



SEBASTIÃO GABRIEL SOUZA

**QUANTIFICAÇÃO DOS TANINOS DE *Myrsine guianensis*
(Aubl.) Kuntze E SEU POTENCIAL USO COMO ADESIVO
PARA MADEIRA**

LAVRAS – MG

2019

SEBASTIÃO GABRIEL SOUZA

**QUANTIFICAÇÃO DOS TANINOS DE *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze E SEU
POTENCIAL USO COMO ADESIVO PARA MADEIRA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, para obtenção do título de Bacharel.

Dr. Fábio Akira Mori

Orientador

Dra. Thaís Brito Sousa

Coorientadora

LAVRAS – MG

2019

SEBASTIÃO GABRIEL SOUZA

**QUANTIFICAÇÃO DOS TANINOS DE *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze E SEU
POTENCIAL USO COMO ADESIVO PARA MADEIRA**

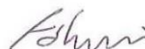
Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Florestal, para obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em 18 de junho de 2019

Dr. Fábio Akira Mori - UFLA

M.e. Mário Sérgio Lorenço - UFLA

M.e. Paulo Junio Duarte - UFLA



Prof. Dr. Fábio Akira Mori

LAVRAS – MG

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me permitir chegar até aqui, pelas bênçãos que ele me proporciona todos os dias e por todas as pessoas que colocou na minha vida para auxiliar na conquista dos meus objetivos.

À minha mãe Maria Eunice pelo apoio incondicional mesmo com todas as dificuldades, insistiu que eu seguisse em frente. Ao meu pai, por todo apoio enquanto foi possível.

Ao meu avô Senhor João Pio de Souza a quem devo tudo que conquistei e a todos os meus irmãos que sempre estiveram dispostos a me ajudar.

Ao Jeferson, por sempre acreditar em mim e dar suporte em todos os sentidos;

À Joyce, por toda ajuda, sem ela seria muito difícil ter terminado esse trabalho.

À Thaís, por toda ajuda e colaboração, a quem devo muito do que aprendi nesses anos.

Ao Senhor Bentinho e Dona Carmem, por todo apoio e permissão de coletar cascas em sua propriedade.

Aos amigos do Laboratório de Anatomia da Madeira. Especialmente a Graciene, quem idealizou esse trabalho e a todos que fazem parte ou fizeram parte do laboratório e me ajudaram nessa caminhada.

A todos os membros do NEAPQUIM (Núcleo de Estudos em Anatomia e Produtos Químicos da Madeira).

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Ciências Florestais e seu corpo técnico, especialmente aos técnicos Claret, Lorrán, Arlei e Emilio.

Ao meu orientador, Dr. Fábio Akira Mori, pela confiança e disponibilidade em me orientar durante toda a graduação.

À PRAEC e PRP pela concessão da bolsa de pesquisa.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado.

RESUMO

O Cerrado com uma área de 2.036.448 Km², cerca de 22% do território nacional é o segundo maior bioma da América do sul, ficando atrás apenas da Amazônia em extensão, apresenta uma abundância notável de espécies endêmicas, sendo este considerado a savana mais diversificada do mundo. A espécie *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze pertencente à família Primulaceae, é uma espécie nativa do Brasil, porém não endêmica, possuindo ampla distribuição geográfica pelo território brasileiro. As árvores desse gênero são utilizadas principalmente como combustível, como estacas na construção civil e extração de taninos. O objetivo deste trabalho foi quantificar os taninos presentes na casca de *Myrsine guianensis* extraídos em diferentes concentrações de sulfito de sódio, verificar seu potencial uso como adesivos para madeira e testar a resistência ao cisalhamento dos mesmos em *Pinus sp.* As extrações foram feitas usando relação licor casca 15:1(V/M), 70°C, durante 3 h, variando a concentração de sulfito de sódio 0.0 %, 3.0 % e 5.0 %. Foram avaliados o teor de sólidos, rendimento em sólidos, índice de Stiasny, teor de taninos condensados e teor de não-taninos. Foram produzidos adesivos à base de taninos de *Myrsine guianensis* e taninos comerciais (*A.mearnsii*), para fins de comparação, de modo a avaliar as propriedades específicas dos adesivos, assim como o desempenho desses adesivos após colagem, a partir da avaliação da resistência ao cisalhamento em *Pinus sp.* O teor de taninos condensados foi de 17,27% e o índice de Stiasny 83,57% para extração realizada com 3% de sulfito de sódio. Esta concentração foi considerada a mais adequada para extração visando a aplicação como adesivos. A viscosidade dos adesivos foi baixa, 376 cP para *M. guianensis* e 435 cP para os taninos comerciais. O pH dos adesivos de *M. guianensis* foi maior que o dos taninos comerciais, podendo ser a justificativa do menor tempo de gel que do adesivo de taninos comerciais. A resistência em ambos os adesivos ao cisalhamento em condições secas foi considerada excelente, enquanto que em condições úmidas, o adesivo de *M. guianensis*, apresentou maior vulnerabilidade. Taninos de *M. guianensis* apresentam potencial para aplicação como adesivos para madeira.

Palavras-chave: Cisalhamento. Sulfito de sódio. Cascas. Painéis de madeira. Cerrado

ABSTRACT

The Cerrado with an area of 2,036,448 km², about 22% of the national territory is the second largest biome in South America, behind only the Amazon in extension, presents a remarkable abundance of endemic species, being considered the most diversified savannah in the world. The species *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze belonging to the family Primulaceae, is a species native to Brazil, but not endemic, having a wide geographic distribution throughout the Brazilian territory. Trees of this genus are mainly used as fuel, such as cuttings in building and tannins extraction. The objective of this work was to quantify the tannins present in the bark of *Myrsine guianensis* extracted at different concentrations of sodium sulfite, to verify their potential use as wood adhesives and to test the shear strength of the same in *Pinus sp.* The content of condensed tannins was 17.27% and the Stiasny index 83.57% for extraction performed with 3% of sodium sulfite. This concentration was considered the most suitable for extraction for application as adhesives. The viscosity of the adhesives was low, 376 cP for *M. guianensis* and 435 cP for commercial tannins. The pH of the adhesives of *M. guianensis* was higher than that of the commercial tannins, which may be the justification for the shorter gel time than the commercial tannin adhesive. The resistance in both shear adhesives in dry conditions was considered excellent, whereas in wet conditions the *M. guianensis* adhesive presented greater vulnerability. Tannins of *M. guianensis* present potential for application as wood adhesives.

