



Universidade Federal do Tocantins  
Campus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

NATHANA IZABELA SILVA SALES

**PATOGENICIDADE E TRANSMISSÃO DE FUNGOS ASSOCIADOS  
ÀS SEMENTES DE TECA E PROGRESSO TEMPORAL DA  
FERRUGEM CAUSADA POR *Olivea neotectonae***

GURUPI - TO  
2016



Universidade Federal do Tocantins  
Campus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

NATHANA IZABELA SILVA SALES

**PATOGENICIDADE E TRANSMISSÃO DE FUNGOS ASSOCIADOS  
ÀS SEMENTES DE TECA E PROGRESSO TEMPORAL DA  
FERRUGEM CAUSADA POR *Olivea neotectonae***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais – Linha de Pesquisa em Conservação e Gestão de Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Gil Rodrigues dos Santos

**GURUPI - TO  
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

S163p Sales, Nathana Izabela Silva .  
PATOGENICIDADE E TRANSMISSÃO DE FUNGOS  
ASSOCIADOS ÀS SEMENTES DE TECA E PROGRESSO TEMPORAL DA FERRUGEM  
CAUSADA POR *Olivea neotectonae*. / Nathana Izabela Silva Sales. – Gurupi, TO, 2016.  
51 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e  
Ambientais, 2016.

Orientador: Dr. Gil Rodrigues dos Santos

1. *Tectona grandis*. 2. Sanidade. 3. Fitopatógenos. 4. Epidemiologia. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



## Defesa nº 021/2016

### ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE NATHANA IZABELA SILVA SALES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.

Aos 05 dias do mês de agosto do ano de 2016, às 09:00 horas, na sala 15, do edifício BALA II, do Campus de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins - UFT, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. GIL RODRIGUES DOS SANTOS da Universidade Federal do Tocantins, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. EVELYNNE URZEDO LEÃO da Universidade Federal do Tocantins e Prof. Dr. MARCOS VINICIUS GIONGO ALVES, da Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de NATHANA IZABELA SILVA SALES, intitulada "**Patogenicidade e transmissão de fungos associados às sementes de teca e progresso temporal da ferrugem causada por *Olivea neotectonae***". Após a exposição, o(a) discente foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, com as devidas ressalvas e correções apontadas pela banca examinadora, habilitando-o(a) ao título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dr. Gil Rodrigues dos Santos  
Universidade Federal do Tocantins  
Orientador e presidente da banca examinadora

Dr<sup>a</sup>. Evelynne Urzedo Leão  
Universidade Federal do Tocantins  
Primeira examinadora

Dr. Marcos Giongo  
Universidade Federal do Tocantins  
Segundo examinador

Gurupi, 05 de agosto de 2016.

Dr. Marcos Giongo  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Max e Patrícia, pelo amor, incentivo e suporte incondicional, não medindo esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Aos meus avós Zelma e José Airton, pela atenção, incentivo e generosidade, por sempre me apoiarem com muito amor.

Ao meu irmão Max Júnior, pelo companheirismo e amizade ao longo de toda a minha vida, meu grande amigo.

Ao meu namorado Lucas Caius, pelo incentivo, carinho e paciência, por sempre estar comigo em todos os momentos me permitindo trilhar um caminho com menor dificuldade.

Ao meu orientador professor Dr. Gil Rodrigues dos Santos, pela confiança e grande honra em aceitar me ajudar neste trabalho, sua orientação e dedicação me permitiram alcançar esse objetivo.

À Dra. Evelynne Urzedo Leão, examinadora da banca, pela dedicação e inestimável colaboração na realização deste trabalho através de suas correções e sugestões.

Ao professor Dr. Chrystian de Assis Siqueira, pela enorme contribuição com o ajuste dos modelos matemáticos.

Ao professor Dr. Marcos Vinicius Giongo Alves, examinador da banca, pelos conselhos, incentivo e colaboração para a realização deste trabalho.

Aos demais professores da pós-graduação, pela contribuição, dentro de suas áreas e demais funcionários desta instituição que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Ma. Dalmácia de Souza Carlos Mourão pela amizade, empenho e valiosa ajuda na condução dos experimentos.

Aos colegas do Laboratório de Fitopatologia pela amizade e ajuda oferecida, todos colaboraram de alguma forma no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus colegas Yunes, Vanildo, Thiago, Gleydson e Paulo César pela empenho e tempo dedicados me ajudando no cuidado com as mudas de teca, e a todos os demais colegas que colaboraram no desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Federal do Tocantins, pelo apoio institucional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal do Tocantins pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro.

## RESUMO GERAL

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma espécie arbórea bastante utilizada em áreas de reflorestamento, sendo a terceira espécie entre as folhosas tropicais mais plantadas do planeta. Durante todo o seu ciclo vegetativo, a teca pode ser afetada por um grande número de doenças, tendo nos fungos os principais agentes fitopatogênicos. Dentre as doenças que ocorrem na cultura, à ferrugem causada por *Olivea neotectonae* T.S. Ramakr. & K. Ramakr (= *Chaonia tectonae* T.S. & K. Ramark), destaca-se como a mais importante. A produção de mudas de teca é realizada principalmente por sementes, que é um importante veículo de transmissão de diversos patógenos. Devido à escassez de informações relacionadas à sanidade das sementes de teca utilizadas no Brasil para seu cultivo, objetivou-se com o capítulo I identificar e quantificar os fungos associados às sementes de teca, a patogenicidade desses microrganismos às mudas e a transmissibilidade semente-plântula. Para o teste de sanidade foram utilizadas sementes adquiridas nos estados do TO, GO e SP; os tratamentos utilizados foram sementes desinfestadas e não desinfestadas, e sementes com e sem mesocarpo. O ensaio foi conduzido utilizando o método do papel de filtro (*Blotter test*). Para o teste de patogenicidade em mudas, utilizaram-se os isolados de *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Alternaria* sp. e *Plenodomus* sp. De forma geral, foi possível identificar os seguintes gêneros de fungos nas sementes: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Botryodiplodia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Alternaria* e *Plenodomus*. Foi observada maior ocorrência de fungos nas sementes dos estados de Goiás e de São Paulo. Apenas os gêneros *Fusarium* sp. e *Botryodiplodia* sp. foram patogênicos às mudas de teca. Houve baixa transmissibilidade semente-plântula, sendo que apenas os gêneros fitopatogênicos *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp. foram transmitidos. No capítulo II, foi realizado o estudo epidemiológico da ferrugem da teca com a análise da dinâmica temporal da doença em árvores adultas, correlacionando o comportamento da doença com as variáveis climáticas, para entender o comportamento da epidemia e, conseqüentemente, estabelecer alternativas para o adequado manejo. A doença foi monitorada a cada sete dias em plantas adultas escolhidas aleatoriamente para a avaliação da incidência e severidade, sendo esta quantificada com auxílio de uma escala de notas. Com esses dados obtiveram-se as curvas de progresso da doença ajustando aos modelos matemáticos monomolecular, logístico e de Gompertz. Foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para incidência e severidade. Os dados de incidência e severidade foram correlacionados com as variáveis climáticas, precipitação, temperatura e umidade relativa média. Verificou-se a incidência da ferrugem logo nas primeiras avaliações, aumentando exponencialmente até o período de 98 dias da avaliação. Maior índice de severidade da doença foi detectado aos 147 dias, com severidade igual ou superior a 75%. Observou-se maior AACPD para a incidência. Houve correlação negativa e significativa entre a severidade com a temperatura mínima. Infere-se, com este resultado, uma tendência de aumento da severidade da ferrugem da teca com a diminuição da temperatura nas condições avaliadas. O modelo de Gompertz foi o que melhor se ajustou aos dados de severidade da ferrugem da teca.

Palavras-chave: *Tectona grandis*; sanidade; fitopatógenos; epidemiologia.

## GENERAL ABSTRACT

Teak (*Tectona grandis* L.f.) is an arboreal species widely used in reforestation areas and is the third species among the most planted tropical hardwoods in the world. Throughout their vegetative cycle, teak can be affected by a large number of diseases having in fungi the main phytopathogenic agents. Among the diseases that occur in culture, rust caused by *Olivea neotectonae* T.S. Ramakr. & K. Ramakr (= *Chaconia tectonae* T.S. & K. Ramark), stands out as the most important. The production of teak seedlings is mainly through seeds, which is an important vehicle for transmission of various pathogens. Due to the scarcity of information related to health of teak seeds used in Brazil for its cultivation, the aim of chapter I was to identify and quantify the fungi associated with teak seeds, the pathogenicity of these microorganisms to seedlings and seed-seedling transmissibility. For sanity test were utilized seeds acquired in TO, GO and SP states, the treatments were disinfested seeds and without disinfestation and seeds with and without mesocarp. We conducted the test using a filter paper method (Blotter test). To pathogenicity test in seedlings, we utilized the isolates of *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Alternaria* sp. and *Plenodomus* sp. To evaluate the fungal seedling-transmission were used 100 seeds of each location. Overall, it was possible to identify the following genera of fungi in seeds: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Botryodiplodia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Alternaria* and *Plenodomus*. There was a higher occurrence of fungi in the seeds of Goiás and São Paulo states. Only the *Fusarium* sp. and *Botryodiplodia* sp. were pathogenic to teak seedlings. There was low seed-seedling transmissibility, and only the pathogenic genera *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. were transmitted. In chapter II, was performed an epidemiological study of teak rust with the analysis of the temporal dynamics of disease in adult trees, correlating the disease behavior of climate variables, to understand the epidemic's behavior and thus establish alternatives to appropriate management. The disease was monitored every seven days at ten plants randomly chosen to evaluate the incidence and severity, this being quantified with assistance of a grade scale. With these data were obtained the disease progress curves by adjusting the mathematical models monomolecular, logistic and Gompertz. The area under the disease progress curve (AACPD) was calculated for incidence and severity. The incidence and severity data was correlated with the climatic variables, precipitation, temperature and medium relative humidity. The rust incidence was verified from the earliest evaluations, exponentially increasing until 98 days of evaluation. Higher index of severity was detected with 147 days, with a severity greater or equal to 75%. A higher AACPD was observed for the incidence. There was a negative and significant correlation between the severity with the minimum temperature. It is inferred, with this result, a tendency of increasing of severity of teak rust with the decreasing of temperature in the evaluated conditions. The Gompertz model was the best adjusted to the data severity of the teak rust.

Keywords: *Tectona grandis*; sanity; plant pathogens; epidemiology.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>PATOGENICIDADE E TRANSMISSÃO DE FUNGOS ASSOCIADOS ÀS SEMENTES DE TECA .....</b>	<b>14</b>
2.1	INTRODUÇÃO .....	15
2.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	16
2.2.1	<i>Origem das sementes e local dos experimentos.....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Teste de sanidade.....</i>	<i>17</i>
2.2.3	<i>Avaliação da patogenicidade .....</i>	<i>17</i>
2.2.4	<i>Teste de transmissão.....</i>	<i>18</i>
2.2.5	<i>Análise estatística dos dados.....</i>	<i>19</i>
2.3	RESULTADOS .....	19
2.3.1	<i>Teste de sanidade.....</i>	<i>19</i>
2.3.2	<i>Avaliação da patogenicidade .....</i>	<i>20</i>
2.3.3	<i>Teste de transmissão.....</i>	<i>22</i>
2.4	DISCUSSÃO .....	24
2.4.1	<i>Teste de sanidade.....</i>	<i>24</i>
2.4.2	<i>Avaliação da patogenicidade .....</i>	<i>25</i>
2.4.3	<i>Teste de transmissão.....</i>	<i>25</i>
2.5	CONCLUSÕES.....	27
2.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
<b>3</b>	<b>PROGRESSO TEMPORAL DA FERRUGEM DA TECA EM ÁREA TROPICAL DE CERRADO NO BRASIL .....</b>	<b>30</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	31
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3.2.1	<i>Localização e caracterização da área de estudo .....</i>	<i>32</i>
3.2.2	<i>Dados climáticos.....</i>	<i>33</i>
3.2.3	<i>Avaliação da doença.....</i>	<i>33</i>
3.3	RESULTADOS .....	35
3.4	DISCUSSÃO .....	39
3.5	CONCLUSÕES.....	41
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. INCIDÊNCIA MÉDIA DE FUNGOS (%) EM SEMENTES DE TECA DESINFESTADAS (SD) E NÃO DESINFESTADAS (SND), COM (CM) E SEM MESOCARPO (SM), PROVENIENTES DE DIFERENTES ESTADOS.....	20
TABELA 2. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R) ENTRE INCIDÊNCIA E SEVERIDADE DA FERRUGEM DA TECA ( <i>OLIVEA NEOTECTONAE</i> ) E DADOS CLIMÁTICOS DE PRECIPITAÇÃO (MM), TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA (°C) E UMIDADE RELATIVA MÉDIA (UR%) DO AR REGISTRADAS NA REGIÃO DE ESTUDO, NO ESTADO DO TOCANTINS, BRASIL. ....	36
TABELA 3. COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R <sup>2</sup> ), DESVIO PADRÃO DO INÓCULO INICIAL (X <sub>0</sub> ) E DA TAXA DE INFECÇÃO (R) DOS MODELOS LOGÍSTICO, MONOMOLECULAR E DE GOMPERTZ DOS DADOS DE SEVERIDADE DA FERRUGEM DA TECA ( <i>OLIVEA NEOTECTONAE</i> ).....	38

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. SINTOMAS OCASIONADOS POR BOTRYODIPLDIA SP. EM MUDAS DE TECA. ASPECTO DA LESÃO 82 DIAS APÓS A INOCULAÇÃO. ASPECTO DA LESÃO NA FACE ADAXIAL (A) E ABAXIAL (B).....	21
FIGURA 2. SINTOMAS OCASIONADOS POR FUSARIUM SP. EM MUDAS DE TECA. ASPECTO DA LESÃO 20 DIAS (A) E 27 DIAS APÓS A INOCULAÇÃO (B). .....	22
FIGURA 3. PORCENTAGEM DE SEMENTES NÃO GERMINADAS (SNG), SEMENTES GERMINADAS (SG), PLÂNTULAS NORMAIS (PN) E PLÂNTULAS SINTOMÁTICAS (PS) NO TESTE DE TRANSMISSÃO COM SEMENTES DE TECA ORIGINÁRIAS DO TOCANTINS (A), GOIÁS (B) E SÃO PAULO (C), SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS: COM MESOCARPO – SEMENTES DESINFESTADAS (CMSD), COM MESOCARPO – SEMENTES NÃO DESINFESTADAS (CMSND), SEM MESOCARPO – SEMENTES DESINFESTADAS (SMSD) E SEM MESOCARPO – SEMENTES NÃO DESINFESTADAS (SMSND). *DADOS ORIGINAIS TRANSFORMADOS EM $\text{ARC SEN } x/100$ ; MÉDIAS SEGUIDAS POR MESMA LETRA NAS COLUNAS NÃO DIFEREM ENTRE SI PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO .....	23
FIGURA 4. VARIÁVEIS CLIMÁTICAS REGISTRADAS DURANTE A CONDUÇÃO DO ESTUDO, NO PERÍODO DE 01 DE JANEIRO A 31 DE AGOSTO DE 2015 EM GURUPI, TOCANTINS, BRASIL. ....	33
FIGURA 5. CURVA EPIDEMIOLÓGICA DO PROGRESSO DA INCIDÊNCIA DA FERRUGEM DA TECA ( <i>OLIVEA NEOTECTONAE</i> ) E VARIÁVEIS CLIMÁTICAS OBSERVADAS NO PERÍODO DE AVALIAÇÃO. GURUPI, TOCANTINS, BRASIL. ....	35
FIGURA 6. CURVA EPIDEMIOLÓGICA DO PROGRESSO DA SEVERIDADE DA FERRUGEM DA TECA ( <i>OLIVEA NEOTECTONAE</i> ) COM O AJUSTE DO MODELO DE GOMPERTZ. GURUPI, TOCANTINS, BRASIL. ....	37
FIGURA 7. CURVA EPIDEMIOLÓGICA DO PROGRESSO DA SEVERIDADE DA FERRUGEM DA TECA ( <i>OLIVEA NEOTECTONAE</i> ) COM O AJUSTE DOS MODELOS LOGÍSTICO, MONOMOLECULAR E DE GOMPERTZ. GURUPI, TOCANTINS, BRASIL. ....	38
FIGURA 8. VALORES MÉDIOS DA ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO DA FERRUGEM DA TECA ( <i>OLIVEA NEOTECTONAE</i> ) PARA INCIDÊNCIA (AACPDI) E PARA SEVERIDADE (AACPDS), NO PERÍODO DE JANEIRO A AGOSTO DE 2015. GURUPI, TOCANTINS, 2015. *MÉDIAS COMPARADAS PELO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE 5% DE PROBABILIDADE DE ERRO. ....	39

