resources: conservation and management**. [s.l.]: Bioversity International, 2009. p. 77–88

LABORIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174 p.

LAMÔNICA, K. R. **Produtividade de minicepas de clones de cedro australiano (*Toona ciliata*) e produção de mudas por miniestaquia**. 2013. 88 f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The container tree nursery manual: seedling processing, storage, and outplanting**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 2010. 200 p. v. 7.

LAZAROTTO, M. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de cedro e patogenicidade de *Rhizoctonia* spp.**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003. 368 p.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL, 1988. 106 p.

MARCOS FILHO, J. New approaches to seed vigor testing. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 55, n. SPE, p. 27–33, 1998.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 672 p.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. **Seed Testing International**, [s.l.], v. 131, p. 32–35, 2006.

- MCDONALD, M. B.; COPELAND, L. O. **Seed production: principles and practices**. Boston: Springer US, 1997.
- MENDES, S. S. **Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. De Wit.)**: uma leguminosa de importância para os sistemas agrícolas do nordeste. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2006.
- NEUMANN, P. Salinity resistance and plant growth revisited. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 20, n. 3, p. 1193–1198, 1997.
- PELEGRINI, L. L. *et al.* Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 511–519, 2013.
- PEREYRA, O. *et al.* Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento em procesos industriales de la madera de Kiri, Gravillea, Paraíso y Toona. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 213–223, 2006.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 155–166, 2001.
- PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. A.; ROTA, G. R. M. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. Pelotas: Editora Universitária / UFPel, 2006. p. 12–93
- PINHEIRO, A. L.; LANI, J. L.; COUTO, L. **Cedro-australiano: cultivo e utilização** (*Toona ciliata* M. Roem. Var. *australis* (F. Muell) Bahadur). Viçosa: UFV, 2006. 42 p.
- PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Vicososa: UFV, 2003. 42 p.
- RAVINDRANATH, N. H.; BHAT, D. M.; SWAMY, V. S. **Nursery manual for forest tree species**. Hyderguda: Universities Press, 2004. 332 p.
- ROBERTS, E. H. **Viability of seeds**. Hampshire: Chapman and Hall, 1972. 448 p.
- ROEMER, M. J. **Familiarum naturalium regni vegetabilis synopsis monographicae**. [s.l.]: I. Hesperides, 1846. 76 p.
- SOUZA, G. M.; CARDOSO, V. J. M. Effects of different environmental stress on seed germination. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 28, n. 3, p. 621–630, 2000.
- SOUZA, J. C. A. V.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A. **Cedro australiano (*Toona ciliata*)**: manual técnico. Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 12 p.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640 p.
- STEEVES, T. A. The evolution and biological significance of seeds. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 12, p. 3550–3560, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMAS, R. **Crescimento e nutrição de mudas de *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

VALLE, M. L. A. **Estratégias de seleção de clones de *Toona ciliata* M. Roemer var. *australis* para biomecânica de árvores e qualidade da madeira**. 2014. 71 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

YANG, L.; WEN, B. Seed quality. In: THOMAS, B.; MURRAY, B. G.; MURPHY, D. J. (Ed.). **Encyclopedia of applied plant sciences**. 2nd. ed. Oxford: Academic Press, 2016.

ZAUZA, E. A. V.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. Esterilização, preparo de meios de cultura e fatores associados ao cultivo de fitopatógenos. In: ALFENAS, A. C. (Ed.). **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: UFV, 2007. p. 23–51

ZHANG, H. *et al.* The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. **Annals of Botany**, London, v. 106, n. 6, p. 1027–1035, 2010.

ZIECH, R. Q. S. **Características tecnológicas da madeira de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzida no sul do Estado de Minas Gerais**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

### 3      CAPÍTULO 1 – ANÁLISE DE VIGOR E VIABILIDADE DE SEMENTES

#### DE *Toona ciliata* M. ROEM. var. *australis*

#### RESUMO

As metodologias da análise de sementes devem seguir padrões recomendados para cada espécie, pois os resultados devem ser reprodutíveis em qualquer lugar. Sementes da espécie florestal *Toona ciliata* var. *australis* têm sido comercializadas no Brasil, no entanto ainda não há padronizações para sua análise. O objetivo foi determinar padrões de temperatura e fotoperíodo para teste de germinação, tempo de embebição e volume de água para condutividade elétrica, e tempo de estresse para o envelhecimento acelerado. Para o teste de germinação as sementes foram incubadas a 15, 20, 25 e 30 °C com 0, 12 e 16 h de luz. A condutividade elétrica foi avaliada até 108 horas após imersão das sementes em 50 e 100 mL de água deionizada. No envelhecimento acelerado as sementes foram mantidas por 0, 24, 48, 72 e 96 a 41 °C. As condições de 25 °C e 16 h de luz proporcionaram maior quantidade de plântulas normais. A distinção entre os lotes foi obtida a 24 h e 60 h com 50 e 100 mL respectivamente. O teste de envelhecimento acelerado apresentou baixa sensibilidade para separação dos lotes, mesmo em condição mínima de 24 h de tempo de estresse.

**Palavras-chave:** cedro-australiano; germinação; condutividade elétrica; envelhecimento acelerado; qualidade de sementes.

ANALYSIS OF SEED VIGOR AND VIABILITY OF *Toona ciliata* M. ROEM. var.

*australis*

#### ABSTRACT

Seed analysis methodologies should follow recommended standards for each species, since the results should be reproducible anywhere. Seeds of the forest species *Toona ciliata* var. *australis* have been commercialized in Brazil, however there are still no standardizations for their analysis. The objective was to determine temperature and photoperiod standards for germination test, imbibition time and volume of water for electrical conductivity, and stress time for accelerated aging. For the germination test the seeds were incubated at 15, 20, 25 and 30 °C with 0, 12 and 16 h of light. The electrical conductivity was evaluated up to 108 hours after immersion of the seeds in 50 and 100 mL of deionized water. In the accelerated aging the seeds were maintained at 0, 24, 48, 72 and 96 at 41 °C. The

conditions of 25 °C and 16 h of light provided higher amount of normal seedlings. The distinction between batches was obtained at 24 h and 60 h with 50 and 100 ml respectively. The accelerated aging test showed low sensitivity to detect differences between the seed lots, even in a minimum condition of 24 h of stress time.

**Keywords:** australian red cedar; germination; conductivity test; accelerated aging test; seed quality.

## INTRODUÇÃO

A análise de sementes é uma atividade que contribui para diversas áreas de pesquisa, bem como traz informações tanto para o produtor quanto para o comprador. Dos testes mais utilizados pode-se citar o teste de germinação, considerado como um meio objetivo e reprodutível para a avaliação da qualidade de sementes, aceito universalmente por diversas entidades (ELIAS *et al.*, 2012). Deste teste são obtidas informações de grande valor monetário e que possibilitam um melhor entendimento das estratégias reprodutivas da planta, traços da história de vida e adaptações ao habitat (BASKIN & BASKIN, 2014).

Diversos fatores afetam o processo de germinação, provocando divergências no teste de acordo com as condições impostas (GODOI & TAKAKI, 2004; SOCOLOWSKI & TAKAKI, 2004; EL-KEBLAWY & AL-RAWAI, 2006; TILKI & DIRIK, 2007; YANG *et al.*, 2008; MARAGHNI *et al.*, 2010; LUNA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A temperatura regula a germinação de três formas: determinando a capacidade e a taxa de germinação de sementes não dormentes; removendo a dormência primária ou secundária; e induzindo a dormência secundária. Altas temperaturas podem induzir dormência secundária (BEWLEY *et al.*, 2013) e provocar a morte dos embriões (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Já baixas temperaturas, podem provocar danos por esfriamento e redução da germinação (FENNER & THOMPSON, 2005).

A necessidade de luz para a germinação pode variar de acordo a temperatura, sendo muitas vezes difícil separar os efeitos da luz dos efeitos da temperatura (BONNER, 2008; BEWLEY *et al.*, 2013). De acordo com Bonner (2008), a luz estimula a germinação de



muitas espécies florestais, mas é absolutamente necessária para apenas algumas. Uma pequena exposição por alguns minutos, segundos ou até milissegundos, pode ser suficiente para iniciar o processo germinativo, já outras necessitam de iluminação intermitente por longos períodos (BEWLEY *et al.*, 2013).

Além do teste de germinação, existem outros testes focados na análise de vigor das sementes. De acordo com Elias *et al.* (2012), o teste de germinação é realizado em condições raramente encontradas à campo e por essa razão os resultados tendem a superestimar a germinação a campo. Segundos os mesmos autores, devido a esse fato, desenvolveram-se técnicas para avaliar a qualidade das sementes frente a condições adversas, como o teste de envelhecimento acelerado e a avaliação da condutividade elétrica.

Os testes de análise de sementes devem seguir metodologias padronizadas afim de que os resultados possam ser reproduzíveis entre os laboratórios de sementes. As instituições reguladoras como a *Association of Official Seed Analysts* (AOSA) e a *International Seed Testing Association* (ISTA) provêm regras para condições padronizadas de substrato, temperatura, luz, tempo de avaliação, métodos de superação de dormência, e critérios para determinação de plântulas normais e anormais (ELIAS *et al.*, 2012). No Brasil, a análise de sementes é padronizada pela Coordenação Geral de Apoio Laboratorial (CGAL), o qual publica o material intitulado Regras para Análise de Sementes, baseado nas regras internacionais da ISTA (BRASIL, 2009).

A espécie florestal *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* têm sido muito explorada por possuir madeira resistente a pragas e de alta qualidade (BYGRAVE & BYGRAVE, 2005). Originária da Austrália, teve seus primeiros plantios no Brasil por volta da década de 70, no qual encontrou condições edafoclimáticas propícias para seu desenvolvimento (VILELA & STEHLING, 2015). Possui vantagem em relação aos cedros brasileiros por ter ciclo de produção menor e ausência de ataques pela *Hypsipyla grandella*, conhecida como

broca do mogno, além de diminuir a pressão da extração de florestas nativas, viabilizando a produção de madeira em bases sustentáveis (FERREIRA *et al.*, 2012).

Apesar de existirem estudos sobre a propagação assexuada de *T. ciliata* var. *australis* (SOUZA *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2015), a produção de mudas no Brasil é baseada principalmente na comercialização de sementes. A espécie não possui padronização para os testes de germinação e portanto a análise da qualidade das sementes fica comprometida (MEDEIROS *et al.*, 2015), trazendo consequências para o produtor. Com base no exposto, objetivou-se determinar padrões para a análise de sementes de *T. ciliata* var. *australis*, sendo eles: temperatura e fotoperíodo para o teste de germinação, tempo de embebição e volume de água para a condutividade elétrica, e tempo de estresse para o de envelhecimento acelerado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local de condução dos experimentos e procedências das sementes**

O experimento foi conduzido no laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre - RS.

As sementes de *T. ciliata* var. *australis* foram adquiridas de empresas credenciadas no Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM) e armazenadas em câmara fria a 5 °C até a instalação dos experimentos. Cada lote de semente foi caracterizado pelo estado de procedência (Santa Catarina – SC, São Paulo – SP e Bahia – BA) e ano de coleta, sendo eles: SC 2014, SP 2014, SP 2015, BA 2014, BA 2015.

### **Grau de umidade**

Determinou-se o grau de umidade dos lotes pelo método de estufa a 105 °C por 24 horas, de acordo com metodologia descrita por Brasil (2009). As sementes foram pesadas

em balança analítica antes e depois da secagem, e o grau de umidade calculado com base no peso inicial, representado em porcentagem:

$$\% \text{ de umidade} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

### **Teste de germinação**

As sementes foram removidas do armazenamento, separadas das impurezas e desinfestadas em álcool 70% por 30 segundos e NaClO 1% por 60 segundos, seguido de lavagem em água esterilizada por 60 segundos. Após, foram colocadas em papel filtro para secagem superficial. A desinfestação foi pré-estabelecida em estudo anterior.

Logo, foram distribuídas em caixas plásticas do tipo *gerbox*, previamente lavadas com álcool 70% e NaClO 1%, utilizando substrato sobre papel mata-borrão (MEDEIROS *et al.*, 2015) e água deionizada autoclavados à pressão de 1,2 atm. por 20 minutos. As caixas contendo as sementes foram embaladas em sacos plásticos para evitar a perda de água e inseridas em câmaras germinadoras com regulagem de temperatura e fotoperíodo. A umidade do papel *germitest* foi monitorada e quando necessário foram adicionados 2 mL de água esterilizada.

Diariamente foi registrado o número de sementes germinadas, para posterior cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962). Após 10 dias de incubação, avaliou-se a primeira contagem de germinação, contabilizando somente as plântulas normais. O teste de germinação encerrou após 21 dias de incubação, sendo registrado o número de plântulas normais e anormais, sementes duras e mortas. Na classificação de duras ou mortas as sementes eram pressionadas e, se extravasavam o conteúdo eram classificadas como mortas, ou duras quando mantinham-se rígidas.

### **Fotoperíodo e temperatura para germinação**

Foram realizados testes de germinação nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30 °C, e nos fotoperíodos de 0, 12 e 16 h de luz. Para o fotoperíodo 0 h, a fim de evitar qualquer

entrada de luz, as caixas plásticas foram embrulhadas em papel alumínio e omitiu-se a avaliação da germinação diária e da primeira contagem de germinação.

Para esse experimento, foram utilizadas apenas as sementes do lote BA 2015, tendo em vista a maior porcentagem de germinação (dados não publicados).

Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial  $3 \times 4$  (fotoperíodos  $\times$  temperaturas), sendo cada repetição composta por uma *gerbox* contendo 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial.

### **Curva de embebição**

As sementes do lote BA 2015 foram removidas do armazenamento e pesadas em balança analítica de quatro casas decimais. Posteriormente, foram realizados testes de germinação nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30 °C, sob fotoperíodo de 12 h de luz. Logo após a incubação, as sementes eram pesadas em intervalos de duas horas até completar 12 horas de incubação. Após, a pesagem era realizada em intervalos de 12 horas, sendo encerrado até completar 156 horas de incubação, ou quando mais de 50% das sementes já haviam emitido a radícula. A cada pesagem, as sementes eram removidas da *gerbox*, secas superficialmente com papel filtro, pesadas e colocadas novamente na *gerbox*. Para cada temperatura, foram utilizadas quatro repetições contendo 25 sementes cada.

Para cada intervalo de pesagem, foi realizado o cálculo do ganho de peso, de acordo com a equação (ALBUQUERQUE *et al.*, 2009):

$$GP \% = \frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100$$

Em que: GP = ganho de peso; Pf = peso final de cada intervalo; Pi = peso inicial anterior à embebição.

### **Condutividade elétrica**

As sementes foram primeiramente pesadas em balança analítica, e então inseridas em copos de béquer contendo, ou 50 mL, ou 100 mL de água deionizada. Os copos foram selados com filme para vedação Parafilm M®, a fim de evitar a evaporação da água, e levados para câmara germinadora regulada à temperatura de 25 °C.

A condutividade elétrica da solução foi obtida com condutivímetro Digimed DM-32, após 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96 e 108 horas de embebição das sementes.

Para esse experimento, foram utilizados todos os lotes de sementes. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial  $2 \times 5 \times 10$  (volumes de água  $\times$  lotes  $\times$  tempos de embebição das sementes). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo cada repetição composta por um béquer com 25 sementes. Dentro de cada tempo de embebição e volume de água, as médias da condutividade elétrica foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

### **Envelhecimento acelerado**

Foram utilizadas caixas plásticas do tipo *gerbox* com calços nas quatro arestas, especializadas para teste de envelhecimento acelerado. Nas caixas foram vertidos 40 mL de água deionizada, e inserido um suporte com tela em aço inox, sendo disposto nos calços e permanecendo suspenso sobre a água. Em sequência, as sementes foram distribuídas homogeneamente sobre as telas e as caixas fechadas, mantendo as sementes em suspensão sobre a água e o ambiente interno com aproximadamente 100% de umidade relativa.

As caixas contendo as sementes, tela e água foram levadas à câmara germinadora regulada a temperatura de 41 °C. Após os intervalos de 0, 24, 48, 72 e 96 horas, as sementes foram removidas das caixas e analisadas via teste de germinação e grau de umidade. Para o teste de germinação, optou-se pela temperatura e fotoperíodo que produziram a maior quantidade de plântulas normais, de acordo com o resultado do experimento anterior.

Para esse experimento foram utilizados todos os lotes de sementes. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial  $5 \times 5$  (períodos de envelhecimento acelerado  $\times$  lotes). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo cada repetição composta por uma *gerbox* contendo 25 sementes. Dentro de cada período de envelhecimento, os lotes foram comparados pelo teste de Tukey a 5%.

### **Correlação entre os testes**

Após a realização do teste de germinação, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, realizou-se a correlação de Pearson entre os parâmetros: quantidade de plântulas normais na temperatura e fotoperíodo recomendado para o teste de germinação; condutividade elétrica da solução no tempo e volume em que houve maior distinção dos lotes; quantidade de plântulas normais no tempo de estresse em que houve maior distinção dos lotes no envelhecimento acelerado.

### **Procedimentos estatísticos**

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em todos os experimentos, sendo cada tratamento composto por quatro repetições. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade das variâncias Bertlett. Todas as análises e gráficos foram realizados utilizando o software RStudio (versão 1.0.136).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os lotes SP 2014, BA 2014 e BA 2015 apresentaram grau de umidade inferior a 10% (Tabela 1), sendo este nível adequado para manter a viabilidade durante o armazenamento de sementes ortodoxas (BONNER, 2008; KARRFALT, 2008). Já os lotes SC 2014 e SP 2015 continham em média 13,09%.

TABELA 1. Grau de umidade de lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* comercializados no Brasil. Porto Alegre, 2016.

TABLE 1. Moisture content of *Toona ciliata* var. *australis* seed lots marketed in Brazil. Porto Alegre, 2016.

Lote	Grau de umidade (%)
SC 2014	12,9 a
SP 2014	6,9 c
SP 2015	13,2 a
BA 2014	9,8 b
BA 2015	9,9 b

Em que: SC 2014 = lote Santa Catarina coleta 2014; SP 2014 = lote São Paulo coleta 2014; SP 2015 = lote São Paulo coleta 2015; BA 2014 = lote Bahia coleta 2014; BA 2015 = lote Bahia coleta 2015. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

### Fotoperíodo e temperatura para germinação

A variável IVG apresentou comportamento quadrático negativo, com ponto de máxima aos 28 °C, ou seja, nessa faixa de temperatura a germinação foi mais rápida (Figura 1 – A). Comportamento semelhante foi observado para a variável PCG, porém apenas para as sementes submetidas ao fotoperíodo de 16 horas (Figura 1 – B). Para 12 horas a resposta foi do tipo linear, culminando com 47,55% de sementes germinadas aos 30 °C. PCG e IVG são duas variáveis muito utilizadas para avaliar o vigor de sementes (KARRFALT, 2008; ELIAS *et al.*, 2012; MARCOS FILHO, 2015), porém, no presente trabalho a PCG foi mais sensível tendo em vista que respondeu tanto à temperatura quanto aos fotoperíodos.