Keywords: Shearing. Sodium sulphite. Shells. Wood panels. Cerrado.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. Cerrado	10
2.2. <i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	11
2.3. Taninos vegetais	12
2.4. Colagem de madeira	14
2.4.1. Histórico	14
2.4.2. Adesivos	14
2.4.3. Adesivo taninos-formaldeído	15
2.4.4. Colagem	15
3. Considerações gerais	17
REFERÊNCIAS	18
SEGUNDA PARTE - ARTIGO	20
ARTIGO - QUANTIFICAÇÃO DOS TANINOS DE <i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze E SEU POTENCIAL USO COMO ADESIVO PARA MADEIRA	21
RESUMO	21
ABSTRACT	22
1. INTRODUÇÃO	23
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1. Coleta e preparo do material	24
2.2. Extração dos taninos	25
2.3. Determinação do Índice de Stiasny e rendimento em taninos condensados	25
2.4. Extração dos taninos para produção do adesivo	26
2.5. Produção e propriedades dos adesivos	26
2.6. Produção das juntas coladas	27
2.7. Avaliação da linha de cola.	27

2.8. Análise estatística.....	27
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	28
3.1. Rendimento em taninos.....	28
3.2. Propriedades dos adesivos	29
3.3. Cisalhamento e falha na madeira.....	30
4. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro possui uma área de aproximadamente 2 milhões de Km², cerca de 22% do território nacional é o segundo maior bioma da América do sul, ficando atrás apenas da Amazônia. O Cerrado apresenta uma quantidade considerável de espécies endêmicas, que o torna a savana mais diversificada do mundo, porém mesmo sendo considerado um dos hotspots mundiais de biodiversidade, com uma grande importância social, sofre uma perda significativa de habitat. Sendo que aproximadamente metade da sua área original, já foi transformada em pastagens plantadas, culturas anuais e outros usos. Visto que existe uma tendência para que haja uma exploração predatória desse bioma, algumas alternativas para sua proteção são: implantação de políticas ambientais, pesquisa e exploração sustentável de seus produtos. Entre esses produtos podemos citar os taninos vegetais.

Os taninos são compostos químicos de natureza fenólica que são encontrados nos vegetais. São utilizados desde a antiguidade no curtimento de couro, essa propriedade é devido ao fato dos taninos se associarem a proteína animal. Sua ocorrência nas plantas está relacionada com a proteção contra injúrias.

Por estar presente em altas concentrações nas cascas de árvores, parte pouco aproveitada comercialmente, eles se tornam mais atrativo por se tratar do aproveitamento de resíduos florestais e gerar valor agregado. São usados principalmente para o curtimento de couro, na indústria farmacêutica, na indústria alimentícia, estabilização de argila em poços de petróleo, no tratamento de água e produção de adesivos para madeira.

Os taninos são extraídos principalmente da casca ou do cerne de algumas espécies. Suas propriedades variam entre diferentes espécies ou dentro da mesma espécie. Geralmente as extrações de taninos são realizadas utilizando água, porém para algumas espécies é interessante o acréscimo de sais como, o sulfito de sódio (Na₂SO₃), carbonato de sódio (Na₂CO₃) e hidróxido de sódio (NaOH), pois esses melhoram a extração e qualidade dos taninos (PIZZI; MITTAL, 1994).

Como muitas espécies com potencial para produção de taninos possuem ocorrência no Cerrado, um dos bioma menos protegido no Brasil. A pesquisa para utilização de suas espécies de forma sustentável, é uma importante ferramenta para sua conservação. Assim, este trabalho apresenta mais uma espécie do Cerrado brasileiro com potencial para extração de taninos, a *Myrsine guianensis* (Capororoca), sendo que uma das suas utilizações encontradas na literatura é a extração de taninos. Porém existe uma carência na literatura em relação à quantificação e uso desses taninos como adesivos para madeira.

Observações em campo, mostraram que quando retirada a casca de *Myrsine guianensis*, esta apresentou uma coloração bem avermelhada, sendo esse um bom indicativo da presença de taninos, isso aliado ao fato da espécie ser encontrada no mesmo habitat do barbatimão, planta reconhecida por possuir altas concentrações de taninos e também existir relatos de que um dos seus usos é a extração de taninos para uso em curtumes, fez surgir o interesse de verificar o potencial dessa espécie como produtora de taninos.

Desta forma o objetivo geral deste trabalho foi, quantificar os taninos presentes nas cascas de *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze, verificar o seu potencial como adesivo para madeira e testar a resistência ao cisalhamento dos mesmos em *Pinus sp.*

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Cerrado

O Cerrado com uma área de 2.036.448 Km², cerca de 22% do território nacional é o segundo maior bioma da América do Sul, ficando atrás apenas da Amazônia em extensão. Sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além de áreas isoladas no Amapá, Roraima e Amazonas. Nesse bioma, estão localizadas as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em uma elevada biodiversidade e potencial aquífero (MMA, 2019).

Segundo Klink e Machado (2005), o cerrado apresenta estações bem marcadas ao longo do ano, onde um período de chuvas, que dura de outubro a março, é seguido por um período seco, de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22° C e 27° C em média.

O Cerrado apresenta uma abundância notável de espécies endêmicas, cerca de quarenta e quatro por cento da flora é endêmica, o que torna o Cerrado a savana mais diversificada do mundo (KLINK; MACHADO, 2005). Abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas, existe uma grande diversidade de habitats, que tornam grande a alternância de espécies entre diferentes fitofisionomias (MMA, 2019).

O Cerrado é o bioma brasileiro que possui a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral. O Bioma apresenta apenas 8,21 % de seu território legalmente protegido por unidades de conservação (MMA, 2019). Mesmo sendo considerado um dos hotspots mundiais de biodiversidade, com uma grande importância social, sofre com uma perda significativa de habitat (MYERS et al., 2000).

Aproximadamente metade da sua área original, já foram transformados em pastagens plantadas, culturas anuais e outros tipos de uso, somente pastagens plantadas com gramíneas de origem africana cobrem atualmente uma área de 500.000km² (Klink ; Machado, 2005).

