

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA
DE UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. ATACADO
PELO MACACO-PREGO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TÂNIA VIEIRA DE MELLO

IRATI-PR

2018

TÂNIA VIEIRA DE MELLO

**PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA DE UM POVOAMENTO DE
Pinus taeda L. ATACADO PELO MACACO-PREGO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Éverton Hillig
Orientador

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho
Coorientador

IRATI-PR

2018

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

M527p	<p>MELLO, Tânia Vieira de.</p> <p>Propriedades físico-mecânicas da madeira de um povoamento de <i>Pinus taeda</i> L. atacado pelo macaco-prego / Tânia Vieira de Mello. – Irati, PR : [s.n], 2018. 66f.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Éverton Hillig Coorientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.</p> <p>1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Qualidade da madeira. 3. Densidade - resistência. I. Hillig, Éverton. II. Figueiredo Filho, Afonso. III. UNICENTRO IV. Título.</p> <p>CDD 585.2</p>
-------	--

TERMO DE APROVAÇÃO

Defesa Nº 117

Tânia Vieira de Mello

“Propriedades físico-mecânicas da madeira de um povoamento de *Pinus taeda* L. atacado pelo macaco-prego”

Dissertação aprovada em 06/03/2018 como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:



Dra. Raquel Marchesan
Universidade Federal do Tocantins
Primeira Examinadora



Dra. Fabiane Salles Ferro
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Segunda Examinadora



Dr. Éverton Hillig
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Irati - PR
2018

À DEUS,

E a minha família

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças e sabedoria para chegar até aqui.

Aos meus pais Elias Vieira de Mello e Hilda Vieira de Mello, e aos meus irmãos Cléia Vieira de Mello, Antônio Vieira de Mello. E ao meu irmão Rosmar Vieira de Mello (*in memoriam*), que está no paraíso mais lindo de todos, dedico todo meu amor, admiração e saudades que o meu coração sente de você, e sei que o nosso amor sempre nos manterá juntos.

À minha avó Acema (*in memoriam*) pela força, incentivo e muito amor. A você dedico este trabalho por toda fortaleza de amor que foi para toda nossa família.

Ao meu orientador Éverton Hillig pela amizade, paciência e disponibilidade em me ajudar em todas as etapas desta pesquisa. E ao meu coorientador Afonso Figueiredo Filho por todo auxílio no trabalho.

Agradeço ao meu namorado Franciel Ignachewski pelo amor, companheirismo e muita paciência e a sua família.

Aos meus amigos do laboratório Erick Afonso Agnes, Erick Chagas Mustefaga, Pamela Caroline Lau, Danielle Moraes e Luciane Spivackowski, os quais me ajudaram para a realização deste trabalho e tornaram os meus dias mais felizes. A todos vocês desejo um futuro incrível e de muitas conquistas.

Aos engenheiros Matheus, Tomaz, Josmar, Gerson e ao coordenador de pesquisa Fabio que deu todo o suporte na fase de coleta. Aos que trabalharam a campo Tiago, Robson e Rafael, muito obrigada. Em especial a Franciele Retslaff minha companheira de coleta.

Ao senhor Dionísio que foi responsável pela confecção de todos os corpos de prova, sempre muito atencioso e profissional.

À CAPES pela concessão da bolsa durante o período de realização do Mestrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. MACACO-PREGO (<i>Sapajus nigratus</i>)	4
3.2. PINUS (<i>Pinus taeda</i> L.)	9
3.3. PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA	13
3.3.1. Propriedades físicas da madeira	13
3.3.2. Anéis de crescimento.....	15
3.3.3 Propriedades mecânicas da madeira.....	15
3.3.3.1 Resistência à flexão estática	17
3.3.3.2 Resistência à compressão paralela às fibras.....	17
3.3.3.3 Cisalhamento	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. ÁREA DE COLETA.....	19
4.2. COLETA DO MATERIAL	19
4.3. CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	21
4.4. PROPRIEDADES FÍSICAS.....	22
4.4.1. Massa específica aparente.....	22
4.5. PROPRIEDADES MECÂNICAS	23
4.5.1. Flexão Estática	23
4.5.2. Compressão paralela às fibras.....	24
4.5.3. Cisalhamento	26
4.6. CARACTERIZAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO	27
4.6.1 Tamanho do anel e porcentagem de lenho tardio	27
4.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. MASSA ESPECÍFICA APARENTE.....	30
5.2. RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA.....	32

5.2.1 Correlação entre as propriedades de resistência à flexão estática, massa específica aparente, e porcentagem de lenho tardio.....	34
5.3. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA.....	37
5.3.1 Correlação entre as propriedades de Resistência à compressão paralela às fibras, massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio.....	40
5.4. RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	43
5.4.1 Correlação entre as propriedades de resistência ao cisalhamento, massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio.	46
6. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Massa específicas da madeira de <i>Pinus taeda</i>	14
Tabela 2. Propriedades mecânicas da madeira de <i>Pinus taeda</i>	16
Tabela 3. Dimensão e número de corpos de prova por ensaio mecânico.	22
Tabela 4. Delineamento experimental.	29
Tabela 5. Massa específica aparente da madeira de <i>Pinus taeda</i>	30
Tabela 6. Médias por tratamento para o ensaio de flexão estática.	32
Tabela 7. Ensaio de flexão estática para a madeira de <i>Pinus taeda</i>	33
Tabela 8. Correlação de Pearson para a propriedade de flexão estática.	34
Tabela 9. Médias por tratamento para o ensaio de compressão paralela às fibras.	37
Tabela 10. Ensaio de compressão paralela para a madeira de <i>Pinus taeda</i>	38
Tabela 11. Correlação de Pearson para a propriedade de compressão paralela.	40
Tabela 12. Médias por tratamento para o ensaio de cisalhamento.	44
Tabela 13. Ensaio de cisalhamento para madeira de <i>Pinus taeda</i>	45
Tabela 14. Correlação de Pearson para a propriedade de cisalhamento.	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição das espécies do gênero <i>Sapajus</i>	4
Figura 2. Danos causados pelo macaco-prego. A) Dano tipo “janela”; B) Dano tipo “anelar”. 7	
Figura 3. Árvores e a madeira de <i>Pinus taeda</i> atacada pelo macaco-prego. A) Seca da ponteira; B) Retirada da casca no tronco.	8
Figura 4. Condições do dano causado por ataque após passados diferentes períodos de tempo no <i>Pinus</i> spp. A) Ataque recente, com menos de 15 minutos. B) Ataque após 3 semanas e meia. C) Ataque após 3 meses. D) Ataque mais antigo, com mais de seis meses.	8
Figura 5. Regiões de origem do <i>Pinus taeda</i> L.	10
Figura 6. Distribuição por estado de plantios de <i>Pinus</i> em 2016.	11
Figura 7. Zoneamento climático para o <i>P. taeda</i> na Região Sul do Brasil.	12
Figura 8. Obtenção das toras atacadas e não atacadas de <i>Pinus taeda</i>	20
Figura 9. Desdobramento das toras e identificação dos pranchões na serraria.	20
Figura 10. Pranchões ao ar livre.	21
Figura 11. Corpo de prova para ensaio de flexão estática.	23
Figura 12. Corpo de prova para ensaio de compressão paralela às fibras.	25
Figura 13. Corpo de prova para ensaio de cisalhamento.	26
Figura 14. Medição dos anéis de crescimento.	28
Figura 15. Massa específica aparente (g/cm^3) para a madeira de <i>Pinus taeda</i> atacada e não atacada.	31
Figura 16. Módulo de elasticidade em função da massa específica aparente. A – madeira atacada. B – madeira não atacada	35
Figura 17. Módulo de ruptura em função da massa específica aparente. A – madeira atacada. B – madeira não atacada.	36
Figura 18. Módulo de elasticidade em compressão, em função da massa específica aparente. A – madeira atacada, B – madeira não atacada	42
Figura 19. Módulo de ruptura em função da massa específica aparente. A – madeira atacada, B – madeira não atacada.	43
Figura 20. Resistência ao cisalhamento em função da massa específica aparente. A – madeira atacada. B – madeira não atacada.	47

Figura 21. Resistência ao cisalhamento em função da porcentagem de lenho tardio. Figura A – madeira atacada, figura B – madeira não atacada.....	48
Figura 22. Massa específica aparente em função da porcentagem de lenho tardio. Figura A - madeira atacada, figura B – madeira não atacada.....	49

RESUMO

Tânia Vieira de Mello. Propriedades físico-mecânicas da madeira de um povoamento de *Pinus taeda* L. atacado pelo macaco-prego.

As florestas plantadas no Brasil assumem a liderança em produtividade mundial, com produção média de 40 m³ por hectare por ano representam uma grande riqueza para o setor industrial do país, fornecendo uma variedade de produtos e subprodutos como carvão vegetal, papel, celulose, painéis de madeira e piso laminado. O *Pinus taeda* L. compõe este cenário de florestas plantadas, sendo a espécie mais cultivada na região Sul do Brasil e, os plantios da espécie estão sofrendo ataque de macacos-prego. Esses primatas retiram a casca no terço superior da árvore para se alimentar da seiva. Diante deste fato, o objetivo do estudo foi avaliar as propriedades físico-mecânicas da madeira de *Pinus taeda* atacada pelo macaco-prego. O material utilizado na pesquisa foi proveniente de um plantio de árvores com 19 anos de idade. Foram colhidas 15 árvores atacadas pelo macaco-prego e 15 árvores livres do ataque, sendo retiradas as duas primeiras toras com 1,20 metros cada. As toras foram desdobradas em pranchões de oito centímetros de espessura, os quais permaneceram ao ar livre por quatro meses para a secagem do material. Após esse período, foram confeccionados corpos de prova, para os ensaios de flexão estática, compressão paralela e cisalhamento. Avaliou-se as propriedades da madeira atacada pelo macaco-prego e da madeira não atacada, em três classes de DAP da árvore, (20,00 - 27,99 cm; 28,00 - 35,99 cm e 36,00 – 43,99 cm). Os corpos de prova foram utilizados para determinação da massa específica aparente, porcentagem de lenho tardio, tamanho médio dos anéis, resistência e rigidez em flexão estática e em compressão paralela as fibras e resistência ao cisalhamento. Os resultados obtidos revelaram que para o ensaio de flexão estática e cisalhamento não houve diferença entre a madeira atacada e a madeira não atacada, mas para o ensaio de compressão paralela às fibras ocorreu diferença resultando em maior resistência e rigidez para a madeira na condição atacada. O percentual de lenho tardio dos anéis de crescimento foi maior para a madeira oriunda de árvores atacadas nos corpos de prova dos três ensaios mecânicos. Ainda, foi observada correlação significativa entre as características dos anéis de crescimento mensuradas (porcentagem de lenho tardio e tamanho médio), com o desempenho físico-mecânico dos corpos de prova.

Palavra-chave: Qualidade da Madeira; densidade; resistência.

ABSTRACT

Tânia Vieira de Mello. Wood physico-mechanical properties of a population of *Pinus taeda* L. attacked by the capuchin monkey.

Planted forests in Brazil take the lead in world productivity, with a production average of 40 m³ ha⁻¹ yr⁻¹, representing a great wealth for the country's industrial sector supplying a variety of products and by-products such as charcoal, paper, cellulose, wood-panels and laminate flooring. *Pinus taeda* L. composes this scenario of planted forests, the most cultivated species in southern Brazil, but today the plantations of the species are suffering attack by black capuchin monkeys. These primates remove the bark on the tree upper third to feed on the sap. In view of this fact, the objective of the study was to evaluate the physical and mechanical properties of *Pinus taeda* attacked by black capuchin monkey. The material used in the research was collected from trees at the 19 years old. 15 trees attacked by monkeys and 15 free from attack trees were harvested, and removed the first two logs with 1.20 m each. The logs were sawn in plank of eight centimeters thick, which remained outdoors for four months to dry the material. After this period, specimens were made for the static bending tests, parallel compression and shear. We evaluated the properties of wood attacked by capuchin monkeys and not attacked wood, on three classes of DBH tree (20.00 to 27.99 cm, 28.00 to 35.99 cm and 36.00 to 43.99 cm). The specimens were used to determine the apparent density, latewood percentage, average length of growth rings, strength and stiffness in static bending and in parallel compression, and shear strength. The results showed that for the static bending and shear strength test there was no difference between the attacked and the non-attacked wood, but for the parallel compression test, a difference occurred resulting in higher strength and rigidity for the wood in the attacked condition. The latewood percentage was higher for the wood attacked in the specimens of the three mechanical tests. Also, a significant correlation was observed between the characteristics of the growth rings measured (latewood percentage and average length of growth rings), with the physical-mechanical performance of the specimens.

Keyword: Wood quality; density; strength.

1. INTRODUÇÃO

Entre as décadas de 1960 e 1970, por meio de incentivos do governo, espécies de rápido crescimento foram introduzidas no Brasil, a fim de aumentar os estoques de madeira para as indústrias moveleiras, celulose, painéis de madeira, pisos laminados, painéis compensados, carvão vegetal, biomassa para fins energéticos, entre outros. Dentre as coníferas, o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda* foram as espécies que melhor se adaptaram às condições ambientais do Sul do país (SANTINI et al., 2000; SANTOS, 2016).

Essas espécies estão entre as mais cultivadas no setor florestal na região Sul do Brasil, porém, atualmente, povoamentos de *Pinus taeda* vêm enfrentando alguns problemas com populações de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) (GOLDFUSS, 1809), que retiram a casca das árvores para se alimentar da seiva elaborada, gerando prejuízos e preocupações às empresas.

O macaco-prego apresenta ampla ocorrência na América Central e do Sul e sua distribuição é a maior entre todos os primatas (LYNCH ALFARO et al., 2012). No Brasil, o gênero *Sapajus* ocorre desde o estado de Minas Gerais até o norte do Rio Grande do Sul e, também no Nordeste da Argentina (VILANOVA et al., 2005).

A Embrapa Florestas iniciou no ano de 2003 um programa chamado macaco-prego, visando estudar o comportamento dessa espécie e fornecer informações para as empresas de forma a minimizar os prejuízos. Porém, a espécie é protegida por lei e muitas das propostas feitas para reduzir seu dano foram inviáveis em função da legislação ambiental protetiva (MIKICH et al., 2009).

Mesmo com a importância deste tema para o setor florestal, existe pouca informação na literatura sobre os danos que essa espécie causa às florestas, tanto de caráter qualitativo quanto econômico. Atualmente, estudos sobre os danos em povoamentos florestais, vem sendo conduzidos em parceria com o setor comercial, a fim de minimizar os danos causados pelo macaco-prego e reduzir os conflitos entre a produção e a conservação.

Liebsch et al. (2015) estudaram o tipo e a intensidade de danos do macaco-prego sobre o crescimento das árvores de *Pinus taeda*. O resultado demonstrou que os danos causados por macacos-prego afetaram o crescimento das árvores, sendo o janelamento o tipo de dano menos prejudicial, uma vez que as perdas de incremento foram menos acentuadas, mas que a lesão do fuste, ainda que parcial, comprometeu a qualidade da madeira. Já o dano do tipo anelamento, interrompe o transporte de seiva acima da lesão e na maioria das vezes é acompanhado de

quebra da ponteira, além disso o desenvolvimento de ramos laterais comprometem significativamente a qualidade da madeira.

Para definir aplicações adequadas do uso da madeira, são necessárias informações, como as propriedades físicas e mecânicas (ARAUJO, 2007). Dentre as propriedades físicas, a massa específica tem grande importância quando se refere à qualidade da madeira, além de fornecer parâmetros para sua classificação. As propriedades mecânicas medem a resistência e a rigidez sofrida devido às forças exteriores que tendem a deformar sua massa, e a resistência a tais forças depende de sua magnitude e da forma que atuam sobre a peça de madeira (tensão, compressão, cisalhamento, flexão, etc.) (TSOUMIS, 1991).

Devido aos poucos estudos conduzidos acerca da qualidade da madeira atacada pelo macaco-prego e tendo em vista a importância dos danos causados pela espécie, o objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físico-mecânicas da madeira de um povoamento de *Pinus taeda* atacado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar as propriedades físico-mecânicas da madeira de *Pinus taeda* de um povoamento que sofreu ataque por macaco-prego (*Sapajus nigritus*).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as propriedades físico-mecânicas da madeira oriunda de um povoamento de *Pinus taeda* com 19 anos atacado pelo macaco-prego.
- Comparar as propriedades da madeira oriunda das árvores atacadas pelo macaco-prego com a madeira das árvores livres de ataques.
- Determinar a porcentagem de lenho tardio e tamanho do anel de crescimento da madeira atacada e não atacada.
- Determinar os atributos tecnológicos prejudicados ou beneficiados com a influência do macaco-prego.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. MACACO-PREGO (*Sapajus nigrinus*)

O macaco-prego (*Sapajus* spp.) e caiararas (*Cebus* spp.) vivem em toda região Amazônica, América Central, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, chegando até a Argentina. Até pouco tempo especialistas classificavam os macacos-prego e caiararas no mesmo gênero *Cebus*, contudo com o avanço da tecnologia molecular foi possível uma reorganização, que propôs a separação em dois gêneros: *Cebus* para os caíararas, distribuídos da Amazônia para o norte e, *Sapajus* para os macacos-prego distribuídos da Amazônia para o Sul do Brasil. Os macacos-prego, caracterizados por possuírem um corpo mais robusto e um topete na cabeça, ocuparam de forma rápida toda a costa brasileira, com uma diversificação de espécies (Figura 1) (LYNCH ALFARO et al., 2012; GUIMARÃES, 2012).