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma das cinco espécies do gênero *Tectona* (Schubert, 1974) (*T. australis* Hill 1862, *T. hamiltoniana* Wallich 1832, *T. Philippinensis* Bentham e Hooker 1876, *T. ternifolia* Buchanan 1838) (SCHUHLI & PALUDZYSZYN FILHO, 2010). Tem sua origem natural na Índia, Mianmar, República Democrática Popular Laos e Tailândia, e sua distribuição compreende a região entre as latitudes 10°N a 23°N no Sudeste da Ásia. Estima-se que há aproximadamente 4,3 milhões de hectares cultivados com teca, sendo 83% concentrados na Ásia, 11% na África e 6% na América Latina, principalmente em Costa Rica, Panamá, Colômbia, Equador, Venezuela, Trinidad e Tobago e Brasil. No Brasil, o interesse na espécie como alternativa aos plantios florestais tradicionais, vem crescendo muito atualmente nas regiões Centro-Oeste e Norte do país (FLORÉZ, 2012; CAMINO & MORALES, 2013; SCHUHLI & PALUDZYSZYN FILHO, 2010).

Segundo dados do Anuário Estatístico (2015) da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), em 2014 a área ocupada por teca no Brasil era de 87.499 hectares, correspondendo a 1,13% da área total de plantios florestais no país. A região Centro-Oeste é a que apresenta maior área plantada de teca no Brasil, já que o clima é o mais favorável para a cultura. Já a região Norte é a segunda em termos de área plantada seguida do Sudeste, porém o Sul e o Nordeste não apresentaram resultados significativos, pois as condições edafoclimáticas dessas regiões não favoreceram a introdução da cultura. Na região Norte, os plantios com teca tiveram início em 1994, com a finalidade de cumprir a reposição florestal obrigatória em atendimento à legislação ambiental vigente. A espécie, na região, tornou-se a preferida para compor os projetos de reflorestamento, em decorrência do baixo rendimento dos povoamentos com espécies nativas. Contrapondo a esta situação, a espécie demonstrou grande rusticidade em plantios puros, consorciados e em sistemas produtivos integrados com a pecuária (MARTINELLI et al., 2013; FIGUEIREDO et al., 2005).

A teca tem sido reconhecida como uma madeira de alta qualidade, devido a suas excelentes propriedades, tornando-a uma das madeiras mais valiosas do mundo junto a espécies como o cedro (*Cedrella odorata* L.) e o mogno (*Swietenia macrophylla* King). Tem alta resistência às variações de umidade e boa resistência ao fogo, devido ao tronco ser revestido por uma casca espessa termoisolante. No aspecto mecânico,

apresenta estabilidade dimensional, resistência aos esforços de tração e flexão semelhante ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), e facilidade de trabalhar com ferramentas e acabamento. Além da beleza, a sua madeira também apresenta alta durabilidade, força e leveza (FAO, 2009; FLÓREZ, 2012).

Além da excelente qualidade da madeira da teca, o decréscimo da oferta das madeiras tropicais economicamente exploráveis, como o mogno, as restrições de extração de madeira nativa e a conscientização ambiental por parte dos consumidores são fatores que propiciam o aumento da demanda da espécie. Por isso, é considerada uma alternativa às espécies de alto valor econômico, como o mogno brasileiro e a cerejeira (*Torresea acreana* Ducke), para o suprimento sustentável das indústrias de base florestal (PELLISSARI, 2012; FLÓREZ, 2012).

Centeno (1997) relatou que o crescimento apropriado da plântula de teca e sua sobrevivência no campo dependem principalmente da qualidade e vigor das sementes. Conforme Caldeira et al. (2000) a importância da análise de sementes é fornecer dados que expressem a qualidade física e fisiológica do lote de sementes.

Moreira et al. (2006) verificaram em plantas de teca com dez anos, a capacidade da espécie de sintetizar a tectoquinona, uma substância pertencente à classe das antraquinonas com propriedades antifúngicas, responsável por garantir a durabilidade da madeira.

Entretanto, apesar da teca ser apontada como resistente, já existem relatos com problemas de pragas e doenças em áreas de cultivo com a espécie. Em plantas jovens podem ocorrer tombamentos e murchas causadas por *Fusarium oxysporum*. Ademais, outros patógenos fúngicos de parte aérea podem provocar manchas foliares que ocasionam a queda de folhas de mudas ainda em viveiro. Dentre os mais importantes, destacam-se *Colletotrichum gloeosporioides*, *Phomopsis* sp., *Alternaria* sp. e *Curvularia* sp. Já no fuste são comumente encontrados vários tipos de cancro associados aos fitopatógenos *Nectria nauriticola*, *Dothiorella* sp. e *Botryosphaeria* sp. (VIEIRA et al., 2007; BORGES, 2014).

As duas principais doenças que afetam a cultura da teca são a ferrugem causada por *Olivea neotectonae*, e o cancro da teca causado por *Lasiodiplodia theobromae*. Porém, dentre as doenças que podem pôr em risco o cultivo de teca no Brasil, destaca-se a ferrugem da teca.

Cabral et al. (2010) fizeram o primeiro relato da ferrugem da teca no Brasil, o fungo foi coletado em um plantio de teca de aproximadamente 10 anos de idade na

região de Guaraciaba, Minas Gerais. De acordo com os mesmos autores, é possível que o patógeno chegou na América do Sul via esporos carregados por correntes de vento, presumivelmente da América Central. Em maio de 2009, já havia sido notada a presença de sintomas de ferrugem bem como a presença dos sinais do patógeno, em mudas e plantas adultas de diferentes idades localizadas no município de Sinop/MT e, posteriormente, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Tocantins, do Espírito Santo e Pará (BONALDO et al., 2011; CALDEIRA et al., 2013). Atualmente a doença encontra-se disseminada em quase todas as regiões do Brasil.

O fungo responsável pela ferrugem da teca é patógeno obrigatório muito especializado e o seu ciclo de vida não é conhecido (PIERI et al., 2011). O fungo *O. neotectonae* penetra através da superfície inferior do limbo foliar, que em curto período de tempo é recoberta por esporos alaranjados, sendo que os primeiros sintomas ocorrem na segunda folha com o limbo expandido, através de reduzidas manchas, que progridem profusamente na terceira folha, formando pequenas manchas cloróticas ligeiramente esbranquiçadas, dispostas nos espaços internervurais. Posteriormente, as áreas cloróticas tornam-se marrom-claras, e na face abaxial das folhas formam-se muitas pústulas esporuladas de coloração amarela sobre fundo marrom-escuro (Anexo 1). As pústulas coalescem, necrosam o limbo foliar de forma generalizada, culminando com o desfolhamento das plantas (GASPAROTTO et al., 2013).

A doença é facilmente detectada, pela presença de pústulas alaranjadas que recobrem a face inferior da folha. Essas pústulas estão cheias de urediniosporos, que são facilmente disseminados pelo vento. Os sintomas têm algumas variações de acordo com a idade do hospedeiro, sendo que a doença é mais severa em plantas com idades variando entre cinco e sete anos. Em viveiros, os sintomas mais comuns são manchas marrons e amarelas em plantas pequenas (GASPAROTTO et al., 2013; VIEIRA et al. 2007; PIERI et al., 2011). A severidade da ferrugem também varia de local para local e de ano em ano, dependendo das condições climáticas (FERRARI, 2011; ARGUEDAS, 2004).

Entretanto, devido à pequena área plantada com teca no Brasil as informações sobre a incidência de doenças existentes na literatura são escassas, sendo difícil estimar o seu real risco às grandes plantações. Com relação à sanidade das sementes de teca, são poucos os estudos, e o controle fitossanitário são informações que podem maximizar a produção desta cultura.

As recomendações técnicas para o controle da ferrugem da teca são ainda escassas. Atualmente, no controle da ferrugem recomenda-se inspeção dos viveiros de produção de mudas e erradicação das que apresentarem sintomas (FERRARI et al. 2011), sendo o uso de fungicidas cúpricos aconselhado, pois não existem fungicidas registrados no país para o controle dessa doença. Neste sentido, os padrões epidemiológicos contribuem para a compreensão dos mecanismos que governam o aumento da intensidade da doença numa população, permitindo estabelecer estratégias de manejo (VALE et al., 2004). Dessa forma, um estudo epidemiológico da ferrugem da teca pode contribuir para minimizar ou evitar os prejuízos causados pela doença.

Na análise da dinâmica temporal das doenças, utiliza-se a curva do progresso da doença que é a representação matemática da evolução da epidemia ao longo do tempo. Interpretar o formato dessas curvas e determinar os seus componentes epidemiológicos é fundamental para entender a dinâmica espaço-temporal de uma epidemia (MOREIRA, 2013).

Os modelos matemáticos de crescimento são capazes de resumir, na forma de expressões matemáticas relativamente simples, a relação existente entre doença e tempo, gerando modelos de previsão e auxiliando, dessa forma, na quantificação de danos e perdas. Para o estudo do progresso de doenças, têm se usado principalmente os modelos exponencial, monomolecular, logístico e de Gompertz (BERGAMIN FILHO, 2011).

Diante do exposto, este trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro, intitulado “Patogenicidade e transmissão de fungos associados às sementes de teca” em que objetivou-se identificar e quantificar os fungos associados às sementes de teca, determinar a patogenicidade desses microrganismos às mudas e a sua transmissibilidade semente-plântula. O segundo capítulo intitulado “Progresso temporal da ferrugem da teca em área tropical de cerrado no Brasil” teve como objetivo avaliar a dinâmica temporal da ferrugem da teca em plantas adultas, para entender o comportamento da epidemia e, conseqüentemente, estabelecer alternativas para o adequado manejo. Para tal, buscou-se verificar os componentes epidemiológicos (severidade, incidência) em uma época com condições favoráveis à ocorrência de epidemia da ferrugem da teca. Correlacionando o comportamento da doença com as variáveis climáticas do período de avaliação.

## 2 PATOGENICIDADE E TRANSMISSÃO DE FUNGOS ASSOCIADOS ÀS SEMENTES DE TECA

### RESUMO

A produção de mudas de teca (*Tectona grandis* L.f.) é realizada principalmente por sementes, que é um importante veículo de transmissão de diversos patógenos. Devido à pequena área plantada com teca no Brasil, há escassez de informações sobre a espécie, sobretudo relacionadas à sanidade das sementes utilizadas no Brasil para seu cultivo. Assim, objetivou-se com este trabalho identificar e quantificar os fungos associados às sementes de teca, a patogenicidade desses microrganismos às mudas e a transmissibilidade semente-plântula. Para o teste de sanidade foram utilizadas sementes adquiridas nos estados do TO, GO e SP; os tratamentos utilizados foram sementes desinfestadas e não desinfestadas, e sementes com e sem mesocarpo. O ensaio foi conduzido utilizando o método do papel de filtro (*Blotter test*). Para o teste de patogenicidade em mudas, utilizaram-se os isolados de *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Alternaria* sp. e *Plenodomus* sp. Para a avaliação da transmissão de fungos via semente-plântula foram utilizadas 100 sementes de cada local. De forma geral, foi possível identificar os seguintes gêneros de fungos nas sementes: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Botryodiplodia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Alternaria* e *Plenodomus*. Foi observada maior ocorrência de fungos nas sementes dos estados de Goiás e de São Paulo. Apenas os gêneros *Fusarium* e *Botryodiplodia* foram patogênicos às mudas de teca. Houve baixa transmissibilidade semente-plântula, sendo que apenas os gêneros fitopatogênicos *Fusarium* e *Alternaria* foram transmitidos.

Palavras-chave: fitopatógeno; sanidade; *Tectona grandis*.

### ABSTRACT

*Pathogenicity and transmission of fungi associated to teak seeds.* The production of teak seedlings (*Tectona grandis* L.f.) is mainly through seeds, which is an important vehicle for transmission of various pathogens. Due to the small area planted with teak in Brazil, there is limited information about this species, mostly related to the health of the seeds used in Brazil for its cultivation. Thus, the aim of this study was to identify and quantify the fungi associated with teak seeds, the pathogenicity of these microorganisms to seedlings and seed-seedling transmissibility. For sanity test were utilized seeds acquired in TO, GO and SP states, the treatments were disinfested seeds and without disinfestation and seeds with and without mesocarp. We conducted the test using a filter paper method (*Blotter test*). To pathogenicity test in seedlings, we utilized the isolates of *Fusarium* sp., *Botryodiplodia* sp., *Alternaria* sp. and *Plenodomus* sp. To evaluate the fungal seedling-transmission were used 100 seeds of each location. Overall, it was possible to identify the following genera of fungi in seeds: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Botryodiplodia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Alternaria* and *Plenodomus*. There was a higher occurrence of fungi in the seeds of Goiás and São Paulo states. Only the *Fusarium* sp. and *Botryodiplodia* sp. were pathogenic to teak seedlings. There was low seed-seedling transmissibility, and only the phytopathogenic genera *Fusarium* and *Alternaria* were transmitted.

Keywords: plant pathogens; sanity; *Tectona grandis*.

## 2.1 Introdução

A teca (*Tectona grandis* L.f.), originária do Sudeste Asiático, é uma espécie arbórea pertencente à família botânica *Lamiaceae* (SOUZA; LORENZI, 2008). Atualmente é bastante utilizada em áreas de reflorestamento, sendo a terceira espécie de folhosas tropicais com maior área plantada no mundo, ficando atrás apenas dos plantios de eucaliptos (*Eucalyptus* sp.) e acácias (*Acacia* sp.) (BEZERRA *et al.*, 2011). Esta espécie tolera uma grande variedade de climas, porém se desenvolve melhor sob condições tropicais moderadamente úmidas e quentes (DOTANIYA *et al.*, 2013). A teca tem sido reconhecida por possuir uma madeira de alta qualidade devido à combinação de beleza, resistência, durabilidade e rusticidade, tornando-a uma das madeiras mais valiosas do mundo com múltiplos usos, principalmente para a confecção de móveis finos e construção naval (COIMBRA *et al.*, 2014).