A temperatura atua diretamente na germinação controlando sua velocidade, ou indiretamente afetando a dormência e viabilidade (BEWLEY *et al.*, 2006). Por essa razão o efeito desse fator causa interpretações erradas em sementes com certo grau de dormência (BATLLA & BENECH-ARNOLD, 2015). As sementes de *Toona ciliata* não possuem dormência (BASKIN & BASKIN, 2014), e com isso é possível inferir que a temperatura atuou apenas na velocidade de germinação.

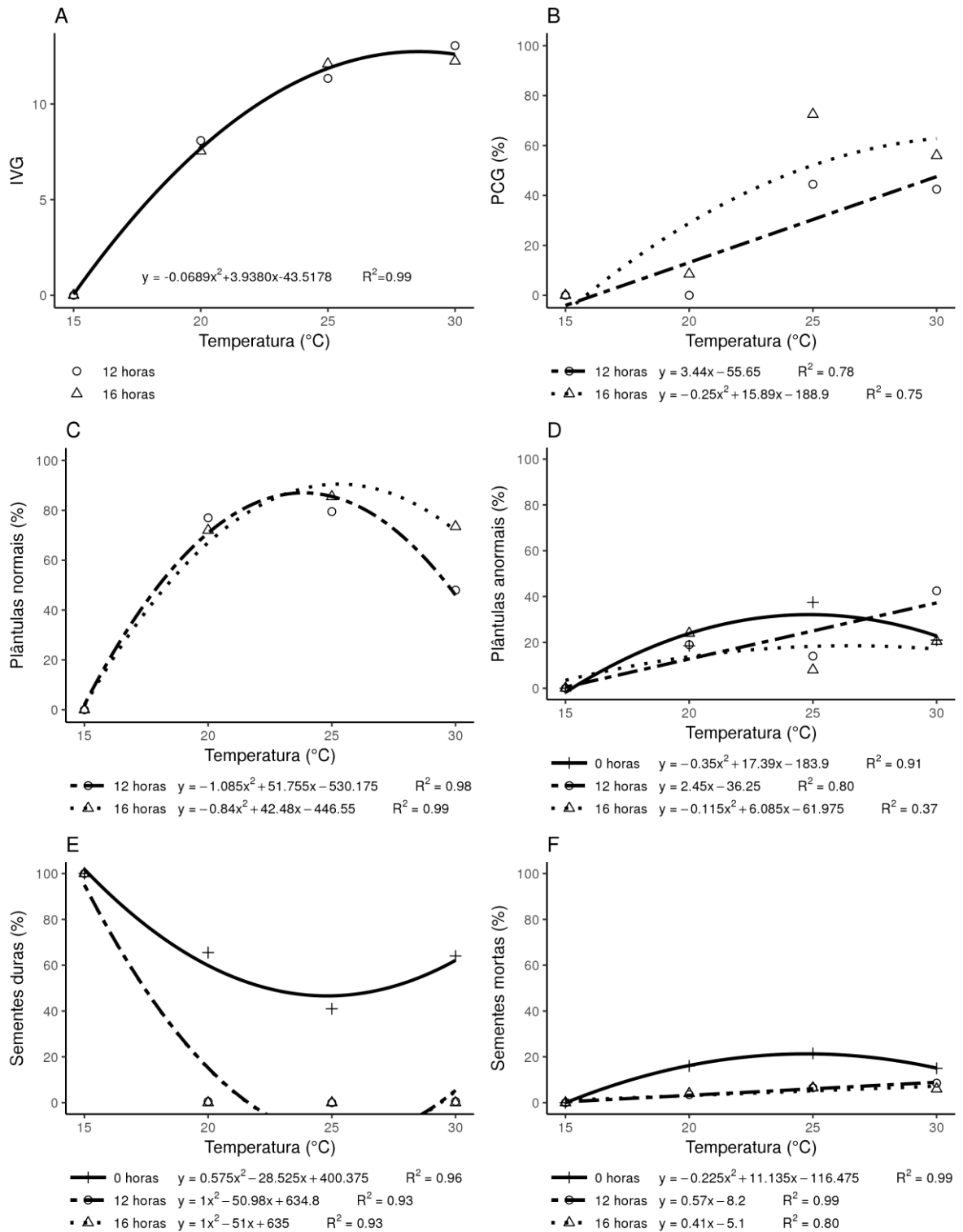


FIGURA 1. Teste de germinação de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* submetidas a diferentes fotoperíodos e temperaturas. A – IVG (índice de velocidade de germinação); B – PGC (primeira contagem de germinação); C – Plântulas normais; D – Plântulas anormais; E – Sementes duras; F – Sementes mortas. Porto Alegre, 2016.

FIGURE 1. Germination test of *Toona ciliata* var. *australis* seeds under different photoperiod and temperatures. A – IVG (germination speed rate); B – PGC (first count); C – Normal seedlings; D – Abnormal seedlings; E – Hard seeds; F – Dead seeds. Porto Alegre, 2016.



Os resultados encontrados corroboram aos de outros trabalhos relacionados com a germinação de espécies florestais tropicais (FERRAZ, 2001; SILVA *et al.*, 2002; MELLO & BARBEDO, 2007; SOCOLOWSKI *et al.*, 2008), em que observa-se um aumento na velocidade de germinação conforme aumenta-se a temperatura, porém, temperaturas muito elevadas (acima de 30 °C) podem causar efeitos negativos. O aumento da temperatura pode ter inferido nas reações bioquímicas do embrião, em especial a taxa respiratória (BEWLEY *et al.*, 2006), promovendo uma germinação mais rápida.

A espécie demonstrou rápida germinação nas temperaturas de 25 e 30 °C com fotoperíodo de 16 horas, em que mais de 50% das suas sementes já haviam germinado após 10 dias de incubação (PCG). Dentre as espécies madeireiras da Austrália, a germinação de *Toona ciliata* é classificada como rápida moderada (SMITH *et al.*, 2008), estando em acordo com o encontrado no presente trabalho.

Com relação às plântulas normais, a análise dos dados demonstrou comportamento quadrático negativo para os fotoperíodos de 12 e 16 horas (Figura 1 – C). Obteve-se 90,52% de plântulas normais em 25 °C e 16 horas de fotoperíodo, valor superior ao encontrado para o fotoperíodo de 12 horas, sendo 87,01% em 24 °C. O fotoperíodo de 16 horas proporcionou uma maior superação dos efeitos deletérios provocados pela alta temperatura, já a 12 horas as plântulas não suportaram os efeitos da temperatura e apresentavam sinais de murcha. Esse fato é observado a 30 °C onde há maior porcentagem de plântulas anormais no fotoperíodo de 12 horas, tendo um acréscimo de 20% comparado ao de 16 horas (Figura 1 – D). Na ausência total de luz, o ponto de máxima para plântulas anormais foi semelhante ao encontrado para plântulas normais, sendo de 25 °C.

A quantidade de plântulas normais submetidas à temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 16 h foi superior à encontrada em outros trabalhos com *Toona ciliata* var. *australis* (SMITH *et al.*, 2008; MEDEIROS *et al.*, 2015; MIGLIORINI *et al.*, 2015), demonstrando, portanto, que essas condições são ideais para a realização de testes de

germinação com essa espécie, pois proporcionaram baixas interferências na viabilidade das sementes.

Independente do fotoperíodo, todas as sementes submetidas a temperatura de 15 °C não germinaram, mas mantiveram-se duras até a avaliação final. O aumento da temperatura reduziu a quantidade de sementes duras, sendo nula nos fotoperíodos de 12 e 16 horas com temperatura entre 20 e 30 °C. Já em ausência de luz, também houve uma redução das sementes duras, com comportamento quadrático negativo em que o ponto de mínimo a 25 °C foi de 46,60%, valor muito superior as sementes a 12 e 16 horas (0%). O efeito da interação fotoperíodo e temperatura sobre a germinação de sementes é evidenciada nesse trabalho, pois os dados demonstram que o aumento da temperatura forneceu estímulos para a germinação, porém não foi suficiente para uma parte das sementes submetidas a ausência de luz.

A baixa germinação no escuro também foi observada em sementes de *Acacia polyphylla* DC., em que a utilização de apenas 1 hora de luz diária foi suficiente para duplicar a quantidade de sementes germinadas (ARAÚJO NETO *et al.*, 2003).

A utilização de luz constante promove a germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. e *T. serratifolia* (Vahl) G. Nicholson incubadas a temperatura de 30 °C, porém sua influência é nula na PCG de *T. impetiginosa* (OLIVEIRA *et al.*, 2005), indicando que sementes com maior vigor dispensam de luz para germinar.

Para a semente, a necessidade de luz possui função ecológica na sensação de profundidade no solo, diante disso acredita-se que esse fator tenha coevoluído com a massa da semente, pois sementes pequenas possuem maior exigência de luz para germinar que sementes grandes (FOSTER & JANSON, 1985; MILBERG *et al.*, 2000). *Toona ciliata* var. *australis* possui sementes com 2 × 0,5 cm de tamanho (BOLAND & MCDONALD, 2006), sendo considerada pequena (FILHO & WENDLING, 2012) em comparação a

outras espécies florestais. Devido a seu tamanho reduzido pressupõe-se que há uma maior exigência de luz para germinar, fato comprovado pelos resultados obtidos neste trabalho.

Maior média de sementes mortas foi observada na ausência de luz, atingindo um máximo de 21,29% na temperatura de 25 °C. Considerando que essa mesma temperatura se mostrou ótima para a germinação em 12 e 16 horas, o aumento de sementes mortas pode ter ocorrido devido à deterioração dos recursos da semente ao aguardar o estímulo da luz para germinar.

### **Curva de embebição**

As 12 primeiras horas de incubação foram caracterizadas por uma rápida embebição de água, em que o ganho de peso em relação à massa inicial atingiu valores superiores a 100%, independente da temperatura (Figura 2). Em seguida, o peso das sementes manteve-se estável por um período diferente para cada temperatura, sendo menor nas temperaturas de 25 e 30 °C. Com a emissão da radícula, observou-se novamente outro acréscimo no ganho de peso, subindo gradualmente conforme mais sementes emitiam a radícula. Por meio dessa análise fica evidente o padrão trifásico da germinação de *Toona ciliata* var. *australis*, sendo a Fase I caracterizada pela rápida embebição de água, a Fase II pela estabilização do peso, e a Fase III pelo aumento do ganho do peso após a estabilização.

A Fase I ocorre em sementes com dormência fisiológica, não dormentes, viáveis ou mortas, pois é uma consequência das forças matriciais do gradiente osmótico entre a semente e a água, ou seja, é um processo essencialmente físico (BEWLEY *et al.*, 2013). Alguns casos podem dificultar a absorção de água nessa fase, como a presença de tegumento rígido na semente formando uma barreira para a entrada de água (DÜBBERN SOUZA & MARCOS FILHO, 2001). As sementes de *Toona ciliata* var. *australis* não possuem essa propriedade, possibilitando rápida embebição logo após o contato com a

água. Ao final da Fase I as sementes submetidas às temperaturas de 15 e 20 °C absorveram menos água que a 25 e 30 °C.

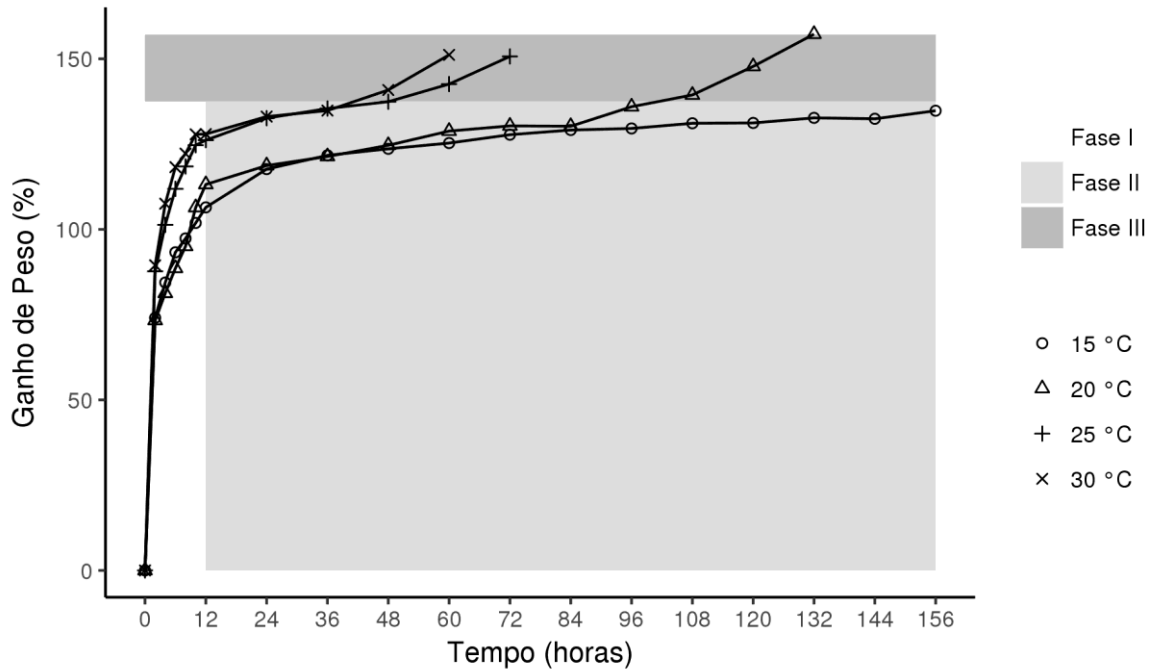


FIGURA 2. Curva de embebição de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* com 12 horas de fotoperíodo e submetidas a diferentes temperaturas. Porto Alegre, 2016.

FIGURE 2. Imbibition curve of *Toona ciliata* var. *australis* seeds under 12 hours of photoperiod and different temperatures. Porto Alegre, 2016.

Durante a Fase II observou-se um prolongamento maior para 15 °C, corroborando com os dados obtidos no teste de germinação nessa mesma temperatura, resultando em 100% de sementes duras no final do teste (21 dias). Dentre as fases da germinação, a Fase II é a mais afetada pela temperatura, tendo maior duração quanto menor a temperatura devido a baixa taxa respiratória do embrião (BEWLEY *et al.*, 2013).

A absorção de água na Fase III é uma consequência da emissão da radícula, a qual ocorre devido a expansão celular (BEWLEY *et al.*, 2013). Com base nisso é possível inferir que apenas a temperatura de 15 °C não permitiu absorção de água suficiente para que ocorra a emissão da radícula.

### Condutividade elétrica

Foi possível observar diferença entre os lotes em todos os tempos e volumes testados, porém, com formações de grupos distintas entre cada tempo e volume (Tabela 2). A separação dos lotes foi mais sensível em 24 horas de embebição para o volume de 50 mL, e em 60 horas para 100 mL, pontos em que o agrupamento pelo teste de médias foi idêntico. Para facilitar a execução do teste, poderia ser indicado o tempo de 24 h e 50 mL de volume de água para execução do teste de condutividade elétrica para a espécie *Toona ciliata* var. *australis*. O lote BA 2015 apresentou a menor condutividade elétrica dentre os lotes testados, indicando maior vigor deste em relação aos demais.

Ao embeber água, as membranas celulares se reorganizam e reparam danos causados pelo armazenamento, porém, até o reparo estar completo, vários solutos da célula são lixiviados para o meio (SCHMIDT, 2007). O aumento do tempo de embebição permitiu que maior quantidade de solutos fossem lixiviados, fato observado também para outras espécies florestais (MARQUES *et al.*, 2002; SANTOS & PAULA, 2005; DUTRA *et al.*, 2008; FLAVIO & PAULA, 2010).

A utilização de maior quantidade de sementes poderia diminuir o tempo de embebição necessário para a separação dos lotes, como demonstrado por Santos e Paula (2005), em que a utilização de 25% a mais de sementes diminuiu em 16 horas o tempo para separar lotes de *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs.

O teste de condutividade elétrica também foi eficiente para a separação de lotes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth., em que recomenda-se a utilização de 30 ou 36 horas para a embebição das sementes (MARQUES *et al.*, 2002).

TABELA 2. Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ ) de lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* comercializados no Brasil, em diferentes volumes e tempos de embebição. Porto Alegre, 2016.

TABLE 2. Electrical conductivity ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ ) of *Toona ciliata* var. *australis* seed lots marketed in Brazil, with different volumes and imbibition period. Porto Alegre, 2016.

Lotes	50 mL									
	6 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	108 h
SC 2014	328,7 a	347,1 a	366,5 b	429,7 a	477,5 ab	521,1 ab	569,4 ab	591,5 ab	619,9 ab	634,3 ab
SP 2014	343,9 a	364,4 a	440,5 a	498,5 a	526,1 a	582,9 a	654,7 a	695,5 a	740,1 a	748,6 a
SP 2015	296,5 ab	321,9 ab	373,6 b	428,1 a	445,6 b	471,7 b	507,2 b	529,2 b	564,3 b	576,2 b
BA 2014	248,7 b	260,9 b	246,8 c	265,8 b	265,3 c	278,8 c	290,2 c	295,1 c	299,0 c	306,8 c
BA 2015	166,3 c	179,3 c	170,5 d	180,9 b	181,7 d	188,2 c	208,1 c	215,0 c	223,2 c	223,6 c
Lotes	100 mL									
	6 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	108 h
SC 2014	175,8 ab	181,3 ab	202,0 b	224,0 ab	224,0 ab	240,0 b	257,5 ab	260,6 ab	278,1 ab	298,4 a
SP 2014	188,8 a	205,6 a	233,0 a	246,4 a	246,4 a	274,6 a	289,6 a	301,4 a	319,0 a	316,2 a
SP 2015	145,1 b	161,2 b	192,2 b	200,9 b	200,9 b	220,6 b	238,2 b	244,8 bc	256,5 b	261,3 ab
BA 2014	157,5 ab	169,7 b	164,7 c	163,9 c	163,9 c	180,0 c	190,7 c	197,4 c	199,2 c	201,9 b
BA 2015	81,7 c	86,54 c	86,74 d	89,06 d	89,06 d	96,94 d	103,1 d	106,1 d	115,0 d	119,0 c

Em que: SC 2014 = lote Santa Catarina coleta 2014; SP 2014 = lote São Paulo coleta 2014; SP 2015 = lote São Paulo coleta 2015; BA 2014 = lote Bahia coleta 2014; BA 2015 = lote Bahia coleta 2015. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%; <sup>ns</sup> = não significativo.