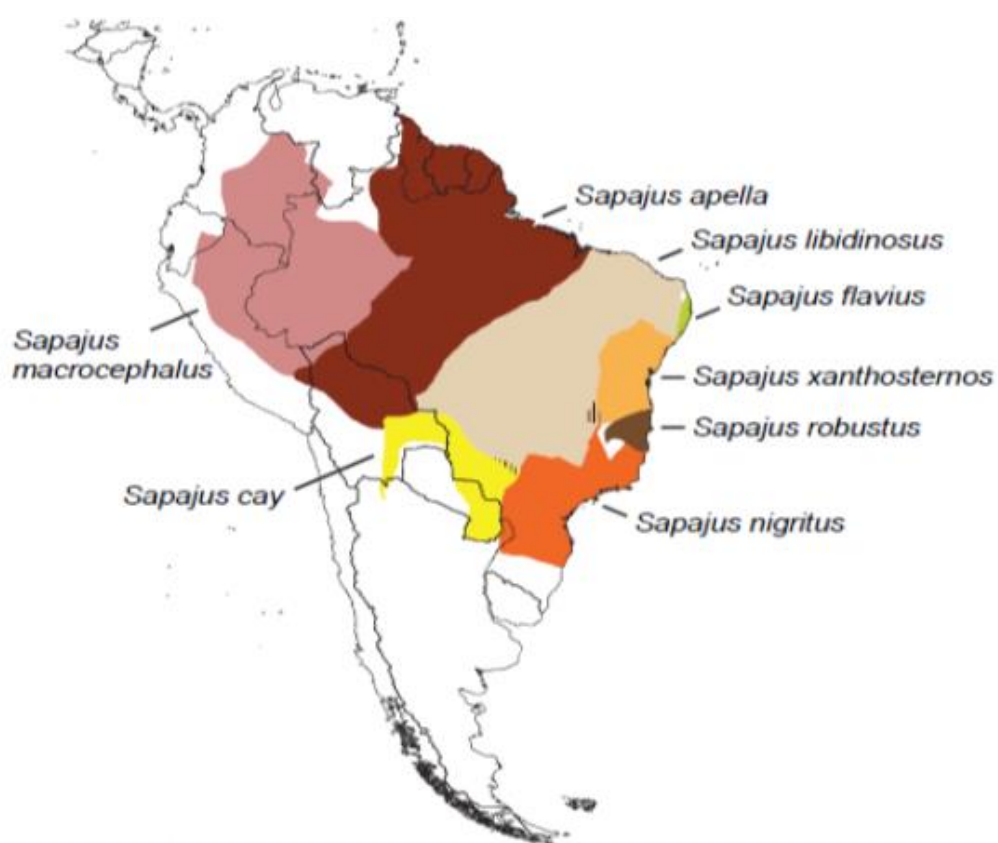


Figura 1. Distribuição das espécies do gênero *Sapajus*.
Fonte: LYNCH ALFARO et al. (2012).

O *Sapajus nigritus* é a espécie de maior diferenciação das características morfológicas dentro do gênero *Sapajus*, onde é possível distinguir características morfológicas externas como a coloração do seu corpo em dois padrões, o preto brilhante e o marrom, porém, esses diferentes fenótipos não os separam em grupos, ambos se encontram misturados (VIEIRA; OLIVEIRA, 2014).

São Bernardo e Galetti (2004) durante uma avaliação de 19 meses, amostraram a densidade e o tamanho populacional do macaco-prego em um fragmento florestal na região Sudeste do Brasil, onde o macaco-prego apresentou densidade de 24 indivíduos por km², pesando em média 2,5 kg por indivíduo.

Em áreas de plantios florestais, onde são constituídos por uma única espécie, a densidade de uma espécie animal pode aumentar significativamente por sua capacidade de ocupação e pela falta de inimigos naturais, alterando profundamente o equilíbrio adequado, sendo que os grupos de macacos-prego podem ser formados em média por 30 indivíduos com uma flexibilidade em prosperar para uma grande população em pequenos fragmentos (ANDREIV; FIRKOWSKI, 2006; LUDWIG et al., 2005).

O macaco-prego tem um papel importante na dispersão de sementes e como controlador de insetos-praga em diferentes fitofisionomias da Floresta Atlântica (MIKICH et al., 2015). Devido ao aumento da exploração de espécies nativas, ocorreu a fragmentação das áreas florestais, fazendo com que algumas espécies do gênero *Sapajus* se adaptassem a esse ambiente modificado e levando outras espécies à extinção (ANJOS, 1998). Essa característica vem confirmar a alta capacidade de adaptação do macaco-prego em ambientes alterados (ROCHA, 2000).

Ludwig et al. (2006) estudaram o consumo de mandioca e milho pelo macaco-prego, e observaram que esta atividade foi constante no período do outono e inverno, onde havia menor oferta de alimentos dentro da mata, seu habitat natural. Os autores ainda relataram, que os indivíduos jovens observavam o processo de obtenção da mandioca pelo adulto, e em seguida imitaram o que haviam aprendido, cavando a superfície do solo. E em duas ocasiões a fêmea adulta estava acompanhada com dois e três juvenis.

O objetivo do macaco-prego nos povoamentos florestais, independente do tipo de dano causado, é o consumo da seiva. Após a remoção da casca, o macaco raspa com os dentes o floema que abriga os vasos que conduzem a seiva, cortando sua condução (MIKICH; LIEBSCH, 2009). Desta forma, o macaco-prego utiliza a seiva de *Pinus* spp. como recurso

alimentar e complemento da sua dieta (CARVALHO, 2007). O *Pinus taeda* apresenta alta concentração de glicose e frutose nos períodos de maior consumo da seiva desde o mês de junho até meados de novembro, servindo como uma importante fonte de açúcares.

Os diversos danos em povoamentos de pinus variam desde o consumo de sementes das árvores, até o consumo da ponteira, além da retirada da casca de galhos, tronco e raízes, diminuindo o crescimento e tornando-as mais suscetíveis ao ataque de insetos e doenças (ANDREIV; FIRKOWSKI, 2006; CARVALHO, 2007). Em algumas situações, esse primata é visto como uma praga por produtores rurais, por invadirem áreas agrícolas e se alimentarem em pomares, milharais, canaviais e plantações de *Pinus* spp. (ROCHA, 2000).

O *Sapajus nigritus* retira a casca do pinus exclusivamente para o consumo da seiva e não da resina como se acreditava. Foi observado que a resina flui horas após a remoção da casca, porém nunca foi observado o macaco retornar a árvore para consumi-la (MIKICH; LIEBSCH, 2014).

Koehler e Firkowski (1996) observaram em trabalho de campo que o macaco-prego optava preferencialmente por árvores de maiores diâmetros. Encontrar árvores finas e dominadas com sinal de ataque foi raro, o comum foram as melhores árvores, as quais apresentavam danos em diversos pontos, inclusive nos galhos. A mesma situação foi observada por Carvalho (2007) no Município de Ventania no Paraná, onde o predomínio foi de árvores dominantes atacadas em relação as dominadas.

Liebsch e Mikich (2017) observaram os danos causados por macacos-prego em nove espécies de pinus plantados no estado do Paraná e de Santa Catarina, e os resultados demonstraram claramente que o macaco-prego é seletivo em relação a seiva de algumas espécies de pinus. Entre as espécies de baixa intensidade de danos, o *Pinus patula* e o *Pinus palustres* destacaram-se por não apresentarem danos em suas plantações, no entanto, a espécie com maior frequência de ataque corresponde a espécie mais plantada no sul do Brasil, o *Pinus taeda*.

Segundo Moreira et al. (2017) o macaco-prego tem causado perdas de produção nos plantios de *Pinus taeda*, sendo que os maiores danos ocorrem quanto mais cedo este ataque se inicia. Com relação ao dano, o mais preocupante é o anelamento do terço superior, onde ocorre a retirada da casca em toda a circunferência do tronco, o que reduz a circulação de produtos fotossintetizados (KOEHLER; FIRKOWSKI, 1996).

A caracterização do dano causado pelo macaco-prego dá-se pela retirada da casca em tiras longas, normalmente do terço superior do tronco, ocasionando dois tipos básicos de dano: o modelo chamado de “janela” (Figura 2 - A), onde apenas uma face do tronco é danificada; e o modelo “anelado” (Figura 2 - B) onde descascamento ocorre em toda a circunferência do caule, causando o anelamento (MIKICH; LIEBSCH, 2009).

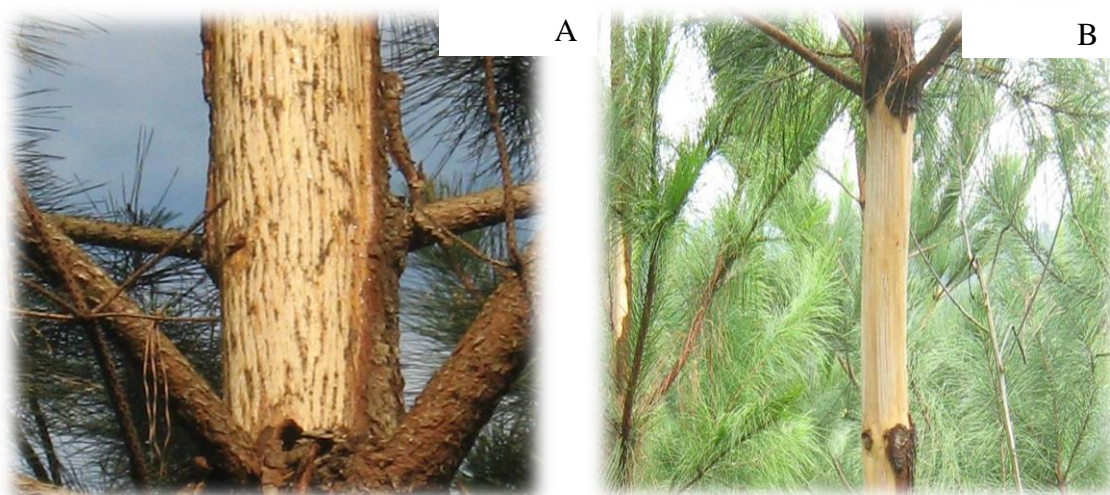


Figura 2. Danos causados pelo macaco-prego. A) Dano tipo “janela”; B) Dano tipo “anelar”
Fonte: MIKICH; LIEBSCH (2009).

Quando ocorre o dano anelar, a porção superior da árvore seca (Figura 3 – A), resultando no estresse da árvore, e favorecendo o ataque de pragas-florestais (MIKICH; LIEBSCH, 2009). A retirada da casca de toda circunferência da árvore, ou de apenas parte dela, em qualquer altura do tronco, interrompe o fluxo de seiva elaborada (Figura 3 – B) (GESUALDO, 2003).

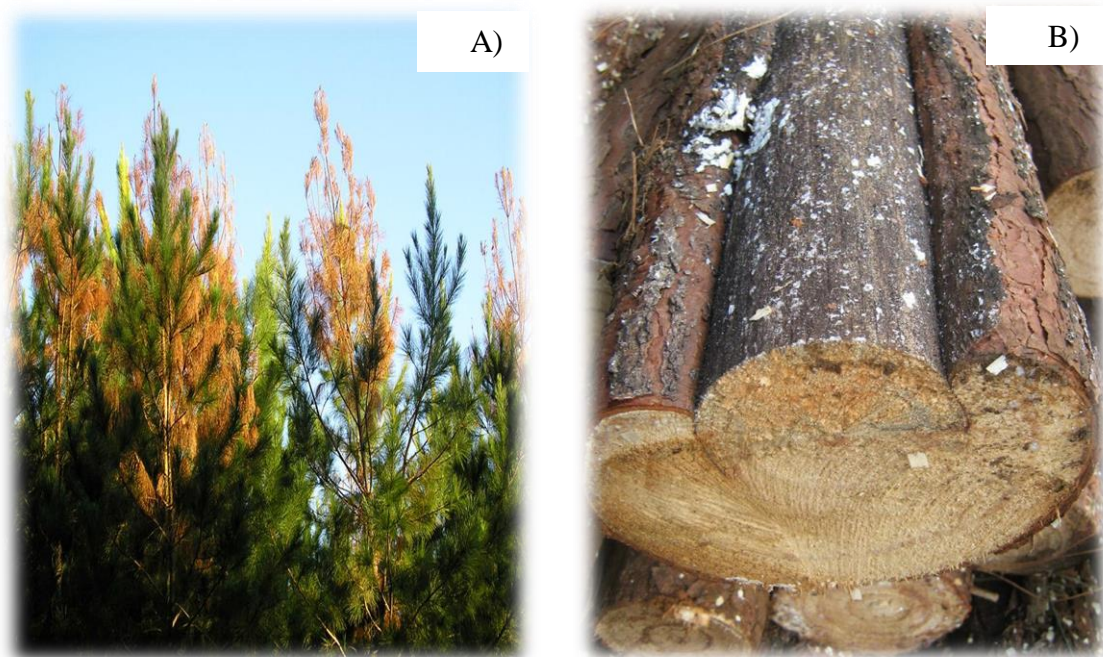


Figura 3. Árvores e a madeira de *Pinus taeda* atacada pelo macaco-prego. A) Seca da ponteira; B) Retirada da casca no tronco.

Fonte: MIKICH; LIEBSCH (2009).

Carvalho (2007) em seu estudo sobre a predação em *Pinus* spp. causados pelo macaco-prego registrou a diferença do dano com o passar dos meses, desde o momento que o dano foi realizado até as predações mais antigas com mais de seis meses, como ilustra a Figura 4.

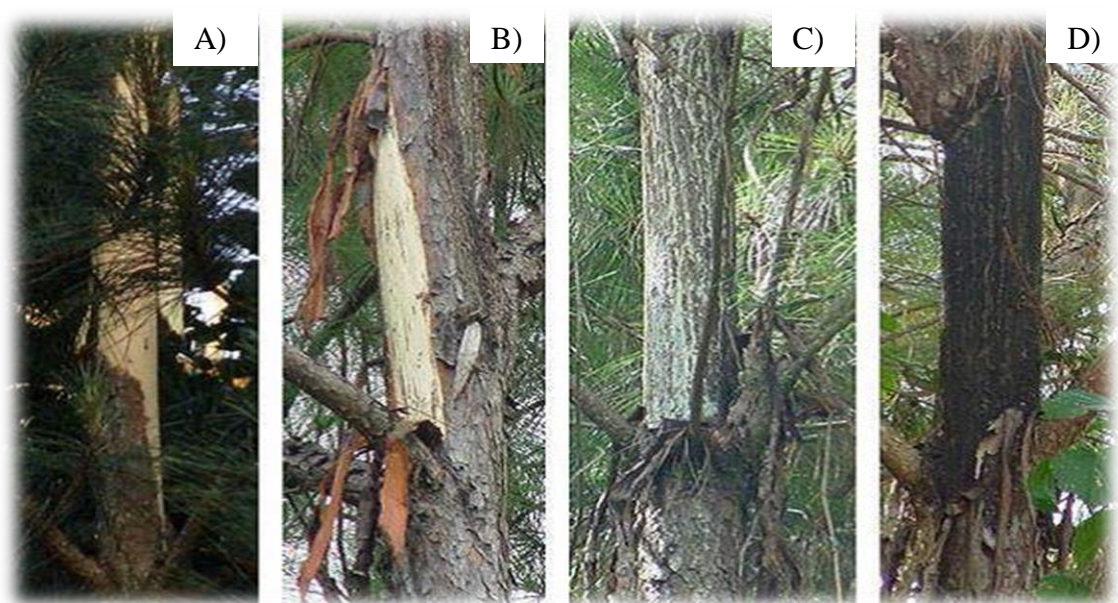


Figura 4. Condições do dano causado por ataque após passados diferentes períodos de tempo no *Pinus* spp. A) Ataque recente, com menos de 15 minutos. B) Ataque após 3 semanas e meia. C) Ataque após 3 meses. D) Ataque mais antigo, com mais de seis meses.

Fonte: CARVALHO (2007).

Almeida (2013) comparou a concentração de nutrientes em três espécies de *Pinus* (*P. patula*, *P. taeda* e *P. eliottii*), observando que o teor de compostos fenólicos totais presente na seiva do *Pinus patula* foi o dobro do que nas outras duas espécies, e atribuiu a esse resultado a causa de o macaco evitar o ataque nessa espécie de pinus.

Carvalho (2007) assegura que a causa da adaptação do macaco-prego em consumir a seiva do *Pinus* spp. foi a ação antrópica, sendo que a fragmentação florestal e a introdução de monoculturas exóticas devem ter favorecido este primata a desenvolver tal comportamento.