Entre algumas espécies do Cerrado com potencial para a extração de taninos, podemos citar como exemplo, *Stryphnodendron adstringens* (MORI et al., 2003), *Anadenanthera peregrina* (SOUSA et al., 2019), *Mimosa tenuiflora* (AZEVEDO et al., 2015). Tendo em vista a diversidade e endemismo do Cerrado, o estudo de suas espécies com certeza ajudará no desenvolvimento de novos produtos e por consequência sua maior valorização e necessidade de conservação.

2.2. *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze

Myrsine L. pertence à família Primulaceae, subfamília Myrsinoideae, e apresenta cerca de 300 espécies. No Brasil, as espécies desse gênero são conhecidas popularmente como “caapororoca”, “capororoca” e “pororoca”. A espécie é utilizada principalmente como fonte de energia, também é usada na extração de taninos e estacas na construção(FREITAS; KINOSHITA, 2015).

Plantas desse gênero, possuem hábito árvores e arvoretas 4 a 10 metros de altura ou arbustos de 1 a 1,5 metros de altura. É uma espécie nativa do Brasil, porém não endêmica, possuindo distribuição geográfica ampla pelo território brasileiro, com ocorrência confirmada, Norte (Amazonas, Amapá, Pará, Roraima), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) estando presente nos domínios fitogeográficos da Amazonia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, tipo de vegetação Cerrado (*lato sensu*), Floresta de Terra Firme, Floresta Ombrófila (FREITAS, 2019). A (figura 1) mostra a árvore de *Myrsine guianensis* e a (Figura 2) ilustra o processo de retirada da casca.

Figura 1 - *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze.



Fonte: MERCADANTE (2015)

Figura 2 - Casca da espécie *Myrsine guianensis* (Aubl.)Kuntze.



Fonte: SOUSA (2018).

2.3. Taninos vegetais

Os polifenóis são um grupo único de fitoquímicos presentes nos vegetais, e sua classificação é baseada na estrutura química que contém vários grupos fenólicos ligados (WATSON, 2014). Entre esses polifenóis podemos destacar os taninos vegetais que possui ampla utilização, para os mais diversos fins.

Segundo Haslam (1979) os compostos designados como taninos vegetais são os polifenóis vegetais que possuem a propriedade de precipitar proteínas. Os taninos podem ser acumulados nas plantas em qualquer tipo de tecido raiz, caule, frutas, vagens, casca, madeira e folhas. Porém os taninos são extraídos principalmente da casca ou do cerne de algumas espécies, suas propriedades e concentração podem variar nos vegetais, dependendo da idade, do órgão da planta coletado, da época ou local de coleta (MORI, 1997).

Os taninos possuem diversas utilizações no cotidiano, algumas que podemos citar são: curtimento de couro, indústria farmacêutica, indústria alimentícia, tratamento de água e indústria de adesivos para madeira (SOUSA, 2015).

Entre as espécies que possuem grande potencial para a extração de taninos podemos destacar as seguintes: a acácia-negra (*Acacia mearnsii*) com 23,3% de taninos (PANSERA et

al., 2003), o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) com 30,10% (MORI et al., 2003) de taninos condensados, os angicos *Anadenanthera colubrina* com 11,89% (PAES et al., 2006) e *Anadenanthera peregrina*, com 12,76% de acordo com Sartori (2013) e 20,46 % segundo Sousa et al. (2019). No Brasil a principal espécie utilizada comercialmente na produção de taninos vegetais é a *Acácia Mearnsii*.

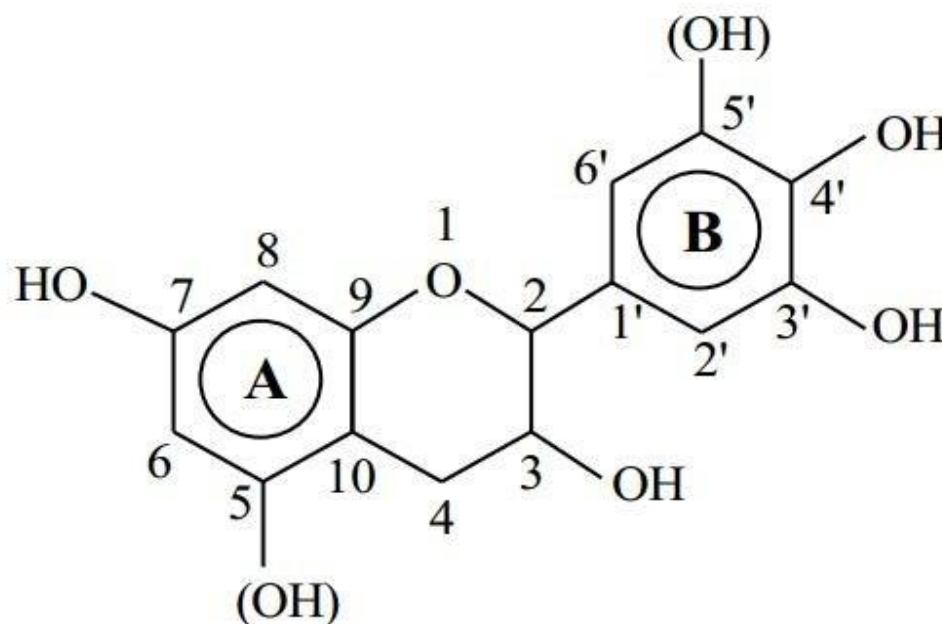
De acordo com Pizzi (1993) o termo tanino tem sido utilizado para definir duas classes diferentes de compostos químicos de natureza fenólica, os taninos condensados e os taninos hidrolisáveis. Segundo Zucker (1983) os taninos hidrolisáveis têm função de defesa contra herbívoros e os taninos condensados têm a função de proteção contra microrganismos e patógenos.

Os taninos hidrolisáveis apresentam pouca reatividade com o formaldeído, logo para a produção de adesivos os taninos condensados são mais indicados por ter uma alta reatividade com o formaldeído e estar presente em maiores concentrações nas plantas (PIZZI, 2003). Essa propriedade diminui a liberação de formaldeído para o ambiente, trazendo assim benefícios ambientais e para saúde, uma vez que o formaldeído é um composto altamente tóxico e potencial cancerígeno.

Segundo Pizzi (2003) os taninos condensados são conhecidos por possuírem uma larga distribuição na natureza e particularmente pela sua alta concentração encontrada tanto na madeira quanto na casca de várias espécies. Sua ocorrência é comum em angiospermas e gimnospermas, principalmente em plantas lenhosas (SANTOS; MELLO, 1999).