A produção de mudas de teca é realizada por propagação vegetativa ou por semente, sendo a produção por semente mais comumente utilizada. Comercialmente, o que é chamado de semente, na realidade, trata-se do fruto. O fruto é uma drupa que mede de 1 a 2 cm de diâmetro, consiste em uma membrana inflável de fácil remoção (exocarpo) que envolve uma espessa camada de textura feltrosa (mesocarpo) e um tecido bastante duro (endocarpo) (Anexo 2). Dentro do endocarpo existem quatro lóculos com até quatro sementes pequenas (5 a 6 mm de comprimento) e delicadas de difícil remoção, daí a dificuldade do seu emprego como material de propagação (CEZÁRIO, 2009; SCHUHLLI; PALUDZYSZYN FILHO, 2010; ROCHA *et al.*, 2011; PASA; BINSFELD, 2012).

Apesar de registros de sua introdução no Brasil em 1925, a silvicultura da teca em escala comercial é recente no país. Os primeiros testes com a espécie foram instalados no final dos anos 1960. A sua introdução no Brasil se deu por volta de 1968, pela empresa Cáceres Florestal S/A, na região do município de Cáceres, Mato Grosso. As sementes utilizadas para o primeiro plantio florestal intensivo de teca pela Cáceres vieram de Trinidad e Tobago, a origem geográfica dessas sementes é conhecida por “Tenasserim, Burma”, apreciada pela qualidade das árvores e por sua madeira de cor clara (SCHUHLLI; PALUDZYSZYN FILHO, 2010).

Apesar da teca ser apontada como resistente à maioria dos patógenos em plantações e bosques naturais, há relatos de pragas e doenças em áreas de cultivo. Kawasaki *et al.* (2012) observaram sintomas típicos de *Phomopsis* sp. em folhas de

teca no município de Jangada – MT. Bonaldo et al. (2011) verificaram, em 2009, presença de sintomas de ferrugem causada por *Olivea tectonae* em mudas e plantas adultas de diferentes idades localizadas em Sinop - MT. Poltronieri et al. (2008) encontraram, em um viveiro no município de Castanhal - PA, mudas de teca apresentando sintomas de queima da teia micélica causada por *Rhizoctonia solani*. Rondon et al. (2009) observaram, em um viveiro de Sinop – MT, mudas de teca com sintomas de antracnose causada pelo fungo do gênero *Colletotrichum*.

A qualidade sanitária das sementes florestais é um fator importante na germinação, pois a contaminação por organismos fitopatogênicos pode causar perdas devido à deterioração das sementes, além de anormalidades e lesões nas plântulas. Entre os fatores que podem afetar a qualidade das sementes florestais estão, sem dúvida, os de caráter fitossanitário, entre os quais se destacam os fungos. Quando as sementes e frutos contaminados são levados para o beneficiamento e/ou armazenamento, os fungos são disseminados para as sementes sadias, por isso, muitas vezes, há a necessidade de se realizar o tratamento das sementes (LAZAROTTO *et al.*, 2010; VECHIATO; PARISI, 2013).

Neste contexto, as informações sobre a sanidade de sementes de teca e incidência de doenças existentes na literatura são escassas. Assim, objetivou-se com este trabalho identificar e quantificar os fungos associados às sementes de teca, determinar a patogenicidade desses microrganismos às mudas e a sua transmissibilidade semente-plântula.

## **2.2 Material e métodos**

### **2.2.1 Origem das sementes e local dos experimentos**

As sementes de teca foram coletadas no município de Gurupi-TO, e sementes comerciais processadas foram adquiridas nos estados de Goiás e São Paulo. As sementes foram coletadas/adquiridas, acondicionadas em saco de papel, identificadas e armazenadas, até que fossem utilizadas no estudo.

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia, e em condições de casa de vegetação no Campus Universitário de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins (UFT) em julho de 2015 à fevereiro de 2016. Todos os experimentos realizados com avaliação de mudas foram conduzidos em casa de vegetação, com irrigação diária, sem controle de temperatura e umidade.

### **2.2.2 Teste de sanidade**

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram de sementes desinfestadas (SD) e não desinfestadas (SND), e sementes com (CM) e sem mesocarpo (SM) dos diferentes locais de coleta (TO, GO e SP). Cada repetição constou de 10 sementes por cada caixa transparente (gerbox), perfazendo um total de 200 sementes para cada origem.

A remoção do mesocarpo foi realizada com lâmina esterilizada. A assepsia das sementes foi realizada com álcool 50% (40 seg), seguida de hipoclorito de sódio 1% (40 seg) e posteriormente, três lavagens em água estéril.

Para a análise da sanidade das sementes, foi utilizado o método do papel-de-filtro (*Blotter test*). Foram distribuídas 10 sementes de forma equidistante em cada caixa gerbox para cada tratamento, previamente esterilizada com hipoclorito de sódio 1% e álcool 70%, forradas com duas folhas de papel filtro esterilizadas e umedecidas com água estéril. As caixas foram colocadas na câmara de incubação a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  com fotoperíodo de 12 horas, durante cinco dias. Em seguida, foi feita a análise da incidência dos fungos, nas sementes com o auxílio de lupa e microscópio estereoscópico, considerando-se como infectada a semente com a presença de estruturas fúngicas (conidióforo e/ou conídios). Os resultados da incidência dos fungos nas sementes foram expressos em porcentagem. Os fungos foram identificados ao nível de gênero, com o auxílio da bibliografia especializada de Ellis (1971) e Barnett e Hunter (1972).

Os gêneros considerados potencialmente fitopatogênicos foram isolados, cultivados e repicados em placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA); estas foram colocadas em câmara de incubação a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  com fotoperíodo de 12 horas, até a utilização nos outros ensaios (Anexo 3).

### **2.2.3 Avaliação da patogenicidade**

Para a avaliação da patogenicidade em mudas de teca, utilizaram-se os isolados de *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Botryodiplodia* sp. e *Plenodomus* sp. obtidos nos testes de sanidade, através do isolamento em meio BDA (Anexo 4).

As mudas de teca foram cultivadas em sacos plásticos contendo areia + terra preta esterilizadas, na proporção 1:2. Utilizou-se o delineamento experimental

inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (isolados fúngicos) e duas repetições. Cada repetição consistiu em uma planta.

Para as inoculações foram utilizadas oito mudas sadias de teca com aproximadamente 120 dias, sendo duas mudas para cada isolado fúngico. A testemunha foi constituída de duas plantas sadias, não inoculadas.

Utilizaram-se duas metodologias de inoculação, aplicação da suspensão de micélio nas folhas e fixação de disco micelial no caule e nas folhas de teca, para todos os isolados fúngicos. Para a preparação da solução de esporos, foram adicionados 10 mL de água estéril em cada placa contendo o inóculo. Com auxílio de um pincel de cerdas macias foi feita a desagregação do micélio. Em seguida a solução foi peneirada em um béquer e pulverizada nas folhas com o auxílio de um borrifador manual. Para a fixação de disco micelial, com o auxílio de uma lâmina esterilizada, foram feitos ferimentos superficiais no caule e nas folhas de cada planta, em seguida inoculou-se um disco de micélio de seis mm de diâmetro (o disco foi fixado no caule utilizando-se um palito de dente esterilizado).

As plantas inoculadas permaneceram em câmara úmida e escura por 48 h, a temperatura de 25°C. Após esse período, as mudas foram transferidas para casa de vegetação, onde permaneceram até a avaliação dos sintomas. Avaliou-se a patogenicidade dos isolados através da observação da presença dos sintomas e confirmação do agente causal.

As lesões observadas foram coletadas e submetidas ao processo de isolamento, objetivando confirmar a identidade do agente causal. Após a confirmação do agente causal, o patógeno foi repicado para obtenção de uma colônia pura; depois re-inoculado em mudas sadias. Os sintomas foram observados e confirmados, as lesões foram coletadas e os patógenos reisolados em meio BDA, confirmando a identidade do agente causal (Anexo 5).

#### **2.2.4 Teste de transmissão**

A partir dos resultados obtidos no teste de sanidade, investigou-se a transmissão dos fungos encontrados às plântulas de teca. Para isso, as sementes foram semeadas em bandejas plásticas com 28 x 43 cm, contendo como substrato a mistura esterilizada de subsolo + substrato comercial (2:1).

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram utilizadas 100 sementes de cada procedência (SP, GO e TO),

divididas em quatro repetições de 25 sementes por bandeja. Não houve incorporação de inóculo de patógeno a fim de verificar a transmissão de patógenos via semente.

As bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação durante todo o período das avaliações. A umidade do substrato foi mantida por meio de irrigações diárias. Foram realizadas avaliações diárias, avaliando-se as taxas (%) de plântulas germinadas, não germinadas, sadias e sintomáticas, observando os cotilédones, hastes, folhas, raiz, e plântulas mortas.

A avaliação da transmissão foi realizada através da observação diária das plântulas emergidas sintomáticas. As plântulas que apresentaram alguma lesão foram coletadas e amostras da folha ou caule infectadas foram isoladas e identificadas, conforme descrito anteriormente (Anexo 6).

### **2.2.5 Análise estatística dos dados**

Os dados obtidos nos ensaios foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico ASSISTAT. Os dados em porcentagem foram transformados em  $\arcsin \sqrt{x/100}$ , visando a normalização dos dados; nas tabelas e figuras, os dados apresentados são originais.

## **2.3 Resultados**

### **2.3.1 Teste de sanidade**

Observou-se que houve diferenças na incidência entre os tratamentos com sementes desinfestadas e não desinfestadas, bem como nos tratamentos com e sem mesocarpo. Sendo que a maior parte dos gêneros foram encontrados externamente (mesocarpo), porém também foram detectados fungos internamente (endocarpo) (Anexo 7). De forma geral, na análise sanitária das sementes foi possível identificar os seguintes gêneros *Fusarium*, *Trichoderma*, *Botryodiplodia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Alternaria* e *Plenodomus* (Tabela 1).

Tabela 1. Incidência média de fungos (%) em sementes de teca desinfestadas (SD) e não desinfestadas (SND), com (CM) e sem mesocarpo (SM), provenientes de diferentes estados.

Origem	Fungos	SD		SSD	
		CM	SM	CM	SM
São Paulo	<i>Fusarium</i> sp.	98 a	58 b	80 ab	50 b
	<i>Penicillium</i> sp.	36 a	6 b	32 ab	28 ab
	<i>Rhizopus</i> sp.	10 a	8 a	8 a	22 a
	<i>Aspergillus</i> sp.	14 a	2 b	0 b	2 b
	<i>Cladosporium</i> sp.	12 a	0 a	2 a	0 a
	<i>Alternaria</i> sp.	2 a	2 a	4 a	0 a
	<i>Plenodomus</i> sp.	0 a	0 a	4 a	0 a
Goiás	<i>Fusarium</i> sp.	52 a	56 a	50 a	50 a
	<i>Aspergillus</i> sp.	42 a	0 c	28 ab	4 bc
	<i>Penicillium</i> sp.	6 b	2 b	50 a	0 b
	<i>Rhizopus</i> sp.	0 b	0 b	44 a	0 b
	<i>Cladosporium</i> sp.	2 b	0 b	28 a	0 b
	<i>Trichoderma</i> sp.	2 a	6 a	2 a	0 a
	<i>Alternaria</i> sp.	0 a	6 a	10 a	2 a
Tocantins	<i>Fusarium</i> sp.	84 ab	94 a	86 ab	52 b
	<i>Trichoderma</i> sp.	6 ab	0 b	14 a	0 b
	<i>Botryodiplodia</i> sp.	0 a	0 a	8 a	0 a
	<i>Aspergillus</i> sp.	0 a	0 a	0 a	4 a
Média dos Tratamentos		20,33 b	13,33 c	25,00 a	11,88 bc

<sup>1</sup>Dados originais transformados em  $\arcsin \sqrt{x/100}$ ; <sup>2</sup>Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### 2.3.2 Avaliação da patogenicidade

Os fungos identificados dos gêneros *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Trichoderma* e *Penicillium* não foram utilizados para os testes de patogenicidade. A não utilização destes fungos foi em virtude destes gêneros estarem relacionados, na sua grande maioria, às condições inadequadas de armazenamento, ou são contaminantes em sementes, ou são conhecidos agentes antagonistas (VECHIATO; PARISI, 2013).

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, verificou-se que dentre os demais fungos possivelmente fitopatogênicos, apenas *Fusarium* sp. e *Botryodiplodia* sp. foram patogênicos às mudas de teca nas condições em que os testes foram realizados. Os demais gêneros, *Plenodomus* e *Alternaria*, não foram aptos a incitarem

doenças nas condições experimentais utilizadas. As testemunhas apresentaram-se assintomáticas durante toda a condução do estudo.

Os sintomas incitados por *Botryodiplodia* sp. consistiram de lesões irregulares nas folhas com coloração castanho-escura e halo clorótico no limbo foliar e na nervura principal, culminando com a necrose dos tecidos lesionados, causando a perda de área fotossintética. Estas manchas foram se expandindo até a coalescência e queima total das folhas (Figura 1).

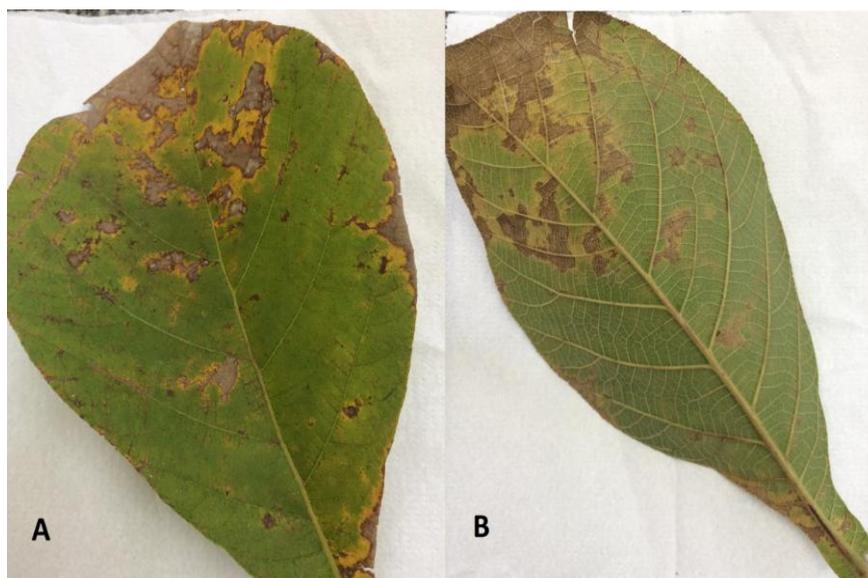


Figura 1. Sintomas ocasionados por *Botryodiplodia* sp. em mudas de teca. Aspecto da lesão 82 dias após a inoculação. Aspecto da lesão na face adaxial (A) e abaxial (B).

Nas mudas de teca inoculadas com *Fusarium* sp. foi possível observar lesões foliares, sendo estas irregulares com coloração castanho-escura culminando com a necrose dos tecidos lesionados (Figura 2). Não foi detectada podridão no caule durante o período de realização das avaliações.