Dentre todas as alternativas já sugeridas e que visam minimizar os prejuízos causados pelo macaco-prego, nenhuma se mostrou eficiente. Uma das ideias mais promissoras, é o enriquecimento de áreas naturais com espécies nativas, para a produção de frutos em épocas de maior incidência de ataque (MIKICH; LIEBSCH, 2009), e a determinação de substâncias presentes em determinadas espécies de pinus, a qual seja rejeitada pelos macacos, desta forma podendo evitar o ataque do *S. nigritus* nos povoamentos florestais e, auxiliar na redução dos danos causados por essa espécie (ALMEIDA, 2013).

Liebsch e Mikich (2017) também recomendaram que as plantações homogêneas de espécies de pinus sejam evitadas em áreas de alta incidência de ataque, principalmente das espécies de maior preferência.

O macaco-prego por ser uma espécie da fauna silvestre e nativo é protegido pela Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998), sendo proibida sua caça, perseguição e morte, o que é considerado crime contra o meio ambiente, passível de pena.

3.2. PINUS (*Pinus taeda* L.)

O *Pinus taeda* ocorre em ampla área dos Estados Unidos, sua faixa de dispersão vai desde o nível do mar até 2.500 metros de altitude. Essas regiões apresentam precipitação média de 1.270 mm ao ano, temperatura média anual de 17,2 °C, com variações entre -18 °C e 41°C. Na Figura 5 são apresentadas as regiões de origem do *Pinus taeda* (KRONKA et al., 2005).



Figura 5. Regiões de origem do *Pinus taeda* L.
Fonte: KRONKA et al. (2005).

A introdução do *Pinus* no Brasil ocorreu por meio de incentivos fiscais durante a década de 1970 e 1980, proporcionando aumento na oferta de madeira o que favoreceu o desenvolvimento da indústria florestal. Em virtude da oferta de madeira oriunda de desbastes, o setor de papel e celulose foi o mais beneficiado em um primeiro momento. Somente a partir da década de 1990 com a colheita de plantios maduros a indústria de madeira sólida deu início ao processo de desenvolvimento acelerado (SHIMIZU, 2008).

Um dos motivos mais importantes para a introdução do *Pinus* no Brasil, foi o aumento da demanda de madeira para o abastecimento industrial, na produção de madeira serrada, madeira laminada, painéis e na produção de papel e celulose (KRONKA et al., 2005).

Com o constante decréscimo no fornecimento de árvores adultas com grandes diâmetros, tornou-se comum a produção de madeira em ciclos curtos, através da adoção de espécies de crescimento rápido (BALLARIN; PALMA, 2003).

A indústria de árvores plantadas no Brasil é uma referência mundial, por sua atuação pela sustentabilidade, inovação e competitividade. A área de reflorestamento em 2016 chegou a 7,84 milhões de hectares, havendo um aumento de 0,5% em relação ao mesmo período de 2015. A área ocupada por plantio de *Pinus* spp. é de 1,6 milhão de hectares, concentrando-se a

sua maior parte do estado do Paraná com 42%, seguido por Santa Catarina com 34% e Rio Grande do Sul com 12% (Figura 6) (IBÁ, 2017).

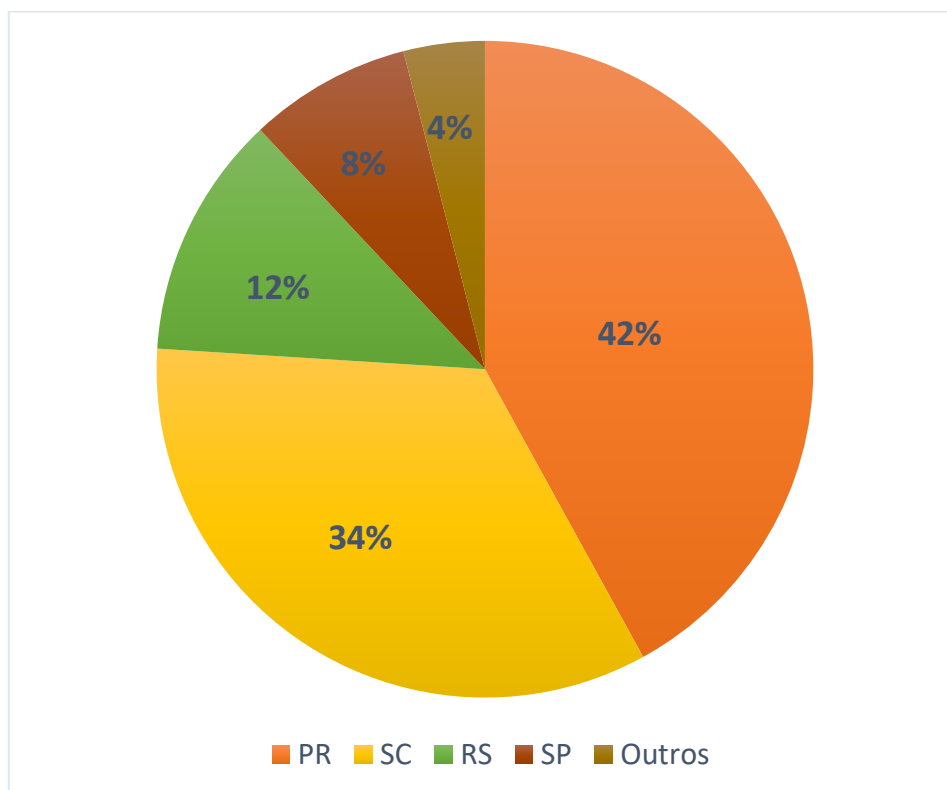


Figura 6. Distribuição por estado de plantios de *Pinus* em 2016.
Fonte: IBÁ (2017).

Na Região Sul do Brasil, a maioria dos reflorestamentos com coníferas são de *Pinus* e, entre eles, a espécie predominante é o *Pinus taeda*, o qual mostrou excelente adaptação, principalmente nos estados do Paraná e Santa Catarina. Essa preferência refere-se a sua maior produtividade volumétrica de madeira quando comparada com as demais espécies desse gênero, além do seu elevado incremento volumétrico nas regiões mais frias do planalto sulino (BARRICHELO et al., 1977; SHIMIZU; HIGA, 1981; SHIMIZU; AMARAL, 1987).

De acordo com estudo feito por Higa et al. (2008) a Região Sul do Brasil não apresenta restrições para o desenvolvimento do *Pinus taeda*, podendo ser cultivado em grande parte da região como apresentado na Figura 7.

sendo o corte raso feito a partir dos 16 até 25 anos de idade. As toras obtidas do regime de multiprodutos visam atender as necessidades de serrarias e laminadoras (AGEFLOR, 2016).

Com a produção de madeira de ciclos mais curtos tem se tornado comum o decréscimo na oferta e no uso de árvores adultas com grandes diâmetros, para essas árvores de ciclos curtos a porcentagem relativa de madeira juvenil é cada vez maior (RALL, 2006). Rall (2006) relatou ainda que essa maior proporção de madeira juvenil, apresenta propriedades físico-mecânicas com valores inferiores quando comparadas com a madeira adulta.

3.3. PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA

Toda madeira é composta de celulose, lignina e hemicelulose. Variações nas proporções e características desses componentes tornam a madeira diferente nas suas estruturas. As propriedades de uma mesma espécie são relativamente constantes dentro dos limites, no entanto, para usar a madeira da forma mais eficaz suas características específicas devem ser consideradas (WIEMANN, 2010).

Desta forma, por se tratar de um material heterogêneo constituído por células dispostas e organizadas em diferentes direções, a madeira varia de acordo com a face observada, por apresentar essa peculiaridade a madeira é um material anisotrópico, ou seja, difere seu comportamento físico-mecânico em cada um dos sentidos (radial, tangencial e transversal) (BURGUER; RICHTER, 1991).

3.3.1. Propriedades físicas da madeira

É de grande importância o conhecimento das propriedades físicas da madeira, pois as mesmas podem influenciar significativamente a resistência da madeira. Entre as características físicas, as mais importantes são densidade, umidade, retratibilidade e durabilidade natural (SZÜCZ, 2006).

A madeira é um material poroso que contém ar e água, como resultado, a massa da madeira não é constante, perde e ganha umidade dependendo das condições ambientais a que está exposta, da mesma forma o volume também não é constante, devido a essa característica higroscópica da madeira (WALKER, 2006).

Dentre as características tecnológicas da madeira, a massa específica tem sido considerada como o primeiro parâmetro para se avaliar a qualidade da madeira (BARRICHELO et al., 1977; KLOCK, 2000).

A massa específica é muito empregada, por ser uma variável de fácil determinação e por estar diretamente correlacionada com as propriedades mecânicas e físicas da madeira e sua estrutura celular (BATISTA et al., 2010). Larson et al. (2001) verificaram que a massa específica se correlacionou com o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE), e que ambas as propriedades foram fortemente influenciadas pela quantidade de madeira juvenil em madeiras de pinus do Sul dos Estados Unidos.

Serpa et al. (2003) em estudo realizado com a espécie de *Pinus elliottii* com idade de 40 anos, observaram aumento da densidade e da resistência da madeira na direção medula-casca, concluindo que para a obtenção de madeiras estáveis e mais densas com maior resistência à flexão estática e a compressão é necessário realizar a colheita das árvores mais velhas.

Oliveira et al. (2006) observaram para a espécie de *Pinus taeda* que a idade das árvores tem forte influência na massa específica, resistência a flexão e compressão paralela às fibras, com diferenças significativas entre as idades 9, 13 e 20 anos. Na Tabela 1 são apresentados os valores da massa específica da madeira de *Pinus taeda* verificados em diversas idades por diferentes autores.

Tabela 1. Massa específicas da madeira de *Pinus taeda*.

Autor	Idade	Massa específica (g/cm³)
BARRICHELO et al., (1977)	9 anos	0,354 a 0,404
KLOCK, (2000)	12 anos	0,364 a 0,467
SANTINI et al, (2000)	13 anos	0,410
TRIANOSKI et al., (2013)	17 anos	0,485
SCHWEITZER, (2016)	17 anos	0,361
DALGALLO, (2014)	20 anos	0,410
OLIVEIRA et al., (2006)	20 anos	0,560
MUNIZ, (1993)	30 anos	0,516
BALARIN e PALMA, (2003)	37 anos	0,605

3.3.2. Anéis de crescimento

Em regiões de clima temperado com sazonalidade distinta e regular, as árvores formam um incremento anual de crescimento, isto é toda a madeira produzida em um ano corresponde a um anel de crescimento, o qual é formado pelo lenho tardio e lenho inicial (IAWA, 1989).

Segundo Larson et al. (2001) a largura do anel de crescimento relatada frequentemente como anéis por polegadas, é uma excelente medida da saúde geral da árvore e suas condições de crescimento, no entanto, a largura do anel por si só não fornece evidências confiáveis de qualidade da madeira.

Quando a competição entre as árvores é estabelecida cedo, as larguras dos anéis são reduzidas de forma simultânea com o grau de competição. As condições de crescimento influenciam na largura do anel de crescimento e as mudanças abruptas nessas condições podem contribuir para taxas de crescimento não uniformes (LARSON et al., 2001). Bao et al. (2001) estudando as propriedades da madeira de dez espécies cultivadas na China, verificaram que a madeira das coníferas apresentou maior diferença entre o lenho juvenil e tardio em comparação com a madeira de folhosas.

A proporção relacionada ao lenho tardio e lenho inicial, mostra uma relevante afinidade com a massa específica e propriedades de resistência da madeira (KLOCK, 2000). Na determinação da porcentagem de lenho tardio, Muniz (2003) observou que até o terceiro anel é difícil distinguir essa porcentagem, porque as suas células ainda não apresentam espessamento marcante das paredes, e só a partir do terceiro anel que há maior facilidade em distingui-los.

Rall (2006), estudando a influência das características dos anéis de crescimento na densidade, resistência de rigidez da madeira de *Pinus taeda*, observou que a classificação da madeira por densidade a partir das características dos anéis de crescimento deve ser feita com base no número de anéis por polegada e a proporção de lenho tardio.

3.3.3 Propriedades mecânicas da madeira

Para se determinar as propriedades são utilizadas normas técnicas, onde se encontram os métodos de condução dos processos de amostragem e a realização dos ensaios. As propriedades mecânicas podem fornecer dados valiosos sobre a qualidade da madeira para a industrialização. Para os resultados obtidos com corpos de prova de madeira da mesma espécie é possível ocorrer uma variação considerável em valores de resistência (KLOCK, 2000).

Matsunaga (1995) relatou que o comportamento elástico e o limite de resistência da madeira são características próprias de cada material variando de acordo com cada espécie, podendo ser obtidos na prática por meio de ensaios realizados dentro de padrões estabelecidos por normas, os quais consistem na obtenção de dados de deformação proporcional à aplicação de uma carga lenta e continua em corpos de prova isentos de defeitos em um dado teor de umidade.

A elasticidade significa que as deformações produzidas em um corpo sólido por baixas tensões, são completamente recuperadas após a descarga. As propriedades elásticas são características de corpos sólidos abaixo de um certo limite de tensão, acima desse limite ocorrerão deformações plásticas (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968).

De acordo com Klock (2000) a elasticidade da madeira é a característica que um material tem de armazenar na forma de energia potencial interna, o trabalho mecânico de deformação, quando a causa dessa deformação é retirada, esta energia é devolvida totalmente ou parcialmente.

Comparando a madeira com outros materiais de estrutura homogênea, a mesma exibe propriedades mecânicas diferentes nas três direções de crescimento: axial, radial e tangencial, sendo assim um material mecanicamente anisotrópico (TSOUMIS, 1991).

As propriedades mecânicas são relacionadas diretamente com a massa específica, largura dos anéis, espécie, teor de umidade e variabilidade genética (EVANS et al., 2000). Na Tabela 2 são apresentadas as médias das propriedades mecânicas da madeira de *Pinus taeda* em diferentes idades.

Tabela 2. Propriedades mecânicas da madeira de *Pinus taeda*.

Autor	Idade (anos)	Flexão estática		Compressão Paralela		Cisalhamento
		MOR ¹ (MPa)	MOE ² (MPa)	RC ³ (MPa)	EC ⁴ (MPa)	RCis ⁵ (MPa)
KLOCK, (2000)	11	60,59	7025	24	6967	9,38
SANTINI et al., (2000)	13	55,00	5956	29	8760	8,70
SCHWEITZER, (2016)	17	57,00	5504	26	5252	-
TRIANOSKI et al., (2014)	18	64,00	8234	37	12432	10,50
OLIVEIRA et al., (2006)	20	79,97	-	36	-	-
BALLLARIN e PALMA (2003)	37	43,45	5112	-	-	-

Notas: ¹MOR – Módulo de ruptura; ²MOE - Módulo de elasticidade; ³RC – Resistência a compressão; ⁴EC – Módulo de Elasticidade em compressão; ⁵RCis – Resistência ao cisalhamento.

3.3.3.1 Resistência à flexão estática

Para a determinação do ensaio de flexão estática é aplicada uma carga crescente no corpo de prova que está sobre dois apoios; essa força é inserida na parte central do corpo de prova, para medir as tensões e deformações que ocorrem, essa carga aumenta lentamente até que ocorra a ruptura do mesmo (DALCIN, 2007).

O ensaio de flexão estática avalia a resistência à flexão da madeira por meio do módulo de ruptura (MOR) e a sua rigidez por meio do módulo de elasticidade (MOE). Um alto módulo de elasticidade indica que o corpo de prova pode suportar uma alta carga sem grandes deformações (TSOUMIS, 1991). As propriedades obtidas nesse teste são de grande importância no uso da madeira.

O módulo de elasticidade é a propriedade que a madeira tem de retornar a sua condição inicial quando a carga que causa a deformação é removida, isso ocorre abaixo do limite proporcional, caso o carregamento for contínuo acima desse limite, a deformação torna-se permanente (TSOUMIS, 1991).

Na realização do ensaio com a aplicação da carga, o corpo de prova apresenta ruptura com rompimento no lado oposto ao qual a carga foi aplicada (lado sujeito a tração), o lado onde a carga é aplicada (sujeita a compressão) só ocorre o amassamento (MORESCHI, 2012).

3.3.3.2 Resistência à compressão paralela às fibras

A resistência da madeira à compressão paralela às fibras deve ser determinada em amostras livres de defeitos, por meio de uma carga aplicada no sentido paralelo às fibras. O seu conhecimento é importante para madeiras usadas em construção como telhados, caibros, pilares, etc. (KLOCK, 2000).

Coloca-se o corpo de prova na máquina de ensaios, a qual tem uma prensa fixa e outro móvel capaz de produzir forças superiores a 2000 kgf. São dispostos extensômetros para medir a deformação (MORALES, 2002).

3.3.3.3 Cisalhamento

Consiste na separação das fibras causadas por um esforço paralelo, incide na aplicação e mensuração do esforço no sentido das fibras, para provocar o deslizamento entre elas. Tem

grande importância prática em madeiras de vigas, postes, roletes, encaixes, entre outras. A resistência ao cisalhamento é proporcional à sua massa específica, depende do qual sentido o esforço é aplicado em relação aos anéis de crescimento (MORESCHI, 2012).