As moléculas de taninos condensados são constituídas por oligômeros ou polímeros baseados em unidades monoméricas do tipo flavonóide, que são unidades tricíclicas e hidroxiladas de 15 carbonos. As unidades flavanóides possuem diferentes graus de condensação sendo unidas por ligações carbono-carbono, que são difíceis de serem quebradas por hidrólises (ASHOK.P.K; UPADHYAYA.K., 2012) Dos vários tipos de monoflavonóides que ocorrem na natureza, apenas os flavan-3-óis e os flavan-3,4-dióis formam os taninos, uma vez que são os únicos com capacidade de sofrerem reações de polimerização, constituindo-se assim como os precursores dos taninos condensados (PIZZI, 1983). A (figura 3) mostra a unidade básica constituinte dos taninos condensados.

Figura 3 - Unidade flavonóide básica dos taninos condensados



Fonte: PIZZI e MITTAL (1994)

2.4. Colagem de madeira

2.4.1. Histórico

A utilização de adesivos pela humanidade é muito antiga, existindo registros desde 3.000 anos antes de Cristo. Os egípcios já usavam uma goma arábica e uma cola feita com pasta de farinha na fabricação dos primeiros papiros de lâminas finas, justapostas e coladas (AZEVEDO, 2009). Segundo Iwakiri (2005) lama, argila, albumina (proteína do sangue), caseína (proteína do leite) glutina proteína presente em (couro, pele, ossos), foram utilizadas como as primeiras substâncias com propriedades adesivas de que se têm conhecimento.

Durante a 2ª Guerra Mundial, foram desenvolvidos novos adesivos, como o resorcinol-formaldeído, de maior custo, porém mais resistente à água. Nessa mesma época, foram produzidos também os primeiros adesivos poliuretanos criados por Otto Bayer em 1937, na Alemanha (AZEVEDO, 2009). Segundo Pizzi (2003) após a crise do petróleo na década de 70, surgiu o interesse em substituir o constituinte sintético fenol, das resinas FF (fenol-formaldeído), por polifenóis naturais.

2.4.2. Adesivos

Atualmente, adesivos a base de formaldeído, como a ureia e o fenol, são predominantes na indústria de painéis de madeira por apresentarem valor de custo acessível e oferecer boas propriedades mecânicas (NORSTRÖM et al., 2015).

Uma das resinas mais importantes é a ureia-formaldeído (UF), sendo aproximadamente 90% das chapas produzidas no mundo são feitas usando essa resina como base. Seguido depois pelo fenol-formaldeído (FF), a melanina (MF) e o resorcinol-formaldeído (RF). A qualidade da linha de cola aumenta na sequência UF, MF, FF, RF. Na mesma ordem, também o preço, com exceção da resina MF que é a mais cara que a FF. Sendo o resorcinol – formaldeído a cola de maior preço, com custo de quatro a cinco vezes mais que a FF (CARNEIRO et al., 2001)

Devido a esses adesivos representarem o maior custo do processo de colagem, origem não renovável e liberarem um alto teor de formaldeído, substância considerada cancerígena, devesse evitar seu uso e buscar substitutos em fonte renováveis. Sendo os taninos uma alternativa.

2.4.3. Adesivo taninos-formaldeído

Os taninos condensados são interessantes para a preparação industrial de resinas ou adesivos, tanto do ponto de vista comercial como químico. Sua maior reatividade em relação aos taninos hidrolizáveis, resultante do carácter fortemente nucleofílico do anel A, confere-lhes capacidades de policondensação com aldeídos, nomeadamente formaldeído, ou mesmo de autocondensação sem a presença de qualquer agente reticulador externo; e sua maior abundância na natureza faz com que exista uma elevada disponibilidade para aplicações deste tipo, tornando-o um produto promissor para a substituição das resinas atuais (PIZZI, 1983).

Os adesivos à base de tanino-formaldeído, contudo, apresentam algumas limitações. A composição dos extratos tânicos possuem, além de ingredientes fenólicos ativos, outros compostos, principalmente açúcares e gomas de alto peso molecular. O aumento da quantidade de açúcares e gomas, diminui a resistência da linha de cola (PIZZI; MITTAL, 1994).

2.4.4. Colagem

As propriedades tecnológicas da madeira influenciam na colagem adequada, bem como também a superfície das lâminas, características dos adesivos e processo produtivo são fatores que estão diretamente relacionados no processo de colagem (PINTO, 2011)

As propriedades anatômicas, está relacionada principalmente à sua estrutura, dimensões dos elementos celulares; tamanho, disposição e frequência dos vasos, que por sua vez, estão relacionadas com a porosidade e permeabilidade da madeira. Sendo as principais características anatômicas que interferem na colagem da madeira são: Anéis de crescimento(LI/LT), Cerne/alburno e porosidade, as principais propriedades físicas são: densidade e umidade da madeira, quanto as propriedades químicas, a presença de extrativos, teor de cinzas e pH da madeira, influenciam no processo de colagem da madeira, além das propriedades mecânicas

da madeira, que são as tensões internas e externas da madeira e condições de uso da madeira colada.(IWAKIRI, 2005)

Como visto a madeira afeta diretamente o processo de colagem, uma das madeiras que podem ser utilizadas no processo de colagem é de *Pinus sp.*, pois possui uma grande área plantada no Brasil e um custo relativamente baixo.

A madeira de *Pinus sp.*, possui origem de reflorestamento, apresentando cerne e alborno indistintos pela cor, branco-amarelado, brilho moderado; cheiro e gosto distintos e característicos (resina), agradável; densidade baixa; macia ao corte; grã direita; textura fina, é uma madeira com susceptibilidade ao ataque de fungos (emboloradores, manchadores e apodrecedores), cupins, brocas-de-Madeira e perfuradores marinhos. Que apresenta boas características de processamento. Possui uma densidade aparente (15% de umidade) de 480 Kg/m³ e densidade básica de 400 Kg/m³. Sendo seus principais usos: construção civil, móveis e outros usos (cabos de vassouras, palitos, embalagens, dentre outros) (IPT, 2019).

Alguns fatores devem ser considerados na seleção de um adesivo para uma determinada aplicação. O adesivo tem que ter fluidez, transferir e penetrar na madeira, curar e resistir às tensões durante a utilização do produto e condições de meio ambiente (FRIHART; HUNT, 2010).