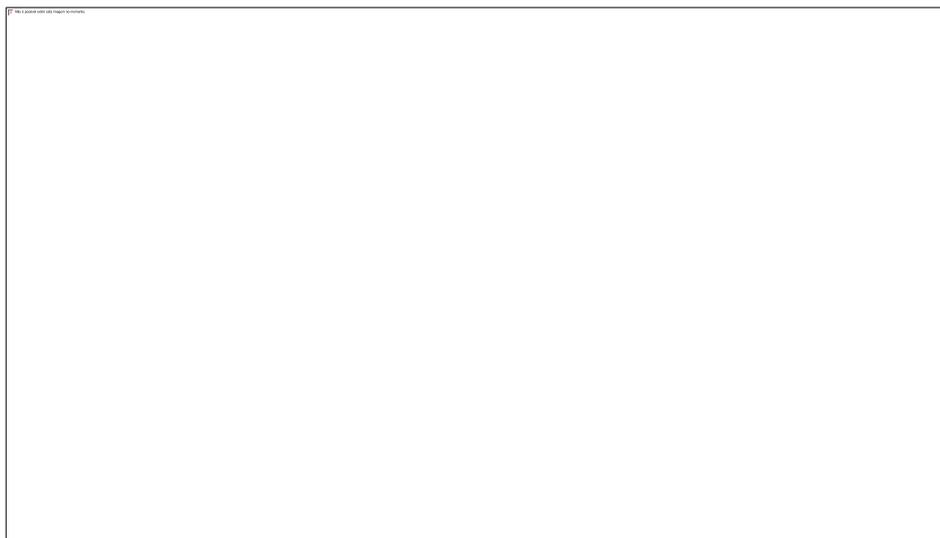
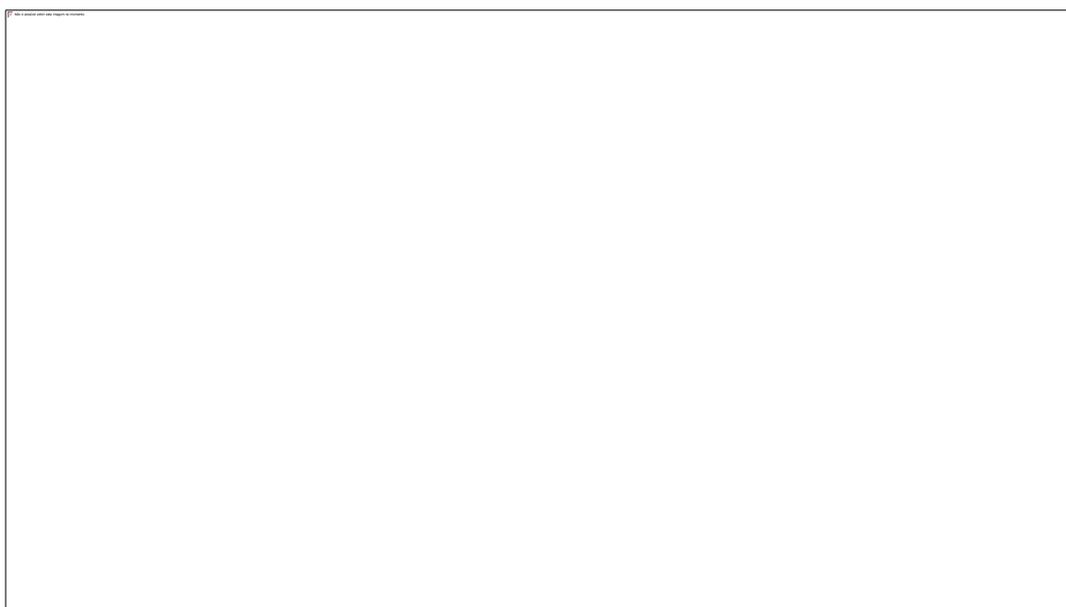


Figura 2. Sintomas ocasionados por *Fusarium* sp. em mudas de teca. Aspecto da lesão 20 dias (A) e 27 dias após a inoculação (B).

### **2.3.3 Teste de transmissão**

Os resultados do teste de transmissão apresentados (Figura 1), complementam os testes de detecção e comprovam se os fungos presentes nas sementes serão transmitidos para as plantas e, em caso positivo, os tipos de sintomas que produzirão. Houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis, percentagem de sementes não germinadas, sementes germinadas, plântulas normais e plântulas sintomáticas, para todas as localidades.



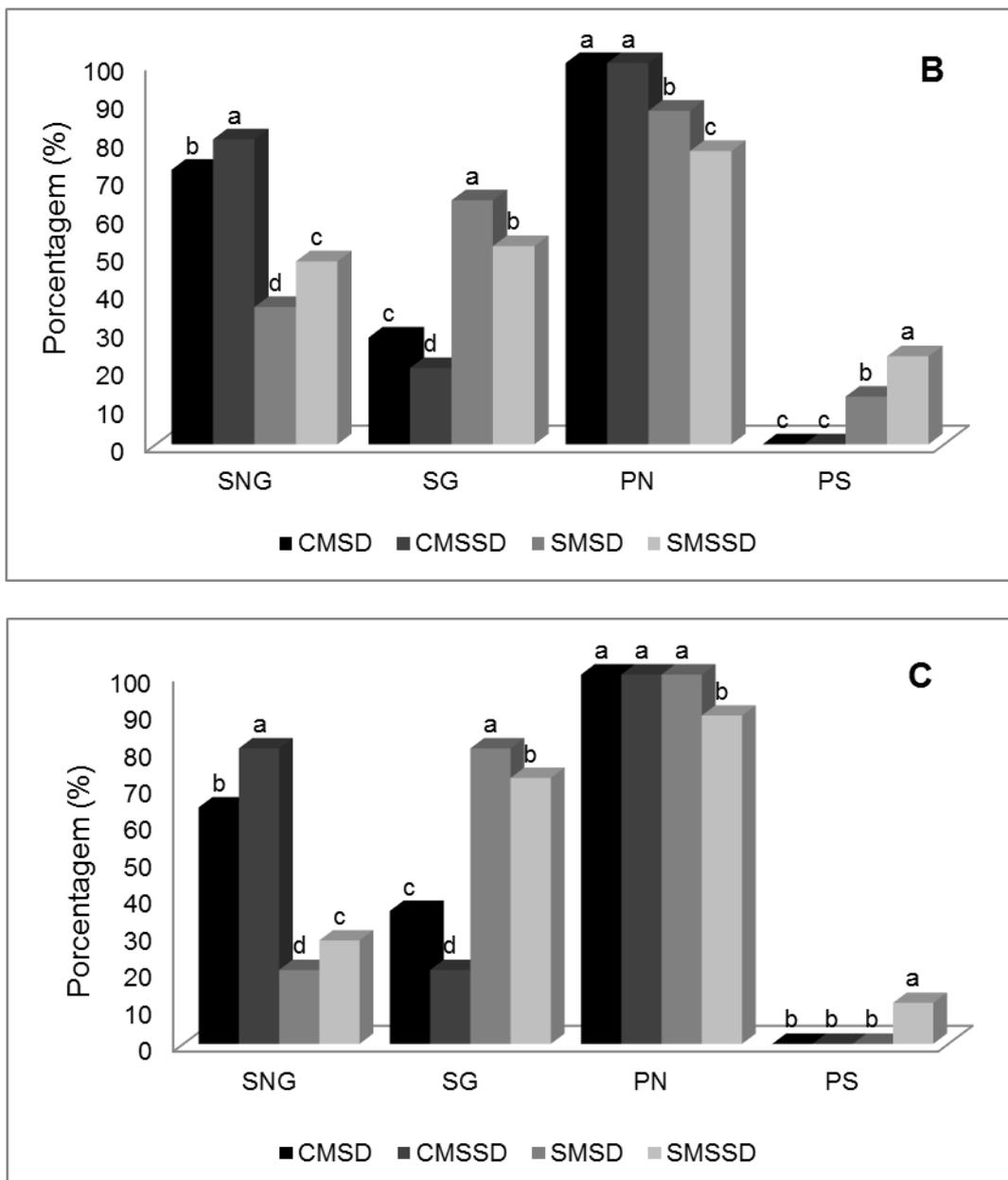


Figura 3. Porcentagem de sementes não germinadas (SNG), sementes germinadas (SG), plântulas normais (PN) e plântulas sintomáticas (PS) no teste de transmissão com sementes de teca originárias do Tocantins (A), Goiás (B) e São Paulo (C), submetidas aos tratamentos: com mesocarpo – sementes desinfestadas (CMSD), com mesocarpo – sementes não desinfestadas (CMSND), sem mesocarpo – sementes desinfestadas (SMSD) e sem mesocarpo – sementes não desinfestadas (SMSND). \*Dados originais transformados em  $\arcsin \sqrt{x/100}$ ; Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro

Verificou-se que na amostra procedente do estado do Tocantins houve uma maior porcentagem (92%) de sementes não germinadas no tratamento com mesocarpo sementes não desinfestadas. Maior porcentagem para plântulas sintomáticas (30%) foi observada no tratamento sem mesocarpo sementes não

desinfestadas, as quais apresentaram sintomas causados por *Fusarium* sp. (Figura 1A). Os fungos identificados nas amostras vegetais foram *Fusarium* sp., *Bipolaris* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp. (Anexo 8).

Nas amostras de Goiás, observou-se um percentual de até 80% de sementes não germinadas no tratamento com mesocarpo sementes não desinfestadas e 23,08% de plântulas sintomáticas no tratamento sem mesocarpo sementes não desinfestadas (Figura 1B). Os fungos identificados nas amostras vegetais foram *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. e *Aspergillus* sp. (Anexo 8).

Já nas amostras de São Paulo, ao contrário das demais localidades, observou-se uma maior porcentagem de sementes germinadas (80%) no tratamento sem mesocarpo sementes desinfestadas, e uma porcentagem de plântulas sintomáticas de até 11,11% no tratamento sem mesocarpo sementes não desinfestadas (Figura 1C), sendo identificados os fungos *Aspergillus* sp., *Verticillium* sp. e *Trichoderma* sp.

## 2.4 Discussão

### 2.4.1 Teste de sanidade

Foi possível constatar uma maior ocorrência de gêneros de fungos nas sementes dos estados de Goiás e de São Paulo, e por último nas sementes do Tocantins. Isso pode ser devido às formas de aquisição das sementes. As sementes do Tocantins foram coletadas a campo e a maioria, inclusive, ainda estava com o exocarpo. As sementes de São Paulo e Goiás eram comerciais, e no beneficiamento e/ou armazenamento dessas sementes os fungos podem ter sido disseminados ou contaminaram as sementes sadias, conforme enunciado por Lazarotto *et al.* (2010).

A maior parte dos gêneros foram encontrados externamente (mesocarpo), porém também foram detectados fungos no endocarpo, demonstrando que o mesocarpo pode não servir como uma barreira física aos fungos. Mohanan *et al.* (2005) e Murthy e Lokesh (2013) também observaram que embora fechadas em um duro endocarpo, as sementes de teca podem ser invadidas por fungos, causando a deterioração das mesmas nos lóculos.

A análise também demonstrou que, além de fungos comuns de armazenamento, as sementes de teca podem abrigar fungos potencialmente

fitopatogênicos. No trabalho realizado por Mohanan *et al.* (2005), na Índia, foram encontrados com mais frequência *Aspergillus* sp., *Botryodiplodia* sp., *Fusarium* sp. e *Trichoderma* sp. associados às sementes de teca.

De uma maneira geral, patógenos associados às sementes são transportados de duas maneiras: infecção ou infestação (contaminação). A infecção implica que o patógeno é transportado internamente, incrustado nos tecidos da semente. Quando um patógeno é transportado passivamente, ele é um contaminante ou infestante. Neste caso, o patógeno localiza-se sobre a superfície da semente (AGARWAL; SINCLAIR, 1987).

Segundo Kobayasti e Pires (2011), os patógenos transportados via sementes podem se associar às mesmas de forma superficial ou colonizar seus tecidos internos e, então, contaminá-las.

#### **2.4.2 Avaliação da patogenicidade**

O gênero *Fusarium*, apresenta diversas espécies com potencial fitopatogênico, mas em geral ataca mais as gramíneas, e são responsáveis pelas podridões no caule, tombamento de plântulas e podridões das radículas e grãos (SOUZA *et al.*, 2007). Lucini e Putzke (2015), ao fazer um levantamento da ocorrência de fungos associados a árvores de ipê amarelo (*Handroanthus chrysotrichu*), identificaram *F. oxysporum* associado com necrose foliar, corroborando com os resultados observados neste estudo.

Um fator que pode ter influenciado na ausência da podridão do caule nas mudas avaliadas é a idade das plantas, pois de acordo com Stangarlin *et al.* (2010), o grau de envolvimento dos fatores estruturais e bioquímicos nas respostas de resistência da planta varia de acordo com a idade da planta hospedeira, do órgão e/ou tecido afetado.

#### **2.4.3 Teste de transmissão**

Como pode ser observado, apenas as amostras de TO e GO apresentaram sintomas decorrentes dos fungos possivelmente fitopatogênicos detectados no teste de transporte, como *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp. Já o gênero *Bipolaris* sp. não foi anteriormente detectado no teste de transporte, portanto pode ter sido transmitido pelo solo, ou estava presente internamente nas sementes dentro do endocarpo. Já nas plântulas de SP, foram identificados apenas fungos de solo e de armazenamento.

Neergaard (1977) atribui às sementes o meio mais eficiente de transmissão e disseminação de patógenos, devido às facilidades de locomoção e transporte, não existindo assim barreiras geografias capazes de impedir a disseminação dos mesmos, visto que os patógenos podem transportar-se misturados ou aderidos à superfície, ou localizados no interior das sementes.

Embora o inóculo fúngico na forma de micélio ou esporos seja passível de transporte pela semente, à transmissão do patógeno depende principalmente da quantidade e localização do inóculo na semente e da sua capacidade de infectar a planta. A presença do patógeno no embrião da semente é a maneira mais eficiente de se garantir a infecção da plântula que dela será originada (AKHTAR *et al.*, 2007; KOBAYASTI; PIRES, 2011; SÁ *et al.*, 2011).

A baixa germinação das sementes de teca, neste estudo, pode ser explicada pela germinação lenta e irregular das sementes dessa espécie, com taxa relativamente baixa (30 – 50%), sendo geralmente atribuída a dormência tegumentar. Porém, a presença de fungos pode ser o fator principal para a baixa capacidade de germinação, já que estes microrganismos podem causar o aborto das sementes (MOHANAN *et al.*, 2005; COIMBRA *et al.*, 2014).

No trabalho realizado por Mohanan *et al.* (2005), através de testes utilizando sementes extraídas de teca, também revelou infecção em plântulas emergentes por fungos como *Fusarium* sp. e *Curvularia lunata*. Benetti *et al.* (2009), testaram a patogenicidade de quatro isolados de *Fusarium* sp. e um de *Pestalotia* sp., sendo que três dos isolados de *Fusarium* spp., ocasionaram baixa emergência de plântulas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). Os fungos que tiveram sua transmissibilidade confirmada foram inoculados novamente em plantas de teca sadias. Verificou-se que dos isolados testados, apenas *Fusarium* sp. provocou sintomas de manchas foliares quando inoculado em mudas de teca. O fato de o gênero *Fusarium* sp. ter sido patogênico à uma outra planta demonstra que a mesma pode ser afetada pelo microrganismo que foi transmitido por meio das sementes.

Com base nos fungos identificados das lesões, pode-se afirmar que houve baixa transmissibilidade dos fungos, além disso, não houve transmissibilidade semente-plântula para a maioria dos fungos detectados no teste de sanidade. Provavelmente, esta falha na transmissão seja decorrente de dois fatores, à baixa taxa de germinação e ao fato de que, na realidade, os fungos foram detectados no teste de sanidade apenas externamente às sementes de teca, ou seja, no tegumento

(mesocarpo e endocarpo); sendo que uma grande parte foi encontrada apenas no mesocarpo, como foi o caso dos gêneros *Botryodiplodia* sp. e *Plenodomus* sp. Dessa forma, o tegumento da semente de teca parece funcionar como uma barreira natural impedindo a penetração (infecção) de patógenos às sementes. Novos estudos serão necessários para elucidar essa proteção.