### Envelhecimento acelerado

Com relação ao tratamento testemunha (0 h), o lote BA 2015 apresentou a maior quantidade de plântulas normais (47%), podendo ser classificado como um lote de alta viabilidade em comparação aos outros (Tabela 3). Já no lote SP 2014 foi observado uma grande quantidade de sementes mortas (65%), não gerando plântulas normais.

Os valores de grau de umidade aumentaram após cada tempo de estresse, triplicando em 24 horas e atingindo o maior valor após 48 horas (35,47%), tempo em que também não houve diferença significativa entre os lotes.

TABELA 3. Envelhecimento acelerado de lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* comercializados no Brasil, em diferentes tempos de estresse. Porto Alegre, 2016.

TABLE 3. Accelerated aging test of *Toona ciliata* var. *australis* seed lots marketed in Brazil, with different periods of stress. Porto Alegre, 2016.

Lotes	Grau de umidade (%)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
SC 2014	8,18 a	27,59 ab	34,50 <sup>ns</sup>	19,07 c	26,68 a
SP 2014	8,12 a	29,71 a	38,65	24,7 b	15,63 c
SP 2015	7,97 a	30,11 a	34,72	32,2 a	15,57 c
BA 2014	7,76 a	24,51 b	33,73	24,55 b	22,78 ab
BA 2015	6,28 b	19,40 c	35,75	15,92 c	17,42 bc
Lotes	Plântulas normais (%)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
SC 2014	12 bc	1 ab	0 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
SP 2014	0 c	0 b	0	0	0
SP 2015	2 c	3 ab	0	0	0
BA 2014	18 b	0 b	0	0	0
BA 2015	47 a	9 a	7	0	0
Lotes	Plântulas anormais (%)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
SC 2014	24 ab	10 cd	0 c	0 b	0 <sup>ns</sup>
SP 2014	14 b	2 d	0 c	0 b	0
SP 2015	29 ab	20 bc	1 c	0 b	0
BA 2014	45 a	31 b	16 b	0 b	0
BA 2015	33 ab	69 a	63 a	22 a	1
Lotes	Sementes duras (%)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
SC 2014	16 <sup>ns</sup>	23 <sup>ns</sup>	6 ab	7 ab	0 b
SP 2014	21	31	5 ab	2 b	2 b
SP 2015	30	17	0 b	3 b	0 b
BA 2014	18	19	19 a	6 ab	5 b
BA 2015	13	13	12 ab	29 a	82 a
Lotes	Sementes mortas (%)				
	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h
SC 2014	48 ab	67 a	94 a	93 a	100 a
SP 2014	65 a	67 a	95 a	98 a	98 a
SP 2015	39 ab	60 a	99 a	97 a	100 a
BA 2014	19 bc	50 a	65 b	94 a	95 a
BA 2015	7 c	9 b	18 c	49 b	17 b

Em que: SC 2014 = lote Santa Catarina coleta 2014; SP 2014 = lote São Paulo coleta 2014; SP 2015 = lote São Paulo coleta 2015; BA 2014 = lote Bahia coleta 2014; BA 2015 = lote Bahia coleta 2015. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%; <sup>ns</sup> = não significativo.

Sementes de *Cedrela fissilis* Vell. podem gerar até 50% de plântulas normais mesmo após 96 horas de envelhecimento acelerado, dependendo do lote utilizado (LAZAROTTO *et al.*, 2013). Em contrapartida, sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan perdem drasticamente seu vigor, gerando apenas 2% de plântulas normais após 24 horas (GARCIA *et al.*, 2005). A germinação de *Toona ciliata* var. *australis*

apresentou alta sensibilidade ao teste de envelhecimento acelerado, tendo em vista que após 48 horas a maioria dos lotes não gerou plântulas normais.

A maior sensibilidade ao teste de envelhecimento de acelerado pode ter ocorrido devido ao tamanho reduzido da semente. Sementes pequenas com maior relação área/volume são mais propensas a absorver água e devido a isso deterioraram mais rapidamente que sementes grandes (YANG & WEN, 2016). Têm sido desenvolvidos métodos alternativos para o teste de envelhecimento acelerado a fim de evitar a rápida absorção de água, utilizando, por exemplo, soluções salinas saturadas ao invés de água (TORRES & MARCOS FILHO, 2003). Em virtude disso, recomenda-se novos estudos utilizando tempos de estresse inferior a 24 horas, a fim de obter uma maior distinção entre lotes de acordo com o seu respectivo vigor.

### **Correlação entre os testes**

Em todos os testes sobressaiu-se a qualidade do lote BA 2015, o qual foi classificado como de alta viabilidade e vigor. Observou-se também correlação significativa entre os resultados (Tabela 4), podendo inferir que os testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado geram resultados satisfatórios para a análise de vigor e podem ser utilizados como testes complementares ao teste de germinação. Em relação à condutividade elétrica, esta correlação é ainda mais importante, considerando que este teste pode dar uma resposta muito rápida (24 horas) para uma avaliação de um lote de sementes.

A correlação entre esses testes também foi observada na análise de sementes de outras espécies florestais, como em *Jacaranda micrantha* Cham. (SOUZA *et al.*, 2016), *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth. (MARQUES *et al.*, 2002), *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (GONZALE *et al.*, 2011), e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex. A. DC.) Standl. (SANTOS *et al.*, 2009). Com isso, utilização desses testes tem se mostrado promissora na avaliação de vigor em sementes florestais, reduzindo o tempo necessário pra classificação de lotes de acordo com a qualidade fisiológica.



TABELA 4. Correlação de Pearson entre a quantidade de plântulas normais do teste de germinação a 25 °C e 16 horas de luz (TG), a condutividade elétrica após 24 horas de embebição em 50 mL (CE), e a quantidade de plântulas normais do envelhecimento acelerado após 24 horas de estresse (EA) utilizando diferentes lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis*. Porto Alegre, 2016.

TABLE 4. Pearson's correlation between normal seedlings of germination test under 25 °C e 16 light hours (TG), electrical conductivity after 24 hours of imbibition in 50 mL (CE), and normal seedlings after accelerated aging test after 24 hours of stress (EA) using different seed lots of *Toona ciliata* var. *australis*. Porto Alegre, 2016.

	TG	CE	EA
TG	1	-0,8385799 **	0,4933284 *
CE	-	1	-0,4515823 *
EA	-	-	1

Em que: \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%.

## CONCLUSÕES

Para testes de germinação de *Toona ciliata* var. *australis* recomenda-se a incubação das sementes em fotoperíodo de 16 horas com a temperatura de 25 °C.

O teste de condutividade elétrica deve ser realizado com volume de 50 mL e avaliado após 24 horas de embebição.

O teste de envelhecimento acelerado apresenta baixa sensibilidade após 24 horas de estresse.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, K. S. *et al.* Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 12–19, 2009.

ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 249–256, 2003.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2nd. ed. San Diego: Elsevier/AP, 2014. 1586 p.

- BATLLA, D.; BENECH-ARNOLD, R. L. A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 25, n. 02, p. 147–158, 2015.
- BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd. ed. New York: Springer New York, 2013. 392 p.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M.; HALMER, P. **The encyclopedia of seeds: science, technology and uses**. Trowbridge: Cromwell Press, 2006. 858 p.
- BOLAND, D. J.; MCDONALD, M. W. **Forest trees of Australia**. 5. ed. Collingwood: Csiro Publishing, 2006. 769 p.
- BONNER, F. T. **The woody plant seed manual**. Washington: Government Printing Office, 2008. 1223 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA. 2009, 395 p.
- BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing australian red cedar and other meliaceae species in plantation**. Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation, 2005. 68 p.
- DÜBBERN SOUZA, F. H.; MARCOS FILHO, J. The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 365–375, 2001.
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; DINIZ, F. O. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Senna siamea* (Lam.) HS Irwin & Barneby. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 3, p. 280–285, 2008.
- ELIAS, S. G. *et al.* **Seed testing: principles and practices**. East Lansing: Michigan State University Press, 2012. 354 p.
- EL-KEBLAWY, A.; AL-RAWAI, A. Effects of seed maturation time and dry storage on light and temperature requirements during germination in invasive *Prosopis juliflora*. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Jena, v. 201, n. 2, 2006.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. New York: Cambridge University Press, 2005. 262 p.
- FERRAZ, F. G. A. Temperature dependent seed germination of *Dalbergia nigra* Allem (Leguminosae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 44, n. 4, p. 401–404, 2001.
- FERREIRA, D. A. *et al.* Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 715–723, 2012.
- FILHO, A. N. K.; WENDLING, I. **Produção de mudas de cedro australiano: Comunicado técnico**. Colombo: Embrapa, 2012. .

- FLAVIO, J. J. P.; PAULA, R. C. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vendellianum* A. Juss. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, p. 391–399, 2010.
- FOSTER, S.; JANSON, C. H. The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants. **Ecology**, Washington, v. 66, n. 3, p. 773–780, 1985.
- GARCIA, L. C.; NOGUEIRA, A. C.; ABREU, D. C. A. Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan – Mimosaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 85–90, 2005.
- GODOI, S.; TAKAKI, M. Effects of light and temperature on seed germination in *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 2, p. 185–191, 2004.
- GONZALE, J. L. S.; VALERI, S. V.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 71–181, 2011.
- KARRFALT, R. P. Seed testing. In: **The woody plant seed manual**. Washington: Forest Service, 2008. p. 1223
- LAZAROTTO, M. *et al.* Qualidade fisiológica e tratamentos de sementes de *Cedrela fissilis* procedentes do sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 201–210, 2013.
- LUNA, B. *et al.* Effects of incubation temperature on seed germination of mediterranean plants with different geographical distribution ranges. **Folia Geobotanica**, Dordrecht, v. 47, n. 1, p. 17–27, 2011.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, 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**, Pretoria, v. 76, n. 3, p. 453–459, 2010.
- MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015.
- MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, p. 271–278, 2002.
- MEDEIROS, L. R. *et al.* Standardization of germination test and response to NaCl salt stress in *Toona ciliata* seeds. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 845–852, 2015.
- MELLO, J. I. O.; BARBEDO, C. J. Temperatura, luz e substrato para germinação de sementes de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 645–655, 2007.
- MIGLIORINI, P. *et al.* Efeito de diferentes substratos no desenvolvimento inicial de cedro australiano. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 14, n. 2, p. 139–145, 2015.

MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; THOMPSON, K. Large-seeded spices are less dependent on light for germination than small-seeded ones. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 10, n. 01, p. 99, 2000.

OLIVEIRA, A. K. M. *et al.* Germination of *Aspidosperma subincanum* Mart. ex A. DC seeds at different temperatures. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Londrina, v. 17, n. 4, p. 642–648, 2015.

OLIVEIRA, L. M. *et al.* Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex AP de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich.-Bignoniaceae. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 642–648, 2005.

PEREIRA, M. O. *et al.* Resgate vegetativo e propagação de cedro-australiano por estaquia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 4, p. 282–289, 2015.

SANTOS, F. S. *et al.* Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 163–17, 2009.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs - Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 136–145, 2005.

SCHMIDT, L. **Tropical forest seed**. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 409 p.

SILVA, L. M. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 691–697, 2002.

SMITH, N. J. C. *et al.* Seed ecology and successional status of 27 tropical rainforest cabinet timber species from Queensland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 5, p. 1031–1038, 2008.

SOCOLOWSKI, F.; TAKAKI, M. Germination of *Jacaranda mimosifolia* (D. Don - Bignoniaceae) seeds: effects of light, temperature and water stress. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 5, p. 785–792, 2004.

SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D. C. M.; TAKAKI, M. Interaction of temperature and light on seed germination in *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 523–530, 2008.

SOUZA, G. F.; GARLET, J.; DELAZERI, P. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Jacaranda micranta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 85, p. 79–83, 2016.

SOUZA, J. C. A. V. *et al.* Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 205–213, 2009.

TILKI, F.; DIRIK, H. Seed germination of three provenances of *Pinus brutia* (Ten.) as influenced by stratification, temperature and water stress. **Journal of Environmental Biology**, Lucknow, v. 28, n. 1, p. 133–136, 2007.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Accelerated aging of melon seeds. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 60, n. 1, p. 77–82, 2003.

- VILELA, E. S.; STEHLING, E. C. **Recomendações de plantio para cedro australiano**. Campo Belo: Bela Vista Florestal, 2015. 20 p.
- YANG, L.; WEN, B. Seed quality. In: THOMAS, B.; MURRAY, B. G.; MURPHY, D. J. (Ed.). **Encyclopedia of applied plant sciences**. 2nd. ed. Oxford: Academic Press, 2016.
- YANG, Q.-H. *et al.* Seed biology and germination ecophysiology of *Camellia nitidissima*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 1, p. 113–118, 2008.

## 4      **CAPÍTULO 2 – ESTRESSE SALINO E HÍDRICO NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Toona ciliata* M. ROEM. var.**

*australis*<sup>1</sup>

### **RESUMO**

A espécie florestal *Toona ciliata* var. *australis* possui madeira de alto valor econômico para móveis e seus plantios não são afetados pela *Hypsipyla grandella*, praga que ataca plantios de monocultura de espécies nativas semelhantes à *Toona ciliata*. Possui uma estreita relação com a água disponível, ocorrendo geralmente em florestas úmidas no seu ambiente natural. Em plantios comerciais esse é um dos fatores que mais limita seu estabelecimento e crescimento inicial. Nas últimas décadas sua área de plantio no Brasil foi ampliada, entretanto, é escasso o conhecimento sobre o efeito de ambientes adversos na germinação e crescimento inicial de plântulas. Objetivou-se avaliar os efeitos do estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata*. Foram utilizadas soluções contendo, ou NaCl, ou PEG 6000, nos potenciais osmóticos: -0,1; -0,2; -0,3; -0,4; -0,5; -0,6; -0,9; -1,2 e -1,5 MPa, mais a testemunha, com água esterilizada. As sementes foram submetidas ao teste de germinação sobre papel germitest umedecido com a solução correspondente, e incubadas a  $25 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 16 h por 21 dias. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial  $2 \times 10$  (agentes osmóticos  $\times$  potenciais osmóticos e testemunha), com quatro repetições de 50 sementes cada. Conforme a redução do potencial osmótico observou-se menor germinação, número de plântulas normais, massa fresca, comprimento de plântula e maior número de sementes duras, sendo mais severo em PEG 6000. Portanto, houve mais sementes germinadas sob o efeito do NaCl do que do PEG 6000. Entretanto, apesar da germinação alta em NaCl, o número de plântulas anormais também foi maior que em PEG 6000. Conclui-se que a germinação e o crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata* são afetados tanto pelo estresse salino como hídrico, sendo as plântulas mais sensíveis ao estresse hídrico, e com maior probabilidade de desenvolver plântulas anormais sob estresse salino.

**Palavras-chave:** cedro-australiano; PEG 6000; NaCl.

---

<sup>1</sup> Artigo aceito para publicação na Revista Ciência Florestal

## SALINE AND WATER STRESS ON GERMINATION AND EARLY SEEDLING

GROWTH OF *Toona ciliata* M. ROEM. var. *australis*

## ABSTRACT

The *Toona ciliata* var. *australis* is a tree species which yields a very high-quality timber for furniture and is unaffected by *Hypsipyla grandella*, a pest that attacks monoculture plantations of native species similar to *Toona ciliata*. It has a close relationship with water availability, occurring mainly in humid forest in its natural habitat. In commercial plantations this is an important limitation to the establishment and initial growing of *Toona ciliata*. In the last decades, the use of *Toona ciliata* in commercial plantations has increased in Brazil, however, there is little knowledge about the effect of adverse environments on seed germination and early seedling growth. This study aimed to evaluate the effects of water and saline stress on germination and early seedlings growth of *Toona ciliata*. Osmotic solutions were prepared with, or NaCl, or PEG 6000, in the following osmotic potentials: -0.1; -0.2; -0.3; -0.4; -0.5; -0.6; -0.9; -1.2 and -1.5 MPa. For the control treatment it was only used sterile water. The seeds were submitted to the germination test in which the germitest paper was moistened with the relative osmotic solution. The incubation was realized in germination chamber at  $25 \pm 2$  °C with 16 h light of photoperiod. The experimental design was completely randomized, arranged in a factorial design  $2 \times 10$  (osmotic agent  $\times$  osmotic potential and control), with four repetitions of 50 seeds each. With the reduction on the osmotic potential was observed lower germination, number of normal seedlings, fresh weight, seedling length and higher number of hard seeds, being the effect of PEG 6000 more severe. The germination and number of abnormal seedlings was higher under NaCl effect than PEG 6000. It can be concluded that germination and early seedling growth of *Toona ciliata* are affected by both saline and water stress, being more sensitive under water stress and with higher probability of develop abnormal seedlings under saline stress.

**Keywords:** Australian red cedar; PEG 6000; NaCl.

## INTRODUÇÃO

A espécie florestal *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* tem sido explorada desde 1790 durante a colonização da Austrália por possuir madeira de alta qualidade e resistência a pragas. Pertence à família Meliaceae, reconhecida mundialmente pelas suas espécies de alto valor econômico (BYGRAVE & BYGRAVE, 2005).

No Brasil é conhecida como cedro-australiano e sua madeira possui características similares à espécie nativa *Cedrela odorata* (MANGIALAVORI, 2003), sendo destinada para diversos fins, como móveis, construção civil, barcos, pisos e lâminas decorativas

(BUFALINO *et al.*, 2012). Diferentemente da *Cedrela odorata*, a *Toona ciliata* não é atacada pela *Hypsipyla grandella* (broca do mogno), praga que ataca plantios de monocultura provocando a bifurcação do fuste, destruindo totalmente a forma da árvore para produção de madeira. Por essa razão, *Toona ciliata* tem sido plantada no lugar dessa espécie (WEST, 2014).

Em seu ambiente natural ocorre na floresta tropical e subtropical úmida, distribuindo-se ao longo da costa de rios, com bom desenvolvimento em solos ricos aluviais ou vulcânicos (BYGRAVE & BYGRAVE, 2005; BOLAND *et al.*, 2006). Possui estreita relação com a disponibilidade de água, sendo esse um dos fatores que mais limita o estabelecimento e desenvolvimento inicial de *Toona ciliata* (DORDEL *et al.*, 2011a; DORDEL *et al.*, 2011b). Por essa razão, seu plantio deve ser consorciado com outras espécies que forneçam proteção contra seca e geada (WEST, 2014).