As tensões geradas no sistema madeira - linha de cola é de grande importância no balanço geral da resistência de um produto colado. Quanto maior a resistência da linha de cola em relação à resistência da madeira, maior será a percentagem de ruptura ou falhas na madeira na interface com a linha de cola. As tensões desenvolvidas na linha de cola se manifestam através de tensões de cisalhamento no plano da ligação adesiva e no sentido perpendicular ao mesmo. As tensões na linha de cola são resultantes de fontes internas e externas, e ambas estão relacionadas à resistência da madeira quanto a magnitude destas tensões distribuídas na linha de cola (IWAKIRI, 2005).

Segundo Iwakiri (2005), as variações na viscosidade, tempo de gelatinização, teor de substâncias sólidas e pH dos adesivos influenciam no processo de colagem.

De acordo com Iwakiri (2005), o gel-time está relacionada à vida útil do adesivo quando se atinge o ponto de máxima viscosidade admissível para sua aplicação, além da reatividade do adesivo que influenciará no tempo de prensagem. O teor de substâncias sólidas é definido como a quantidade de sólidos contidos na resina. Com a prensagem a quente, ocorre a evaporação dos componentes líquidos, cura e solidificação, formando a linha de cola que é responsável pela ligação entre os substratos. Ainda segundo Iwakiri (2005), o pH da madeira e da resina são importantes, sendo que o pH da resina pode afetar a degradação das fibras de madeira e

influenciar na batida de cola pela formação de espuma na mistura dificultando a aplicação do adesivo. Madeiras muito ácidas são mais difíceis de colar com resinas fenólicas e com resinas uréicas podem provocar a pré-cura da resina durante a prensagem dos painéis.

3. Considerações gerais

A preocupação em encontrar substitutos para derivados de petróleo por produtos de fonte renováveis, torna os taninos uma ótima alternativa. Portanto o incentivo em pesquisas, principalmente no Brasil, que possui uma diversidade arbórea muito grande, poderia proporcionar ganhos econômicos e sociais, como também aumentar a proteção do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ASHOK, P. K.; UPADHYAYA, K. Tannins are Astringent. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, Ivano-Frankivsk, v. 1, n. 3, 2012. Disponível em: <www.phytojournal.com>. Acesso em: 1 jun. 2019.
- AZEVEDO, E. C. **Efeito da radiação nas propriedades mecânicas do adesivo de poliuretana derivado do óleo de mamona**. 2009. 134p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009
- AZEVEDO, T. K. B. de et al. Qualidade dos taninos de Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) para a produção de adesivo tanino formaldeído. **Ciênc. Florest.** Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 507-514, Jun. 2015
- CARNEIRO, A. C. O. et al. Reatividade dos taninos da casca de *Eucalyptus Grandis* para produção de adesivos. **CERNE**, v.7, n.1, p. 1 - 9, 2001 [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74470101>> ISSN 0104-7760
- FREITAS, M.F. ; KINOSHITA, L. S. Myrsine (Myrsinoideae- Primulaceae) no sudeste e sul do Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro , v. 66, n. 1, p. 167-189,Mar.2015.
- FREITAS, M.F. **Myrsine in Flora do Brasil 2020 em construção.Jardim Botânico do Rio de Janeiro**.Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10232>>. Acesso em: 20 Mai. 2019.
- FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. 2010. Adhesives with wood materials : bond formation and performance. **Wood handbook : wood as an engineering material**: chapter 10. Centennial ed. General technical report FPL ; GTR-190. Madison, WI : U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010: p. 10.1-10.24.
- HASLAM, E. (1979) Vegetable Tannins. In: Swain T., Harbone J.B., Van Sumere C.F. (eds) **Biochemistry of Plant Phenolics**. Recent Advances in Phytochemistry, vol 12. Springer, Boston, MA
- INFORMAÇÕES SOBRE MADEIRA (*Pinus sp*). **Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, 2019. Disponível em: < https://www.ipt.br/informacoes_madeiras/7-pinus.htm> Acesso em 25 de jun. de 2019.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. 2. ed. Curitiba: FUPEF, 2005.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 148-155, jul. 2005.
- MORI, F. A. et al. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n.1, p. 86-92, 2003.
- MORI, F. A. **Uso de taninos da casca de Eucalyptus grandis para produção de adesivos de madeira**. 1997. 47 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- MYERS, N. et al. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

NORSTRÖM, E. et al. **Xylan – A green binder for wood adhesives**. European Polymer Journal, 2015, 67, p. 483–493.

O BIOMA CERRADO. **Ministério do Meio Ambiente**, 2019. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em 31 de mai. de 2019.

PAES, J. B. et al. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. **Revista Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 232-238, 2006.

PANSERA, R. et al. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira De Farmacognosia-brazilian Journal of Pharmacognosy - REV BRAS FARMACOGN**. v 13, n. 1 p. 17-22, 2003

PINTO, J.A. **Análise da viabilidade do uso da madeira de *Cryptomeria japônica* para laminação e produção de painéis compensado**. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PIZZI, A. Natural phenolic adhesive I: tannin. In: PIZZI, A.; MITAL, K. L. (Org.). **Handbook of adhesive technology**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 2003. p. 573-587

PIZZI, A. Tanin-Based adhesives. In: PIZZI, A. (Ed.). **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: M. Dekker, 1993. p. 177-246.

PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: M. Dekker, 1983. 364 p.

PIZZI, A.; MITTAL, K.L. (Ed.). **Handbook of adhesive technology**. New York: Marcell Deckker, 1994. 680 p.

SANTOS, S. C.; MELLO, J. P. C. Taninos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Florianópolis: EdUFSC, 1999. p. 323-354.