Portanto, é provável que os fungos transmitidos às plântulas de teca já estivessem nos tecidos internos (embrião) das sementes e, após a germinação, tenham infectado as plântulas. Os demais fungos encontrados associados às sementes de teca, *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. e *Cladosporium* sp. foram transmitidos da semente para a plântula, porém são saprófitas e/ou não são considerados fitopatógenos com importância confirmada.

## 2.5 Conclusões

O presente estudo mostrou que vários gêneros fúngicos estão associados às sementes de teca contendo ou não o mesocarpo e, além de fungos contaminantes, as sementes de teca também abrigam fungos potenciais que podem causar a diminuição de estande na produção das mudas.

Dos cinco gêneros inoculados nas plantas, apenas *Fusarium* sp. e *Botryodiplodia* sp. apresentaram-se patogênicos às mudas de teca causando lesões foliares, culminando com a necrose total.

Houve baixa transmissibilidade semente-plântula, sendo que apenas os gêneros *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp. foram transmitidos, porém comprovou-se a patogenicidade às plantas apenas de *Fusarium* sp. Contudo, os fungos tipicamente de armazenamento que foram detectados nas sementes, mas não transmitidos às plântulas, podem também ter causado podridões das sementes, atacando os cotilédones, apodrecendo-os antes da emergência das mesmas.

## 2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, V. K.; SINCLAIR, J. B. **Principles of seed pathology**. Boca Raton: CRC Press, v. 1, 1987. 175p.

AKHTAR, N.; MIRZA, J. H.; BAJWA, R.; JAVAID, A. Fungi associated with seeds of some economically important plants. **Mycopath**, v. 5, n. 1, p. 35-40, 2007.

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 3. ed. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1972. 241 p.

- BENETTI, S. C.; SANTOS, A. F.; MEDEIROS, A. C. S.; JACCOUD FILHO, D. S. Levantamento de fungos em sementes de cedro e avaliação da patogenicidade de *Fusarium* sp. e *Pestalotia* sp. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 79-83, 2009.
- BEZERRA, A. F.; MILAGRES, F. R.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G. Análise da viabilidade econômica de povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbastes no Mato Grosso. **Revista Cerne**, v. 17, n. 4, p. 583-592, 2011.
- BONALDO, S. M.; BARCELI, A. C.; TRENTO, R. A.; GASPAROTTO, F.; TAFFAREL, C. Relato oficial da ocorrência de *Olivea tectonea* em teca (*Tectona grandis*) no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 153, 2011.
- CEZÁRIO, M. D. **Patogenicidade de fungos isolados de teca (*Tectona grandis* Linn F.)**. 2009. 30 f. Monografia (Conclusão de curso em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba.
- COIMBRA, E. C.; VAZQUEZ, G. H.; NOGUEIRA, T. O. Superação da dormência e o uso de fungicida em diásporos de teca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1281-1286, 2014.
- DOTANIYA, M. L.; MEENA, V. D.; MANJU LATA, MEENA, H. P. Teak plantation – a potential source of income generation. **Popular Kheti**, v. 1, n. 3, p. 61-63, 2013.
- ELLIS, M. B. **Dematiaceous Hyphomycetes**. Surrey: Commonwealth Mycological Institute Kew, 1971. 608p.
- KAVASAKI, K.; BONALDO, S. M.; SANTOS, B. T. Ocorrência de *Phomopsis* sp. em *Tectona grandis* no Brasil. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 219-224, 2012.
- KOBAYASTI, L.; PIRES, A. P. Levantamento de fungos em sementes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 572-578, 2011.
- LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS A. F. dos. Detecção, transmissão, patogenicidade e controle químico de fungos em sementes de paineira (*Ceiba speciosa*). **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 2, p. 134-139, 2010.
- LUCINI, F.; PUTZKE, J. Fungos fitopatogênicos em *Handroanthus chrysotrichus* (Ipê amarelo – *Bignoniaceae*) cultivadas nos municípios de Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires – RS. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**, v. 27, n. 1, p. 49-55, 2015.
- MOHANAN, C.; CHACKO, K. C.; CHANDRAN, A.; VARMA, G. Seed health problems in tropical forest tree seeds and their impact on seedling production. **Finnish Forest Research Institute**, n. 11, p. 83-93, 2005.
- MURTHY, N.; LOKESH, S. Impact of *Cercospora apii* on teak nursery and its management in vivo. **International Journal of Agricultural Science and Research**, v. 3, n. 3, p. 47-54, 2013.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. 2. ed. London: Macmillan Press, 1977. 839 p.

PASA, M. C.; BINSFELD, T. J. B. N. Germinação de *Tectona grandis* L.f. e a etnobotânica do distrito de Água da Prata, Brasnorte, Mato Grosso. **Flovet – Boletim do Grupo de Pesquisa Vegetação e Etnobotânica**, v. 1, n. 1, 2012.

POLTRONIERI, L. S.; VERZIGNASSI, J. R.; BENCHIMOL, R. L. *Tectona grandis*, nova hospedeira de *Rhizoctonia solani* no Pará. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 291, 2008.

RONDON, M. N.; BONALDO, S. M. Ocorrência de antracnose em mudas de teca (*Tectona grandis*) no estado de Mato Grosso. In: I SEMINÁRIO FLORESTAL DO SUDOESTE DA BAHIA - Recursos Florestais para o Semi-árido, 2009, Vitória da Conquista. **Resumos...** Vitória da Conquista: Edições UESB, 2009. p.135-138.

ROCHA, R. B.; VIEIRA, A. H.; SPINELLI, V. M.; VIEIRA, J. R. Caracterização de fatores que afetam a germinação de teca (*Tectona grandis*): temperatura e escarificação. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 205-212, 2011.

SÁ, D. A. C.; SANTOS, G. R.; FURTADO, G. Q.; ERASMO, E. A. L.; NASCIMENTO, I. R. Transporte, patogenicidade e transmissibilidade de fungos associados às sementes de pinhão manso. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, p. 663-670, 2011.

SCHUHLI, G. S.; PALUDZYSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de teca e perspectivas para o melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 217-230, 2010.

SOUZA, A. E. F.; ARAÚJO, E.; NASCIMENTO, L. C. Atividade antifúngica de extratos de alho e capim-santo sobre o desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* isolado de grãos de milho. **Fitopatologia brasileira**, v. 32, n. 6, p. 465-471, 2007.

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. 703 p.

STANGARLIN, J. R.; SCHULZ, D. G.; FRANZENER, G.; ASSI, L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; KUHN, O. J. Indução de fitoalexinas em soja e sorgo por preparações de *Saccharomyces boulardii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 1, p. 91-98, 2010.

VECHIATO, M. H.; PARISI, J. J. D. Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, n. 1, p. 27-32, 2013.

### 3 PROGRESSO TEMPORAL DA FERRUGEM DA TECA EM ÁREA TROPICAL DE CERRADO NO BRASIL

#### RESUMO

A área cultivada com a teca (*Tectona grandis*) vem aumentando a cada ano no Brasil, porém existem poucos estudos sobre as doenças que incidem sobre a espécie. Entre as principais doenças registradas, até o momento, a ferrugem causada pelo patógeno *Olivea neotectonae* destaca-se como a principal devido aos danos que pode ocasionar. Sabe-se que o conhecimento epidemiológico da doença é de grande importância para o estabelecimento das estratégias de controle mais eficientes. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o progresso temporal da ferrugem em área tropical de Cerrado no Brasil. A doença foi monitorada a cada sete dias em plantas adultas marcadas aleatoriamente, inicialmente sem apresentar sintomas da doença. Quando foram visualizados os primeiros sintomas, foram avaliados os valores de incidência e severidade. A severidade da ferrugem foi quantificada por meio de uma escala visual de notas de 0 a 9, levando-se em consideração a porcentagem de área foliar afetada. Com esses dados, obtiveram-se as curvas de progresso da doença ajustando-se aos modelos matemáticos monomolecular, logístico e de Gompertz. Também foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para incidência e severidade da ferrugem. Correlacionou-se os dados de incidência e severidade com as variáveis climáticas, precipitação, temperatura e umidade relativa. Verificou-se que a incidência da ferrugem surgiu inicialmente aos sete dias após o início das avaliações e atingiu 100% de folhas infectadas aos 98 dias. Maior índice de severidade da doença foi detectado aos 147 dias da avaliação, com nível de doença igual ou superior a 75% de área foliar afetada. Houve correlação negativa e significativa entre a severidade com a temperatura mínima de modo que foi verificada uma tendência de aumento da severidade da ferrugem de acordo com a diminuição da temperatura no local. O modelo de Gompertz foi o que melhor se ajustou aos dados de severidade da ferrugem da teca.

Palavras-chave: epidemiologia; *Tectona grandis*; *Olivea neotectonae*.

#### ABSTRACT

*Temporal progress of rust teak in tropical area of cerrado in Brazil.* The cultivated area with teak (*Tectona grandis*) has been increasing every year in Brazil, but there are few studies on diseases that affect the specie. Among the main diseases recorded up to the time, the rust caused by the pathogen *Olivea neotectonae* stands out as the main one due to damages that it can cause. It is known that the epidemiological knowledge of the disease is of great importance to the establishment of strategies to more efficient control. Thus, the objective of this study was to evaluate the temporal progress of rust in tropical area of Cerrado in Brazil. The disease was monitored every seven days in adult plants selected randomly, initially without showing symptoms of the disease. When the first symptoms were visualized, we evaluated the incidence values. The rust severity was quantified by means of a visual scale from 0 to 9, taking into account the percentage of leaf area affected. With these data, we obtained the curves of progress of the disease by adjusting the mathematical, monomolecular, logistic and Gompertz models. It was also calculated the area under the disease progress curve (AUDPC) for incidence and severity of rust. It was correlated the incidence and severity data with

the climatic variables, precipitation, temperature and relative humidity. It was found that the incidence of rust appeared initially seven days after the beginning of the evaluations and reached 100% of infected leaves at 98 days. The highest index of the disease severity was detected at 147 days of evaluation, with a level of disease greater than or equal to 75% of leaf area affected. There was a significant negative correlation between the severity with the minimum temperature in a way that there was a trend of increased rust severity in accordance with the decrease of temperature on site. The Gompertz model was the one that best fit to the data of rust severity of teak.

Keywords: epidemiology; *Tectona grandis*; *Olivea neotectonae*.

### 3.1 Introdução

A teca (*Tectona grandis* L.), originária do Sudeste Asiático, é uma espécie arbórea pertencente à família botânica Lamiaceae (SOUZA & LORENZI, 2008). Atualmente é bastante utilizada em áreas de reflorestamento, sendo a terceira espécie, entre as folhosas tropicais mais plantadas do planeta, ficando atrás apenas do eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e acácia (*Acacia* sp.) (ABRAF, 2012). Esta espécie tolera uma grande variedade de climas, porém se desenvolve melhor em condições tropicais moderadamente úmidas e quentes (WEAVER, 1993).

Durante todo o seu ciclo vegetativo, a teca pode ser afetada por um grande número de doenças, sendo os fungos considerados os principais agentes fitopatogênicos. Dentre as doenças que ocorrem na cultura, à ferrugem causada por *Olivea neotectonae* T.S. Ramakrishnan & K. Ramakrishnan (= *Chaconia tectonae* T.S. Ramakrishnan & K. Ramakrishnan), destaca-se como a mais importante pelos danos que pode ocasionar. Esta doença já foi relatada em vários plantios pelo Brasil, além de outros países da América Central, América do Sul, Ásia e Oceania (PÉREZ et al., 2009; PIERI et al., 2011; HACKBARTH, 2014).

A doença causa desfolha severa e prematura em todas as fases fenológicas da cultura, ocasionando redução da taxa fotossintética, reduzindo assim a velocidade de crescimento das plantas; conseqüentemente interferindo na produção madeireira, e pode, dependendo da idade da planta, provocar a sua morte. A disseminação do patógeno é favorecida pelo vento nos períodos secos e requer precipitação ou molhamento foliar para seu estabelecimento dentro da cultura, podendo também ser disseminada por meio de plantas vivas infectadas, já que por sementes seria muito improvável (GASPAROTTO & PEREIRA, 2013; FERRARI, 2011; PIERI et al., 2011).

A área plantada com teca no Brasil apesar de crescente ainda é considerada pequena quando comparadas aos plantios em outras regiões do mundo. Assim, as informações sobre a incidência e epidemiologia de doenças existentes na teca no país são escassas, sendo difícil estimar o seu real risco às futuras grandes plantações. Entretanto, devido às perdas significativas que a ferrugem da teca pode causar quando não controlada, a doença foi classificada como quarentenária A1 no Brasil (FERRARI, 2011). Sabe-se que o conhecimento epidemiológico da doença é de grande importância para o estabelecimento das estratégias de controle mais eficientes (VALE et al., 2004). Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o progresso temporal da ferrugem da teca em região de Cerrado no Brasil, buscando-se compreender melhor o comportamento da epidemia e, desta forma, no futuro, se possa estabelecer alternativas para o adequado manejo.

## **3.2 Material e métodos**

### **3.2.1 Localização e caracterização da área de estudo**

O ensaio foi realizado em plantio localizado na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, estado do Tocantins, região Norte do Brasil, localizado a 11°43'45''S latitude, 49°04'07'' W longitude, e altitude de 278 metros acima do nível do mar (Anexo 9). O clima predominante na região é do tipo C2wA'a", tratando-se de clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial média anual de 1.500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada, segundo a classificação climática de Thornthwaite (1948). A temperatura média anual é de 29,5°C, com umidade relativa média do ar em torno de 76% e precipitação média anual de 1.804 mm.

A área de estudo consistiu de árvores com idade variando de três a sete anos de idade, plantadas no espaçamento de 3,0 m x 2,0 m. A escolha de cada planta foi feita procurando-se manter uma equidistância entre elas de modo a ter unidades representativas em todas as partes do plantio. Foram selecionadas aleatoriamente e marcadas dez árvores, com o objetivo de monitorar a incidência (porcentagem de folhas com ferrugem), severidade (níveis de infecção) e desfolha sempre na mesma árvore. Em vista da dificuldade em avaliar a severidade em todas as folhas, foram selecionadas, de forma aleatória, marcadas, enumeradas e avaliadas

individualmente, dez folhas sadias dos terços inferior, médio e superior da copa, e das partes apical, mediana e basal do ramo de cada árvore, totalizando 100 folhas.

### 3.2.2 Dados climáticos

Para se avaliar a influência dos fatores climáticos sobre a epidemia da ferrugem, as variáveis climáticas registradas durante todo o período de condução do experimento foram coletadas pela estação agrometeorológica localizada na região do estudo, e encontram-se expressas na Figura 1.