Mesmo estando em ambiente úmido, as sementes podem não embeber devido ao potencial osmótico da solução, o qual é reduzido, quanto maior for a concentração de sais ou de outros agentes osmóticos. A redução do potencial osmótico diminui a disponibilidade de água para a semente, afetando a velocidade e a porcentagem de germinação, podendo em casos mais extremos cessá-la completamente ou ainda induzir dormência secundária (BEWLEY *et al.*, 2013). Além disso, a alta concentração de sais pode rapidamente provocar injúrias em plântulas de espécies sensíveis (BEGUM *et al.*, 2013).

Devido a dificuldade em padronizar condições de solo, diversos agentes osmóticos têm sido utilizados para simular o efeito do estresse salino e hídrico. Os agentes osmóticos NaCl, glicerol, sucrose e o manitol provocam tanto o estresse hídrico como salino, pois possuem baixo peso molecular, e em razão disso podem entrar e se acumular na célula provocando efeito tóxico. O polietilenoglicol (PEG) é um composto inerte muito utilizado



para simular apenas o estresse hídrico, pois não provoca efeitos tóxicos devido ao seu alto peso molecular (KAYA *et al.*, 2006; ELIAS *et al.*, 2012; CAVALLARO *et al.*, 2016).

Tendo em vista a escassez de estudos sobre o comportamento das sementes de *Toona ciliata* no que tange à sua tolerância a fatores ambientais adversos, objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino e hídrico na germinação e no crescimento inicial das plântulas dessa espécie, bem como definir os limites máximos de tolerância.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local de condução dos experimentos e procedências das sementes**

O experimento foi conduzido no Laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre - RS.

As sementes de *Toona ciliata* utilizadas no experimento foram adquiridas de empresas credenciadas no Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASEM). Cada lote foi caracterizado por sua procedência (diferentes estados), sendo: Lote 1 – São Paulo (SP), Lote 2 – Santa Catarina (SC) e Lote 3 – Bahia (BA). Todos apresentavam data de coleta do ano de 2014. O armazenamento das sementes foi realizado em câmara fria a 5 °C e umidade relativa abaixo de 35%.

### **Tratamentos de estresse hídrico e salino**

Para simular o efeito de estresse hídrico e salino foram utilizadas soluções contendo NaCl ou PEG 6000, nos potenciais osmóticos: -0,1, -0,2, -0,3, -0,4, -0,5, -0,6, -0,9, -1,2 e -1,5 MPa, além da testemunha.

A quantidade de massa necessária de PEG 6000 para atingir cada potencial osmótico foi calculada utilizando-se a equação de Michel & Kaufmann (1973):

$$\psi = - 1,18 \times 10^{-2} C - 1,18 \times 10^{-4} C^2 + 2,67 \times 10^{-4} CT + (8,39 \times 10^{-7})C^2T$$

Em que:  $\psi$  = potencial osmótico (bar);  $C$  = concentração do PEG 6000, expresso em  $\text{g.kg}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  ou  $\text{g.L}^{-1}$  de água destilada; e  $T$  = temperatura em graus Celsius. Para o presente trabalho foi considerada a temperatura de 25 °C. O resultado é expresso em bar e pode ser transformado em MPa dividindo-o por 10.

Para a quantidade de NaCl foi utilizada a equação de Van't Hoff, citada por Betoni *et al.* (2011):

$$\psi = -iRTC$$

Em que:  $\psi$  = potencial osmótico (atm.);  $i$  = coeficiente isotônico de NaCl (1,8);  $R$  = constante geral dos gases perfeitos ( $0,082 \text{ atm.l mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ );  $T$  = temperatura (K);  $C$  = concentração ( $\text{mol.L}^{-1}$ ).

O PEG 6000 e o NaCl foram pesados em balança analítica e dissolvidos em 100 mL de água esterilizada. As soluções foram acondicionadas em béqueres cobertos com filme plástico PVC e armazenadas em geladeira. Como testemunha foi utilizada água destilada.

Foram contadas proporções iguais de sementes para cada lote e depois misturadas para proporcionar homogeneidade das variações entre os lotes. Posteriormente, as sementes receberam tratamento de desinfestação constituído de três etapas em sequência: imersão em álcool 70%, por 30 segundos; imersão em NaClO a 1%, por 60 segundos, e lavagem em água destilada esterilizada por 60 segundos.

### **Avaliações de germinação**

As sementes foram distribuídas em caixas do tipo gerbox previamente lavadas com hipoclorito 1% e álcool 96 °GL, forradas com uma folha de papel germitest, que foram previamente autoclavadas por 20 minutos à pressão de 1,2 atm. Com o auxílio de uma micropipeta foram transferidos 7 mL da solução correspondente para cada gerbox, volume correspondente ao produto da massa seca do papel germitest por 2,5 (BRASIL, 2009).

As caixas foram transferidas para câmaras de incubação do tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*), com temperatura de  $25 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 16 h, sob lâmpadas fluorescentes brancas, tipo "extra luz do dia", de 20 W.

A umidade do papel germitest foi monitorada durante toda a condução do experimento, e, quando necessário, transferiu-se 1 mL da solução correspondente para cada gerbox.

Após 10 dias de incubação, realizou-se a primeira contagem de germinação, caracterizando o vigor inicial das sementes. Foram consideradas sementes germinadas aquelas dotadas de, no mínimo, 2 mm de protrusão radicular.

O experimento foi encerrado após 21 dias de incubação, sendo contabilizadas as plântulas normais, anormais, sementes duras e mortas, conforme descrições de estruturas disponíveis em Brasil (2009).

### **Avaliações de plântulas**

Após 21 dias de incubação, com as plântulas normais de cada repetição do teste de germinação, foram avaliadas as variáveis: comprimento de raiz e plântula (cm.plântula<sup>-1</sup>), obtido com o auxílio de uma régua graduada, e a massa fresca (mg.plântula<sup>-1</sup>) pesada em balança analítica de 0,0001 g de precisão (BRASIL, 2009).

### **Procedimento estatístico**

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial  $2 \times 10$  (agentes osmóticos  $\times$  potenciais osmóticos e testemunha), totalizando 20 tratamentos com quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial, testando-se os modelos linear e quadrático. Adotou-se o modelo que apresentou diferença significativa pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e maior coeficiente de determinação. Os dados em porcentagem foram transformados em arco seno  $(\%/100)^{1/2}$

para aplicação da análise estatística. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software SAS v9.3 (Statistical Analysis System).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira contagem de germinação (PCG) foi influenciada significativamente pelos agentes e potenciais osmóticos testados, os quais inibiram a germinação conforme a redução do potencial (Figura 1 – A). O efeito do PEG 6000 foi descrito por modelo quadrático, inibindo totalmente a germinação de *Toona ciliata* à partir de -0,5 MPa. Já para NaCl, a inibição total da germinação ocorreu a partir de -1,2 MPa. Na testemunha (0 MPa), foi observado 48% de sementes germinadas.

Sementes que germinam mais rapidamente tem maior probabilidade de sobreviver a campo. Dessa forma a variável PCG pode ser usada como um índice de vigor (ELIAS *et al.*, 2012). Nos resultados encontrados foi possível constatar que a utilização de PEG 6000 diminuiu consideravelmente o vigor da semente em comparação ao NaCl, sugerindo que a espécie seja mais sensível ao estresse hídrico que ao salino.

Esse mesmo comportamento também foi observado na germinação de *Schizolobium amazonicum* por Braga *et al.* (2008) e em *Erythrina falcata* por Pelegrini *et al.* (2013). Entretanto, Martins *et al.* (2014) não observaram diferença entre a ação dos agentes osmóticos (NaCl e PEG 6000) na germinação de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, indicando uma possível variação do efeito dos agentes de acordo com espécie em questão.

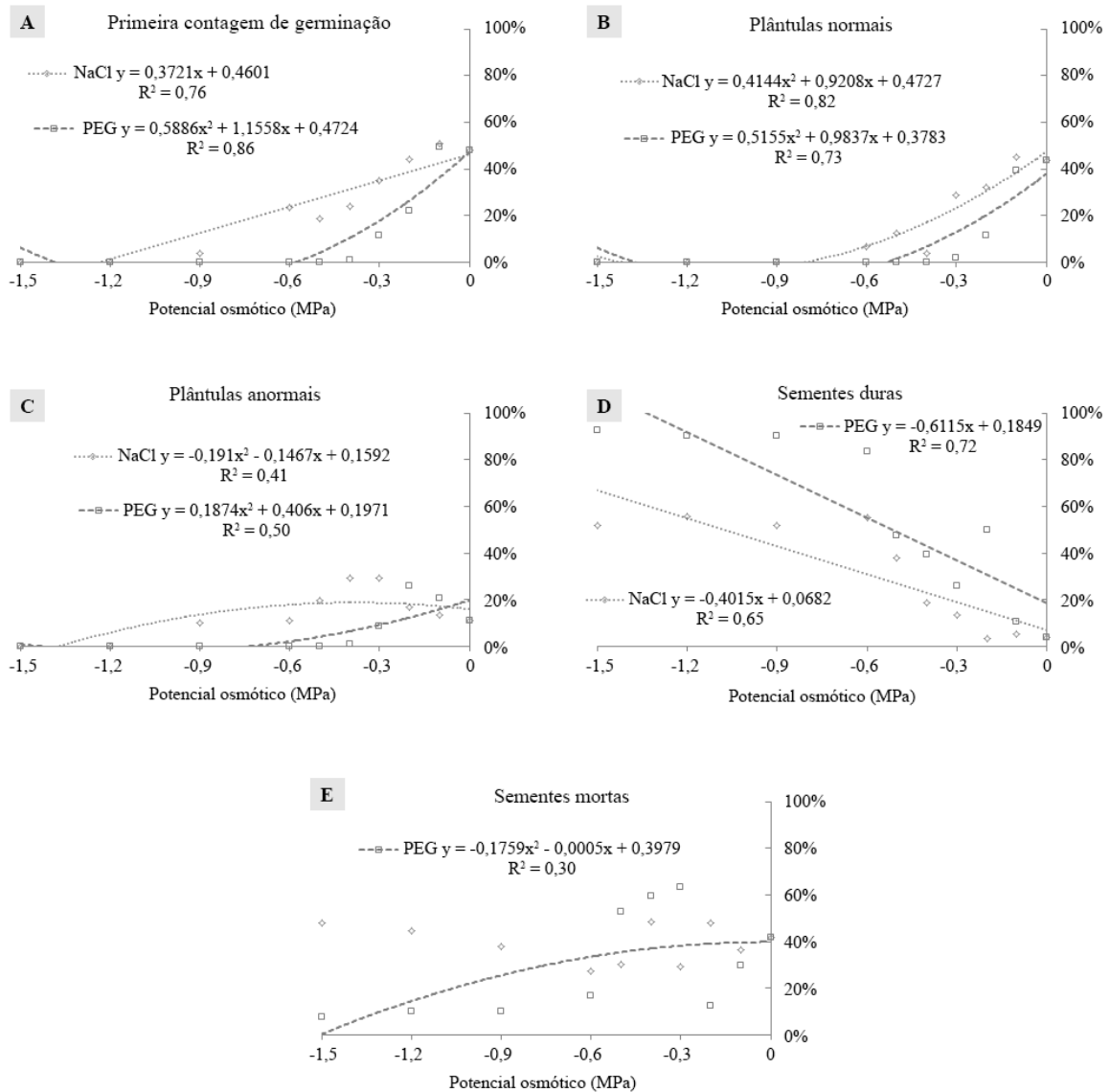


FIGURA 1. Variáveis de germinação de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* submetidas a condições de estresse hídrico e estresse salino. Primeira contagem de germinação (A), plântulas normais (B), plântulas anormais (C), sementes duras (D), sementes mortas (E). Porto Alegre, 2015.

FIGURE 1. Germination variables of *Toona ciliata* var. *australis* seeds under water stress and saline stress. First count (A), normal seedlings (B), abnormal seedlings (C), hard seeds (D), dead seeds (E). Porto Alegre, 2015.

A maior redução da germinação no PEG 6000, em comparação ao NaCl, pode ser explicada pela natureza química desse composto e sua interação com a parede celular. As moléculas do polímero PEG 6000 são grandes em comparação às do NaCl e por isso não passam facilmente pela parede celular, reduzindo drasticamente a absorção de água pela semente (DODD & DONAVAN, 1999; ELIAS *et al.*, 2012; CAVALLARO *et al.*, 2016). Com isso a embebição da semente ocorre de forma lenta devido à pressão osmótica,

retardando a ativação do metabolismo e, conseqüentemente a germinação (CAVALLARO *et al.*, 2016). De acordo com Cavallaro *et al.* (2016), a embebição de água pela semente é geralmente maior em soluções isotônicas de NaCl do que em PEG. Isso ocorre porque em NaCl os íons podem penetrar a parede celular tornando o potencial osmótico da semente menor que o do substrato, auxiliando na absorção de água e no início do processo germinativo (DODD & DONAVAN, 1999).

Com relação às plântulas normais (Figura 1 – B), verificou-se comportamento quadrático para NaCl e PEG 6000, reduzindo proporcionalmente à medida em que o potencial osmótico tornou-se mais negativo. Não houve plântulas normais nos potenciais -0,9 MPa e -0,4 MPa para NaCl e PEG 6000, respectivamente, indicando novamente maior sensibilidade da espécie ao estresse hídrico que ao salino.

Para a porcentagem de plântulas anormais, também houve influência dos agentes e potenciais osmóticos. A presença de NaCl provocou um aumento de plântulas anormais até o potencial osmótico -0,4 MPa, no qual, por meio do modelo matemático, estimou-se 18,7%. Já na presença de PEG, o número de plântulas anormais diminuiu conforme a redução do potencial osmótico. (Figura 1 – C)

Portanto, apesar das sementes apresentarem maior potencial de germinar em NaCl, o posterior crescimento das plântulas foi consideravelmente afetado. Esses dados corroboram com o descrito por Dodd & Donavan (1999), no qual sementes em estresse salino podem germinar mais que em estresse hídrico, mesmo havendo efeito negativo dos íons. Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  podem ter penetrado a parede celular e provocado a redução do potencial osmótico da semente, retomando o processo de absorção de água e promovendo a germinação. Porém, o acúmulo desses íons causa o intumescimento do protoplasma, afetando a atividade enzimática e causando alterações quantitativas e qualitativas no metabolismo. Conseqüentemente, ocorre a redução na produção de energia, formação de

distúrbios na assimilação do nitrogênio, alterações no padrão de aminoácidos e no metabolismo das proteínas (FREIRE, 2000).

O PEG 6000 é considerado um composto inerte incapaz de penetrar a parede celular, portanto, não provoca o efeito dos íons como o NaCl (DODD & DONAVAN, 1999). A redução de plântulas anormais com PEG ocorreu juntamente com a redução de plântulas normais, tendo uma proporção de normais/anormais semelhante ao longo dos potenciais osmóticos.

Com relação à porcentagem de sementes duras, a redução do potencial osmótico de NaCl e PEG 6000 provocou o aumento dessa variável (Figura 1 – D), sendo representado pelo modelo linear para ambos os agentes osmóticos. A maior porcentagem de sementes duras foi observada na presença de PEG 6000, atingindo até 93%, na concentração de -1,5 MPa, quando a germinação foi nula. Para o NaCl, o máximo observado foi de 55%, na concentração de -1,2 MPa, enquanto na testemunha, a porcentagem de sementes duras foi de 4%. Esses dados corroboram com o fato do PEG ser incapaz de penetrar a parede celular, provocando um estresse hídrico mais próximo do ideal.

Para a porcentagem de sementes mortas, os dados demonstraram interação entre os agentes e os potenciais osmóticos, em que, apenas para PEG 6000 o modelo quadrático foi significativo e, para NaCl, nenhum dos modelos foi significativo (Figura 1 – E). Apesar disso, em comparação ao PEG 6000, foi possível identificar um pequeno aumento de sementes mortas no NaCl, a partir de -0,9 MPa. No tratamento testemunha foi observado 41,5% de sementes mortas. A alta porcentagem de sementes mortas, mesmo na testemunha, foi associada, especialmente à presença de fungos deterioradores de sementes encontrados nos lotes de sementes (dados não avaliados). De acordo com Bewley *et al.* (2013), durante o processo de hidratação das sementes são liberados solutos como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e vários íons, compostos que estimulam o

desenvolvimento de patógenos, que posteriormente podem ocasionar a deterioração das sementes.

Com relação à massa fresca, comprimento radicular e comprimento de plântula, a redução do potencial osmótico de ambos agentes osmóticos provocou a redução das variáveis mensuradas (Figura 2). Entretanto, a presença de PEG provocou uma redução mais drástica para essas variáveis, quando comparada ao NaCl, sendo que no potencial osmótico -0,4 MPa, já não foi possível realizar a avaliação das variáveis, pois não havia plântulas normais disponíveis. Para o NaCl, a ausência total de germinação (plântulas normais) ocorreu no potencial osmótico -0,9 MPa.

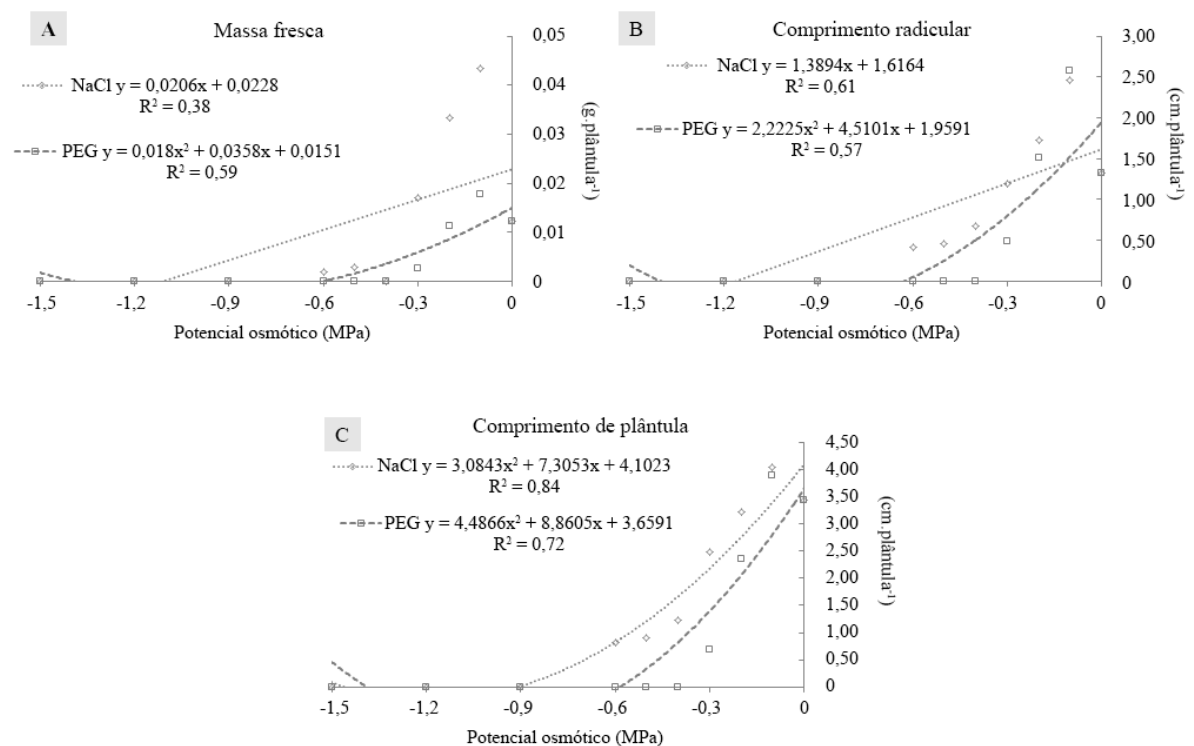


FIGURA 2. Massa fresca (A), comprimento radicular (B) e comprimento de plântulas (C) de *Toona ciliata* var. *australis* submetidas a condições de estresse hídrico com PEG 6000 e estresse salino com NaCl. Porto Alegre, 2015.