A resistência ao cisalhamento paralelo às fibras consiste na habilidade em resistir ao deslizamento interno de uma parte sobre a outra, os valores apresentados são referentes a força exercida em planos de corte radiais e tangenciais (KRETSCHMANN, 2010).

O valor de cisalhamento depende principalmente dos sentidos de crescimento da madeira. No plano tangencial existe uma grande influência do crescimento, com diferença entre o lenho inicial e tardio. Já no plano radial existe influência dos raios, quanto mais largos os raios, menor será a resistência ao cisalhamento (KOLLMANN e COTÉ, 1968).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE COLETA

Este trabalho foi realizado na região Centro Sul do estado do Paraná, com altitude média de 1.300 metros, sendo classificado por Köppen como clima temperado (Cfb). A temperatura média anual dessa região é de 16 °C e a precipitação média anual de 1751 mm (IAPAR, 2015).

A madeira estudada foi de *Pinus taeda*, com idade de 19 anos procedente de plantios comerciais com espaçamento de 2 x 3 metros. As coletas foram feitas em dois talhões, sem o ataque e com ataque do macaco-prego.

4.2. COLETA DO MATERIAL

O trabalho de campo teve início no mês de maio de 2017, quando foram selecionados dois talhões, de mesma idade, mesma condição de manejo e sitio. O talhão atacado encontrava-se com 100% das árvores atacadas por macaco-prego, onde foi instalada uma parcela de 10000 m² e obtidas as medidas de diâmetro de todas as árvores, para possibilitar a classificação das mesmas por classe de diâmetro à altura do peito (DAP) e a obtenção das 15 árvores em condição de ataque. O mesmo se repetiu para o talhão sem ataque, onde se obteve 15 árvores sadias.

A coleta foi dividida em duas etapas, a primeira foi na área livre de ataque onde foram estabelecidas três classes de diâmetro (20,0 – 27,9; 28,0 – 35,9; 36,0 – 43,9) e sorteadas cinco árvores em cada classe, totalizando 15 árvores não atacadas. Após, o procedimento foi realizado também no talhão que sofreu ataque do macaco-prego, onde foram obtidas 15 árvores com os dois tipos de danos (anelada e janelada), sem a separação dos mesmos.

De cada árvore foram retiradas as duas primeiras toras medindo 1,2 metros cada uma, sendo que 30 toras estavam em condição de ataque e 30 toras sadias, totalizando 60 toras. Após o traçamento, as toras foram identificadas de acordo com sua classe de diâmetro e sua condição (atacada/não atacada) (Figura 8).



Figura 8. Obtenção das toras atacadas e não atacadas de *Pinus taeda*.

Essas toras foram desdobradas em uma serraria, onde os pranchões foram identificados e encaminhados para marcenaria localizada na mesma cidade (Figura 9).



Figura 9. Desdobramento das toras e identificação dos pranchões na serraria.

Os pranchões permaneceram empilhados em local arejado para uma secagem lenta e gradual por quatro meses, como se pode observar na Figura 10, para alcançar a umidade de equilíbrio com o ambiente (15%). Após esse período foram confeccionados os corpos de prova para os ensaios de flexão estática, compressão paralela às fibras e cisalhamento.



Figura 10. Pranchões ao ar livre.

4.3. CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Depois dos pranchões passarem pela secagem ao ar livre, os corpos de prova foram confeccionados em uma marcenaria, onde a sua espessura foi reduzida por meio de uma plaina desgrossadeira e em seguida, foram transformados em peças de 5 cm x 5 cm, tendo-se o cuidado de eliminar nós, defeitos, e a presença da medula. Foram confeccionados 90 corpos de prova para cada ensaio realizado, sendo 45 corpos de prova da madeira atacada e 45 da madeira não atacada.

O procedimento de confecção, condicionamento e ensaio dos corpos de prova seguiram a norma ASTM D 143 – 94 (2000). Nos ensaios de flexão estática, empregou-se uma adaptação para a confecção dos corpos de prova, com dimensões de 5 cm x 2,5 cm x 41 cm (Largura x espessura x comprimento).

Os números de corpos de prova com suas respectivas dimensões para cada tipo de ensaio são descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Dimensão e número de corpos de prova por ensaio mecânico.

Ensaio Mecânico	Número de corpos de prova	Dimensões (cm) L x E x C
Flexão estática	90	5,0 x 2,5 x 41,0
Compressão paralela às fibras	90	5,0 x 5,0 x 20,0
Cisalhamento	90	5,0 x 5,0 x 6,5

Notas: L – Largura; E – espessura; C – comprimento.

Após a confecção, os corpos de prova foram condicionados em câmara climática a uma temperatura de 20°C e 65% de umidade relativa. Nessas condições, foram mantidos até que não ocorressem mais variações em peso, ou seja, até a madeira atingir uma umidade de equilíbrio.

4.4. PROPRIEDADES FÍSICAS

Para a determinação das propriedades físicas foram utilizados os corpos de prova dos ensaios mecânicos que, antes de serem ensaiados, serviram para a determinação do teor de umidade e massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio.

4.4.1. Massa específica aparente

Para a obtenção da massa ao teor de umidade de equilíbrio, os corpos de prova foram condicionados em câmara climatizada para que o teor de umidade permanecesse constante, e assim os corpos de prova foram pesados em uma balança semianalítica. O volume foi obtido pelas dimensões de comprimento, largura e altura dos corpos de prova com o uso de um paquímetro e uma régua graduada. A massa específica aparente foi obtida pela razão entre a massa ao teor de umidade de equilíbrio (T_{Ue}) e o seu volume ao teor de umidade de equilíbrio (T_{Ue}) (Equação 1).

$$ME_{ap} = \frac{M (\%)}{V (\%)} \quad (1)$$

Em que:

ME_{ap} = Massa específica aparente (T_{Ue}) - (g/cm³)

M = Massa (T_{Ue}) - (g)

$V = \text{Volume (TUE)} - (\text{cm}^3)$

4.5. PROPRIEDADES MECÂNICAS

Os corpos de prova para determinação das propriedades mecânicas foram condicionados em sala climatizada para que os ensaios fossem realizados com os corpos de prova ao teor de umidade de equilíbrio da região. Após a realização dos ensaios os resultados de resistência e rigidez da madeira foram corrigidos para o teor de umidade de 12%.

4.5.1. Flexão Estática

As variáveis obtidas no ensaio de flexão estática foram o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE). O ensaio foi realizado na máquina universal de ensaios EMIC DL 30.000. O corpo de prova foi colocado sobre dois apoios e foi aplicada uma carga no centro do corpo de prova com velocidade constante de 1,3 mm/min até a ruptura do mesmo.

O ensaio foi realizado conforme a norma ASTM D 143 – 94 (2000), com adaptação das dimensões do corpo de prova. As dimensões utilizadas foram 5 cm x 2,5 cm x 41 cm (largura x espessura x comprimento), comprimento, altura e largura, respectivamente (Figura 11). A alteração da largura do corpo de prova de dois para cinco centímetros teve por objetivo facilitar a leitura das características dos anéis de crescimento e foi um procedimento já utilizado em trabalho anterior (RALL, 2006).

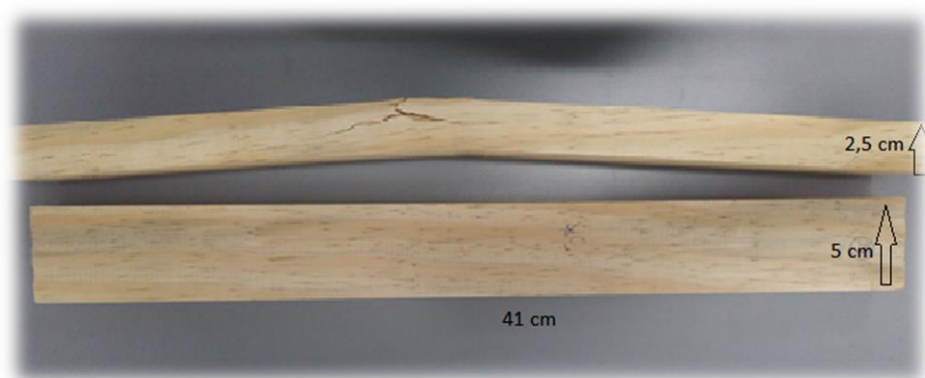


Figura 11. Corpo de prova para ensaio de flexão estática.

Na realização do ensaio foi obtido o gráfico de tensão x deformação do corpo-de-prova em flexão, sendo o MOR e o MOE calculados conforme as Equações 2 e 3.

$$MOR = \frac{3P_m * L}{2b * h^2} \quad (2)$$

Em que:

MOR = Módulo de ruptura (MPa)

P_m = Carga máxima obtida (N)

L = Vão entre os apoios (mm)

b = Largura do corpo de prova (mm)

h = Altura do corpo de prova (mm)

$$MOE = \frac{P_2 * L^3}{4d b h^3} \quad (3)$$

Em que:

MOE = Módulo de elasticidade (MPa)

P₂ = A carga no limite de proporcionalidade (N)

L³ = Vão entre os apoios (mm)

d = Deformação (mm)

b = Largura do corpo de prova (mm)

h = Altura do corpo de prova (mm)

Foram ensaiados 45 corpos de prova para a madeira de *Pinus taeda* atacada e 45 corpos de prova para a madeira não atacada, totalizando 90 corpos de prova para o ensaio de flexão estática.

4.5.2. Compressão paralela às fibras

Para o ensaio de compressão paralela às fibras, foram obtidos os valores de resistência à compressão (RC) e o módulo de elasticidade em compressão (EC). O ensaio foi realizado na máquina de ensaios universal EMIC DL 30.000.

Para esse ensaio foram utilizados corpos de prova de 5 cm x 5 cm x 20 cm, largura, altura e comprimento, respectivamente (Figura 12) conforme estabelecido pela norma ASTM D 143 – 94 (2000).

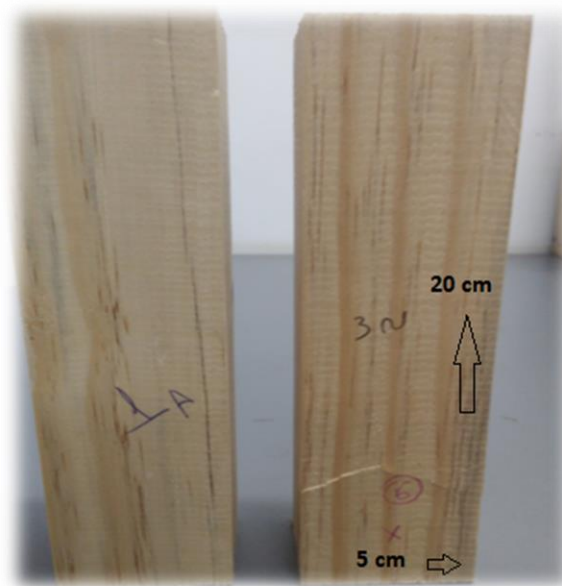


Figura 12. Corpo de prova para ensaio de compressão paralela às fibras.

A aplicação da carga foi feita sobre as faces do prisma de forma continua durante o ensaio à 0,6 mm/min. Os dados relativos às curvas de tensão-deformação foram obtidos após a ruptura do corpo de prova. A resistência a compressão paralela às fibras (RC) e o módulo de elasticidade em compressão (EC) foram calculados conforme as Equações 4 e 5.

Para a realização do ensaio de compressão, utilizou-se um extensômetro de sensibilidade que garante maior precisão ao ensaio. Quando o extensômetro é montado no corpo de prova, deve haver uma separação de 15 cm entre suas extremidades, área onde deve ocorrer a deformação.

$$RC = \frac{P_1}{S} \quad (4)$$

Em que:

RC = Resistência à compressão (MPa)

P₁ = A carga no limite proporcional (N)

S = Área da seção transversal do corpo de prova medido antes do ensaio (cm²).

$$EC = \frac{P_1 \cdot l}{S \cdot d} \quad (5)$$

Em que:

EC = Módulo de elasticidade em compressão (MPa)

P₁ = A carga no limite proporcional (N)

l = Distância entre as extremidades do extensômetro (mm)

S = Área da seção transversal do corpo de prova medido antes do ensaio (mm²)

d = Deformação (mm)

4.5.3. Cisalhamento

No ensaio de cisalhamento foi obtido a resistência ao cisalhamento (RCis). O ensaio foi realizado por uma máquina de ensaios universal EMIC DL 30.000 e consiste na aplicação e na medição de um esforço no sentido das fibras com uma velocidade de 0,6 mm/min até que ocorra o deslizamento das fibras. O corpo de prova possui 5 cm x 5 cm x 6,5 cm, (largura x altura x comprimento) (Figura 13). Para a realização do ensaio de cisalhamento, seguiu-se os parâmetros estabelecidos na norma ASTM D 143 – 94 (2000).

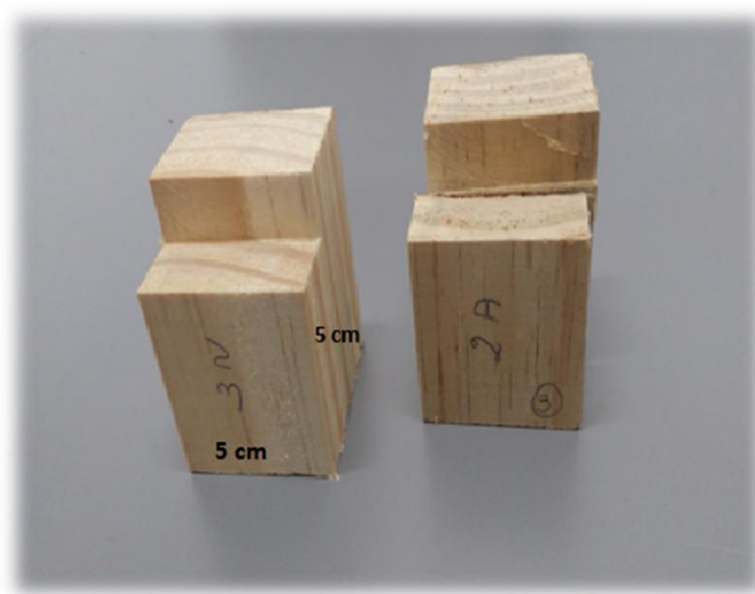


Figura 13. Corpo de prova para ensaio de cisalhamento.

A resistência ao cisalhamento foi calculada pela Equação 6.

$$RCis = \frac{P}{S} \quad (6)$$

Em que:

RCis = Resistência ao cisalhamento (MPa)

P = Carga máxima suportada pelo corpo de prova (N)

S = Área cisalhada (mm²)

Os valores para as propriedades de resistência e rigidez da madeira para um dado lote de material, o qual é ensaiado com diferentes teores de umidade, contidos no intervalo entre 10% e 20%, devem ser corrigidos para a umidade padrão de 12% seguindo especificações da norma NBR 7190 (1997). Para a correção dos valores de resistência e rigidez para a umidade padrão de 12% utilizou-se as Equações 7 e 8.

$$f_{12} = f_{u\%} \left[1 + \frac{3(U\% - 12)}{100} \right] \quad (7)$$

Em que:

f_{12} = Resistência à 12% de umidade (MPa)

$f_{u\%}$ = Resistência do corpo de prova (MPa)

$U\%$ = Umidade que o material se encontra.

$$E_{12} = E_{u\%} \left[1 + \frac{2(U\% - 12)}{100} \right] \quad (8)$$

Em que:

E_{12} = Rigidez à 12% de umidade (MPa)

$E_{u\%}$ = Rigidez do corpo de prova (MPa)

$U\%$ = Umidade que o material se encontra.

4.6. CARACTERIZAÇÃO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

4.6.1 Tamanho do anel e porcentagem de lenho tardio

Foram obtidas medidas do tamanho do anel e da porcentagem de lenho tardio dos corpos de prova, pelo fato de que essas medidas podem fornecer informações importantes sobre a qualidade da madeira. A determinação do tamanho do anel e da porcentagem de lenho tardio

foi realizada nos corpos de prova destinados aos ensaios mecânicos, que após serem ensaiados foram lixados nas faces e medidos (Figura 14).