SARTORI, C. J. **Avaliação dos teores de compostos fenólicos nas cascas de *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho)**. 2013. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SOUSA, T. B. et al. Quantification of Tannins from Curupay Bark. **Floresta Ambient.**, Seropédica, v. 26, n. 1, e20160082, 2019. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S217980872019000100125&lng=en&nrm=iso>. access on 11 June 2019. Epub Jan 31, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.008216>

SOUSA, T. B. **Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento**. 2015. 96 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

WATSON, R.R. **Polyphenols in Plants: Isolation, Purification and Extract Preparation**, 1^o ed. Academic Press, 2014.p. 1 -5

ZUCKER, W. V. Tannins: does structure determine function? An ecological perspective. **The American Naturalist**, Lancaster, v. 121 n. 3, p. 335-365, 19

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO - QUANTIFICAÇÃO DOS TANINOS DE *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze E SEU POTENCIAL USO COMO ADESIVO PARA MADEIRA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi quantificar os taninos presentes na casca de *Myrsine guianensis* extraídos em diferentes concentrações de sulfito de sódio, verificar seu potencial uso como adesivos para madeira e testar a resistência ao cisalhamento dos mesmos em *Pinus sp.* As extrações foram feitas usando relação licor casca 15:1(V/M), 70°C, durante 3 h, variando a concentração de sulfito de sódio 0.0 %, 3.0 % e 5.0 %. Foram avaliados o teor de sólidos, rendimento em sólidos, índice de Stiasny, teor de taninos condensados e teor de não-taninos. Foram produzidos adesivos à base de taninos de *Myrsine guianensis* e taninos comerciais (*A.mearnsii*), para fins de comparação, de modo a avaliar as propriedades específicas dos adesivos, assim como o desempenho desses adesivos após colagem, a partir da avaliação da resistência ao cisalhamento em *Pinus sp.* O teor de taninos condensados foi de 17,27% e o índice de Stiasny 83,57% para extração realizada com 3% de sulfito de sódio. Esta concentração foi considerada a mais adequada para extração visando a aplicação como adesivos. A viscosidade dos adesivos foi baixa, 376 cP para *M. guianensis* e 435 cP para os taninos comerciais. O pH dos adesivos de *M. guianensis* foi maior que o dos taninos comerciais, podendo ser a justificativa do menor tempo de gel que do adesivo de tanino comercial. A tensão de ruptura em ambos os adesivos ao cisalhamento em condições secas foi considerada excelente, enquanto que em condições úmidas, o adesivo de *M. guianensis*, apresentou maior vulnerabilidade. Taninos de *M. guianensis* apresentam potencial para aplicação como adesivos para madeira.

Palavras-chave: Cisalhamento. Sulfito de sódio. Cascas. Painéis de madeira. Cerrado

ABSTRACT

The objective of this work was to quantify the tannins present in the bark of *Myrsine guianensis* extracted at different levels of sodium sulfite, through their potential to use wood adhesives and to test the shear strength of these in *Pinus sp.* As used, the shell was 15: 1 (V / M), 70 °C, for 3 h, varying the concentration of sodium sulfite 0.0%, 3.0% and 5.0%. The solids content, solids yield, Stiasny index, condensed tannin content and non-tannin content were found. The reference databases of *Myrsine guianensis* and commercial tannins (*A.mearnsii*) were withdrawn for comparison purposes, in order to evaluate the specific dates of the patches, as well as shear on *Pinus sp.* The content of condensed tannins was 17.27% and the Stiasny index 83.57% for extraction performed with 3% of sodium sulfite. This was one of the most suitable for extracting an application as adhesives. The viscosity of the adhesives was low, 376 cP for *M. guianensis* and 435 cP for commercial tannins. The pH of the *M. guianensis* adhesives was higher than that of the commercial tannins, which could justify the lower gel time than the commercial tannin adhesive. The rupture stress in both shear adhesives under emission conditions was considered excellent, whereas in wet conditions, the *M. guianensis* patch was more vulnerable. Tannins of *M. guianensis* present potential for application as wood adhesives.

Keywords: Shearing. Sodium sulphite. Shells Wood panels.Cerrado

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o uso de painéis de madeira tem se destacado no mercado florestal e da construção civil por permitir a melhor utilização do material florestal, reduzir os efeitos da anisotropia da madeira, além de permitir a obtenção de uma gama de produtos versáteis e de origem sustentável de modo a atender à demanda do mercado cada vez mais exigente.

Para obtenção dos diversos painéis, sejam eles laminados ou particulados, geralmente é necessário o uso de adesivos, sendo que Carrasco (2006) ressalta que as ligações nas estruturas de madeiras constituem os pontos mais perigosos, pois a simples falha de uma única ligação poderá ser responsável pelo colapso de todo um conjunto de elementos estruturais. Além disso, os adesivos têm participação significativa na composição de custos de produção (MORI et al., 2006).

Atualmente os adesivos mais utilizados na indústria madeireira são oriundos de fontes não renováveis e/ou liberam grandes quantidades de formaldeído, substância considerada cancerígena. Dessa forma, a ideia de uso da madeira para atender aos padrões de sustentabilidade se torna questionável. Uma solução para isso seria a utilização de adesivos naturais. Um dos compostos naturais que podem ser utilizados como adesivos são os taninos vegetais.

Segundo Pizzi (1993) o termo tanino tem sido utilizado para definir duas classes diferentes de compostos químicos de natureza fenólica, os taninos condensados e os taninos hidrolisáveis. Os taninos hidrolisáveis têm função de defesa contra herbívoros e os taninos condensados têm a função de proteção contra microrganismos e patógenos (ZUCKER, 1983).

Os taninos hidrolisáveis apresentam pouca reatividade com o formaldeído, logo para a produção de adesivos os taninos condensados são mais indicados por ter uma alta reatividade com o formaldeído e estar presente em maiores concentrações nas plantas (PIZZI, 2003).

Embora o adesivo tanino-formaldeído seja uma alternativa aos adesivos de origem não renovável, estes apresentam algumas limitações. De acordo com Pizzi e Mittal (1994), a composição dos extratos tânicos possuem, além de ingredientes fenólicos ativos, outras substâncias, principalmente açúcares e gomas de alto peso molecular. A presença dessas substâncias, diminui a resistência da linha de cola.

Dentre as formas de se produzir um adesivo com melhores propriedades, sulfitação (Na_2SO_3) dos taninos, aumenta o rendimento na solução aquosa em taninos.

Dentre as espécies já estudadas como produtoras de taninos no Brasil, muitas ocorrem no Cerrado brasileiro, um bioma que vêm sendo explorado de forma predatória e possui poucas

políticas para sua proteção, mesmo sendo a savana com maior biodiversidade do mundo. Assim a descoberta de usos para essas espécies, aumentaria a valorização desse bioma e por consequência incentivaria políticas de proteção ambiental e exploração sustentável.

Observações em campo, mostraram que quando retirada a casca de *Myrsine guianensis*, esta apresentou uma coloração bem avermelhada, sendo esse um bom indicativo da presença de taninos. Isso aliado ao fato da ocorrência da espécie ser no mesmo habitat do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), planta reconhecida por possuir altas concentrações de taninos e também existir relatos de que um dos seus usos é a extração de taninos, fez surgir o interesse de verificar o potencial dessa espécie como produtora de taninos.