FIGURE 2. Fresh weight, root length and seedling length of *Toona ciliata* var. *australis* under water stress by PEG 6000 and saline stress by NaCl. Fresh weight (A), root length (B), seedling length (C). Porto Alegre, 2015.

A massa fresca das plântulas apresentou incremento no potencial -0,1 MPa para ambos os agentes, sendo representada pelo modelo linear para o NaCl e quadrático para o



PEG 6000 (Figura 2 – A). Para PEG houve um aumento de 0,0055 g.plântula<sup>-1</sup>, e para NaCl observou-se um aumento ainda maior, sendo de 0,0312 g.plântula<sup>-1</sup>.

O comprimento radicular (Figura 2 – B) foi menor, conforme a redução do potencial osmótico de ambos os agentes. Porém, assim como foi observado para massa fresca, houve um incremento no comprimento radicular das plântulas, no potencial -0,1 MPa, para ambos os agentes. Em comparação à testemunha, houve incremento de 1,2 cm.plântula<sup>-1</sup> sob estresse hídrico e salino a -0,1 MPa.

Para o comprimento de plântula (Figura 2 – C), ambos os agentes osmóticos são representados pelo modelo quadrático, em que a redução do potencial resultou em plântulas menores. De maneira análoga como na massa fresca e comprimento radicular, no potencial -0,1 MPa observou-se plântulas com maior comprimento.

O maior desenvolvimento das plântulas no potencial -0,1 MPa pode ser explicado pelo rápido ajustamento osmótico das células, permitindo a recuperação do turgor celular e a habilidade de administrar a elasticidade da parede celular (HSIAO & XU, 2000). Além disso, de acordo com Taiz & Zeiger (2010), quando o déficit hídrico ocorre de forma suficientemente lenta para permitir alterações nos processos de desenvolvimento, promove diversos efeitos no crescimento, sendo um deles a limitação da expansão foliar. Essa limitação reduz o consumo de carbono e energia, e conseqüentemente, uma grande proporção dos assimilados da planta podem ser distribuídos para favorecer o desenvolvimento do sistema radicular.

O mesmo foi encontrado por Zhu *et al.* (2006), em que pesquisando o efeito do estresse hídrico com PEG 6000 em sementes de *Pinus sylvestris* var. *mongolica*, observaram que no potencial -0,20 MPa, o agente osmótico ao invés de inibir, promoveu o desenvolvimento da plântula.

## CONCLUSÕES

O crescimento inicial de plântulas e a germinação de *Toona ciliata* var. *australis* é mais sensível ao estresse hídrico do que ao salino, sendo sua germinação totalmente inibida nos potenciais osmóticos -0,5 MPa e -1,2 MPa para PEG 6000 e NaCl, respectivamente.

Sementes de *Toona ciliata* var. *australis* apresentam maior probabilidade de desenvolver plântulas anormais sob estresse salino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEGUM, M. A. J.; SELVARAJU, P.; VENUDEVAN, B. Saline stress on seed germination. **Scientific Research and Essays**, [s.l.], v. 8, n. 30, p. 1420–1423, 2013.

BETONI, R.; SCALON, S. DE P. Q.; MUSSURY, R. M. Salinidade e temperatura na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (Sterculiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 605–616, 2011.

BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

BUFALINO, L. *et al.* Particleboards made from Australian red cedar: Processing variables and evaluation of mixed-species. **Journal of Tropical Forest Science**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 162–172, 2012.

BOLAND, D. J. *et al.* **Forest Trees of Australia**. 5th ed. Victoria: CSIRO Publishing, 2006. 769 p.

BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing Australian red cedar and other Meliaceae species in plantation**. Canberra: RIRDC, 2005. 60 p.

BRAGA, L. F. *et al.* Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 157–163, 2008.

BRASIL. Ministério da agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA, 2009. 399 p.

CAVALLARO, V. *et al.* Evaluation of variability to drought and saline stress through the germination of different ecotypes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) using a hydrotime model. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 95, p. 557–566, 2016.

DODD, G. L.; DONOVAN, L. A. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 86, n. 8, p. 1146–1153, 1999.

DORDEL, J. *et al.* Effects of nurse-tree crop species and density on nutrient and water availability to underplanted *Toona ciliata* in northeastern Argentina. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 41, p. 1754–1768, 2011a.

DORDEL, J.; SEELY, B.; SIMARD, S. W. Relationships between simulated water stress and mortality and growth rates in underplanted *Toona ciliata* Roem. in subtropical Argentinean plantations. **Ecological Modelling**, [s.l.], v. 222, n. 17, p. 3226–3235, 2011b.

ELIAS, S. G. *et al.* **Seed testing: Principles and practices**. East Lansing: Michigan State University Press, 2012. 354 p.

FREIRE, A. L. O. **Fixação do nitrogênio, crescimento e nutrição mineral de leucena sob condições de salinidade**. 2000. 92p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2000.

HSIAO, T. C.; XU, L. K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 350, p. 1595–1616. 2000.

KAYA, M. D. *et al.* Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**, [s.l.], v. 24, n. 4, p. 291–295, 2006.

MANGIALAVORI, A. *et al.* Dasometria en plantaciones comerciales de toona (*Toona ciliate* var. *australis*) em la Provincia de Salta. In: DÉCIMAS JORNADAS TÉCNICAS FORESTALES Y AMBIENTALES, 2003. Eldorado, Misiones, Argentina. **Anais...** Eldorado: Facultad de Ciências Forestales, 2003.

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G. Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 318–329, 2014.

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 51, n. 6, p. 914–916, 1973.

PELEGRINI, L. L. *et al.* Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 511–519, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Sunderland: Sinauer, 2010. 782 p.

WEST, P. W. **Growing plantation forests**. 2nd. ed. Springer International Publishing, 2014. 329 p.

ZHU, J. *et al.* Effects of drought stresses induced by polyethylene glycol on germination of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* seeds from natural and plantation forests on sandy land. **Journal of Forest Research**, Tokyo, v. 11, n. 5, p. 319–328, 2006.

**M. ROEM. var. *australis***

**RESUMO**

A maioria das doenças relacionadas a patógenos nas sementes florestais são causadas por fungos, os quais provocam perdas consideráveis na produção de mudas em viveiro. A espécie florestal *Toona ciliata* var. *australis* tem grande importância no setor de madeira serrada pois possui madeira de alto valor econômico. Sua produção de mudas é majoritariamente via sementes, possuindo potencial de disseminação de doenças. Objetivou-se avaliar a qualidade sanitária dos lotes comercializados no Brasil, verificando os fungos presente nas sementes e identificar o método mais apropriado para sua detecção. Diferentes lotes foram submetidos aos seguintes métodos de avaliação de sanidade: *blotter test*, meio batata-dextrose-ágar (BDA), meio extrato-de-malte-ágar (MEA) e meio ágar-água (AA). Após sete dias de incubação a 20 °C e 12 h de luz foram contabilizados os fungos presentes nas sementes. O gênero *Fusarium* foi detectado em maior incidência em todos os meios. A maioria dos métodos detectou a presença de *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Para a detecção de fungos o meio AA foi menos sensível, já com o *blotter test* foi observada maior diversidade. Houve diferença de incidência de fungos entre os lotes, podendo estar relacionada aos métodos de coleta. Os lotes comercializados no Brasil possuem presença de *Penicillium* sp. *Fusarium* sp., *Curvularia* sp. *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus*.

**Palavras-chave:** cedro-australiano; *Fusarium*; *Aspergillus*; *Penicillium*; blotter test; BDA.

FUNGI ASSOCIATED WITH THE SEEDS OF *Toona ciliata* M. ROEM. var. *australis*

**ABSTRACT**

Most diseases related to pathogens in forest seeds are caused by fungi, which cause considerable losses in nursery seedlings production. The forest species *Toona ciliata* var. *australis* has great importance in the sector of sawed because wood has high economic value. Its production of seedlings is mostly via seeds, with potential for dissemination of diseases. The objective was to evaluate the sanitary quality of the lots traded in Brazil, verifying the fungi present in the seeds, and identify the most suitable method to detect it. Different batches were submitted to the following sanitation methods: blotter test, potato-dextrose-agar medium (PDA), malt-agar medium (MA) and agar-water medium (AA). After seven days of incubation at 20 °C and 12 h of light, the fungi present in the seeds

were counted. The genus *Fusarium* was detected in higher incidence in all media. Most of the methods detected the presence of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium*. For the detection of fungi the AA medium was less sensitive, with the blotter test more diversity was observed. There was a difference in the incidence of fungi among the lots, and may be related to the collection methods. The lots traded in Brazil have *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp., *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus*.

**Keywords:** Australian red cedar; *Fusarium*; *Aspergillus*; *Penicillium*; blotter test; PDA.

## INTRODUÇÃO

Dentre os organismos associados às sementes, encontram-se as bactérias, vírus, nematoides, e em maior quantidade, os fungos, os quais possuem um pequeno grupo de espécies classificados como fungos fitopatogênicos (BRASIL, 2009). Apesar de existirem poucas espécies fitopatogênicas, a maioria das doenças relacionadas a patógenos transmitidos por sementes florestais são causadas principalmente por esse grupo de fungos, os quais provocam danos à produção devido a perda da germinação, morte por *damping-off*, e aumento da mortalidade de mudas em viveiro (CRAM & FRAEDRICH, 2009).

A transmissão de patógenos via sementes é reconhecida como o principal meio de disseminação de patógenos para as plantas (ELIAS *et al.*, 2012). Os danos econômicos são ainda maiores em condições de casa de vegetação, pois a alta população de plantas suscetíveis associada à umidade relativa alta, temperatura alta, e demasiadas irrigações promove o desenvolvimento de doenças (WALCOTT, 2003). Por essa razão, a detecção de fungos em sementes anterior à semeadura é de fundamental importância.

Por meio da análise sanitária é possível detectar a presença de fungos em sementes que podem ser transmitidos à planta, sendo uma importante ferramenta para determinar a causa de problemas relacionada à qualidade de sementes (ELIAS *et al.*, 2012). Existem diversos métodos para a detecção de fungos, e a seleção do mais apto deve ser realizada observando os seguintes critérios: confiabilidade dos resultados, menor consumo de tempo, ser econômico, reprodutível e sensível (KHARE, 1996). A utilização de meios seletivos é uma das técnicas mais empregadas na análise sanitária (CRAM & FRAEDRICH, 2009).

Este último é um método direto de teste em que são simuladas as condições necessárias para o desenvolvimento dos fungos, a partir da inoculação das sementes em meios artificiais (WALCOTT, 2003).

A espécie florestal *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*, nativa da Austrália, pertence a família botânica Meliaceae, conhecida mundialmente por conter a maioria das árvores com madeira de alto valor econômico (BYGRAVE & BYGRAVE, 2005). Conhecida popularmente como cedro-australiano, tem sido cultivada no lugar do cedro nativo (*Cedrela odorata* L.), pois sua madeira possui propriedades similares, além de não ser atacada pela broca do mogno (*Hypsipyla grandella*), cuja praga provoca danos nos cultivos comerciais (WEST, 2014).

Apesar da espécie ter sido introduzida no Brasil há mais de quatro décadas (VILELA & STEHLING, 2015), poucos trabalhos relacionados aos aspectos sanitários foram realizados. Juntamente a isso, o material genético introduzido no Brasil possui grande variabilidade, acarretando em fortes irregularidades nos povoamentos implantados (FERREIRA *et al.*, 2012). Com isso, objetivou-se avaliar a qualidade sanitária dos lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* comercializados no Brasil e determinar o meio mais sensível à detecção de fungos presentes nas mesmas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre - RS.

As sementes de *Toona ciliata* var. *australis* foram adquiridas de empresas credenciadas no Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM) e armazenadas em câmara fria a 5 °C até a instalação dos experimentos. Cada lote de semente foi

caracterizado pelo ano de coleta e estado de procedência (Santa Catarina – SC, São Paulo – SP e Bahia – BA), sendo eles: SC 2014, SP 2014, SP 2015, BA 2014, BA 2015.

As sementes foram removidas do armazenamento, separadas das impurezas e desinfestadas em álcool 70% por 30 segundos e NaClO 1% por 60 segundos, seguido de lavagem em água esterilizada por 60 segundos. Após, foram colocadas em papel filtro para secagem superficial.

Em seguida foram submetidas aos seguintes métodos de avaliação de sanidade: *blotter test* (papel filtro), meio batata-dextrose-ágar (BDA), meio extrato-de-malte-ágar (MEA) e meio ágar-água (AA).

Para o *blotter test* foram utilizadas caixas plásticas do tipo *gerbox*, previamente lavadas com álcool 70% e NaClO 1%, contendo papel mata-borrão e água deionizada autoclavados à pressão de 1,2 atm. por 20 minutos. As sementes foram distribuídas em cada *gerbox* sobre duas folhas de papel mata-borrão umedecidas na proporção de 2,5 vezes a massa da folha.

Para os métodos contendo meio ágar, as sementes foram transportadas para câmara de fluxo laminar e plaqueadas no respectivo meio em placas de Petri, as quais foram vedadas com Parafilm M®. O preparo dos meios foi elaborado da seguinte forma: MEA – 20 g de extrato de malte, 20 g de ágar e 1000 mL de água destilada; AA – 20 g de ágar e 1000 mL de água destilada; BDA – 20 g de BDA para 1000 mL de água destilada. Todos os meios foram autoclavados à pressão de 1,2 atm. por 20 minutos.

Em todos os métodos as sementes foram incubadas em câmara de germinação à temperatura de 20 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz por sete dias. A avaliação foi realizada observando-se as estruturas fúngicas, em microscópio estereoscópico e ótico, e a identificação realizada com chave de Barnett & Hunter (1972).

## Procedimentos estatísticos

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado em todos os experimentos, sendo cada tratamento composto por quatro repetições de 25 sementes cada. Os dados da incidência dos fungos foram expressos em percentagem.

Os dados foram transformados com  $\arcsen (\%100)^{1/2}$  e submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, teste de homogeneidade das variâncias Bertlett e à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Todas as análises e gráficos foram realizados utilizando o software RStudio (versão 1.0.136).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em meio ágar-água foram identificados os fungos *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. e *Curvularia* sp., porém a incidência dos mesmos foi tão baixa (abaixo de 1%) que não houve diferença estatística entre os lotes, mesmo comparando com lotes em que a incidência foi 0%. Sendo assim, o meio ágar-água não se mostrou sensível o suficiente para a detecção de fungos nas sementes.

Durante a formação de colônias, os organismos buscam por água e nutrientes, e caso não encontram ou são impossibilitados de extrair esses recursos, o crescimento da colônia não ocorre (CULLIMORE, 1999). O meio ágar-água é pobre em nutrientes, e essa pode ter sido a razão da baixa incidência de fungos. É um meio empregado para isolar fungos de tecidos já infectados ou colonizados, pois a densidade de crescimento micelial é restringida pela falta de nutrientes, principalmente o carbono (GARRET, 1970). Mesmo assim, é utilizado em algumas culturas para detecção de fungos, como em castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl) e em amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (COSTA *et al.*, 2009).

*Curvularia* sp. tem sido relatada na micoflora de sementes de diversas espécies de importância agrônômica (YUAN *et al.*, 1997; PROM *et al.*, 2003; SHARFUN-NAHAR &



HASHMI, 2005; HAQUE *et al.*, 2007), entretanto, seu risco patogênico é maior em sementes de sorgo, no qual, em associação à outros fungos, provoca a doença do mofo de grãos (PROM *et al.*, 2003). A baixa incidência de *Curvularia* sp. também foi observada em sementes de *Toona ciliata* var. *australis* do Paraguai (ORTEGA & FUENTE, 2013), corroborando com os dados encontrados neste trabalho.

O gênero *Fusarium* é responsável por uma variedade de doenças da agricultura e horticultura mundial, tendo impactos mais negativos em regiões com limitadas opções de controle (BROWN & PROCTOR, 2013). Em espécies florestais tem sido associado à doenças em mudas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) France, porém sua presença na semente não é indicativo que a doença se manifestará na planta (AXELROOD *et al.*, 1995). Em contrapartida, a presença de *Fusarium* em sementes de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan afeta a qualidade das mesmas e sua posterior produção de mudas (DHINGRA *et al.*, 2002). Foram identificados sintomas desse gênero de fungo em diversas partes do mundo, onde o cultivo de *Toona ciliata* var. *australis* foi introduzido (PROTA, 2008; ORTEGA & FUENTE, 2013), demonstrando um possível risco de patogenicidade do fungo na semente.

Com a utilização do meio MEA foi possível identificar diferenças entre os lotes de sementes, porém apenas dois fungos foram detectados: *Aspergillus niger* e *Fusarium* sp. (Tabela 1). Maior incidência de *Aspergillus niger* foi observada no lote SP 2015, já para *Fusarium* sp. a maior incidência ocorreu nos lotes BA 2015 e SC 2014.

Em meio BDA foram detectados os fungos *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. e *Aspergillus flavus* (Tabela 2). Em comparação aos meios MEA e ágar-água, com BDA não foi observado a manifestação de *Curvularia* sp. e *Aspergillus niger*, entretanto observou-se a presença *Aspergillus flavus*, o qual não havia sido detectado pelos outros meios. A quantidade de fungos detectados na espécie estudada foi bem menor que a observada por Ortega e Fuente (2013), no qual além dos gêneros citados, também observaram a

incidência de *Phomopsis* sp., *Alternaria* sp. e *Colletotrichum* sp. em sementes plaqueadas em BDA. O meio BDA também proporcionou a separação dos lotes, entretanto, não houve diferença significativa entre os lotes para a incidência de *Fusarium* sp., diferente do observado para o meio MEA.