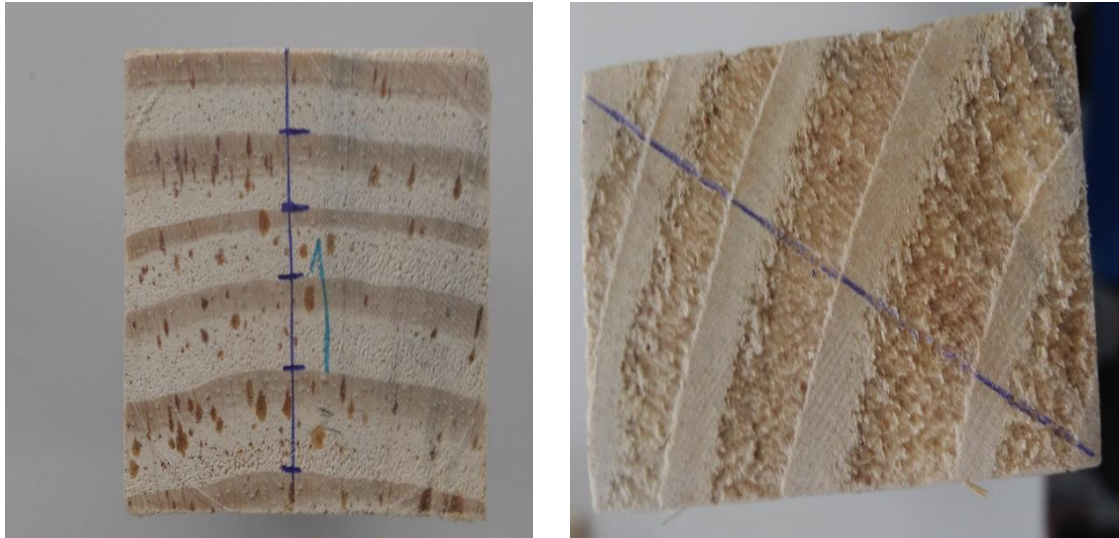


Figura 14. Medição dos anéis de crescimento.

Foi medida a dimensão total da face transversal do corpo de prova no sentido perpendicular aos anéis de crescimento, em seguida, mediu-se as dimensões correspondentes ao lenho inicial e ao lenho tardio. A medição das dimensões ocorreu nas duas faces dos corpos de prova, obtendo-se desta forma, uma média para cada corpo de prova. Para o cálculo da porcentagem de lenho tardio e tamanho médio dos anéis utilizou-se as Equações 9 e 10:

$$\%LT = \frac{\sum LT}{DT} * 100 \quad (9)$$

Em que:

% LT = Porcentagem de lenho tardio (%)

\sum LT = Somatória do lenho tardio (cm)

DT = Dimensão total da face do corpo de prova no sentido perpendicular aos anéis de crescimento (cm).

$$TM = \frac{DT}{N} \quad (10)$$

Em que:

TM = Tamanho médio dos anéis (cm)

DT = Dimensão total da face do corpo de prova no sentido perpendicular aos anéis de crescimento (cm)

N = Número de anéis de crescimento na face do corpo de prova.

4.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram calculadas as médias das propriedades físicas e mecânicas avaliadas para cada tratamento, que consistiu nas médias por condição (atacada ou não atacada) e para cada classe de diâmetro da árvore (Tabela 4).

Os dados foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3, com duas condições (atacada e não atacada) e três classes de DAP. Os dados foram submetidos ao teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias. Após comprovada a homogeneidade das variâncias, foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA), havendo rejeição da hipótese de igualdade pela ANOVA, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey.

Realizou-se a correlação entre as propriedades determinadas por meio da correlação de Pearson. As análises estatísticas foram realizadas, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4. Delineamento experimental.

Tratamentos	Condição	Classe de DAP ¹ (cm)	Corpos de prova
1	Atacada	20,0 - 27,9	15
2	Atacada	28,0 - 35,9	15
3	Atacada	36,0 – 43,9	15
4	Não atacada	20,0 – 27,9	15
5	Não atacada	28,0 – 35,9	15
6	Não atacada	36,0 – 43,9	15

Notas: ¹DAP – Diâmetro a altura do peito.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. MASSA ESPECÍFICA APARENTE

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios da massa específica aparente da madeira de *Pinus taeda* na condição atacada e não atacada nas três classes de diâmetro, e a média geral para as duas condições.

Tabela 5. Massa específica aparente da madeira de *Pinus taeda*.

Condição	Classe diamétrica	MEap ¹ por classe	MEap ¹ por condição
Atacada	20,0 – 27,9	0,463	0,495
	28,0 – 35,9	0,474	
	36,0 – 43,9	0,558	
Não atacada	20,0 – 27,9	0,454	0,457
	28,0 – 35,9	0,436	
	36,0 – 43,9	0,473	

Notas: ¹MEap - Massa específica aparente (g/cm³).

A massa específica aparente foi maior nos corpos de prova obtidos na maior classe de diâmetro, na condição atacada de 0,558 g/cm³. A menor massa específica foi obtida na segunda classe de diâmetro para a condição não atacada de 0,436 g/cm³. Nas três classes de diâmetro a madeira atacada apresentou maior massa específica aparente. A média geral para a massa específica aparente por condição foi superior para a madeira atacada com 0,495 g/cm³, enquanto que a madeira oriunda de árvores livres do ataque apresentou a menor massa específica aparente de 0,457 g/cm³. Na Figura 15 são apresentadas as médias de massa específica aparente da madeira de *Pinus taeda*, atacada e não atacada nas três classes de diâmetro.

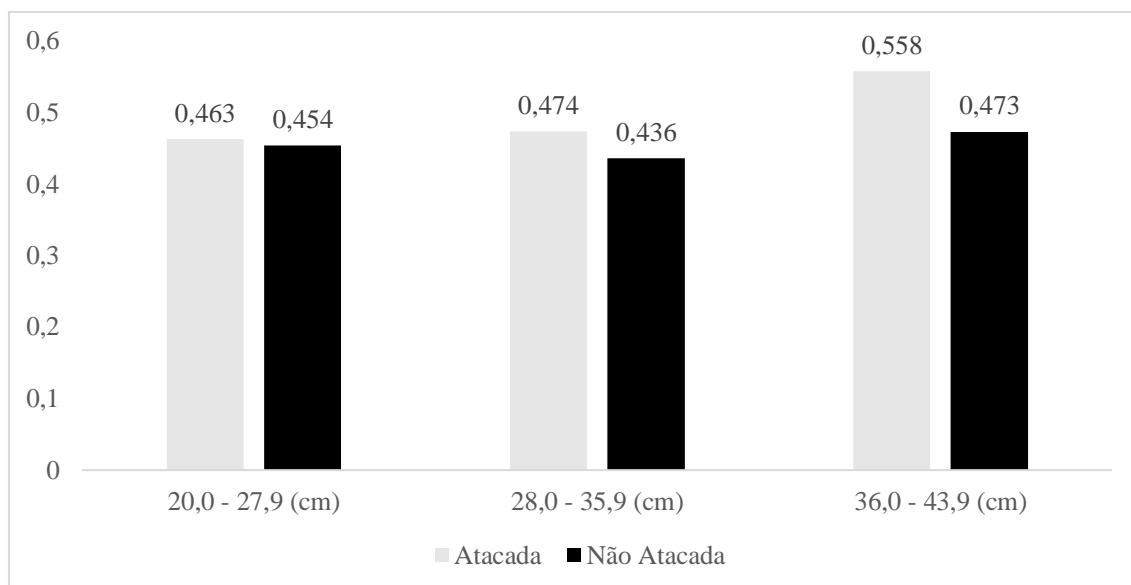


Figura 15. Massa específica aparente (g/cm³) para a madeira de *Pinus taeda* atacada e não atacada.

De modo geral, a massa específica aparente foi semelhante nas diferentes classes de diâmetro, exceto para a maior classe de diâmetro da madeira atacada, o que corrobora com o estudo feito por Hassegawa (2003) onde constatou para a espécie de *Pinus taeda* com 25 anos de idade, que a massa específica comportou-se de maneira semelhante em três classes de diâmetro distintas e que apenas em direção ao topo houve o decréscimo da massa específica. Desta forma o autor concluiu que a classe diamétrica exerce pouca influência sobre a massa específica.

A idade tem forte influência na massa específica da madeira, conforme observado por Ballarin e Palma (2003) onde caracterizaram a madeira de *Pinus taeda* com 37 anos de idade, encontrando massa específica de 0,605 g/cm³, valor superior ao encontrado nesta pesquisa, a qual apresenta valores de massa específica da madeira de *Pinus taeda* oriunda de plantios com 19 anos de idade. Quando árvores são originárias de povoamentos maduros, tendem a apresentar maior resistência mecânica do que quando são originárias de povoamentos jovens. Esse fato está relacionado com o espessamento da parede celular e também da maior proporção de lenho tardio que influenciam diretamente na massa específica da madeira, o que justifica a variação dos valores de resistência citados neste trabalho. Quanto mais densa a madeira for, mais resistência ela terá contra impactos mecânicos (SANTINI et al., 2000).

5.2. RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA

Na Tabela 6 são apresentadas as médias por tratamento de massa específica aparente, módulo de ruptura, módulo de elasticidade, porcentagem de lenho tardio e tamanho médio dos anéis de crescimento para as três classes de diâmetro da madeira atacada e da madeira não atacada

Tabela 6. Médias por tratamento para o ensaio de flexão estática.

Condição	DAP ¹	MEap ² (g/cm ³)	MOR ³ (MPa)	MOE ⁴ (MPa)	TA ⁵ (cm)	LT ⁶ (%)
Atacada	20,0 – 27,9	0,496 b	62,89 a	5824 a	1,09 a	32,75 ab
Atacada	28,0 – 35,9	0,475 b	56,62 a	5374 a	1,34 a	28,53 ab
Atacada	36,0 – 43,9	0,562 a	67,47 a	6637 a	1,36 a	35,31 a
Não atacada	20,0 – 27,9	0,467 b	60,81 a	5066 a	1,06 a	27,46 b
Não atacada	28,0 – 35,9	0,441 b	64,31 a	5673 a	1,06 a	34,05 ab
Não atacada	36,0 – 43,9	0,472 b	62,17 a	4717 a	1,20 a	30,59 ab

Notas: ¹DAP – Diâmetro a altura do peito; ²MEap – Massa específica aparente; ³MOR – Módulo de ruptura; ⁴MOE – Módulo de elasticidade; ⁵TA – Tamanho médio do anel; ⁶LT – Lenho tardio. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Para o módulo de ruptura e o módulo de elasticidade não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, mas é possível observar que a maior resistência e rigidez foi obtida na classe com a maior massa específica, que corresponde a maior classe de diâmetro na condição atacada.

Santini et al. (2000), para a espécie de *Pinus taeda* com 13 anos de idade localizados em Quedas do Iguaçu - PR, encontraram valores médios para a resistência a flexão estática de MOR 56,6 MPa e MOE 5956 MPa, valores próximos dos encontrados nesta pesquisa. Os resultados dos módulos de ruptura e de elasticidade encontrados por Klock (2000) para a espécie de *Pinus taeda* com 12 anos de idade, apresentou para MOR 60,59 MPa e 7025 MPa para o módulo de elasticidade.

Trianoski (2014) encontrou para a espécie de *Pinus taeda* com 17 anos de idade, módulo de ruptura de 64 MPa e o módulo de elasticidade 8234 MPa. Oliveira et al. (2006) obtiveram o valor médio de 79,97 MPa de resistência à flexão estática para a espécie de *Pinus taeda* com 20 anos de idade, média superior as obtidas nos tratamentos da madeira atacada e não atacada.

Os resultados médios obtidos para massa específica aparente, módulo de ruptura e para o módulo de elasticidade a partir do ensaio de flexão estática para os fatores condição e classe de DAP, são apresentados na Tabela 7. Também estão descritos os valores médios do tamanho dos anéis de crescimento e a porcentagem de lenho tardio.

Tabela 7. Ensaio de flexão estática para a madeira de *Pinus taeda*.

Fator	Nível	Flexão estática				
		MEap ¹ (g/cm ³)	MOR ² (MPa)	MOE ³ (MPa)	TA ⁴ (cm)	LT ⁵ (%)
Condição	Atacado	0,511 a	61,32 a	5611,94 a	1,26 a	32,2 a
	Não Atacado	0,460 b	63,43 a	5285,66 a	1,11 b	30,7 a
Classes de DAP (cm)	20,0 –27,9	0,482 b	61,85 a	5445,31 a	1,07 a	30,10 a
	28,0 –35,9	0,458 b	61,97 a	5445,31 a	1,20 a	31,29 a
	36,0 –43,9	0,517 a	63,32 a	5724,03 a	1,28 a	32,95 a
Interação	F1 x F2	3,222*	2,548 ^{ns}	1,879 ^{ns}	0,908 ^{ns}	6,223*

Notas: ¹MEap – Massa específica aparente; ²MOR – módulo de ruptura; ³MOE – Módulo de elasticidade; ⁴TA – Tamanho médio dos anéis; ⁵LT – Porcentagem de lenho tardio. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; ns – não significativo.

Em flexão estática, tanto o MOR quanto o MOE não apresentaram diferença estatística significativa entre a madeira de *Pinus taeda* atacada e a não atacada. O mesmo se repetiu para as três classes de diâmetro distintas, as quais não apresentaram nenhuma diferença estatística significativa entre classes.

Para o tamanho médio dos anéis de crescimento houve diferença estatística significativa entre as condições atacada e não atacada, sendo que a madeira atacada pelo macaco-prego apresentou o maior tamanho médio do anel com 1,26 cm, enquanto que a madeira não atacada apresentou o menor valor de 1,11 cm. Já para o fator classe de diâmetro não houve diferença estatística significativa.

Quanto à porcentagem de lenho tardio não houve diferença estatística significativa entre a madeira atacada e a não atacada, e entre as classes de diâmetro, demonstrando que o ataque do macaco-prego não teve influência para esta variável.

A interação entre os dois fatores, condição (atacada e não atacada) e classe de diâmetro, foi observada apenas para a variável de lenho tardio e massa específica, para as demais variáveis não houve interação significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro.

5.2.1 Correlação entre as propriedades de resistência à flexão estática, massa específica aparente, e porcentagem de lenho tardio.

Na Tabela 8 são apresentados os valores de correlação de Pearson para o ensaio de flexão estática para ambas as condições. Os módulos de ruptura e de elasticidade à flexão estática relacionam-se significativamente de forma direta com a massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio.

Tabela 8. Correlação de Pearson para a propriedade de flexão estática.

Correlação		MEap ¹ (g/cm ³)	MOE ² (MPa)	MOR ³ (MPa)	TA ⁴ (cm)	LT ⁵ (%)
Média geral	MEap (g/cm ³)	1	-	-	-	-
	MOE (MPa)	0,608**	1	-	-	-
	MOR (MPa)	0,667**	0,894**	1	-	-
	TA (cm)	- 0,228*	-0,299**	-0,321**	1	-
	LT (%)	0,624**	0,444**	0,551**	- 0,445**	1
Atacado	MEap (g/cm ³)	1	-	-	-	-
	MOE (MPa)	0,581**	1	-	-	-
	MOR (MPa)	0,772**	0,916**	1	-	-
	TA (cm)	- 0,310*	- 0,599**	- 0,531**	1	-
	LT (%)	0,735**	0,330*	0,488**	- 0,485**	1
Não atacado	MEap (g/cm ³)	1	-	-	-	-
	MOE (MPa)	0,675**	1	-	-	-
	MOR (MPa)	0,776**	0,904**	1	-	-
	TA (cm)	- 0,430*	-0,420**	-0,499**	1	-
	LT (%)	0,529**	0,538*	0,635**	- 0,651**	1

Notas: ¹MEap – Massa Específica Aparente; ²MOE – módulo de elasticidade; ³MOR – módulo de ruptura; ⁴TA - Tamanho Médio do Anel; ⁵LT - Lenho Tardio.

Na condição atacada, houve correlação significativa, positiva e forte entre o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR) (0,916); a massa específica aparente e o

módulo de ruptura (MOR) (0,772); massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio (0,735).

Para a condição não atacada, houve correlação significativa e positiva, entre a massa específica aparente e o módulo de ruptura (MOR) (0,776) e a massa específica aparente e o módulo de elasticidade (0,675) (MOE).

A correlação entre o módulo de ruptura e a massa específica foram de 0,772 e 0,776 nas condições atacada e não atacada, respectivamente, o que demonstra a influência da massa específica na resistência da madeira.

Os valores das propriedades da madeira na condição não atacada apresentaram-se, em geral, superiores aos da condição atacada, isto indica que as correlações são melhores para a madeira nesta condição, demonstrando que a medida que uma variável aumenta a outra aumentará de forma proporcional.

Nas Figuras 16 e 17 são apresentadas graficamente as regressões lineares, das propriedades de resistência à flexão estática (módulo de ruptura e módulo de elasticidade), em função da massa específica aparente e da porcentagem de lenho tardio dos corpos de prova testados para a madeira de *Pinus taeda*.