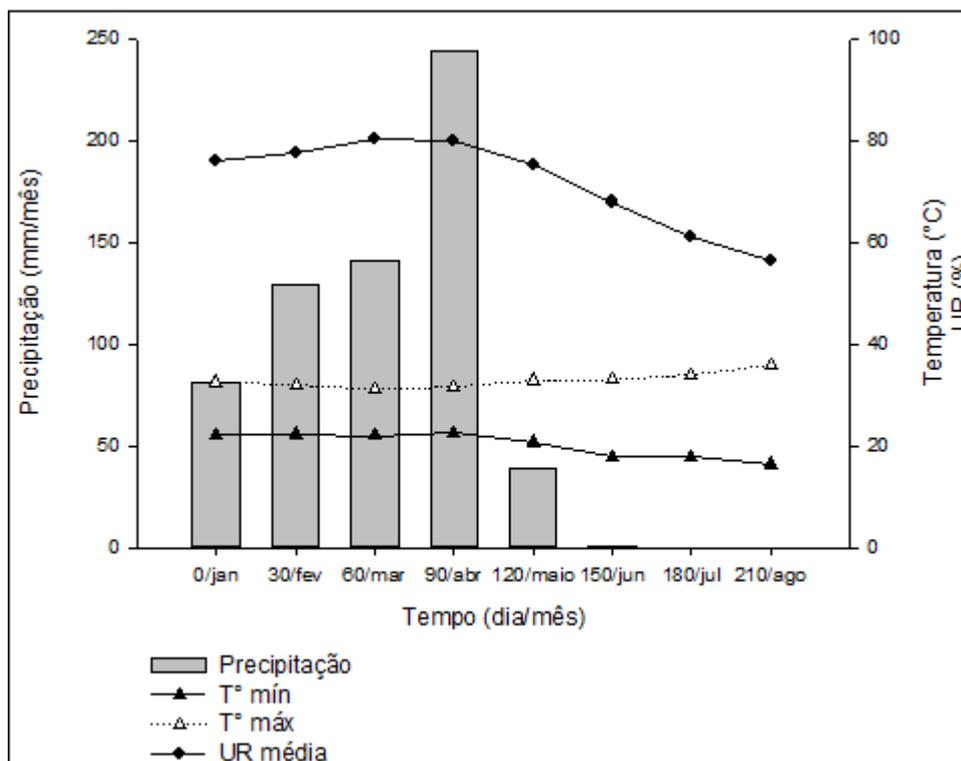


Figura 4. Variáveis climáticas registradas durante a condução do estudo, no período de 01 de janeiro a 31 de agosto de 2015 em Gurupi, Tocantins, Brasil.

### 3.2.3 Avaliação da doença

As avaliações foram realizadas semanalmente, em um total de 29 avaliações no período de 30 de janeiro a 14 de agosto de 2015. No presente estudo, a doença surgiu e progrediu a partir da infecção natural que provavelmente havia no local do estudo. Quando surgiram os primeiros sintomas, algumas folhas não marcadas foram coletadas e levadas ao laboratório, a fim de realizar a diagnose através da observação

de estruturas do patógeno com o auxílio de microscópio óptico e comparação com literatura especializada (Anexo 10) (CABRAL et al., 2010).

A incidência da ferrugem foi calculada levando-se em consideração o número de folhas de cada árvore, com sintoma da ferrugem, dividido pelo número total de folhas avaliadas, multiplicado por 100, assim expresso em porcentagem de incidência.

Para a avaliação da severidade da ferrugem foi adotada a escala de notas proposta por Santos et al. (2005), em que: 0 = planta sadia; 1 = menos de 1% da área foliar doente; 3 = 1 a 5% da área foliar doente; 5 = 6 a 25% da área foliar doente; 7 = 26 a 50% da área foliar doente; 9 = mais que 50% da área foliar doente (Anexo 11). Após a obtenção dos dados das notas de severidade, os valores obtidos em cada árvore foram transformados (valor médio da nota) em proporção de área foliar infectada, e foram plotados *versus* o tempo e expressos em curva de progresso da doença, a fim de representar o progresso da doença em estudo.

Para uma melhor representação e compreensão da epidemia no patossistema em estudo, ajustaram-se os modelos para as curvas de progresso da ferrugem da teca, por meio da plotagem dos valores de severidade (variável dependente) obtidos em função do tempo (variável independente). Os modelos matemáticos mais utilizados em epidemiologia foram ajustados aos dados: o modelo monomolecular  $x = 100 \left( 1 - \left( 1 - \frac{x_0}{100} \right) \exp(-rt) \right)$ , o modelo logístico  $x = \frac{100}{1 + \left( \frac{100}{x_0} - 1 \right) \exp(-rt)}$ , e o modelo de Gompertz  $x = 100 \exp \left( \ln \left( \frac{x_0}{100} \right) \exp(-rt) \right)$ . Onde: x representa a severidade em porcentagem no instante t,  $x_0$  é a severidade inicial da doença e r = taxa de crescimento da doença para cada modelo, sendo o tempo em dias (Campbell & Madden, 1990; Bergamin Filho, 2011). Para a escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados, levou-se em consideração o maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o menor desvio padrão para o inóculo inicial da doença ( $x_0$ ).

Com os dados de incidência e severidade, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para incidência (AACPDI) e severidade (AACPDS), através da equação proposta por Campbell & Madden (1990),  $AACPD = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{Y_{i+1} + Y_i}{2} \right] * [(T_{i+1} - T_i)]$ , em que “n” é o número total de observações;  $Y_i$  é a severidade da doença na “i”-ésima repetição;  $T_i$  é o tempo em dias na “i”-ésima observação.

Os dados de incidência e severidade da ferrugem foram analisados buscando-se correlação, pelo método de correlação de Pearson, com os dados climáticos observados (precipitação, temperatura e umidade relativa média), posteriormente analisados pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

### 3.3 Resultados

A doença ocorreu naturalmente, sendo os sintomas identificados como pequenas pontuações cloróticas e/ou necróticas visualizadas na parte adaxial da folha, que correspondiam ao início da infecção. Na parte abaxial observaram-se massas de uredinósporos de coloração alaranjada com intensa esporulação, característico dos sinais do patógeno *Olivea neotectonae*.

Os primeiros sintomas foram observados aos sete dias após o início das avaliações e aumentaram rapidamente até os 35 dias (Figura 2). Para fins de representação no gráfico, foi considerado o progresso da incidência até o mês de maio, o que corresponde a 100 dias do início das avaliações, pois a partir desta data a doença já havia atingido incidência máxima, com todas as folhas das dez árvores avaliadas já apresentando os sintomas em menor ou maior grau.

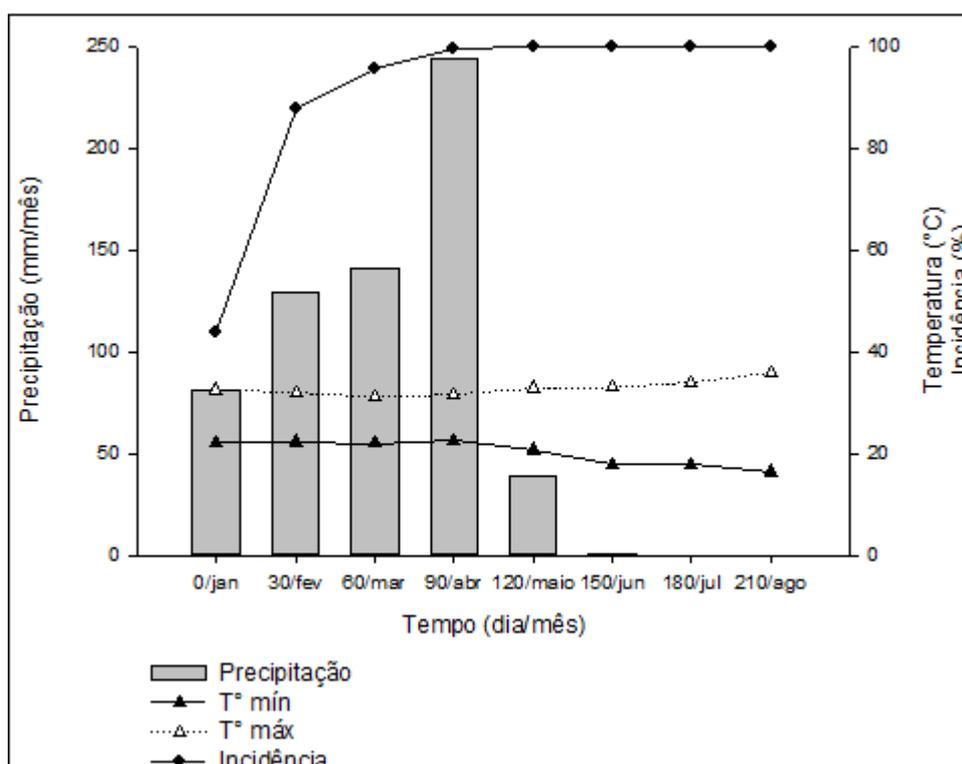


Figura 5. Curva epidemiológica do progresso da incidência da ferrugem da teca (*Olivea neotectonae*) e variáveis climáticas observadas no período de avaliação. Gurupi, Tocantins, Brasil.

Verificou-se, no início das avaliações uma tendência de a incidência da doença aumentar com o tempo até atingir 100% de folhas infectadas aos 98 dias do início da avaliação, coincidindo com períodos de aumento da precipitação e com temperatura média (média mensal) de 26,9°C (Figura 2). Sabe-se que a evolução das epidemias está diretamente relacionada com as variáveis climáticas. No entanto, verificou-se que a precipitação não apresentou correlação significativa com a incidência da ferrugem no período de avaliação (Tabela 1). Houve correlação positiva não significativa entre a incidência e a temperatura máxima; correlação negativa não significativa entre a incidência e a temperatura mínima; e negativa não significativa para a umidade relativa média.

Tabela 2. Coeficientes de correlação (r) entre incidência e severidade da ferrugem da teca (*Olivea neotectonae*) e dados climáticos de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa média (UR%) do ar registradas na região de estudo, no estado do Tocantins, Brasil.

<b>Ferrugem</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>T° Máx (°C)</b>	<b>T° Mín (°C)</b>	<b>UR (%)</b>
Incidência	-0,08 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>
Severidade	-0,37 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	-0,70*	-0,56 <sup>ns</sup>

ns = não significativo. \* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

A curva de progresso da severidade da ferrugem da teca nas árvores avaliadas, pode ser observada na Figura 3. Nota-se um aumento contínuo no progresso da doença desde o início das avaliações, sendo que o maior índice de severidade ocorreu a partir de 147 dias, época em que todas as árvores apresentavam folhas com severidade igual ou superior a 75%.

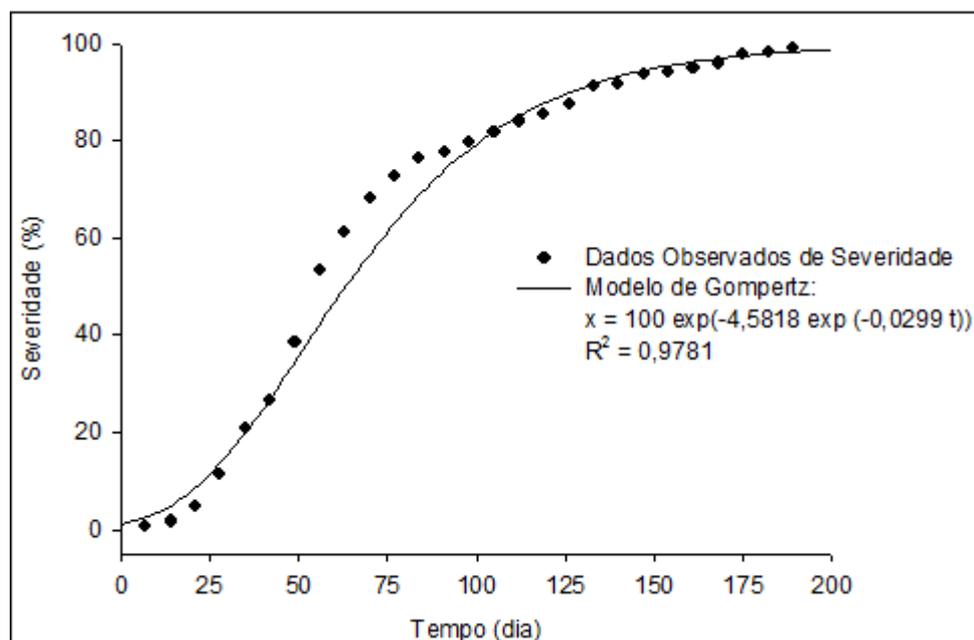


Figura 6. Curva epidemiológica do progresso da severidade da ferrugem da teca (*Olivea neotectonae*) com o ajuste do modelo de Gompertz. Gurupi, Tocantins, Brasil.

Os resultados referentes às análises de correlação da severidade *versus* condições climáticas indicam correlação negativa não significativa para a precipitação; negativa não significativa para a umidade relativa média; positiva e não significativa para temperatura máxima; e negativa e significativa para a temperatura mínima, indicando a tendência de que o gradiente térmico verificado entre as altas temperaturas e as mais baixas proporcionaram condições favoráveis ao aumento da severidade da ferrugem provavelmente proporcionado pelo molhamento foliar (Tabela 1).

Analisando-se os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvio padrão do inóculo inicial ( $x_0$ ) dos dados de severidade da ferrugem da teca, foi possível perceber que a transformação Gompertz foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais de progresso da doença em estudo (Figura 3), pois proporcionou um maior ( $R^2$ ) igual a 0,97, e menor desvio padrão do inóculo inicial da doença, ajustando-se melhor aos dados quando comparado ao monomolecular e logístico (Tabela 2, Figura 4).

Tabela 3. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ), desvio padrão do inóculo inicial ( $x_0$ ) e da taxa de infecção ( $r$ ) dos modelos Logístico, Monomolecular e de Gompertz dos dados de severidade da ferrugem da teca (*Olivea neotectonae*).

Modelos epidemiológicos	$R^2$	Inóculo inicial ( $x_0$ )	Taxa de infecção ( $r$ )
Logístico	0,8966	4,092%	0,0414
Monomolecular	0,9667	-72,495%	0,0232
Gompertz	0,9781	1,023%	0,0299

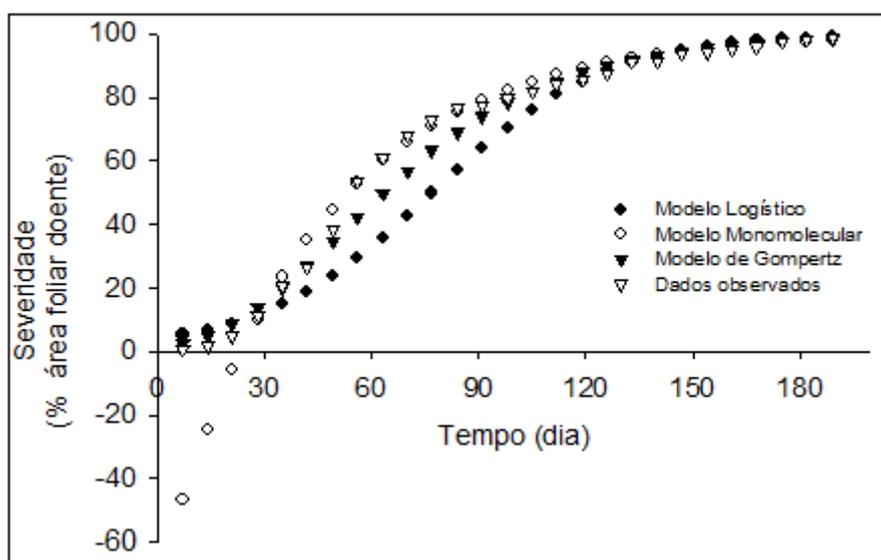


Figura 7. Curva epidemiológica do progresso da severidade da ferrugem da teca (*Olivea neotectonae*) com o ajuste dos modelos Logístico, Monomolecular e de Gompertz. Gurupi, Tocantins, Brasil.