TABELA 1. Incidência de fungos (%) em diferente lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* plaqueadas em meio MEA e incubadas por sete dias em câmara de germinação a 20 °C e 12 horas de luz. Porto Alegre, 2016.

TABLE 1. Fungal incidence (%) in different lots of *Toona ciliata* var. *australis* seeds plated in MEA and incubated for seven days in germination chamber at 20 °C e 12 hours of light. Porto Alegre, 2016.

Lote	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Fusarium</i> sp.
BA 2014	0 b	14 ab
BA 2015	1 ab	22 a
SC 2014	0 b	16 a
SP 2014	0 b	5 b
SP 2015	6 a	6 ab

Em que: SC 2014 = lote Santa Catarina coleta 2014; SP 2014 = lote São Paulo coleta 2014; SP 2015 = lote São Paulo coleta 2015; BA 2014 = lote Bahia coleta 2014; BA 2015 = lote Bahia coleta 2015. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%; <sup>ns</sup> = não significativo.

*Aspergillus* e *Penicillium* sp. são considerados fungos de armazenamento, pois colonizam grãos e sementes armazenadas, podendo causar perda significativa na viabilidade das sementes com alto grau de umidade (MCGEE, 1995). Seu desenvolvimento e crescimento são dificultados em sementes ortodoxas, pois podem ser armazenadas com grau de umidade abaixo de 10% (SCHMIDT, 2007). O gênero *Aspergillus* pode provocar diversas disfunções em plantas, apesar de não ser considerada a principal causa das doenças vegetais, contaminando produtos agrícolas em diferentes estágios: pré-colheita, colheita, processamento e manuseio (PERRONE *et al.*, 2007). Já em sementes de milho, amendoim e soja armazenadas, a contaminação por *Aspergillus* provoca perda da germinabilidade e degradação (BHATTACHARYA & RAHA, 2002). *Aspergillus niger* representa um sério risco para a cultura da cebola, e sua transmissão pode ocorrer tanto via sementes como via solo (HAYDEN & MAUDE, 1992; TYSON & FULLERTON, 2004).

Em *Toona ciliata* var. *australis* não há relatos sobre a patogenicidade de *Penicillium* sp., *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus*.

TABELA 2. Incidência de fungos (%) em diferente lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* plaqueadas em meio BDA e inoculadas por sete dias em câmara de germinação a 20 °C e 12 horas de luz. Porto Alegre, 2016.

TABLE 2. Fungal incidence (%) in different lots of *Toona ciliata* var. *australis* seeds plated in BDA and incubated for seven days in germination chamber at 20 °C e 12 hours of light. Porto Alegre, 2016.

Lote	<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.
BA 2014	6 b	11 a	8 <sup>ns</sup>
BA 2015	0 c	0 b	17
SC 2014	17 a	11 a	13
SP 2014	0 c	3 b	14
SP 2015	0 c	0 b	4

Em que: SC 2014 = lote Santa Catarina coleta 2014; SP 2014 = lote São Paulo coleta 2014; SP 2015 = lote São Paulo coleta 2015; BA 2014 = lote Bahia coleta 2014; BA 2015 = lote Bahia coleta 2015. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%; <sup>ns</sup> = não significativo.

Em *blotter test* foram detectados todos os fungos encontrados nos meios BDA, MEA e ágar-água, com exceção de *Curvularia* sp. (Tabela 3 e Tabela 4). Houve diferença significativa entre as médias de incidência em todos fungos, entretanto ressalta-se que o agrupamento das médias não foi o mesmo observado para os outros meios, demonstrando inconsistência nas metodologias utilizadas.

Na maioria dos meios testados foram detectados *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* (Tabela 4), muito comum de serem encontrados em sementes de essências florestais (SANTOS *et al.*, 2001; STRAPASSON *et al.*, 2002a, 2002b; BOTELHO *et al.*, 2008; NASCIMENTO & MORAES, 2011). Ressalta-se que *Fusarium* sp., detectado em maior quantidade em todos os meios, possui potencial patogênico e pode trazer riscos à produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. Em plantas infectadas o fungo obstrui o sistema vascular, reduzindo o fluxo de água da raiz para a parte aérea resultando no tombamento da planta (BROWN & PROCTOR, 2013). Em sementes de *Cedrela fissilis* Vell. também foi observada maior incidência de *Fusarium* sp., além de problemas no

desenvolvimento das plantas devido a patogenicidade do fungo (BENETTI *et al.*, 2009; LAZAROTTO *et al.*, 2012).

TABELA 3. Incidência de fungos (%) detectados pelo método *blotter test* em diferente lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* inoculadas por sete dias em câmara de germinação a 20 °C e 12 horas de luz.

TABLE 3. Fungal incidence (%) detected with blotter test in different lots of *Toona ciliata* var. *australis* seeds incubated for seven days in germination chamber at 20 °C e 12 hours of light.

Lote	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.
BA 2014	8 a	0 b	7 a	0 c
BA 2015	4 ab	0 b	0 b	11 ab
SC 2014	6 ab	8 a	1 b	3 abc
SP 2014	9 a	4 a	11 a	1 bc
SP 2015	1 b	0 b	0 b	14 a

Em que: SC 2014 = lote Santa Catarina coleta 2014; SP 2014 = lote São Paulo coleta 2014; SP 2015 = lote São Paulo coleta 2015; BA 2014 = lote Bahia coleta 2014; BA 2015 = lote Bahia coleta 2015. Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%; <sup>ns</sup> = não significativo.

TABELA 4. Número de lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* em que houve ocorrência e coincidência de fungos detectados em meio ágar-água (AA), batata-dextrose-ágar (BDA), meio extrato-de-malte-ágar (MEA) e *blotter test*. Porto Alegre, 2016.

TABLE 4. Number of *Toona ciliata* var. *australis* seed lots of fungi occurrence and coincidence detected with agar-water medium (AA), potato-dextrose-agar medium (PDA), malt-agar medium (MA) and blotter test. Porto Alegre, 2016.

Fungos	Ocorrência <sup>1</sup>				Coincidência <sup>2</sup>	Incidência média (%) <sup>1</sup>			
	AA	BDA	MEA	<i>Blotter test</i>		AA	BDA	MEA	<i>Blotter test</i>
<i>Aspergillus niger</i>	1	0	2	5	2	0,2	0	1,4	5,6
<i>Aspergillus flavus</i>	0	2	0	2	1	0	4,6	0	2,4
<i>Penicillium</i> sp.	1	3	0	3	3	0,2	5	0	3,8
<i>Fusarium</i> sp.	2	5	5	4	5	1,2	11,2	12,6	5,8
<i>Curvularia</i> sp.	1	0	0	0	0	0,2	0	0	0
Média	-	-	-	-	-	0,36	4,16	3,52	2,8

Em que: <sup>1</sup> Número de lotes avaliados = 5; <sup>2</sup> Número de vezes em que houve coincidência na detecção de fungos em mais de um meio.

A maior diversidade de fungos foi observada em *blotter test*, embora os meios MEA e BDA foram mais sensíveis na detecção de *Fusarium* sp. A maior sensibilidade para a maior parte dos gêneros fúngicos, observada no *blotter test*, foi confirmada para outras sementes florestais (MITTAL, 1981; LAZAROTTO *et al.*, 2012), porém, em outro

trabalho com *Toona ciliata* var. *australis* desenvolvido por Ortega & Fuente (2013), a maior diversidade de fungos foi observada em BDA. É importante que o método de detecção seja prático e sensível à detecção da maior parte dos patógenos que podem estar associados às sementes. Gasparotto *et al.* (2009), afirmam que o teste de sanidade em papel filtro é eficaz para detectar a maioria de fungos veiculados por sementes e ainda destacam que é uma das técnicas mais simples e baratas para este fim.

A diferença de incidência entre os lotes pode estar relacionada a fatores como o ano da coleta, origem, colheita, processamento e armazenamento das sementes. Essa contaminação pode ser reduzida evitando o contato dos equipamentos com o solo e mantendo as sementes com menor grau de umidade possível (MCGEE, 1995). A incidência de *Penicillium* sp. foi observado apenas nos lotes com mais tempo de armazenamento (coletados em 2014), o que indica uma provável contaminação durante o armazenamento.

## CONCLUSÕES

Constatou-se a presença dos fungos *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp. *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus* em sementes de *Toona ciliata* var. *australis* comercializadas no Brasil.

Recomenda-se a análise sanitária das sementes em *blotter test* pela maior sensibilidade do método em detectar gêneros fúngicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXELROOD, P. E. *et al.* Seedborne *Fusarium* on Douglas-fir: pathogenicity and seed stratification method to decrease *Fusarium* contamination. **New Forests**, Dordrecht, v. 9, n. 1, p. 35–51, 1995.

- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Minneapolis: Burgess Publishing Company, 1972. 241 p.
- BENETTI, S. C. *et al.* Levantamento de fungos em sementes de cedro e avaliação da patogenicidade de *Fusarium* sp. e *Pestalotia* sp. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 58, p. 81–85, 2009.
- BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, Den Haag, v. 155, n. 3, p. 135–141, 2002.
- BOTELHO, L. S.; MORAES, M. H. D.; MENTEN, J. O. M. Fungos associados às sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*): incidência, efeito na germinação e transmissão para as plântulas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 343–348, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília: MAPA. 2009, 202 p.
- BROWN, D. W.; PROCTOR, R. H. **Fusarium: genomics, molecular and cellular biology**. Norfolk: Caister Academic Press, 2013. 196 p.
- BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing australian red cedar and other meliaceae species in plantation**. Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation, 2005. 68 p.
- COSTA, A. K. F. *et al.* Fungos associados à castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl) e ao amendoim (*Arachis hypogaea* L.) comercializados em Fortaleza (Ceará). **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 455–460, 2009.
- CRAM, M. M.; FRAEDRICH, S. W. Seed diseases and seedborne pathogens of North America. **Tree Planters' Note**, Portland, v. 53, n. 2, p. 35–44, 2009.
- CULLIMORE, D. R. **Microbiology of well biofouling**. [s.l.]: CRC Press, 1999. 460 p.
- DHINGRA, O. D. *et al.* Seedborne pathogenic fungi that affect seedling quality of red angico (*Anadenanthera macrocarpa*) trees in Brazil. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 150, n. 8–9, p. 451–455, 2002.
- ELIAS, S. G. *et al.* **Seed testing: principles and practices**. East Lansing: Michigan State University Press, 2012. 354 p.
- FERREIRA, D. A. *et al.* Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 715–723, 2012.
- GARRET, S. D. **Pathogenic root-infecting fungi**. London: Cambridge University Press, 1970. 316 p.
- GASPAROTTO, F. *et al.* Eficiência de métodos para detecção de *Didymella bryoniae* associado a sementes de híbridos de meloeiros nobres. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 397–402, 2009.

- HAQUE, A. H. M. M. *et al.* Study of seed health, germination and seedling vigor of farmers produced rice seeds. **International Journal of Sustainable Crop Production**, [s.l.], v. 2, n. 5, p. 34–39, 2007.
- HAYDEN, N. J.; MAUDE, R. B. The role of seed-borne *Aspergillus niger* in transmission of black mould of onion. **Plant Pathology**, Oxford, v. 41, p. 573–581, 1992.
- KHARE, M. N. Methods to test seeds for associated fungi. **Indian Phytopathology**, New Delhi, v. 49, n. 4, p. 319–328, 1996.
- LAZAROTTO, M. *et al.* Sanidade, transmissão via semente e patogenicidade de fungos em sementes de *Cedrela fissilis* procedentes da região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 493–503, 2012.
- MCGEE, D. C. Epidemiological approach to disease management through seed technology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 33, n. 1, p. 445–466, 1995.
- MITTAL, R. K. Studies on the mycoflora and its control on the seeds of some forest trees. I. *Cedrus deodara*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 1, p. 197–201, 1981.
- NASCIMENTO, W. M. O.; MORAES, M. H. D. Fungos associados a sementes de açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 415–425, 2011.
- ORTEGA, R. D. Z.; FUENTE, A. L. O. Incidencia de hongos en semillas de *Toona ciliata* y evaluación de la patogenicidad de *Fusarium* sp. y *Phomopsis* sp. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 15, n. 2, p. 107–112, 2013.
- PERRONE, G. *et al.* Biodiversity of *Aspergillus* species in some important agricultural products. **Studies in Mycology**, [s.l.], v. 59, p. 53–66, 2007.
- PROM, L. K. *et al.* Response of eight sorghum cultivars inoculated with *Fusarium thapsinum*, *Curvularia lunata*, and a mixture of the two fungi. **Crop Protection**, Guildford, v. 22, n. 4, p. 623–628, 2003.
- PROTA. **PROTA**: Plant Resources of Tropical Africa. Netherlands: PROTA, 2008. 706 p.
- SANTOS, Á. F.; MEDEIROS, A. C. S.; SANTANA, D. L. Q. Fungos associados às sementes de espécies arbóreas da Mata Atlântica. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 42, p. 57–70, 2001.
- SCHMIDT, L. **Tropical forest seed**. Berlin: Springer-Verlag, 2007. 409 p.
- SHARFUN-NAHAR, M. M.; HASHMI, M. H. Seed-borne mycoflora of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Pakistan Journal of Botany**, [s.l.], v. 37, n. 2, p. 451–457, 2005.
- STRAPASSON, M.; SANTOS, Á. F.; MEDEIROS, A. C. S. Fungos associados às sementes de angico (*Piptadenia paniculata*). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 45, p. 137–141, 2002a.
- STRAPASSON, M.; SANTOS, Á. F.; MEDEIROS, A. C. S. Fungos associados às sementes de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 45, p. 131–135, 2002b.

TYSON, J. L.; FULLERTON, R. A. Effect of soil borne inoculum on incidence of onion black mould (*Aspergillus niger*). **Horticultural & Arable Pathology**, [s.l.], v. 57, p. 138–141, 2004.

VILELA, E. S.; STEHLING, E. C. **Recomendações de plantio para cedro australiano**. Campo Belo: Bela Vista Florestal, 2015. 20 p.

WALCOTT, R. R. Detection of seedborne pathogens. **HortTechnology**, Alexandria, v. 13, n. 1, p. 40–47, 2003.

WEST, P. W. **Growing plantation forests**. 2nd. ed. Cham: Springer International Publishing, 2014. 329 p.

YUAN, Z. Q. *et al.* Mycoflora and pathogenicity of fungi present on stored seeds from provenances of *Eucalyptus pellita*. **Australasian Plant Pathology**, [s.l.], v. 26, n. 3, p. 195–202, 1997.



## 7 CAPÍTULO 4 – ADUBAÇÃO NITROGENADA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Toona ciliata* M. ROEM. var. *australis*

### RESUMO

A adubação é uma das práticas culturais mais importantes na produção de mudas, influenciando significativamente na qualidade e no estabelecimento de novos povoamentos. A produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis* carece de informações sobre sua exigência nutricional, em especial o nitrogênio. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de aplicações na produção de mudas dessa espécie, determinando a concentração mais apropriada. As mudas foram adubadas com 0, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 mg.L<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), em intervalos de 7 e 14 dias. Foram observados incrementos em altura, diâmetro, massa seca da parte aérea e raiz, e índice de qualidade de Dickson conforme o aumento da concentração, decaindo após 2000 mg.L<sup>-1</sup> N. O intervalo de 7 dias proporcionou maior crescimento utilizando a concentração de 1000 mg.L<sup>-1</sup> N. A relação altura/diâmetro aumentou conforme a concentração. A concentração de 4000 mg.L<sup>-1</sup> N limita o desenvolvimento das mudas, independente do intervalo. Recomenda-se a utilização de 1000 mg.L<sup>-1</sup> N a cada 7 dias para a produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*.

**Palavras-chave:** cedro-australiano; adubação; nitrogênio; intervalos; índice de Dickson.

NITROGEN FERTILIZATION FOR THE NURSERY PRODUCTION OF *Toona ciliata*

M. ROEM. var. *australis*

### ABSTRACT

Fertilization is one of the most important cultural practices in the production of seedlings, significantly influencing the quality and establishment of new stands. The production of *Toona ciliata* var. *australis* lacks information on their nutritional requirements, especially nitrogen. The objective of this work was to evaluate the effect of different nitrogen concentrations and application intervals on the production of seedlings of this species, determining the most appropriate concentration. The seedlings were fertilized with 0, 250, 500, 1000, 2000 and 4000 mg.L<sup>-1</sup> of nitrogen (N), at intervals of 7 and 14 days. Increases in height, diameter, dry shoot and root mass, and Dickson quality index were observed as the concentration increased, decreasing after 2000 mg.L<sup>-1</sup> N. The 7 day interval provided higher growth using the concentration of 1000 mg.L<sup>-1</sup> N. The height / diameter ratio

increased with concentration. The concentration of 4000 mg.L<sup>-1</sup> N limits the development of the seedlings, regardless of the interval. It is recommended to use 1000 mg.L<sup>-1</sup> N every 7 days for the production of *Toona ciliata* var. *australis*.

**Keywords:** australian red cedar; fertilization; nitrogen; intervals; Dickson quality index.

## INTRODUÇÃO

A produção de mudas é uma importante etapa da silvicultura, pois aumenta as chances de sucesso no estabelecimento de povoamentos devido a maior qualidade das plantas (RAVINDRANATH *et al.*, 2004; VILLAR-SALVADOR *et al.*, 2004; CAIONE *et al.*, 2012). Muitos fatores envolvidos nessa etapa influenciam significativamente no crescimento, qualidade e performance das mudas a campo logo após o plantio, entretanto, somente alguns podem ser controlados pelo viveirista (GROSSNICKLE, 2012; AKPO *et al.*, 2014). Adubação, recipiente e substrato são fatores que têm sido estudados para a produção de mudas de diversas espécies florestais, tais como *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden (GOMES *et al.*, 2003), *Eucalyptus globulus* Labill. (FERNÁNDEZ *et al.*, 2007), *Cedrela fissilis* Vell. (OLIVEIRA *et al.*, 2008; ANTONIAZZI *et al.*, 2013) e *Toona ciliata* M. Roem. (MORETTI *et al.*, 2011; CALDEIRA *et al.*, 2012; LISBOA *et al.*, 2012; SOMAVILLA *et al.*, 2014).