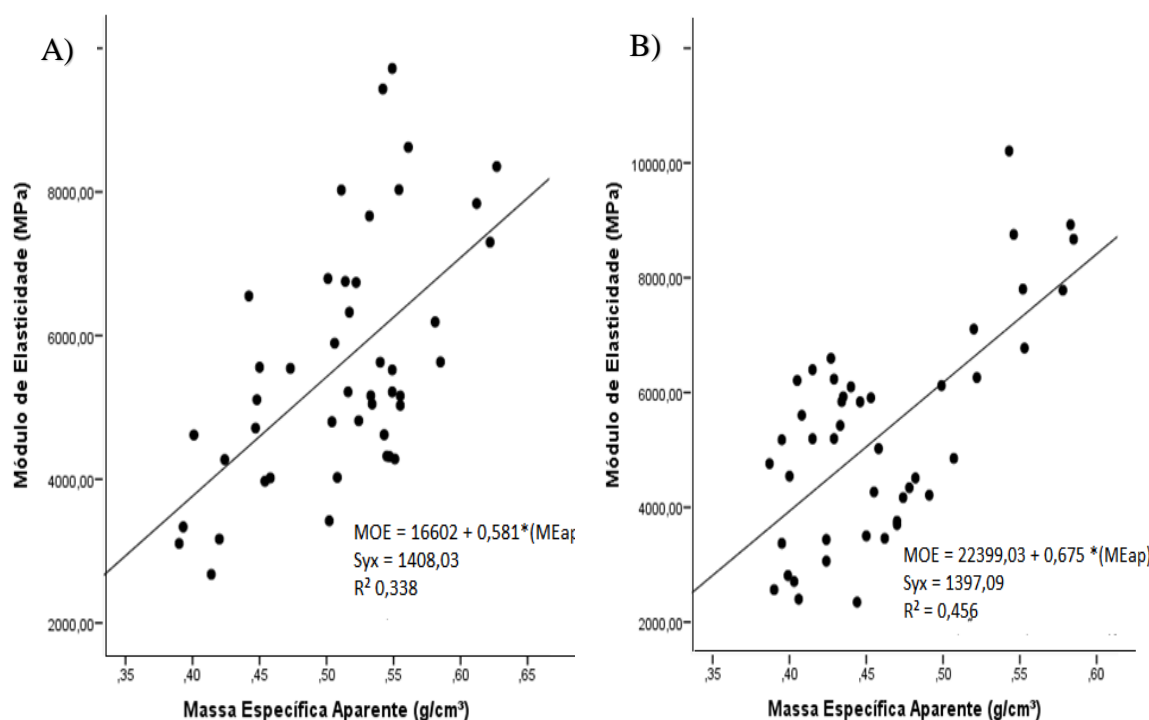


Figura 16. Módulo de elasticidade em função da massa específica aparente. A – madeira atacada. B – madeira não atacada.

Verificou-se a maior influência da massa específica na rigidez da madeira para a condição não atacada (Figura 17 – B), pois apresentou coeficiente de determinação da regressão de 0,456, isto indicou que 45% da variável dependente (módulo de elasticidade) para a condição não atacada, consegue ser explicado por este modelo linear. Já o coeficiente de determinação da regressão para a madeira atacada (Figura 17 – A), apresentou o menor valor de 0,338 quando comparada a madeira atacada, indicando que 33% do módulo de elasticidade consegue ser explicado por esse modelo linear.

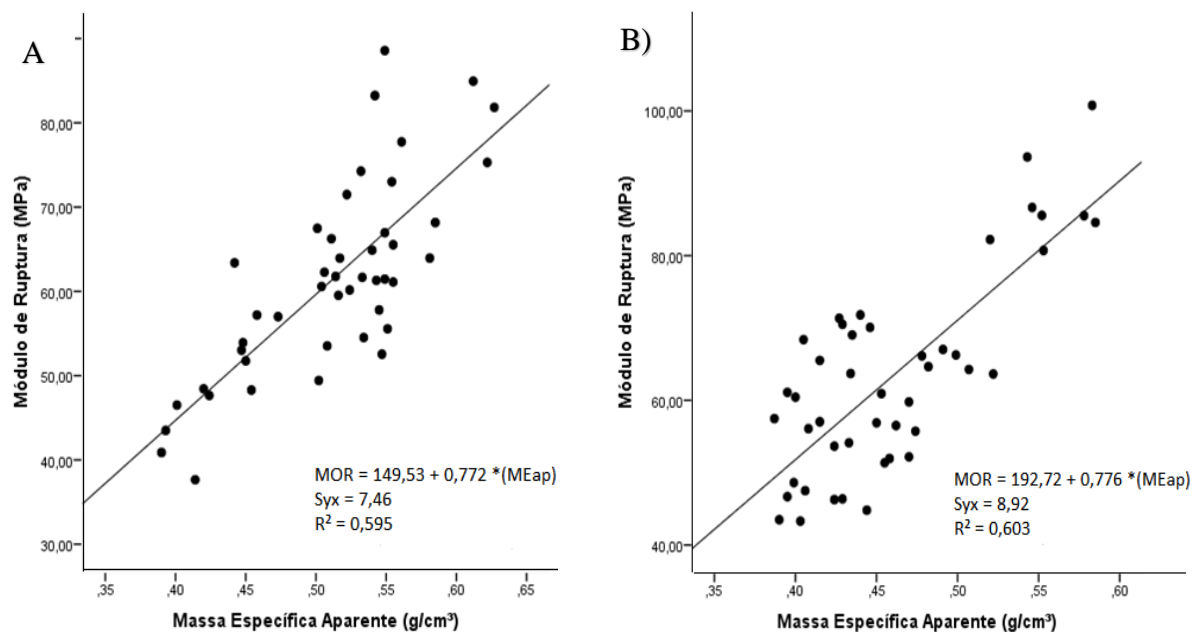


Figura 17. Módulo de ruptura em função da massa específica aparente. A – madeira atacada. B – madeira não atacada.

A regressão para o módulo de ruptura em função da massa específica aparente foi melhor que a regressão para o módulo de elasticidade em função da massa específica aparente para ambas as condições, sendo que o coeficiente de determinação da regressão para o módulo de ruptura foi de 0,603 para a madeira não atacada (Figura 18 – B) e 0,595 para a madeira atacada (Figura 18 – A), indicando que o módulo de ruptura é melhor explicado pela massa específica aparente do que o módulo de elasticidade.

5.3. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA

Na Tabela 9 são apresentadas as médias por tratamento de massa específica aparente, resistência à compressão paralela às fibras, módulo de elasticidade em compressão, porcentagem de lenho tardio e tamanho médio dos anéis para a madeira de *Pinus taeda* nas duas condições (atacada e não atacada) nas três classes de diâmetros.

Tabela 9. Médias por tratamento para o ensaio de compressão paralela às fibras.

Condição	DAP ¹	MEap ² (g/cm ³)	RC ³ (MPa)	EC ⁴ (MPa)	LT ⁵ (%)	TA ⁶ (cm)
Atacada	20,0 – 27,9	0,447 cd	32,57 cd	6439 bc	33,14 bc	0,85 bc
Atacada	28,0 – 35,9	0,489 b	37,22 bc	6894 bc	39,70 b	0,76 c
Atacada	36,0 – 43,9	0,576 a	46,19 a	9139 a	47,46 a	0,87 bc
Não atacada	20,0 – 27,9	0,421 d	29,83 d	5330 c	27,21 c	1,14 a
Não atacada	28,0 – 35,9	0,445 cd	30,81 d	5538 bc	29,80 c	0,98 bc
Não atacada	36,0 – 43,9	0,473 bc	37,77 b	7088 b	28,17 c	1,08 ab

Notas: ¹DAP – Diâmetro a altura do peito; ²MEap – Massa específica aparente; ³RC – Resistência à compressão; ⁴EC – Módulo de elasticidade em compressão; ⁵LT – Lenho tardio; ⁶TA – Tamanho médio do anel.

Para resistência a compressão paralela às fibras e o módulo de elasticidade em compressão houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. A maior média para ambas as variáveis foi obtida na maior classe de diâmetro na condição atacada, que corresponde a classe com a maior massa específica aparente e a maior porcentagem de lenho tardio.

Santini et al. (2000) encontraram para a espécie de *Pinus taeda* com 13 anos de idade, valores médios de resistência a compressão paralela às fibras de 29 MPa, e para o módulo de elasticidade 7353 MPa. Oliveira et al. (2006) encontraram para *Pinus taeda* com 20 anos de idade, o valor médio de 35 MPa para o módulo de ruptura. Trianoski (2014) obteve para a madeira de *Pinus taeda* com 17 anos de idade, resultado médio de resistência a compressão paralela de 37 MPa, valor próximo aos obtidos nesse trabalho, e para o módulo de elasticidade em compressão a autora encontrou valor de 12432 MPa, superior as médias de todos os tratamentos para o ensaio de compressão paralela.

Klock (2000) encontrou para a madeira de *Pinus taeda* com 12 anos de idade, valores inferiores aos encontrado neste trabalho, para o módulo de ruptura o autor obteve o valor de 24 MPa, provavelmente em razão da menor idade das árvores naquele trabalho, para o módulo de

elasticidade obteve 6967,2 MPa, valor semelhante ao encontrado nos tratamentos de compressão paralela.

Os resultados médios para cada fator analisado, obtidos nos corpos de prova usados na determinação das propriedades de resistência à compressão paralela às fibras (RC) e do módulo de elasticidade (EC), mais o tamanho médio dos anéis de crescimento (cm) e a porcentagem do lenho tardio (%), são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Ensaio de compressão paralela para a madeira de *Pinus taeda*.

Compressão paralela						
Fator	Nível	MEap ¹ (g/cm ³)	RC ² (MPa)	EC ³ (MPa)	TA ⁴ (cm)	LT ⁵ (%)
Condição	Atacado	0,504 a	38,66 a	7491,29 a	0,832 b	40,49 a
	Não atacado	0,445 b	32,60 b	5985,77 b	1,085 a	28,53 b
Classes de DAP (cm)	20,0 – 27,9	0,434 c	31,20 b	5885,13 b	1,000 a	30,47 b
	28,0 – 35,9	0,467 b	34,02 b	6216,59 b	0,872 a	34,64 ab
	36,0 – 43,9	0,522 a	41,67 a	8149,24 a	0,997 a	38,77 a
Interação	F1 x F2	9,955*	3,483*	3,666 ^{ns}	2,125 ^{ns}	7,306*

Notas: ¹MEap – Massa específica aparente; ²RC – Resistência à compressão; ³EC – Módulo de elasticidade em compressão; ⁴TA – Tamanho médio dos anéis; ⁵LT – Porcentagem de lenho tardio. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. * - Significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ns – não significativo.

Para a compressão paralela às fibras, houve diferença estatística significativa entre a madeira atacada e a não atacada para a resistência à compressão (RC), sendo que a madeira atacada apresentou valor superior com 38,66 MPa, em relação a madeira não atacada que resultou em 32,60 MPa. A maior resistência da madeira atacada está relacionada, em parte, com a maior porcentagem de lenho tardio que conseqüentemente confere uma maior massa específica à madeira. A maior classe de diâmetro (36,0 – 43,9 cm de DAP) apresentou diferença estatística significativa em relação às outras classes, com valor de 41,67 MPa para a resistência à compressão.

Para o módulo de elasticidade em compressão houve diferença estatística significativa entre as duas condições. Observa-se que o maior valor foi para a madeira atacada 7491,29 MPa, enquanto que para a condição não atacada a elasticidade à compressão foi de 5985,77 MPa. Para as diferentes classes de diâmetro houve diferença estatística significativa, sendo que o

maior valor encontrado para o módulo de elasticidade em compressão (EC) foi de 8149 MPa, para a maior classe de diâmetro (36,00 – 43,99 cm de DAP). Essas mesmas diferenças foram encontradas na resistência à compressão onde a madeira atacada obteve maior valor, podendo estar relacionada à sua madeira ser mais resistente e com uma maior proporção de lenho tardio.

Para a variável tamanho do anel de crescimento houve diferença estatística significativa entre as duas condições, sendo que o tamanho médio do anel para a condição não atacada foi de 1,08 cm, superior ao da condição atacada com 0,83 cm. Para o fator classe de diâmetro não houve diferença estatística significativa.

Para a porcentagem de lenho tardio houve diferença estatística significativa entre as duas condições, sendo que a maior porcentagem de lenho tardio foi na condição atacada com 40,49%, enquanto que para a madeira não atacada essa porcentagem foi de 28,53 %. Para esta variável houve uma diferença abrupta entre os valores, a qual pode ser justificada pela interferência do ataque, o qual pode ocasionar irregularidades na proporção de lenho tardio. Também houve diferença estatística significativa entre as classes de diâmetro, com a maior porcentagem de lenho tardio na maior classe de diâmetro com 38%. Hasegawa (2003) encontrou para a madeira de *Pinus taeda* com 25 anos de idade valores médios de porcentagem de lenho tardio à altura do peito (DAP) de 22,1% - 29,0% - 30,2% para as classes de diâmetro 1 (13,4 a 28,5 cm), 2 (28,6 a 40,5 cm) e 3 (40,6 a 52,5 cm) respectivamente, sendo o valor inferior ao obtido para os corpos de prova do ensaio de compressão na maior classe de diâmetro.

A interação entre o fator um (condição atacada e condição não atacada) e o fator dois (classe de DAP), foi significativa para massa específica aparente, resistência à compressão e porcentagem de lenho tardio.

5.3.1 Correlação entre as propriedades de Resistência à compressão paralela às fibras, massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio.

Na Tabela 11 são apresentados os valores de correlação de Pearson para as variáveis em ambas as condições.

Tabela 11. Correlação de Pearson para a propriedade de compressão paralela.

	Correlação	MEap ¹ (g/cm ³)	RC ² (MPa)	EC ³ (MPa)	TA ⁴ (cm)	LT ⁵ (%)
Média Geral	MEap (g/cm ³)	1	-	-	-	-
	RC ¹ (MPa)	0,841**	1	-	-	-
	EC ² (MPa)	0,757 **	0,868 **	1	-	-
	TA (cm)	-0,534 **	-0,505 **	-0,600**	1	-
	LT (%)	0,753**	0,594**	0,526**	- 0,608**	1
Atacado	MEap (g/cm ³)	1	-	-	-	-
	RC ¹ (MPa)	0,875**	1	-	-	-
	EC ² (MPa)	0,720**	0,843**	1	-	-
	TA (cm)	-0,028	-0,209	-0,303**	1	-
	LT (%)	0,678**	0,520**	0,442**	- 0,291	1
Não Atacado	MEap (g/cm ³)	1	-	-	-	-
	RC ¹ (MPa)	0,709**	1	-	-	-
	EC ² (MPa)	0,701**	0,852**	1	-	-
	TA (cm)	-0,767**	-0,561**	-0,685**	1	-
	LT (%)	0,656 *	0,395**	0,367*	-0,717**	1

Notas: ¹MEap – Massa específica aparente; ²RC – Resistência à compressão; ³EC - Módulo de elasticidade em compressão; ⁴TA – Tamanho do anel; ⁵LT – Porcentagem de lenho tardio.

Para a condição atacada, houve correlação significativa e positiva para massa específica aparente e a resistência à compressão (RC) (0,875); massa específica aparente e o módulo de elasticidade em compressão (EC) (0,720); massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio (0,678); resistência à compressão (RC) e o módulo de elasticidade em compressão (EC) (0,843).

A correlação de Pearson para a condição não atacada no ensaio de compressão paralela às fibras, apresentou correlação significativa e positiva para massa específica aparente e a

resistência à compressão (RC) (0,709); massa específica aparente e o módulo de elasticidade em compressão (EC) (0,701); massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio (0,656); resistência à compressão (RC) e o módulo de elasticidade em compressão (EC) (0,852). Correlação significativa, negativa e forte para a massa específica aparente e o tamanho do anel (-0,767); tamanho do anel e a porcentagem de lenho tardio (-0,717); módulo de elasticidade em compressão (EC) e o tamanho do anel (-0,685).

Observa-se boa correlação entre o módulo de ruptura e a massa específica aparente para a condição atacada de 0,875, demonstrando que a massa específica influenciou mais fortemente no módulo de ruptura da madeira nessa condição.

Para o ensaio de compressão paralela, a madeira atacada apresentou correlação negativa e fraca entre o tamanho do anel com todas as demais variáveis, enquanto que, a madeira livre do ataque apresentou melhor correlação. Esse resultado pode ser explicado, pela irregularidade dos anéis da madeira atacada, isto também pode ser observado para a porcentagem de lenho tardio.

Nas Figuras 18 e 19 são ilustrados graficamente as regressões lineares entre as propriedades de resistência à compressão paralela às fibras, módulo de ruptura e módulo de elasticidade em compressão, com a massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio, determinados para os corpos de prova testados.