De acordo com a análise realizada, houve diferença estatisticamente entre a AACPDI e a AACPDS, maiores valores foram observados para a AACPDI, pois com 98 dias a doença já havia atingido incidência máxima, sendo que para severidade a AACPDS máxima foi atingida apenas com 147 dias (Figura 5).

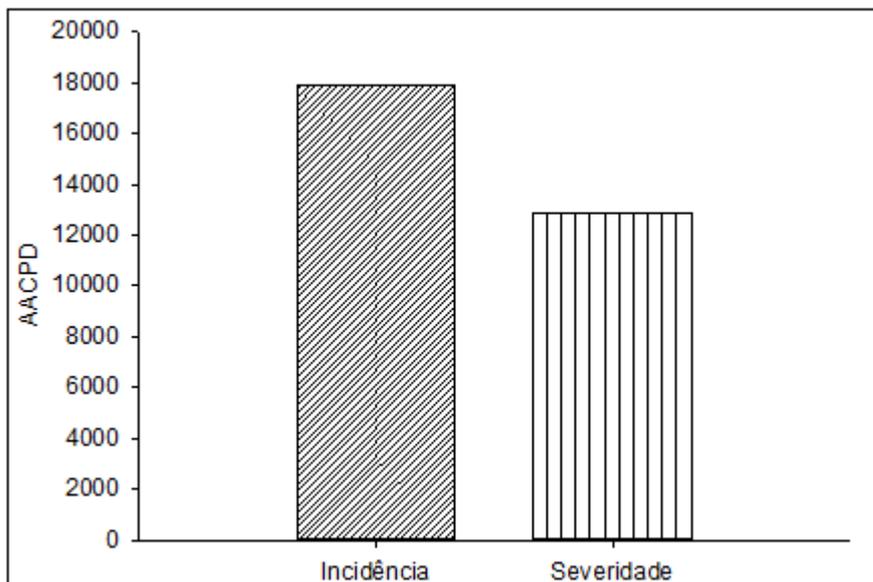


Figura 8. Valores médios da área abaixo da curva de progresso da ferrugem da teca (*Olivea neotectonae*) para incidência (AACPD I) e para severidade (AACPD S), no período de janeiro a agosto de 2015. Gurupi, Tocantins, 2015. \*Médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

### 3.4 Discussão

Durante os meses de fevereiro a abril (correspondente ao 7 e 90º dias da avaliação) a precipitação foi elevada na região do estudo, isso pode ter favorecido a germinação dos urediniósporos e dar início a infecção nas folhas de teca. O aumento da incidência foi elevado nos primeiros dias de avaliação e atingiu valor máximo aos 98 dias. Este aumento não dependeu exclusivamente da precipitação mas também de outras variáveis. Isto demonstrou que a incidência foi um ótimo parâmetro para monitoramento da doença nos primeiros meses de avaliação, porém atingindo o valor máximo, tornou-se desnecessário. Já a severidade foi um parâmetro eficaz de avaliação em todo o período, pois permitiu a quantificação da doença em toda a época de monitoramento. O aumento da severidade ocorreu mesmo no período seco, indo do 91º aos 196º dias após o início das avaliações. Isso demonstrou que o progresso da ferrugem também não dependeu exclusivamente da precipitação. Após a germinação dos urediniósporos as altas temperaturas e umidade foram suficientes para o aumento da severidade da ferrugem.

Em condições tropicais, Díaz et al. (2004) avaliando plantações de teca em três regiões da Costa Rica, com árvores de diferentes idades em cada região observaram que a distribuição do patógeno foi generalizada em todas as regiões

visitadas. Porém, relataram que a precipitação de alguma forma estava influenciando no grau de severidade da ferrugem da teca, já que a região com maior incidência (99,38%) e severidade (>25%) foi aquela com precipitação média anual em torno de 3000 mm, diferente do observado neste estudo.

Durante o período de avaliação da ferrugem nas folhas de teca, a temperatura máxima chegou a 38 °C e a mínima esteve próxima a 18 °C durante as madrugadas. Esta diferença registrada entre a temperatura diurna e a noturna, com o gradiente térmico em torno de 20 °C possibilitou a formação de molhamento foliar e provavelmente favoreceu a germinação dos urediniosporos de *O. neotectonae*, dando início a infecção nas folhas e possivelmente favorecido o aumento da severidade da doença durante a condução das avaliações. A correlação significativa observada entre a severidade e a temperatura mínima evidenciou isto.

Em outros patossistemas, Takahashi (2002), observou que durante os períodos mais propícios à ocorrência da ferrugem do eucalipto (*Puccinia psidii* Winter) a temperatura média encontrava-se em torno de 18 °C com máxima de 25° C e mínima de 12 °C e valores diários de molhamento foliar igual ou superior a 8 horas. Tessmann et al. (2001) estudando a epidemiologia no patossistema de *P. psidii* versus *Syzygium jambos* verificaram que a epidemia desta ferrugem, na região central do Brasil, depende da duração da umidade na folha (molhamento foliar) à noite e também das temperaturas durante o mesmo período.

O nível de severidade da ferrugem depende de condições ambientais favoráveis, como ficou demonstrado acima. Devido a tais dependências, o patógeno deve possuir mecanismos de sobrevivência altamente eficientes, uma vez que ambas as condições não ocorrem, ao mesmo tempo, em qualquer época do ano. Nas Uredinales, não havendo condições favoráveis, pode ocorrer à formação de esporos sexuados denominadas teliósporos, que devido à sua grande resistência possibilita a sobrevivência do patógeno em períodos adversos (FIGUEIREDO & CARVALHO JR, 1995). Como no caso da ferrugem da teca, ainda não foi encontrada a fase sexuada no Brasil, é possível que outras plantas possam estar servindo como hospedeiras alternativas do patógeno nos períodos desfavoráveis à ocorrência da doença.

Considerando-se que há uma grande perspectiva de aumento da área cultivada com teca nas áreas tropicais do Cerrado brasileiro e que apesar de ferrugem ser considerada a doença mais importante da cultura praticamente não há estudos realizados que permitam a utilização de medidas eficazes de controle da doença.

Desta forma, novos estudos deverão ser realizados buscando-se o maior conhecimento da doença, envolvendo aspectos da biologia do patógeno, epidemiologia e medidas de manejo integrado da doença.

### 3.5 Conclusões

O presente trabalho demonstrou que houve aumento da incidência da ferrugem nos períodos onde ocorreu precipitação e com temperatura média mensal em torno de 26 °C. Portanto, diante dessas condições favoráveis à ocorrência da doença, torna-se importante que se faça um controle preventivo para evitar o maior progresso da doença nas plantas.

Foi verificada tendência de aumento da severidade da ferrugem em períodos de temperaturas consideradas amenas. O molhamento foliar, influenciado pelo maior gradiente térmico, pode ter favorecido o maior desenvolvimento da ferrugem.

O modelo de Gompertz foi o que melhor se ajustou aos dados de severidade da ferrugem da teca.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. ABRAF: Brasília, 2013. 148 p.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia - Princípios e Conceitos**. São Paulo: Ceres, p. 647-666, 2011.

CABRAL, P. G. C. et al. First report of teak leaf rust disease caused by *Olivea tectonae* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 5, p. 113 – 114, 2010.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990.

DÍAZ, L. M.; ISLAS, J. S. S.; GAMBOA, M. A. Prevalencia de la roya *Olivea tectonae* (Rac.) de la teca (*Tectona grandis* L.f.) en Costa Rica. **Kurú: Revista Florestal**, v. 3, n. 9, p. 1-12, 2006.

FERRARI, J. T. **Ferrugem (*Olivea tectonae*) em plantas de teca**. São Paulo: Instituto Biológico, 2011. 6 p. (Documento técnico N° 009).

FIGUEIREDO, M. B.; CARVALHO JUNIOR, A. A. Presença de um auto-inibidor nos teliósporos telióides de *Puccinia pampeana* e o seu papel na sobrevivência da espécie. **Summa Phytopathologica**, v. 21, p. 200-205, 1995.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. **A ferrugem da teca no estado do Amazonas**. Portal Embrapa, Embrapa Amazônia Ocidental, 2013. 4 p. (Comunicado técnico, 101).

HACKBARTH, A. C. et al. Influência da concentração, do fotoperíodo e da temperatura de armazenamento na germinação de urediniósporos de *Olivea tectonae*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 340-348, 2014.

PÉREZ, M.; LÓPEZ, M. O.; MARTÍ, O. *Olivea tectonae*, leaf rust of teak, occurs in Cuba. **Plant Pathology**, v. 58, n. 2, p. 397-397, 2009.

PIERI, C. et al. Novas observações sobre a ocorrência da ferrugem da teca (*Tectona grandis*) no Brasil e revisão taxonômica do patógeno **Summa Phytopathologica**, v.3 7, n. 4, p. 199 - 201, 2011.

SANTOS, G. R. et al. Progresso do crestamento gomoso e perdas na cultura da melancia. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 228-232, 2005.

SOUZA, V. C. & LORENZI, H. **Botânica sistemática guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

TAKAHASHI, S. S. **Ferrugem do eucalipto: índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionadas à intensidade da doença no campo**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

TESSMANN, D. J.; DIANESE, A. C.; MIRANDA; CASTRO, L. H. R. Epidemiology of a Neotropical rust (*Puccinia psidii*): periodical analysis of the temporal progress in a perennialhost (*Syzygium jambos*). **Plant Pathology**, v. 50, p. 725-731, 2001.

THORNTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 1, p. 55-94, 1948.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004.

WEAVER, P. L. **Tectona grandis Linn f. Teak**. New Orleans: USDA Forest Service, 1993.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou a importância das sementes de teca como hospedeiras de fungos potenciais que podem afetar a qualidade das sementes e, conseqüentemente, prejudicar a produção de mudas. Além disso foi comprovada a patogenicidade destes microrganismos às plantas de teca e o transporte via semente-plântula de fungos fitopatogênicos. Evidenciando a importância da qualidade sanitária das sementes de teca, e, portanto, o tratamento e armazenamento adequados das sementes.

A ferrugem da teca, causa desfolha intensa com o aumento da severidade da doença, levando à perdas significativas na produção madeireira devido à redução da taxa fotossintética. Até o presente momento, ainda não existem medidas de controle específicas e efetivas contra a doença. Em todo caso, para estabelecer estratégias de manejo adequadas e eficientes, é necessário um profundo conhecimento do patossistema.

O modelo matemático de Gompertz foi o que melhor se ajustou aos dados da severidade da ferrugem da teca analisados neste trabalho. Este conhecimento permite uma acurácia da previsão de níveis futuros de doença, possibilitando uma tomada de decisão com a antecedência necessária para que danos econômicos não sejam causados à cultura.

O levantamento realizado na presente pesquisa corroborou neste sentido, proporcionando dados representativos da doença, permitindo visualizar sua distribuição e os períodos de maior incidência e severidade. Apesar dos resultados promissores, faz-se necessário a realização de trabalhos adicionais e estudos aprofundados, sob condições de ambiente controlado, para afirmar as específicas condições exigidas pelo fungo *O. neotectonae*.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGUEDAS, M. La roya de la teca *Olivea tectonae* (Rac.): consideraciones sobre su presencia en Panamá y Costa Rica. **Kurú Revista Florestal**, Costa Rica, v. 1, n. 1, p. 1 - 6, 2004.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia - Princípios e Conceitos**. São Paulo: Ceres, p. 647-666, 2011.

BONALDO, S. M. et al. Relato oficial da ocorrência de *Olivea tectonae* em teca (*Tectona grandis*) no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 85, 2011.

BORGES, R. C. F. et al. **Efeito da adubação e de clones na ferrugem (*Olivea tectonae*) da teca**. 45º Congresso Brasileiro de Fitopatologia - Manaus, AM, 2012.

CABRAL, P. G. C. et al. First report of teak leaf rust disease caused by *Olivea tectonae* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 5, p. 113 – 114, 2010.

CALDEIRA, S. F. et al. Caracterização e avaliação da qualidade dos frutos de teca (*Tectona grandis* L.f.) produzidos no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 216–224, 2000.

CAMINO, R. de; MORALES, J. P. Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades. **Turrialba: CATIE**, 2013. 392 p. (Série técnica: Informe técnico, 397).

CENTENO, J. C. El manejo de las plantaciones de teca. **Actualidad Forestal Tropical**, Japón, v.5, n.2, p.10 - 12, 1997.

FERRARI, J. T. **Ferrugem (*Olivea tectonae*) em plantas de teca**. São Paulo: Instituto Biológico, 2011. 6 p. (Documento técnico, 009).

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, L. C. de; BARBOSA, L. K. F. **Teca (*Tectona grandis* L.f.): principais perguntas do futuro empreendedor florestal**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 87 p. (Documentos, 97).

FLÓREZ, J. B. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de teca (*Tectona grandis* L.f.)**. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) -Universidade Federal de Lavras.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO. **The Future of Teak and the High-Grade Tropical Hardwood Sector: Planted Forests and Trees Working Paper FP/44E**. Rome, 2009.

GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; REZENDE, D. V. A ferrugem da teca no Amazonas. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 38, 2013.

IBÁ. **Anuário Estatístico da Indústria Brasileira de Árvores: ano base 2014**. Brasília, DF: IBÁ, 2015. 80 p.

MARTINELLI, L. G.; GOMES, J. E.; ARAÚJO, H. B. Sistema de produção de teca no Brasil. **Revista da Madeira**. 136. ed., jul. 2013.

MOREIRA, R. Y. O. et al. Antraquinonas e naftoquinonas do caule de um espécime de reflorestamento de *Tectona grandis* (*Verbenaceae*). **Rev. Bras. Farmacogn**, p. 392 – 396, 2006.

MOREIRA, E. N. **Epidemiologia comparativa da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) em cultivares de soja de diferentes grupos de maturação**. 2013. 65 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, Viçosa.

PELLISSARI, A. L. **Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos de *Tectona grandis* L.f.** 2015. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba.

PIERI, C. de. et al. Novas observações sobre a ocorrência da ferrugem da teca (*Tectona grandis*) no Brasil e revisão taxonômica do patógeno **Summa Phytopathologica**, v.37, n.4, p.199 - 201, 2011.

SCHUHLI, G. S.; PALUDZYSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de teca e perspectivas para o melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 217-230, 2010.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004. 531 p.

VIEIRA, A. H. et al. **Sistema de produção de teca para o estado de Rondônia**. EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia. Sistemas de Produção 30. 2007. 22 p.