Com exceção da irrigação, a adubação é uma das práticas culturais mais importantes na produção de mudas em viveiro, pois controla tanto a taxa como o tipo de crescimento das mudas (LANDIS, 1989), influenciando posteriormente na qualidade das mesmas (FONSECA *et al.*, 2006; SOMAVILLA *et al.*, 2014). Cada espécie exige requisitos nutricionais diferentes de acordo com sua fase em viveiro (estabelecimento, rápido crescimento e rustificação) (LANDIS, 1989), sendo assim, o viveirista deve estar atento às fontes e dosagens dos nutrientes, bem como ao intervalo de aplicação da adubação. Em diversas espécies florestais têm sido observado o aumento da qualidade das mudas com a alteração dos programas de adubação (GOMES *et al.*, 2003; FONSECA *et*

*al.*, 2006; CAIONE *et al.*, 2012; SOMAVILLA *et al.*, 2014), ressaltando a importância dessa prática.

Os programas de adubação são compostos por diversos nutrientes, e determinar a concentração necessária para cada um, em cada fase, e para cada espécie pode se tornar uma tarefa árdua. No entanto, a maioria dos programas se baseia primeiramente na concentração de nitrogênio para determinar a concentração dos outros nutrientes, pois é o nutriente que mais limita o crescimento de plantas em recipientes (LANDIS, 1989). O desenvolvimento de aminoácidos é um processo dependente do nitrogênio e sua falta pode levar a falhas na produção de clorofila e citocromos, resultando em cloroses nas folhas (GREBNER *et al.*, 2013). Além disso, sua omissão ou redução provoca diversas mudanças negativas em características morfológicas vinculadas diretamente à qualidade das mudas (WEBB *et al.*, 1997; MORETTI *et al.*, 2011). Em contrapartida, altas doses de nitrogênio em fase de viveiro aumentam a condutância estomática das mudas, reduzindo sua tolerância à seca após o plantio (VILLAR-SALVADOR *et al.*, 2005; TRUBAT *et al.*, 2008). Por essa razão, a dosagem dos nutrientes deve ser adequada para a produção de mudas, ou seja, em equilíbrio com o crescimento da planta e observando índices de qualidade.

Conhecida popularmente como cedro-australiano, *Toona ciliata* var. *australis* é uma espécie florestal nativa da Austrália (BOLAND & MCDONALD, 2006), pertencente à família botânica Meliaceae e com produção de madeira de grande valor econômico (BYGRAVE & BYGRAVE, 2005). Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de aumentar a qualidade das mudas (MORETTI *et al.*, 2011, 2012; CALDEIRA *et al.*, 2012; LISBOA *et al.*, 2012; SOMAVILLA *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2015; MELO BRAGA *et al.*, 2015), entretanto, a produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis* ainda enfrenta problemas quanto à exigência nutricional, em especial o nitrogênio, tendo em vista que é um dos elementos mais exigidos para seu crescimento (MORETTI *et al.*,

2011). Com isso, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de aplicações na produção de mudas dessa espécie, determinando a concentração mais apropriada para desenvolvimento das mudas por meio de análise morfológicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Horticultura e Silvicultura pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS.

Foram adquiridas sementes procedentes do estado da Bahia, coletadas no ano de 2015, com germinação média de 86% (avaliadas no momento da aquisição), e armazenadas em câmara fria a 5 °C. Após, as sementes foram removidas do armazenamento e desinfestadas em álcool 70% por 30 segundos e NaClO 1% por 60 segundos, seguido de lavagem em água esterilizada por 60 segundos. Em seguida foram colocadas em papel filtro para secagem superficial e transportadas para a semeadura em casa de vegetação.

Em janeiro de 2016, realizou-se a semeadura de, em média, três sementes por tubete (55 cm<sup>3</sup>) contendo substrato Carolina Soil tipo padrão, o qual, de acordo com informações do fabricante, apresentava pH  $5,5 \pm 0,5$ , condutividade elétrica relação 1:5 de  $0,4 \pm 0,3$  mS.cm<sup>-1</sup>, e composição de: turfa de *Sphagnun*, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e traços de fertilizante NPK. A irrigação foi realizada por meio de aspersão duas vezes ao dia, durante 10 minutos cada vez, contendo pH e condutividade elétrica média de 6,54 e 130,9 µS.cm<sup>-1</sup> respectivamente.

Passados 30 dias da semeadura, realizou-se o desbaste das mudas mantendo apenas uma por tubete, sendo selecionadas apenas as que apresentavam maior altura ou a que estava mais próxima da posição central do tubete.

Após 14 dias do desbaste, as mudas tinham altura e diâmetro médio de 4,1 cm e 1,1 mm respectivamente. Nesse momento iniciou-se o programa de adubação, sendo a solução

composta por: 480 mg.L<sup>-1</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 650 mg.L<sup>-1</sup> KCl, 400 mg.L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 917 mg.L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O. Para os tratamentos utilizou-se o composto NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> em diferentes concentrações de nitrogênio (0, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 mg.L<sup>-1</sup>). Na aplicação, cada muda recebeu 5 mL da solução em intervalos de 7 e 14 dias. O pH e a condutividade elétrica do substrato foi monitorado por meio do teste PourThru a cada 14 dias apenas como controle da adubação. Circundando cada repetição, manteve-se uma linha externa sem a aplicação de tratamento de adubação a fim de amenizar o efeito da bordadura.

Após 130 dias da sementeira avaliou-se a altura da parte aérea (do nível do substrato até a inserção da última folha) com régua milimetrada e o diâmetro de colo com paquímetro digital. Em seguida, as mudas foram removidas dos tubetes, retirando também o máximo de substrato da raiz. A parte aérea e a raiz foram separadas ao nível do coleto e pesadas em balança semi-analítica, registrando sua massa fresca expressa em g.plântula<sup>-1</sup>. Após foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e secas em estufa a 65 °C até peso constante, sendo novamente pesado em balança semi-analítica e registrando a massa seca, expressa em g.plântula<sup>-1</sup>. A partir desses dados realizou-se o cálculo da relação entre altura da parte aérea (cm) e o diâmetro (mm) (RHD), bem como o índice de qualidade de Dickson (IQD) obtido pela fórmula Dickson *et al.* (1960):

$$IQD = \frac{MSPA \text{ (g)} + MSR \text{ (g)}}{\frac{H \text{ (cm)}}{DC \text{ (cm)}} + \frac{MSPA \text{ (g)}}{MSR \text{ (g)}}}$$

Em que: MSPA = massa seca da parte aérea; MSR = massa seca da raiz; H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do colo.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, arranjado em experimento fatorial 2 × 5 (intervalo de aplicação × concentrações de nitrogênio), sendo cada tratamento composto por quatro repetições de 8 mudas cada. A normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias foram avaliadas por meio dos testes Shapiro-Wilk e Bertlett respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial.

Todas as análises e gráficos foram realizados utilizando o software RStudio (versão 1.0.136).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da concentração de N proporcionou um aumento em altura, com exceção da concentração de 4000 mg.L<sup>-1</sup> N a cada 7 dias (Figura 1 – A). Em comparação a concentração 0 mg.L<sup>-1</sup> N, as mudas tiveram desenvolvimento em altura duplicado utilizando 2000 mg.L<sup>-1</sup> N a cada 7 dias, tendo em média 17,10 cm. Por meio da análise de regressão é possível estimar um crescimento máximo de 18,4 cm utilizando 2456 mg.L<sup>-1</sup> N a cada 7 dias, e 17,8 cm utilizando 3326 mg.L<sup>-1</sup> N a cada 14 dias. A altura está correlacionado ao número de folhas no caule, e portanto é considerado um bom estimador da capacidade fotossintética e área transpiracional (LANDIS *et al.*, 2010).

O crescimento em altura de *Toona ciliata* var. *australis* também foi observado por Caldeira *et al.* (2012), testando diferentes composições de substrato. Maiores alturas foram obtidas em substratos com maior proporção de biossólido, o qual, dentre os substratos testados, era o que continha também maior concentração de N. As alturas obtidas com maior proporção de biossólido foram semelhantes às observadas para as mudas submetidas a 2000 mg.L<sup>-1</sup> N por 7 dias e 4000 mg.L<sup>-1</sup> por 14 dias. No entanto, Lima *et al.* (2015), com apenas uma aplicação de adubação nitrogenada, obtiveram mudas com altura média muito maiores que as encontradas no presente trabalho. Esse maior crescimento pode estar atrelado ao fato dos autores terem utilizado recipientes com volume maior (3 dm<sup>3</sup>), pois de acordo com Lisboa *et al.* (2012), *T. ciliata* var. *australis* é muito responsiva à esse fator.

O diâmetro do coleto apresentou comportamento semelhante ao da altura, tendo seu desenvolvimento limitado na concentração de 4000 mg.L<sup>-1</sup> N, independentemente do intervalo de aplicação (Figura 1 – B). As concentrações de 1000 e 2000 mg.L<sup>-1</sup> N, independentemente do intervalo, proporcionaram o crescimento de mudas com diâmetro

maior que 3 mm, que, de acordo com Vilela & Stehling (2015), é considerado um padrão mínimo para o plantio de *T. ciliata* var. *australis* a campo. Apesar disso, os valores encontrados foram muito inferiores aos de Caldeira *et al.* (2012), o qual manteve as mudas por um período maior em viveiro (180 dias após semeadura), sendo essa uma das prováveis razões para o maior desenvolvimento em diâmetro.

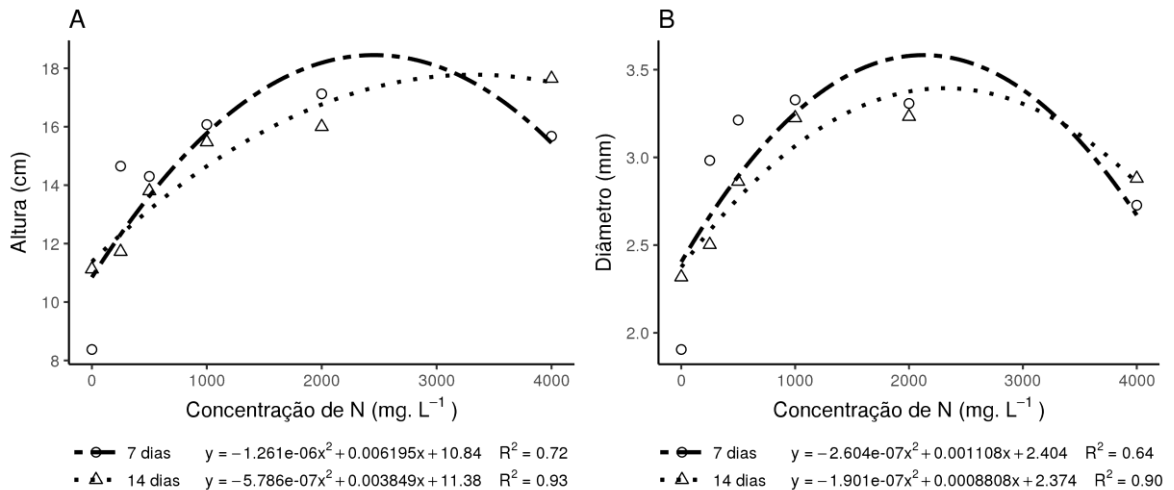


FIGURA 1. Relação entre a altura da parte aérea (A) e o diâmetro do coleto (B) de mudas de *Toona ciliata* var. *australis* após 130 dias da semeadura em casa de vegetação submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016.

FIGURE 1. Relationship between the shoot height (A) and the base diameter (B) of *Toona ciliata* var. *australis* seedlings after 130 days after sowing in greenhouse under different nitrogen concentrations and fertilization interval. Porto Alegre, 2016.

As altas concentrações de N podem limitar o crescimento das mudas devido ao efeito tóxico, como observado por Salifu & Timmer (2003) em mudas de *Picea mariana*. De acordo com Landis (1989), o efeito tóxico ocorre justamente quando há um decréscimo no crescimento, podendo provocar até a morte dos tecidos da muda em casos extremos. O decréscimo no crescimento foi observado na concentração mais alta (4000 mg.L<sup>-1</sup> N), tanto para altura quanto para diâmetro, porém, no desenvolvimento em altura não foi observado efeito tóxico da alta concentração quando utilizada em intervalo de 14 dias.

As concentrações de 1000 e 2000 mg.L<sup>-1</sup> de N proporcionaram desenvolvimento em altura e diâmetro muito semelhante, porém, sua performance pode ser diferente após o plantio. Em mudas de *Pinus palustris*, Jackson *et al.* (2012) observaram que a sobrevivência a campo não foi afetada pelas diferentes concentrações de N, no entanto, seu crescimento a campo foi menor nas concentrações mais baixas.

O comportamento da massa seca da parte aérea corrobora com o observado para a altura (Figura 2 – A). Observou-se um incremento da massa nas concentrações baixas e um decréscimo na mais alta, sendo que o intervalo de 7 dias foi superior em quase todos pontos.

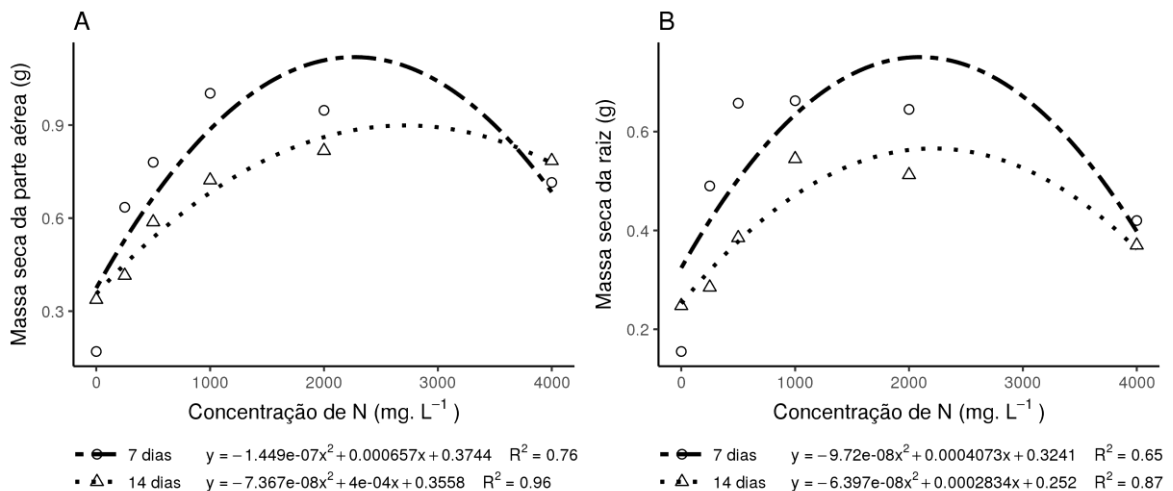


FIGURA 2. Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) de mudas de *Toona ciliata* var. *australis* após 130 dias da sementeira em casa de vegetação e submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016.

FIGURE 2. Shoot dry weight (A) and root dry weight (B) of *Toona ciliata* var. *australis* seedlings after 130 days after sowing in greenhouse under different nitrogen concentrations and fertilization interval. Porto Alegre, 2016.

Mudas de *Samanea inopinata* (Harms) Ducke adubadas com diferentes doses de sulfato de amônio a cada 14 e 28 dias também apresentaram efeito negativo nas doses mais altas, sendo mais pronunciado nos menores intervalos de aplicação das adubações (FONSECA *et al.*, 2006).



Para a massa seca da raiz, os dois intervalos apresentaram comportamento quadrático, porém, o intervalo de 7 dias foi maior em quase todos pontos. Houve uma maior produção de massa seca de raiz com 2095 mg.L<sup>-1</sup> N a cada 7 dias, já a concentração de 4000 mg.L<sup>-1</sup> N limitou o incremento da massa independentemente do intervalo de adubação.

O desenvolvimento radicular está intrinsecamente ligado à parte aérea. Segundo Kozłowski & Pallardy (1997), sistemas radiculares pequenos fornecem limitado suprimento de água e nutrientes minerais, inibindo o crescimento da parte aérea. Consequentemente, com uma parte aérea menor há também um menor crescimento do sistema radicular pela baixa disponibilidade de carboidratos produzidos pelas folhas. A inserção de N no sistema por meio de adubação nitrogenada aumenta os teores de N na planta (SALIFU & TIMMER, 2003), possibilitando maior desenvolvimento da planta. De acordo com Taiz & Zeiger (2006), nitrogênio é o elemento mineral mais requisitado pelas plantas, pois faz parte de muitos componentes da célula, além de aminoácidos e ácidos nucleicos, inibindo rapidamente o crescimento da planta quando em deficiência. Após o plantio, mudas com maior quantidade de massa seca de raiz podem ter maiores chances de sobrevivência devido a maior tolerância à seca (GROSSNICKLE, 2012).

A adubação com 0 mg.L<sup>-1</sup> N foi a que mais limitou a produção de massa, tanto para a parte aérea como para raiz. Fato semelhante foi observado Webb *et al.* (1997), em que a omissão de N reduziu severamente a massa de mudas *Toona ciliata*, além de apresentar sintomas de clorose como folhas amareladas em toda planta. De acordo com esses autores, aparentemente também houve limitação ao crescimento na ausência de P, K e S, mas somente quando havia nitrogênio suficiente.

Ao final do período de 130 dias, a dosagem total aplicada para a adubação a cada 7 dias com 4000 mg.L<sup>-1</sup> foi de 72000 mg de N. Já para a adubação de 2000 mg.L<sup>-1</sup>, o total foi de 36000 mg para 7 dias e 18000 mg para 14 dias, ou seja, a dosagem total de cada

adubação a cada 7 dias corresponde ao dobro da adubação de 14 dias, o que justificaria o maior desenvolvimento e crescimento das mudas no intervalo menor.

O IQD apresentou efeito significativo para a interação entre intervalo e concentração (Figura 3). Os dois intervalos apresentaram comportamento quadrático, porém, com adubações a cada 7 dias obteve-se IQD maior que a 14 dias na maioria dos pontos. Por meio do ponto de máxima estima-se um IQD de 0,29 para 7 dias em 2060 mg.L<sup>-1</sup> N, e 0,22 para 14 dias em 2190 mg.L<sup>-1</sup> N.