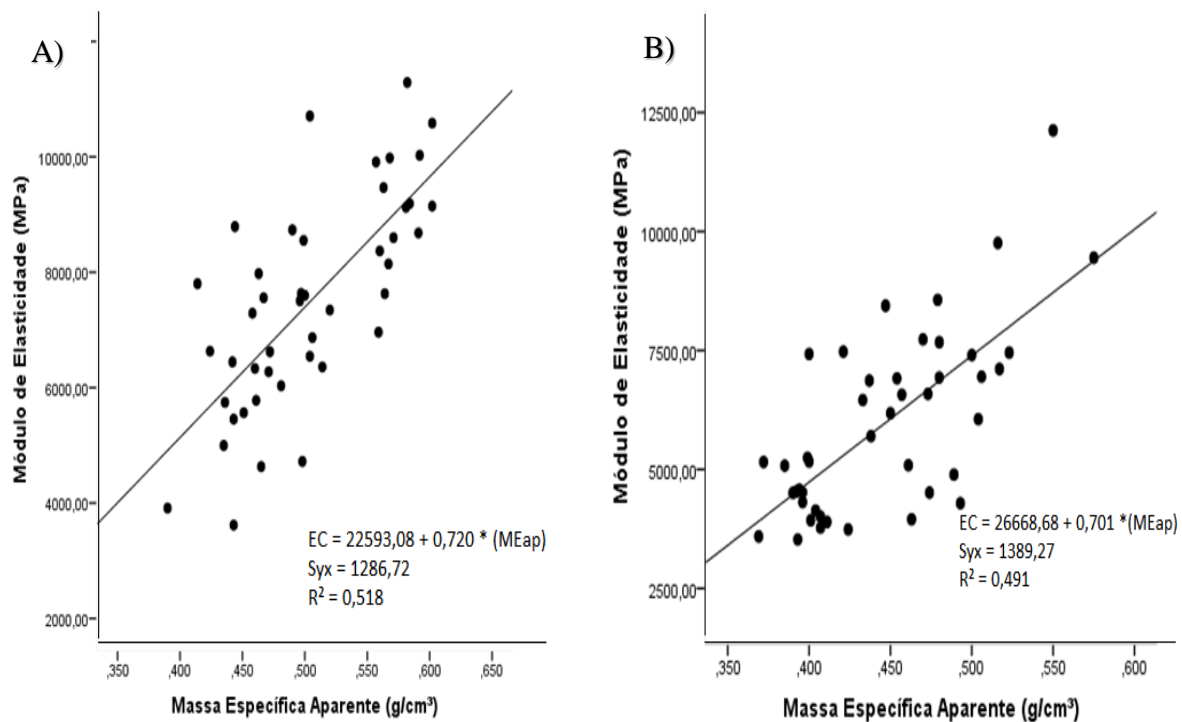


Figura 18. Módulo de elasticidade em compressão, em função da massa específica aparente. A – madeira atacada, B – madeira não atacada

O coeficiente de determinação da regressão foi superior para a madeira na condição atacada (Figura 18 - A) com R^2 de 0,518, isto indica que 51% da variável dependente (módulo de elasticidade) é explicada por este modelo linear. O coeficiente de determinação para a madeira na condição não atacada (Figura 18 – B) foi de 0,491 valor semelhante ao da madeira na condição atacada.

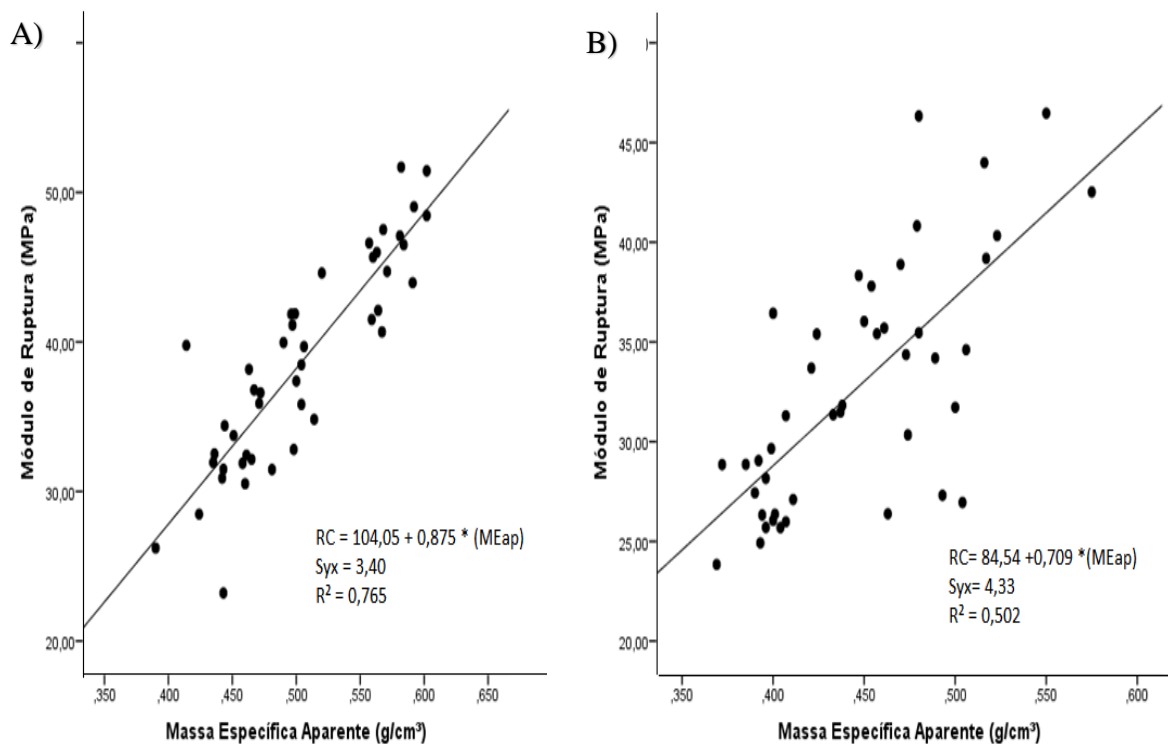


Figura 19. Módulo de ruptura em função da massa específica aparente. A – madeira atacada, B – madeira não atacada.

O coeficiente de determinação obtido para a variável módulo de ruptura em função da massa específica aparente na condição atacada, foi superior ao da madeira não atacada. Os coeficientes encontrados para o módulo de ruptura foram melhores que os coeficientes de determinação do módulo de elasticidade, isto indica que o módulo de ruptura é melhor explicado pela massa específica aparente para os corpos de prova ensaiados em compressão paralela.

5.4. RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

Na Tabela 12 são apresentadas as médias por tratamento da massa específica aparente, resistência ao cisalhamento, porcentagem de lenho tardio e tamanho médio dos anéis da madeira de *Pinus taeda*, para a condição atacada e não atacada em três classes de diâmetro.

Tabela 12. Médias por tratamento para o ensaio de cisalhamento.

Condição	DAP ¹	MEap ² (g/cm ³)	RCis ³ (MPa)	LT ⁴ (%)	TA ⁵ (cm)
Atacada	20,0 – 27,9	0,420 c	9,43 b	24,93 b	1,23 b
Atacada	28,0 – 35,9	0,458 bc	10,75 ab	32,98 a	1,33 ab
Atacada	36,0 – 43,9	0,538 a	11,85 a	34,03 a	1,24 ab
Não atacada	20,0 – 27,9	0,503 ab	11,27 a	31,96 a	1,05 b
Não atacada	28,0 – 35,9	0,424 c	8,95 b	22,64 b	1,63 a
Não atacada	36,0 – 43,9	0,476 b	12,07 a	25,00 b	1,16 b

Notas: ¹DAP – Diâmetro a altura do peito; ²MEap – Massa específica aparente; ³RCis – Resistência ao cisalhamento; ⁴LT – Lenho tardio; ⁵TA – Tamanho médio do anel.

Santini (2000) para a resistência de cisalhamento da espécie *Pinus taeda* com 13 anos de idade, encontrou o valor de 8,7 MPa, inferior as médias obtidas para os tratamentos deste trabalho. Klock (2000) também obteve valor médio inferior a este trabalho para a resistência ao cisalhamento, quando estudou a madeira de *Pinus taeda* com 12 anos de idade, que resultou em 8,23 MPa. Trianoski (2014) encontrou o valor médio de 10,52 MPa para a resistência ao cisalhamento da madeira de *Pinus taeda* com 17 anos.

Os resultados médios obtidos na determinação das propriedades de resistência ao cisalhamento da madeira de *Pinus taeda* para os fatores condição e classe de DAP e os valores médios do tamanho dos anéis de crescimento e a porcentagem de lenho tardio são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Ensaio de cisalhamento para madeira de *Pinus taeda*.

Fator	Nível	Cisalhamento (MPa)			
		MEap ¹ (g/cm ³)	RCis ² (MPa)	TA ³ (cm)	LT ⁴ (%)
Condição	Atacado	0,472 a	10,67 a	1,27 a	30,65 a
	Não atacado	0,468 a	10,63 a	1,28 a	26,53 b
Classes de DAP (cm)	20,0 – 27,9	0,462 b	10,35 b	1,14 b	28,44 a
	28,0 – 35,9	0,441 b	9,85 b	1,48 a	27,81 a
	36,0 – 43,9	0,507 a	11,96 a	1,20 b	29,51 a
Interação	F1 x F2	18,93*	8,64*	3,43 *	21,79 *

Notas: ¹MEap – Massa específica aparente; ²RCis – Resistência ao cisalhamento; ³Tamanho médio dos anéis; ⁴Porcentagem de lenho tardio. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si. *- Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Para a tensão máxima de cisalhamento, observam-se valores similares para as duas condições. Neste caso não houve diferença estatística significativa, porém para as classes de diâmetro houve diferença estatística significativa.

Nas classes de DAP houve diferença estatística significativa para a maior classe de diâmetro, alcançando o valor de tensão máxima de cisalhamento de 11,96 MPa. Essa maior resistência foi obtida para a classe que possui a maior porcentagem de lenho tardio, com 29,51 % da madeira correspondente ao lenho tardio.

Para o tamanho médio do anel, as médias foram equivalentes estatisticamente entre as duas condições, porém foi encontrado diferença estatística significativa entre as classes de diâmetro, onde o maior valor de 1,48 cm foi encontrado para a segunda classe de diâmetro (28,00 – 35,99 cm).

Quanto a porcentagem de lenho tardio, ocorreu diferença estatística significativa para o fator condição, sendo que a maior porcentagem foi encontrada para a madeira atacada com 30,65 % do seu lenho correspondente ao lenho tardio. Esse resultado pode ser justificado por uma possível formação de lenhos de reação ou por uma influência do ataque, prejudicando o desenvolvimento uniforme dos anéis. Entre as classes de diâmetro não foi encontrado diferença estatística significativa. A interação entre os dois fatores, foi significativa para todas as variáveis apresentadas.

5.4.1 Correlação entre as propriedades de resistência ao cisalhamento, massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio.

Na Tabela 14 são apresentados os valores da correlação de Pearson para o ensaio de cisalhamento para ambas as condições.

Tabela 14. Correlação de Pearson para a propriedade de cisalhamento

Correlação		MEap ¹ (g/cm ³)	RCis ² (MPa)	LT ³ (%)	TA ⁴ (cm)
Média Geral	MEap ¹ (g/cm ³)	1	-	-	-
	RCis ² (MPa)	0,705**	1	-	-
	LT ³ (%)	0,710**	0,481**	1	-
	TA ⁴ (cm)	-0,677**	-0,568**	-0,582**	1
Atacado	MEap ¹ (g/cm ³)	1	-	-	-
	RCis ² (MPa)	0,715**	1	-	-
	LT ³ (%)	0,573**	0,499**	1	-
	TA ⁴ (cm)	-0,360*	-0,360*	-0,250	1
Não atacado	MEap ¹ (g/cm ³)	1	-	-	-
	RCis ² (MPa)	0,701**	1	-	-
	LT ³ (%)	0,845**	0,517**	1	-
	TA ⁴ (cm)	-0,873**	-0,684**	-0,781**	1

Notas: ¹MEap – massa específica aparente; ²RCis – Resistência ao Cisalhamento; ³LT – Lenho Tardio; ⁴Tamanho Médio do Anel.

A correlação foi significativa, negativa e forte entre o tamanho médio do anel e a porcentagem de lenho tardio (-0,781) para a madeira não atacada, demonstrando que quanto maior o tamanho do anel menor a porcentagem de lenho, enquanto que para a mesma situação na condição atacada a correlação foi fraca (-0,250). Essa diferença pode ser explicada pela irregularidade nos anéis de crescimento da madeira atacada.

As correlações entre as tensões máximas de cisalhamento com a massa específica aparente apresentam valores próximos entre a madeira atacada e a madeira não atacada, 0,715 e 0,701 respectivamente, demonstrando que a massa específica aparente influenciou de forma semelhante na resistência para as duas condições.

Nas Figuras 20, 21 e 22 mostra-se as regressões lineares determinadas entre as propriedades de resistência ao cisalhamento com a massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio dos corpos de prova testados.

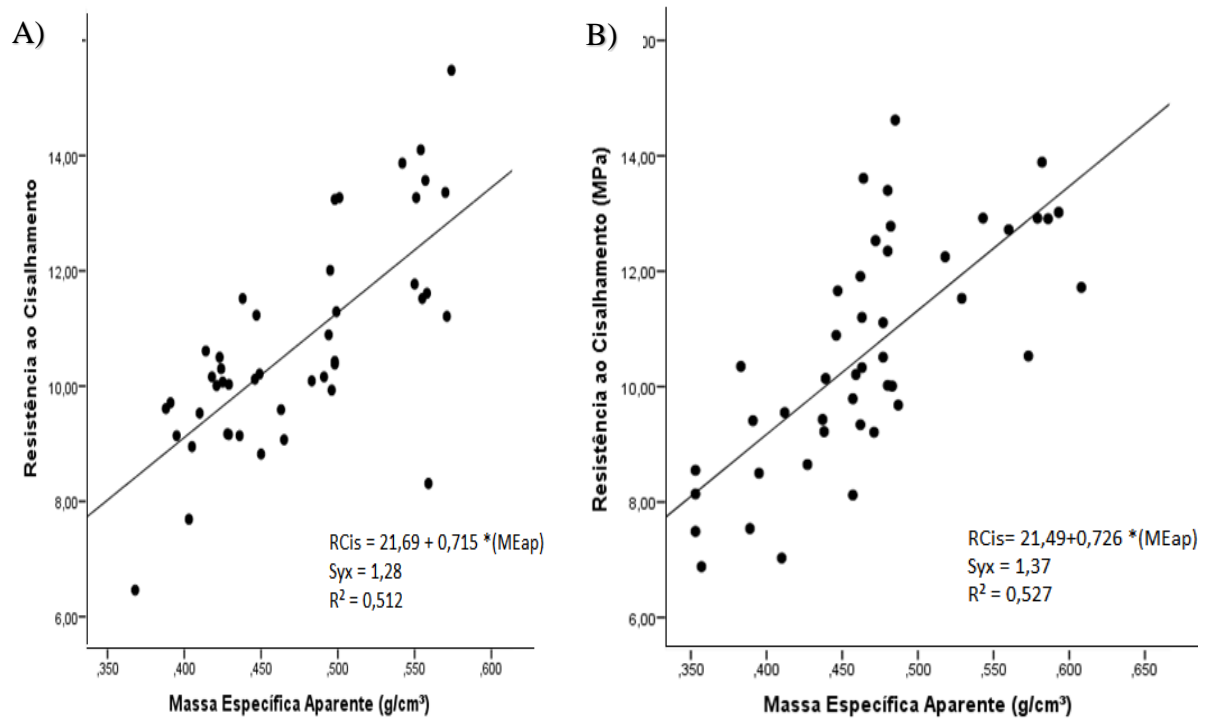


Figura 20. Resistência ao cisalhamento em função da massa específica aparente. A – madeira atacada. B – madeira não atacada.

O coeficiente de determinação foi semelhante para as duas condições, sendo 0,527 para a madeira não atacada (Figura 20 – B) e 0,512 para a madeira atacada (Figura 20 – A). Indicando que a massa específica aparente apresenta influência sobre a resistência ao cisalhamento, para as duas condições, 50% da variável dependente (resistência ao cisalhamento), pode ser explicado por esse modelo linear.

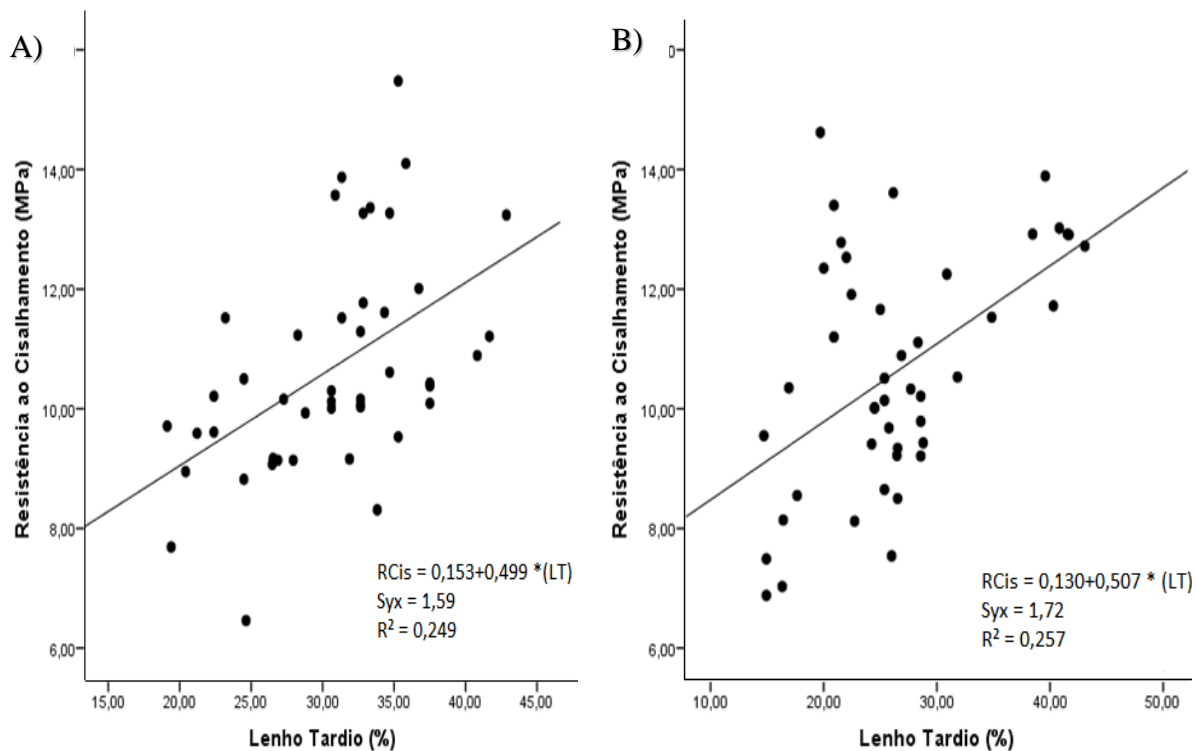


Figura 21. Resistência ao cisalhamento em função da porcentagem de lenho tardio. Figura A – madeira atacada, figura B – madeira não atacada.