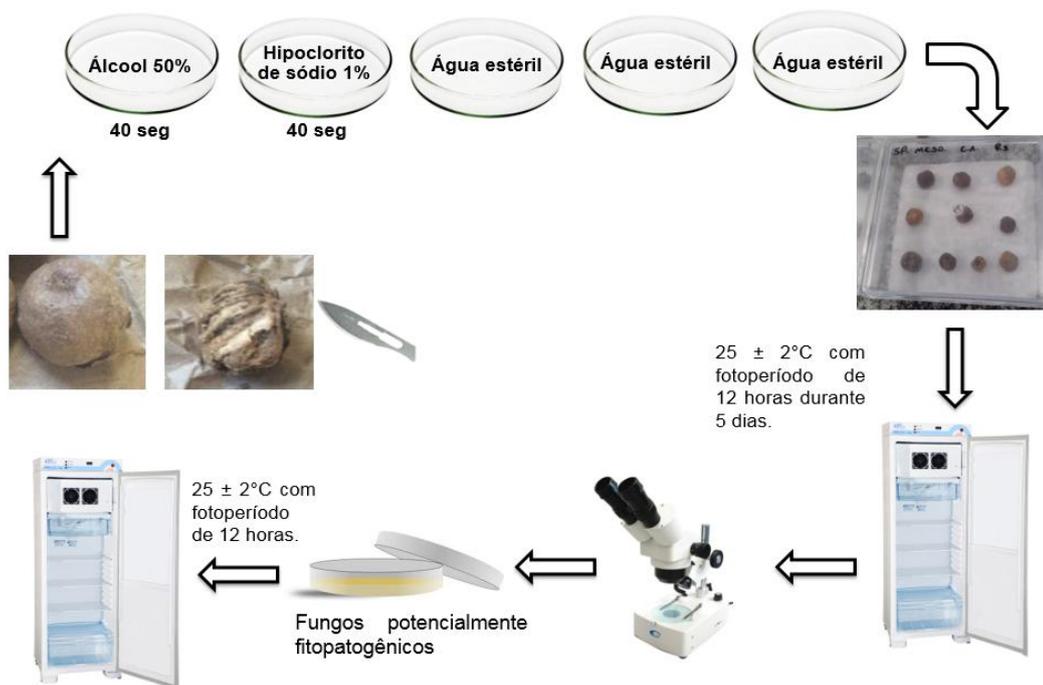
## ANEXOS



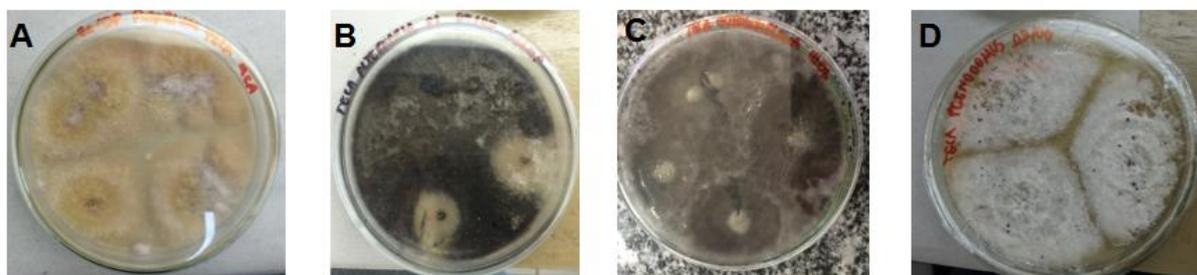
Anexo 1: Pústulas com intensa esporulação na parte abaxial de folha de teca em um plantio localizado em Gurupi-TO.



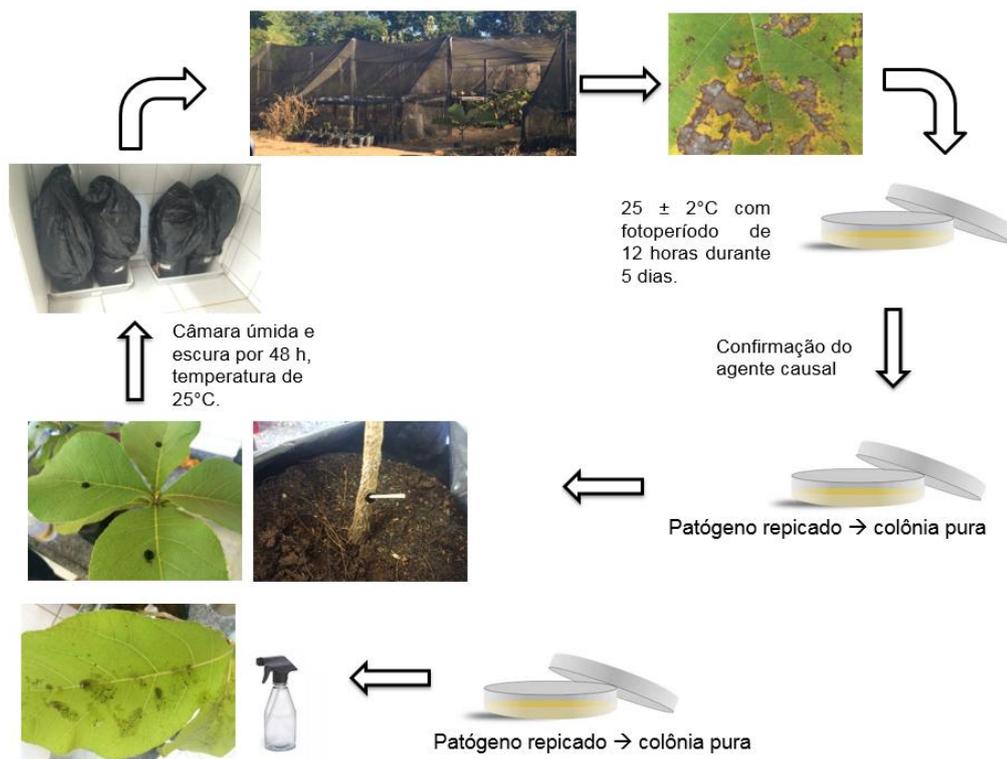
Anexo 2: Frutos de teca com exocarpo (A), sem o exocarpo demonstrando o mesocarpo (B) e, sem o mesocarpo com detalhe da semente no endocarpo (C).



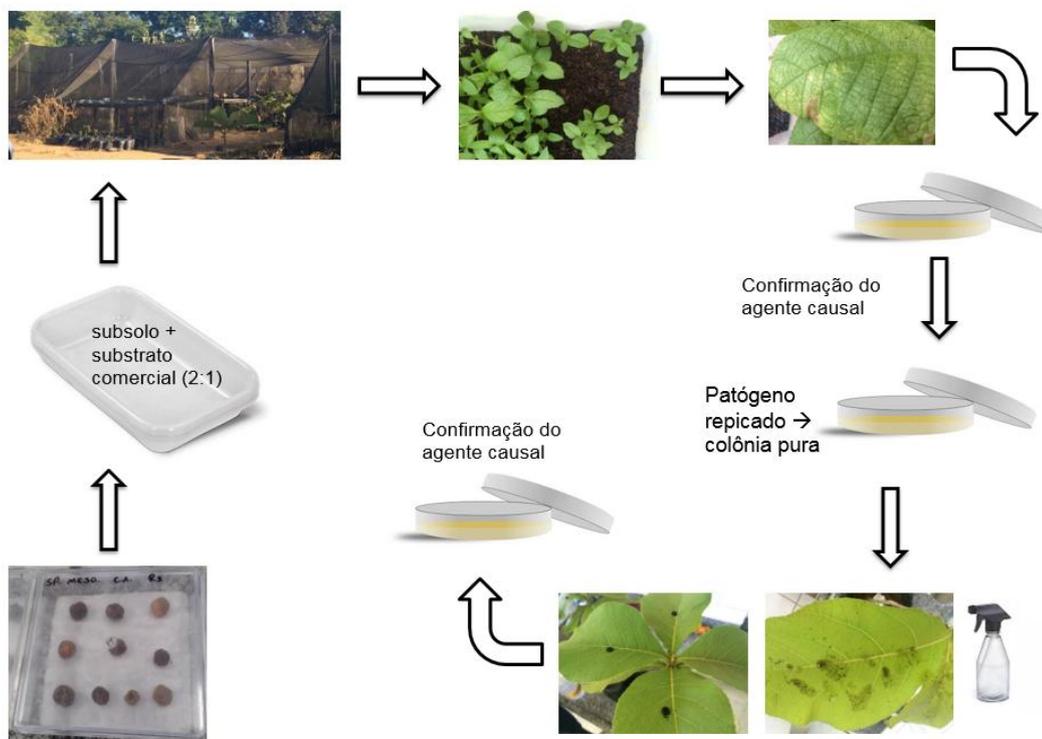
Anexo 3: Esquema da análise da sanidade das sementes de teca. Gurupi, Tocantins.



Anexo 4: Isolados fúngicos dos gêneros *Fusarium* (A), *Alternaria* (B), *Botryodiplodia* (C) e *Plenodomus* (D), em placas de Petri com meio BDA, utilizados para o teste de patogenicidade em mudas de teca. Gurupi, Tocantins.



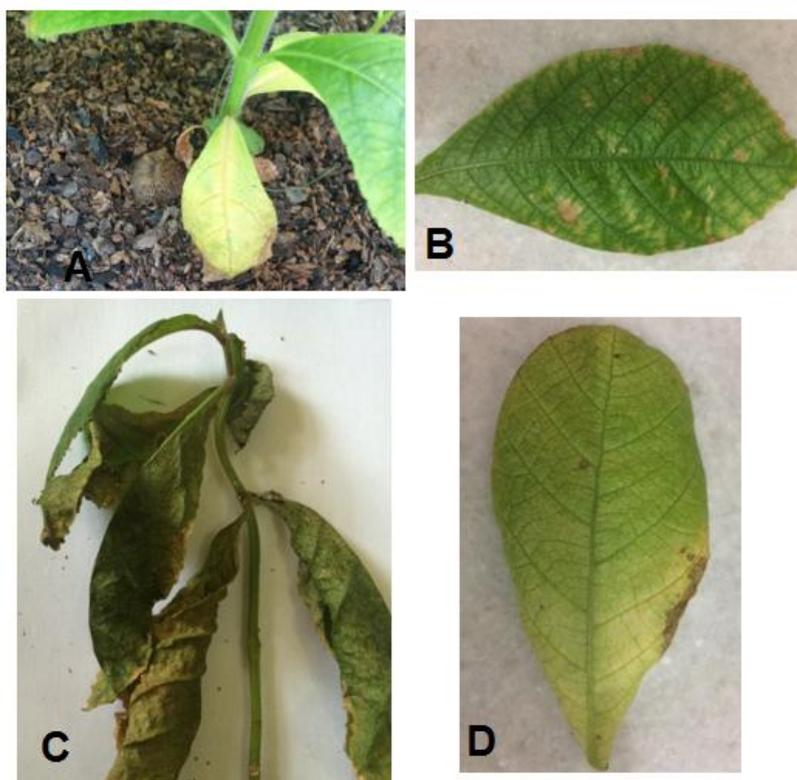
Anexo 5: Esquema da avaliação da patogenicidade de isolados fúngicos às mudas de teca. Gurupi, Tocantins.



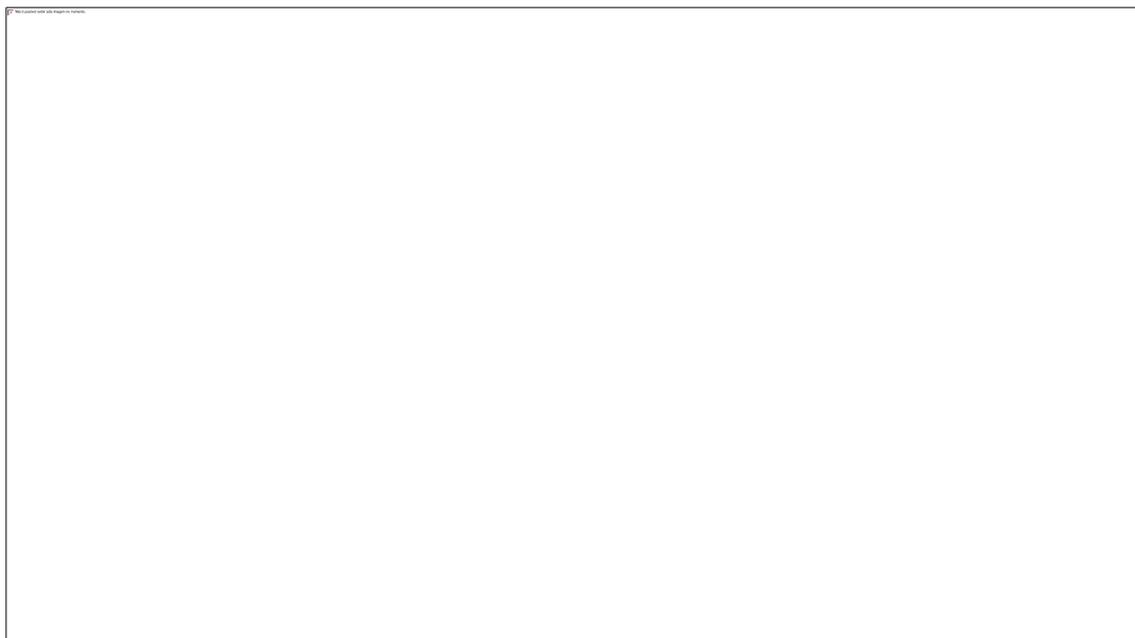
Anexo 6: Esquema da avaliação da transmissão dos fungos encontrados nas sementes às plântulas de teca. Gurupi, Tocantins.



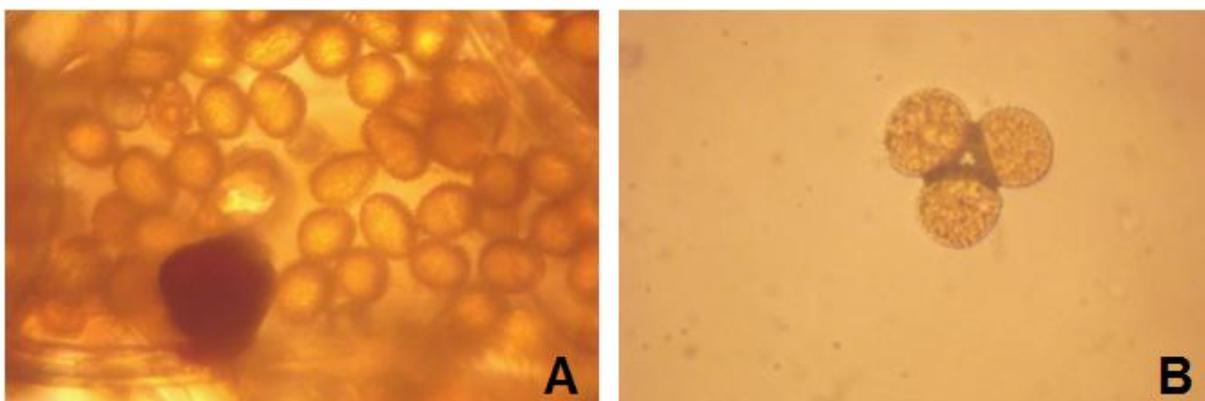
Anexo 7: Incidência de fungos nas sementes sem mesocarpo (A), com mesocarpo (B) e, detalhe da incidência dos gêneros *Fusarium* (C) e *Botryodiplodia* (D) em sementes de teca. Gurupi, Tocantins.



Anexo 8: Amostras vegetais das plântulas de teca do teste de transmissão com sintomas ocasionados por *Fusarium* (A e C) e *Bipolaris* (B) do tratamento sem mesocarpo sementes não desinfestadas (SMSND) de Tocantins, e *Alternaria* (D) do tratamento sem mesocarpo sementes não desinfestadas de Goiás. Gurupi, Tocantins.



Anexo 9: Plantio de *Tectona grandis*, com idade entre 3 a 7 anos, em Gurupi-TO.



Anexo 10: Urediniósporos de *Olivea neotectonae* (A), detalhe dos uredinióporos (B).



Anexo 11: Demonstração da escala de notas proposta por Santos et al. (2005) para as avaliações da severidade da ferrugem da teca, e do progresso da doença em uma folha marcada e selecionada. Avaliação realizada na semana 1 (A), semana 2 (B), semana 4 (C), semana 8 (D), semana 10 (E), semana 12 (F), semana 14 (G) e semana 20 (H).