Assim, este trabalho objetivou quantificar os taninos presentes na casca de *Myrsine guianensis* (Aubl.) Kuntze pertencente à família Primulaceae, extraídos em diferentes concentrações de sulfito de sódio, verificar seu potencial uso como adesivos para madeira e testar a resistência ao cisalhamento dos mesmos em *Pinus sp.*

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta e preparo do material

As cascas de *Myrsine guianensis* foram coletadas em uma propriedade no município de Lavras - MG, cuja vegetação do local apresenta característica de Cerrado. A cidade de Lavras localiza-se na região do Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais, à latitude de 21° 14' sul e longitude 45°00' oeste, a uma altitude média de 900 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima é Cwa. A temperatura média anual do ar é de 20,3 °C e o total anual de precipitação pluvial de 1462 mm (INMET, 2019).

Coletou-se cascas externas de *Myrsine guianensis* na altura de 1,30 m do solo, tomando-se cuidado para que não houvesse danos ao floema. A coleta foi realizada com o auxílio de facão e realizada de maneira evitar a retirada de casca em toda circunferência da árvore. Foram coletadas cascas de dez indivíduos com uma variação diamétrica entre onze e dezessete centímetros e altura média de 4 metros.

Após a coleta, as cascas foram secas de forma natural sem a incidência direta de luz e posteriormente a secagem, foram moidas em moinho martelo. O material foi armazenado em saco plástico escuro para proteção da luz e após foi determinada sua umidade.

2.2. Extração dos taninos

A extração dos taninos foi realizada no Laboratório de Anatomia da Madeira - UFLA. As extrações foram feitas utilizando 100 g de cascas absolutamente secas e 1500 mL de água relação licor/casca 15:1(V/M) a 70 °C durante 3h. Variou-se a quantidade de sulfito de sódio (Na_2SO_3), sendo as concentrações utilizadas de 0.0%, 3.0% e 5.0% em relação à massa da casca seca. As extrações foram realizadas em triplicata para cada concentração.

Após a extração, o material foi peneirado primeiramente empregando-se uma peneira de malha de 1mm², sendo descartada a parte retida na peneira, e depois peneirado, em uma peneira de 200 mesh. Posteriormente, o líquido que continha os taninos foi filtrado utilizando-se uma bomba a vácuo e cadinhos de vidro sinterizados forrados com lã de vidro de porosidade dois. Os extratos foram concentrados por evaporação até o volume de aproximadamente 150 mL utilizando-se uma chapa de aquecimento, para depois obter o peso dos extratos.

2.3. Determinação do Índice de Stiasny e rendimento em taninos condensados

De cada extrato, foram retiradas duas amostras de 10 g para a determinação do teor de sólidos e duas amostras de 20 g, para a determinação do índice de Stiasny. O teor de sólidos foi calculado levando as amostras em estufa com circulação de ar, com temperatura de $103 \pm 2^\circ \text{C}$, até atingirem peso constante.

$$\text{TS}(\%) = \frac{\text{MS}}{\text{MU}} \times 100$$

Em que:

TS (%) é o teor de sólidos totais, em porcentagem;

MS é a massa da seca;

MU é a massa inicial;

O índice de Stiasny foi determinado, segundo metodologia descrita por (GUANGCHENG; YUNLU; YAZAKI, 1991), que consistiu em adicionar a cada amostra de 20 g do extrato concentrado, 10 ml de água destilada, 4 mL de formaldeído (37 %, m/m) e 2 ml de HCl 10 mol.L⁻¹. Essa mistura foi aquecida durante 30 minutos sob refluxo. Após o término da reação, o extrato foi filtrado em cadinho de vidro de porosidade dois e colocado em estufa à temperatura de $103 \pm 2^\circ \text{C}$, até atingir peso constante. Após obter o peso seco do precipitado, calculou-se o índice de Stiasny pela seguinte expressão:

$$IS(\%) = \frac{M2}{M1} \times 100$$

Em que:

IS: Índice de Stiasny (%)

M1: Massa total de sólidos em 20 g de extrato (g)

M2: Massa seca do precipitado taninos - formaldeído (g)

O rendimento em sólidos foi obtido multiplicando-se o teor de sólidos (g) pela massa de cada extrato. Para se obter o teor de taninos condensados (%), foi multiplicado o rendimento em sólidos pelo respectivo índice de Stiasny de cada extrato. O rendimento em componentes não tânicos foi obtido pela diferença entre o rendimento em sólidos e o rendimento em taninos.

2.4. Extração dos taninos para produção do adesivo

Para produção do adesivo à base de taninos de *Myrsine guianensis*, os taninos foram extraídos utilizando 100 g de cascas absolutamente secas e 1500 mL de água relação licor/casca 15:1(V/M) a 70 °C durante 3h e 3% de sulfito de sódio. Após a extração, o material foi peneirado primeiramente empregando-se uma peneira de malha de 1mm², sendo descartada a parte retida na peneira, e depois peneirado, em uma peneira de 200 mesh. Posteriormente, o líquido que continha os taninos foi filtrado utilizando-se uma bomba a vácuo e cadinhos de vidro sinterizados forrados com lã de vidro de porosidade dois. Esse líquido foi então colocado em refratários de vidro e levados a estufa com circulação de ar, temperatura de 40 °C, até a completa evaporação da parte líquida. Os taninos restantes nos refratários, foram macerados com o auxílio de almofariz e pistilo, até uma granulometria de 200 mesh.

2.5. Produção e propriedades dos adesivos

Os adesivos foram produzidos na proporção de 50% de sólidos (44% de taninos em pó e 6% de paraformaldeído) e 50% água, deixando os taninos hidratando por 24 horas em água, após esse tempo foi adicionado o paraformaldeído a mistura. Para produção dos adesivos foram utilizados taninos de *Myrsine guianensis* e taninos comerciais de *Acácia mearnsii*.

As propriedades dos adesivos avaliadas foram: teor de sólidos conforme ASTM (1994), pH com auxílio de um pHmetro, a viscosidade utilizando um viscosímetro Brookfield, (modelo LV DV - E, temperatura de 25 °C, velocidade 30 RPM e com o spindle s62), o tempo de gelatinização, conforme procedimento realizado por Mori (2000).