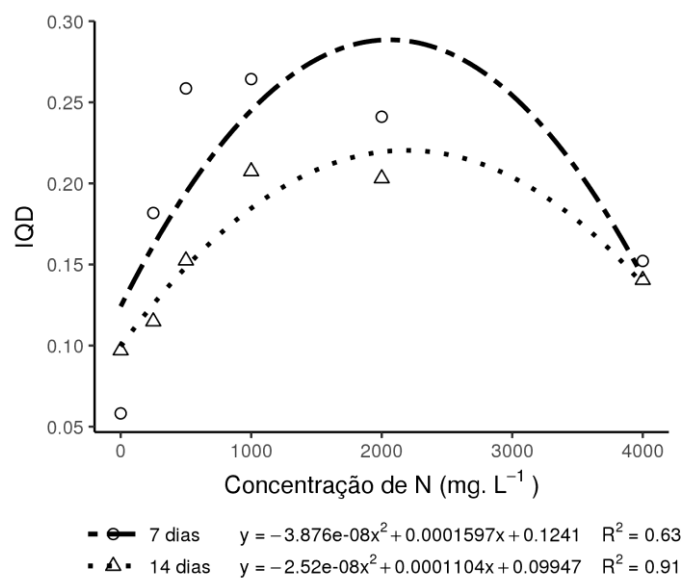


FIGURA 3. Índice de qualidade Dickson (IQD) de mudas de *Toona ciliata* var. *australis* após 130 dias da semeadura em casa de vegetação e submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016.

FIGURE 3. Dickson Quality Index (IQD) of *Toona ciliata* var. *australis* seedlings after 130 days after sowing in greenhouse under different nitrogen concentrations and fertilization interval. Porto Alegre, 2016.

Os valores encontrados foram muito inferiores aos observados por Caldeira *et al.* (2012), o que pode estar vinculado ao fato da massa seca (aérea e radicular) e diâmetro também terem valores menores. De acordo com Binotto *et al.* (2010) a massa seca e o diâmetro de coleto são duas variáveis que possuem forte correlação com IQD.

Em mudas de *Toona ciliata* var. *australis* a omissão de nitrogênio provoca diversas mudanças morfológicas negativas (MORETTI *et al.*, 2011), diminuindo conseqüentemente a produção de massa seca (WEBB *et al.*, 1997).

O IQD é um bom indicador de qualidade pois considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, porém, não deve ser utilizado isoladamente para classificação do padrão da qualidade de mudas (FONSECA *et al.*, 2006).

Para a variável RHD observou-se apenas efeito das concentrações de N, não havendo interação nem efeito dos intervalos (Figura 4). A RHD foi maior conforme aumentaram-se as concentrações de N, tendo um comportamento quadrático positivo. O aumento é decorrente do maior incremento em altura que em diâmetro, resultando em mudas altas, porém finas. O índice RHD representa o estado de robustez da planta, em que quanto menores os valores, mais robusta a planta se encontra (LANDIS *et al.*, 2010).

Comportamento similar foi observado em mudas *Toona ciliata* var. *australis* sob efeito de diferentes doses de OsmocotPlus, porém o ajuste da regressão foi quadrático negativo. Já em mudas de *Samanea inopinata* não foi observado efeito da adubação nitrogenada na RHD (FONSECA *et al.*, 2006). De acordo com Fonseca *et al.* (2002) este índice não deve ser utilizado sozinho para determinar padrão de qualidade de mudas.

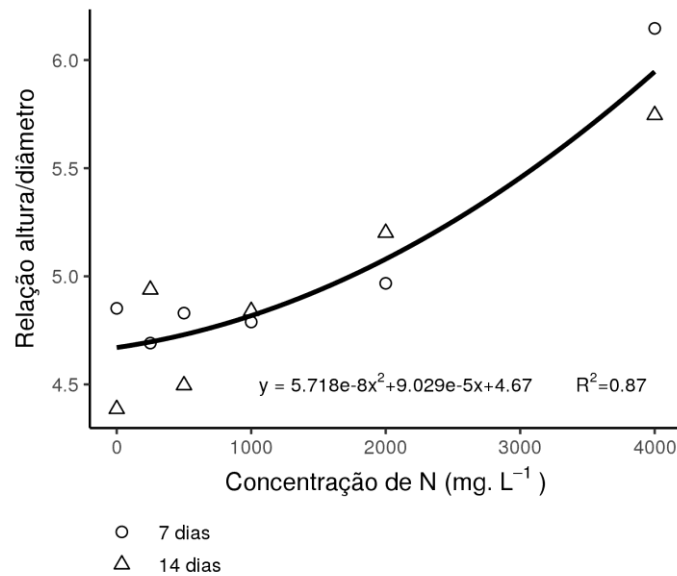


FIGURA 4. Relação da razão altura da parte aérea (cm) e diâmetro (mm) de mudas de *Toona ciliata* var. *australis* após 130 dias da semeadura em casa de vegetação e submetidas a diferentes concentrações de nitrogênio e intervalos de adubação. Porto Alegre, 2016.

FIGURE 4. Shoot height (cm) and base diameter (mm) ratio of *Toona ciliata* var. *australis* seedlings after 130 days after sowing in greenhouse under different nitrogen concentrations and fertilization interval and fertilization interval. Porto Alegre, 2016.

## CONCLUSÕES

A utilização de 2060 mg.L<sup>-1</sup> de N aplicado a cada 7 dias proporciona o maior crescimento de mudas de *Toona ciliata* var. *australis* para o desenvolvimento de mudas até 130 dias da semeadura. Já a concentração de 4000 mg.L<sup>-1</sup> N após mesmo período limita seu crescimento, independente do intervalo de aplicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKPO, E. *et al.* Effects of nursery management practices on morphological quality attributes of tree seedlings at planting: The case of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 324, p. 28–36, 2014.

ANTONIAZZI, A. P. *et al.* Eficiência de diferentes recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, 2013.

- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457–464, 2010.
- BOLAND, D. J.; MCDONALD, M. W. **Forest trees of Australia**. 5. ed. Collingwood: Csiro Publishing, 2006. 769 p.
- BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing australian red cedar and other meliaceae species in plantation**. Canberra: Rural Industries Research and Development Corporation, 2005. 68 p.
- CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213–221, 2012.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Biossólido como substrato para produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1009–1017, 2012.
- FERNÁNDEZ, M. *et al.* Nursery fertilisation affects the frost-tolerance and plant quality of *Eucalyptus globulus* Labill. cuttings. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 64, n. 8, p. 865–873, 2007.
- FONSECA, C. A.; CRUZ, H. N. P.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casca (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 537–546, 2006.
- FONSECA, É. P. *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515–523, 2002.
- GOMES, J. M. *et al.* Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização NPK. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 113–127, 2003.
- GREBNER, D. L.; BETTINGER, P.; SIRY, J. P. **Introduction to forestry and natural resources**. 1st. ed. London: Academic Press, 2013. 496 p.
- GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, Dordrecht, v. 43, n. 5–6, p. 711–738, 2012.
- JACKSON, D. P.; DUMROESE, R. K.; BARNETT, J. P. Nursery response of container *Pinus palustris* seedlings to nitrogen supply and subsequent effects on outplanting performance. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 265, p. 1–12, 2012.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Growth control in woody plants**. San Diego: Academic Press, 1997. 641 p.
- LANDIS, T. D. Mineral nutrients and fertilization. In: LANDIS, T. D. *et al.* (Ed.). **The container tree nursery manual - seedling nutrition and irrigation**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1989. p. 4–67
- LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The container tree nursery manual: seedling processing, storage, and outplanting**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 2010. 200 p. v. 7.

- LIMA, K. B. *et al.* Crescimento, acúmulo de nutrientes e fenôis totais de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata*) inoculadas com fungos micorrízicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 853–862, 2015.
- LISBOA, A. C. *et al.* Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 603–609, 2012.
- MELO BRAGA, M.; NETO, A. E. F.; OLIVEIRA, A. H. Influência da saturação por bases na qualidade e crescimento de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 49–58, 2015.
- MORETTI, B. S. *et al.* Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 453–463, 2011.
- MORETTI, B. S. *et al.* Characterization of micronutrient deficiency in australian red cedar (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*). **International Journal of Forestry Research**, [s.l.], v. 2012, p. 1–9, 2012.
- OLIVEIRA, R. B. *et al.* Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 122–128, 2008.
- RAVINDRANATH, N. H.; BHAT, D. M.; SWAMY, V. S. **Nursery manual for forest tree species**. Hyderguda: Universities Press, 2004. 332 p.
- SALIFU, K. F.; TIMMER, V. R. Optimizing nitrogen loading of *Picea mariana* seedlings during nursery culture. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 33, n. 7, p. 1287–1294, 2003.
- SOMAVILLA, A. *et al.* Avaliações morfológicas de mudas de Cedro australiano submetidas a diferentes doses do fertilizante osmocote plus®. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 493, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 764 p.
- TRUBAT, R.; CORTINA, J.; VILAGROSA, A. Short-term nitrogen deprivation increases field performance in nursery seedlings of Mediterranean woody species. **Journal of Arid Environments**, London, v. 72, n. 6, p. 879–890, 2008.
- VILELA, E. S.; STEHLING, E. C. **Recomendações de plantio para cedro australiano**. Campo Belo: Bela Vista Florestal, 2015. 20 p.
- VILLAR-SALVADOR, P. *et al.* Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 196, n. 2–3, p. 257–266, 2004.
- VILLAR-SALVADOR, P. *et al.* Effect of nitrogen fertilization in the nursery on the drought and frost resistance of Mediterranean forest species. **Forest Systems**, [s.l.], v. 14, n. 3, p. 408–418, 2005.
- WEBB, M. J. *et al.* Nutritional constraints to growth of australian red cedar (*Toona ciliata*) seedlings in five north Queensland soils. **Australian Forestry**, Queen Victoria, v. 60, n. 1, p. 46–52, 1997.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos foi possível contribuir com dados sobre as condições para a realização da análise de sementes de *Toona ciliata* var. *australis*, as quais estão muito próximas das recomendações para espécies tropicais em geral. Esses dados devem gerar maior confiabilidade e reprodutibilidade dos resultados do teste de germinação realizados por empresas que utilizem a padronização. Sementes incubadas a temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 16 horas geram maior quantidade de plântulas normais, portanto essas condições podem ser indicadas como padrões para o teste de germinação da espécie.

Com relação às análises de vigor, o teste de condutividade elétrica permitiu a distinção entre os lotes, no qual foram observados quatro grupos distintos. Para a obtenção de resultados rápidos deve-se embeber 25 sementes em 50 mL por um período de 24 horas. Já o teste de envelhecimento acelerado se mostrou menos sensível para detectar diferenças de lotes. Houve um aumento de sementes mortas, reduzindo a produção de plântulas na maioria dos lotes avaliados, com exceção do BA 2015. Esse mesmo lote também apresentou a menor condutividade elétrica e menor grau de umidade, ressaltando sua qualidade fisiológica. Os resultados deste teste podem estar ligados à maior sensibilidade das sementes de cedro-australiano pelo seu tamanho reduzido, o que provoca um estresse muito intenso inviabilizando a germinação das mesmas. Portanto, novos experimentos utilizando períodos de estresse inferiores a 24 horas devem ser conduzidos na tentativa de padronizar um período para a realização deste teste de vigor.

Existe grande variabilidade de qualidade fisiológica e sanitária entre os lotes de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* comercializados no Brasil. Esse fato pode estar relacionado à fatores como a introdução de diferentes materiais genéticos no Brasil, além de técnicas de coleta e processamento de sementes. Por isso, é importante que informações de qualidade fisiológica sejam informadas na embalagem de comercialização, desde que os resultados tenham sido obtidos por testes padronizados de análise de sementes.

A água é um dos principais fatores envolvidos na germinação de sementes, cessando completamente se for limitada. Além disso, a presença de agentes osmóticos também pode provocar estresse salino ou hídrico, reduzindo a germinação. As sementes de *Toona ciliata* var. *australis* incubadas em estresse salino tem maior probabilidade de gerar plântulas anormais, já em estresse hídrico há um aumento de sementes duras.

A presença de fungos fitopatogênicos é um fator de extrema importância para a produção de mudas em viveiro, tendo em vista sua capacidade de disseminação, provocando danos econômicos significativos. Por essa razão recomendam-se trabalhos futuros estudando a fitopatogeneidade dos fungos encontrados nas sementes. Os lotes comercializados no Brasil possuem a presença de *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp., *Aspergillus niger* e *A. flavus*, e sua detecção deve ser realizada por meio do método *blotter test*, por ser este, o método mais sensível na detecção dos gêneros fúngicos observados nos lotes de sementes da espécie.

A resposta das mudas de *Toona ciliata* var. *australis* à adubação é imediata, demonstrando uma grande exigência de nutrição mineral para seu desenvolvimento. As adubações nitrogenadas proporcionaram crescimento adequado das mudas e com alta qualidade. Para a produção de mudas recomenda-se a utilização de 2060 mg.L<sup>-1</sup> de nitrogênio a cada sete dias. Avaliações futuras devem ser realizadas a campo, após o plantio das mudas adubadas, a fim de aferir sobre sua sobrevivência e desempenho a campo.

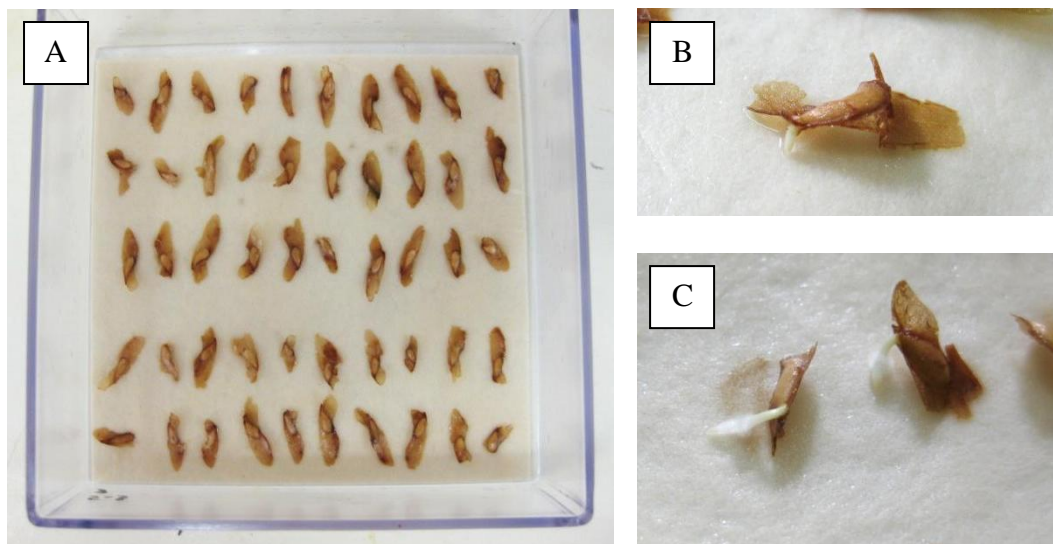


## 9 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Resultado da análise de variância para as variáveis do teste de germinação de sementes de *Toona ciliata* var. *australis* em diferentes fotoperíodos (0, 12 e 16 h) e temperaturas (15, 20, 25 e 30 °C). Porto Alegre, 2016.

Variável	Fotoperíodo	Temperatura	Interação
IVG	0,6333 <sup>ns</sup>	< 0,001	0,2936 <sup>ns</sup>
PCG	< 0,001	< 0,001	< 0,01
Plântulas normais	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Plântulas anormais	0,032	< 0,001	< 0,001
Sementes duras	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Sementes mortas	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Massa seca	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Comprimento de plântula	< 0,001	< 0,001	0,904 <sup>ns</sup>

Em que: IVG = índice de velocidade de germinação; PCG = primeira contagem de germinação; <sup>ns</sup> = não significativo.



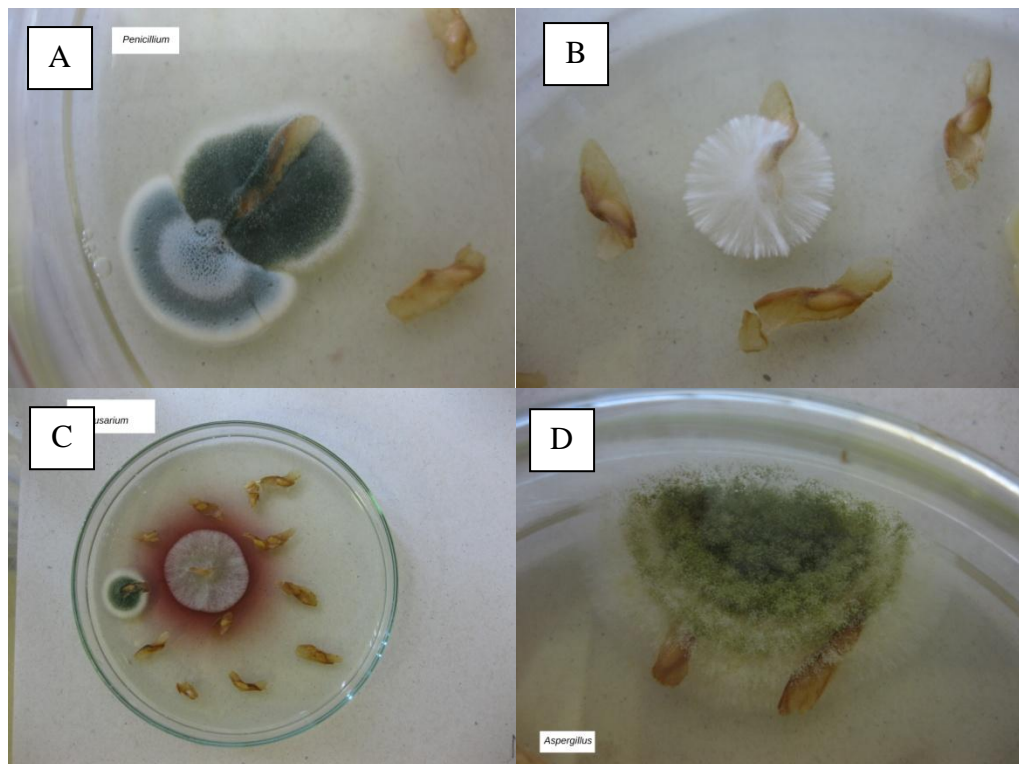
APÊNDICE 2. Teste de germinação de *Toona ciliata* var. *australis* utilizando papel mata borrão em gerbox. A = disposição das sementes na gerbox. B = semente com emissão de radícula. C = sementes com emissão de radícula e presença de pelos radiculares. Porto Alegre, 2016.



APÊNDICE 3. Plântulas normais de *Toona ciliata* var. *australis* em teste de germinação utilizando papel mata borrão e gerbox. Porto Alegre, 2016.



APÊNDICE 4. Plântulas anormais de *Toona ciliata* var. *australis* em teste de germinação utilizando papel mata borrão e gerbox. Porto Alegre, 2016.



APÊNDICE 5. Detecção de fungos em sementes de *Toona ciliata* var. *australis* utilizando meio BDA. A = *Penicillium* sp.; B = *Fusarium* sp.; C = *Fusarium* sp.; D = *Aspergillus* sp. Porto Alegre, 2016.



APÊNDICE 6. Mudas de *Toona ciliata* var. *australis* produzidas em tubetes. Porto Alegre, 2016.