Os coeficientes de determinação da regressão encontrado entre a resistência ao cisalhamento em função da porcentagem de lenho tardio comportou-se de forma semelhante para as duas condições, indicando que a porcentagem de lenho tardio apresenta influência sobre a resistência ao cisalhamento, porém de forma menos acentuada que a massa específica.

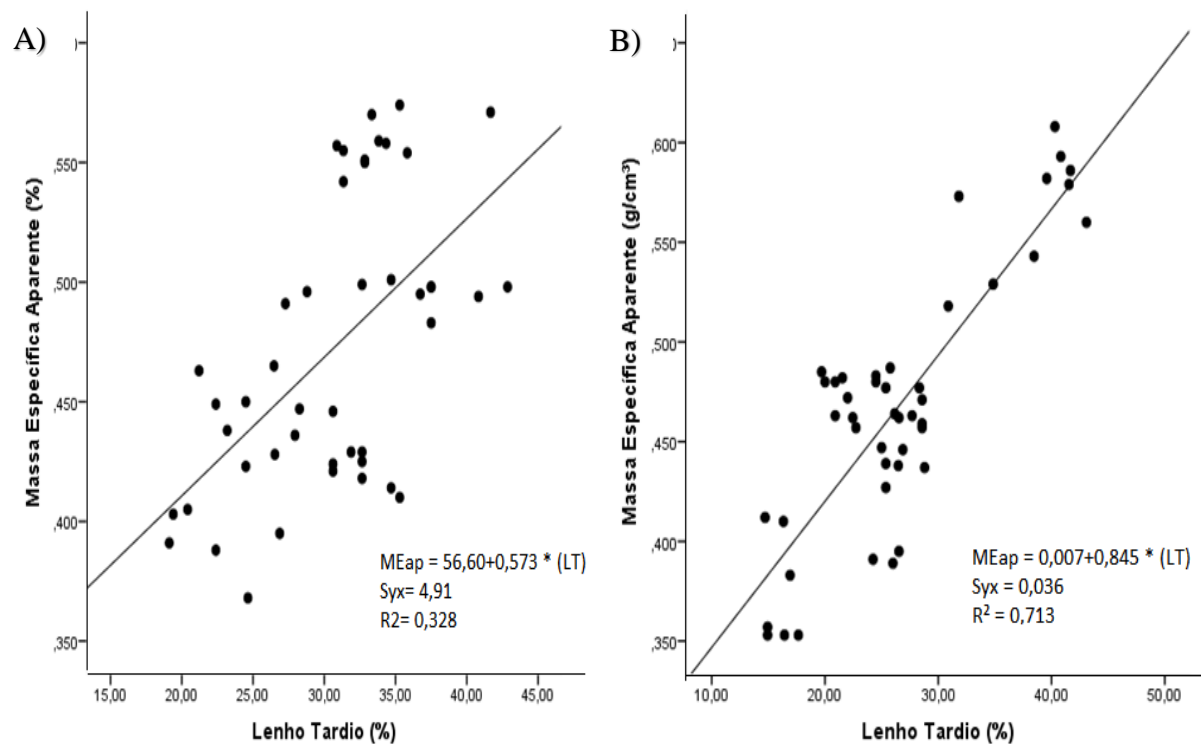


Figura 22. Massa específica aparente em função da porcentagem de lenho tardio. Figura A - madeira atacada, figura B – madeira não atacada.

As correlações entre massa específica aparente e a porcentagem de lenho tardio determinada nos corpos de prova de *Pinus taeda*, apresentou para a madeira atacada correlação baixa, embora significativa, possivelmente pela irregularidade dos anéis de crescimento na madeira atacada. Já para a madeira não atacada apresentou alta correlação de 0,845 demonstrando que a porcentagem de lenho tardio tem maior influência na madeira não atacada.

6. CONCLUSÕES

A madeira “atacada” pelo macaco-prego apresentou maior massa específica aparente provavelmente pela irregularidade dos anéis, com o menor tamanho e maior porcentagem de lenho tardio.

Para o ensaio de resistência à flexão estática, não houve diferença do MOR e do MOE para a madeira “atacada” e a “não atacada” pelo macaco-prego. A madeira “atacada” foi a que apresentou o maior tamanho médio dos anéis de crescimento e a maior porcentagem de lenho tardio.

Para o ensaio de resistência ao cisalhamento não houve diferença entre a madeira “atacada” e a “não atacada”. O maior valor para a porcentagem de lenho tardio foi encontrado para a madeira “atacada”.

Para o ensaio de compressão paralela a madeira atacada apresentou os maiores valores para a resistência a compressão (RC) e para o módulo de elasticidade em compressão (EC). A madeira “não atacada” apresentou maior tamanho médio dos anéis de crescimento e a menor porcentagem de lenho tardio.

Os coeficientes de correlação, na maioria dos casos, indicaram a relação entre as propriedades estudadas, principalmente entre a massa específica aparente, porcentagem de lenho tardio e os valores de resistência da madeira.

Pode-se observar que a madeira “atacada” pelo macaco-prego, apresentou crescimento irregular, o que aumentou sua massa específica aparente e isso contribuiu para maior resistência e rigidez em compressão paralela. A porcentagem de lenho tardio foi superior em todos os corpos de prova utilizados nos ensaios para a madeira na condição “atacada”.

Recomenda-se a condução de novos estudos com a madeira atacada pelo macaco-prego para comparar a qualidade da madeira, separando a madeira atacada pelos dois tipos de ataque (janelada e anelada).

REFERÊNCIAS

- ABRAF, 2013. Anuário Estatístico da ABRAF. Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas, Brasília.
- AGEFLOR, 2016. Associação Gaúcha de Empresas Florestais. Rio Grande do Sul.
- ALMEIDA, A. Influência da disponibilidade sazonal e da composição química de itens alimentares no consumo do macaco-prego. **Dissertação de mestrado**. São José do Rio Preto. UNESP, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). D 143 - 94. Standard methods of testing small clear specimens of timber. Philadelphia: ASTM. 2000. 31 p.
- ANDREIV, J.; FIRKOWSKI, C. Técnicas de redução de danos causados por roedores em povoamentos de pinus. *Revista Floresta*, Curitiba, PR, v.36, n. 2, mai/ago. 2006.
- ANJOS, L., 1998. Consequências biológicas da fragmentação no norte do Paraná. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, p. 87-94, dez.
- ARAÚJO, H.J.B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.
- BALLARIN, A. W.; Palma, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. 2003.
- BAO, F.C. et al. **Differences in Wood properties between juvenile Wood and mature wood in 10 species grown in China**. *Wood Science and Technology*, v.35, n.4, p. 369-375, 2001.
- BARRICHELO, L. E. G. et al. Estudos de procedências de *Pinus taeda* visando seu aproveitamento industrial. Ipef, Piracicaba, v. 15, p. 1-14, 1977.
- BATISTA, C.D.; KLITZKE, R.J.; SANTOS, C.V.T. Densidade Básica e Retratibilidade da Madeira de Clones de Três Espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, out. / dez. 2010.
- BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, n. 31, p. 25, 13 fev. 1998.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G.. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

CARVALHO, D. R. J. de. **Predação em *Pinus* spp. por *Cebus nigratus* (Goldfuss, 1809) (Primates; Cebidae) na região nordeste do Paraná - Brasil.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DALCIN, G. B., **Ensaaios dos Materiais.** Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Das Missões. Santo Ângelo, janeiro de 2007.

DALGALLO, B. Produção e qualidade da madeira para laminação de *Pinus taeda* L. em diferentes sítios florestais. Irati, 2014. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Estadual do Centro-Oeste.

EVANS, J.L.W.; SENFT, J. F.; GREEN, D. W. Juvenile wood effect in red alder: Analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. *Forest Products Journal*, v.50, n.7/8, p.75-87, 2000.

GESUALDO, Francisco A. Romero. Estruturas de madeira. **Uberlândia, UFU**, 2003.

GUIMARÃES, M.; Ramificações Ancestrais. Julho. 2012.

HASSEGAWA, M. Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de procedência da África do Sul. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

HIGA, Rosana Clara Victoria et al. Zoneamento climático: *Pinus taeda* no sul do Brasil. **Colombo: Embrapa florestas**, 2008.

IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. In: Wheeler, E.A.; Baas, P.; Gasson, P., eds. *IAWA Bull.* 10. ISSN: New Series 10(3): 219–332.

IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, Londrina, PR. Monitoramento agroclimático do Paraná. Cartas Climáticas do Paraná. 2015a.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, Relatório anual, 2017.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* HE Moore.** 2000. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KOEHLER, A.; FIRKOWSKI, C. Descascamento de pinus por *Cebus apella*. **Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1-2, p. 61-75, 1996.

KOLLMANN, F. F. P., COTÉ J. R., W. A. **Principles of wood science and technology.** Berlin: 1v. Springer, 1968.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do pínus no Brasil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 156 p.

LARSON, P. R. et al. Formation and properties of juvenile wood in southern pines – a synopsis. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2001. 42 p. (Gen. Tech. Rep. FPL-GTR, 129).

LIEBSCH, D. et al. Descascamento de *Pinus taeda* por macacos-prego (*Sapajus nigritus*): tipos e intensidade de danos e seus impactos sobre o crescimento das árvores. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 105, mar. 2015.

LIEBSCH, D., MIKICH, S. B. Damage caused by brown-capuchin monkeys to nine pinus species and the implications for forest management. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 37-42, 2017.

LUDWIG, G., AGUIAR, L. M., ROCHA, V. J. Uma Avaliação da Dieta, da Área de Vida e das Estimativas Populacionais de *Cebus nigritus* (Goldfuss, 1809) em um Fragmento Florestal no Norte do Estado do Paraná. **Neotropical Primates**, n. 3, v. 13, p. 12-18, dez. 2005.

LUDWIG, G., AGUIAR, L. M., ROCHA, V. J. Comportamento de obtenção de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), mandioca, por *Cebus nigritus* (Goldfuss) (Primates, Cebidae) como uma adaptação alimentar em períodos de escassez. **Revista Brasileira de Zoologia**, n. 3, v. 23, p. 888–890, set. 2006.

LYNCH ALFARO, J. W. et al. Explosive Pleistocene range expansion leads to widespread Amazonian sympatry between robust and gracile capuchin monkeys. **Journal of Biogeography**, v. 39, n. 2, p. 272-288, 2012a.

LYNCH ALFARO, J.W. et al. Anointing variation across wild capuchin populations: a review of material preferences, bout frequency and anointing sociality in *Cebus* and *Sapajus*. **American Journal of Primatology**. v. 74, n. 4, p. 299-314. abr. 2012b.

MATSUNAGA, D.K. **Avaliação da utilização de madeira comercial de *Pinus taeda* L. e da adequabilidade da Norma Européia Unificada (CEN), à construção de vigas laminadas coladas**. Curitiba: 1995. 155p Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

MIKICH, S. B., et al. O papel do macaco-prego *Sapajus nigritus* na dispersão de sementes e no controle potencial de insetos-praga em cultivos agrícolas e florestais. *Embrapa Florestas- Capítulo em livro científico (ALICE)*, 2015.

MIKICH, S. B.; LIEBSCH, D. Damage to forest plantations by tufted capuchins (*Sapajus nigritus*): Too many monkeys or not enough fruits? **Forest Ecology and Management**, v. 314, p. 9–16, 2014b.

MIKICH, S. B; LIEBSCH, D. **O Macaco-prego e os plantios de *Pinus* spp.** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 5 p. (Comunicado Técnico, n. 234).

MORALES, E. A. M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira: proposta para simplificação de procedimentos metodológicos. **Dissertação de Mestrado**. São Carlos. Universidade de São Carlos, 2002.

MOREIRA, J. et al. Avaliação do impacto econômico de danos causados por macacos-prego a plantios de *Pinus taeda* no Sul do Brasil: método proposto e estudo de caso. **Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)**, 2017.

MORESCHI, J. C. **Propriedades Tecnológicas da Madeira**. 4ª edição. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UTFPR. Novembro de 2012.

MUNIZ, G. I. B. Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Curitiba, 1993, 235p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

OLIVEIRA, F. L. et al. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. Properties of *Pinus taeda* L. wood in function of age and radial position in log. **Revista do Instituto Florestal**, 2006.

RALL, Ricardo. Influência das características dos anéis de crescimento na densidade, resistência e rigidez da madeira de *Pinus taeda* L. 2006. Dissertação de Mestrado (Mestrado em agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. Botucatu/SP.

ROCHA, V. J. Macaco-prego, como controlar esta nova praga florestal? *Floresta*, v. 30, p. 95-99, 2000.

ROSS, R.J. et al. Wood handbook: Wood as an engineering material. In: WIEDENHOEFT, A. Structure and Function of Wood. USDA. Cap.3, pag.1-18. 2010.

ROSS, R.J. et al. Wood handbook: Wood as an engineering material. In: WIEMANN, M. Characteristics and Availability of Commercially Important Woods. USDA. Cap.2, pag. 1-40. 2010.

ROSS, R.J. et al. Wood handbook: Wood as an engineering material. In: KRETSCHMANN, D. Mechanical Properties of Wood. USDA. Cap.5, pag. 1-40. 2010.

SANTINI, E. J; HASELEIN, C. R; GATTO, D. A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**, v.10, n.1, p.85-93. Santa Maria. 2000.

SANTOS, C.V.F. Método de ensaio para a determinação da resistência ao cisalhamento em elementos estruturais de madeira de *Pinus spp*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2016.

SÃO BERNARDO, C. S.; GALETTI, M. Densidade e tamanho populacional de primatas em um fragmento florestal no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, p. 827-832, 2004. SERPA, P. N. et al. Avaliação de algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 723-33, 2003.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Embrapa Florestas. Colombo, PR. 2008.

SHIMIZU, J. Y.; HIGA, A. R. Variação racial do *Pinus taeda* L. no sul do Brasil até o sexto ano de idade. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1981.

SHIMIZU, J. Y.; AMARAL, H. R. B. Variação entre procedências de *Pinus taeda* L. na região de Santa Maria, RS. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n.14, p.13-18, jun. 1987.

SCHWEITZER, V. R. **Origem do “lenho anormal de compressão” e efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* da Região Serrana de Santa Catarina**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

STANGERLIN, Diego Martins et al. Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illinoensis* em duas condições de umidade. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 1, n. 2, p. 10-12953/2177-6830. v01n02a06, 2010.

SZÜCS, Carlos Alberto et al. Estruturas de madeira. **UFSC, Florianópolis**, 2006.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de *Pinus* tropicais por meio de métodos convencionais e não-destrutivos**. 2012. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S. PRATA, J. G. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 398-406, 2013.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S. PRATA, J. G. Avaliação das propriedades mecânicas da madeira de espécies de pinus tropicais. **Scientia Florestalis**, v. 42, n. 101, p. 21-28, 2014.

TSOUMIS, George et al. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

VIEIRA, A. G.; OLIVEIRA, L. W. Levantamento dos fenótipos de *Sapajus nigritus* (GOLDFUSS, 1809) no Parque ecológico da cidade da criança de Presidente Prudente–SP. **AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer-Goiânia**, v. 1, n. 02, p. 90, 2014.

VILANOVA, R., SOUSA, J., JÚNIOR, S., GRELLE, C. E. V., MARROIG, G., CERQUEIRA, R. Limites climáticos e vegetacionais das distribuições de *Cebus nigritus* e *Cebus robustus* (Cebinae, Platyrrhini). **Neotropical Primates**, Washington, n. 1, v. 13, p. 14-19, abr. 2005.

WALKER, J. C. F. **Primary wood processing: principles and practice**. Springer Science & Business Media, 2006.