2.6. Produção das juntas coladas

Após o processamento as toras de *Pinus* sp, foram secas em estufa, ao termino da secagem, foram serradas e aplainadas para obtenção de tábuas com dimensões finais de 30,0 x 10,0 x 0,5 cm, comprimento, largura e espessura respectivamente, essas tábuas foram acondicionadas em câmara de climatização a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura a $75 \pm 2\%$ UR, para posterior colagem, a madeira no momento da colagem estava com umidade média de 12%, foram produzidas 4 juntas coladas por tratamento. Os adesivos foram utilizados na gramatura de 250 g/m² em linha dupla de cola, com um tempo de montagem de 15 minutos, prensagem com temperatura de 140°C, pressão de 8 kgf/cm² e tempo de 8 minutos.

2.7. Avaliação da linha de cola.

Após a colagem, as juntas coladas ficaram em câmara de climatização a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura a $75 \pm 2\%$ UR, por um período de 10 dias, após esse período, foram confeccionados corpos de prova de acordo com a norma ASTM D 2339-98 (ASTM, 2000), para determinação da resistência ao cisalhamento. Os testes foram realizados, em uma máquina de ensaio pneumática, marca Contenco-Pavitest Cisalhamento na Colagem 1.01-0, modelo I 4230, instalada no Laboratório de Adesão e Adesivos na Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira DCF - UFLA, Lavras, MG.

Foram testados 28 corpos de prova por tratamento, 20 para ensaio seco e 8 para ensaio úmido. Após a ruptura, foi realizada a quantificação da percentagem de falhas na madeira. A falha na madeira foi classificada seguindo a metodologia utilizada por (Lopes et al., 2013).

2.8. Análise estatística

Esse trabalho constou-se de dois delineamentos experimentais. O primeiro foi referente à extração de taninos em diferentes concentrações de Na₂SO₃ (0.0%, 3.0% e 5.0%), em que se avaliou o teor de sólidos, rendimento em sólidos, índice de stiasny, teor de taninos condensados e teor de não-taninos. Foi realizado o teste F a 5% de probabilidade para identificar a variação dos tratamentos, e o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos.

O segundo experimento constou de dois tratamentos: adesivos produzidos com taninos de *Myrsine guianensis* e adesivos produzidos com taninos comerciais de *Acacia mearnsii*. Foi avaliado a resistência da linha de cola, a partir da análise de variância.

As análises foram efetuadas com o auxílio do programa computacional Sisvar 5.6.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. Rendimento em taninos

Os resultados apresentados na Tabela 1, demonstram que o aumento na concentração de sulfito de sódio, teve influência significativa na extração de *M. guianensis*, sendo a utilização de 3% de sulfito de sódio a mais recomendada, por apresentar um teor de taninos condensados mais alto e um menor índice de Stiasny e maior teor de não taninos, quando comparado com a extração em água, isso pode ser explicado pelo aumento significativo no rendimento em sólidos totais, portanto o sulfito extraiu mais taninos, como também outros compostos presentes nas cascas. O tratamento utilizando 5% de sulfito de sódio, segue a mesma tendência, porém apesar do teor de taninos condensados ter sido maior, teor de não taninos também elevou muito, o que não é interessante para produção de adesivos.

Tabela 1: Valores médios do teor de sólidos totais, rendimento em sólidos totais, índice de Stiasny, teor de taninos condensados e teor de não taninos.

% Na ₂ SO ₃	TST (%)	RST (%)	IS (%)	TTC (%)	TNT (%)
0	10,67 a	15,92 a	87,90 b	13,98 a	1,93 a
3	13,46 b	20,66 b	83,57 a	17,27 b	3,39 b
5	14,19 b	22,81 c	80,18 a	18,28 c	4,53 c
CV (%)	5,84	3,41	2,08	2,85	13,97

TST: Teor de sólidos totais; RST: Rendimento em sólidos totais; IS: Índice de Stiasny; TTC: Teor de tanino condensado; TNT: Teor de não taninos; CV: Coeficiente de variação. Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância.

Fonte: Do autor (2019)

Segundo Pizzi (1983) o método de Stiasny não faz a quantificação exata de material fenólico no extrato, porém esse método é amplamente utilizado, pois tem a vantagem de dar uma medida comparativa da quantidade de taninos que é capaz de reagir com formaldeído, sob condições de formação de adesivo. Neste trabalho, o menor índice de Stiasny foi de aproximadamente 80% quando utilizou-se 5% de sulfito de sódio. Azevêdo et al (2015) quantificando taninos das cascas de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), obteve como resultado que o índice de Stiasny na época do ano de maior produção de taninos foi de 71,12%, Sartori et al (2014) quantificou um índice de Stiasny médio entre diferentes classes diamétricas de *Anadenanthera peregrina* de 71,8 %.

Observa-se que a adição de 3% de sulfito de sódio, aumentou o rendimento em sólidos em aproximadamente 29,77 %, o rendimento em taninos condensados teve um aumento de 23,53 %, o rendimento em não taninos teve um acréscimo de 75,65%, o índice de Stiasny por sua vez teve uma redução em 4,92%. Já quando foi adicionado 5% de sulfito de sódio, o

aumento do rendimento em sólidos foi de 43,28 %, o rendimento em taninos condensados sofreu um aumento de 30,76 %, o rendimento em não taninos aumentou em 134,71 % e o índice de Stiasny teve uma redução de 8,78%. Portanto pelos resultados da tabela 1, verificamos que é melhor utilizar a concentração de 3% sulfito de sódio ao invés de 5%, uma vez que a extração com 3% de sulfito aumentou o rendimento em taninos em relação ao método que utiliza somente água e apresenta um menor rendimento em não-taninos e maior índice de Stiasny, em relação à extração com 5% de sulfito.

Pode-se verificar que o aumento da concentração de sal, é vantajosa até certo ponto. Quantidade elevadas aumenta o rendimento em sólidos, porém o teor de não taninos também aumenta, isso mostra que o aumento do sal, extraiu outros compostos químicos, causando a diminuição do índice de Stiasny, ou também pode ser associado à degradação dos componentes fenólicos como sugerido por (AIRES; CARVALHO; SAAVEDRA, 2016).

O teor de taninos condensados encontrado para *M. guianensis* (17,27%) quando utilizada a concentração de 3% de sulfito de sódio foi menor em comparação ao valor encontrado por Mori et al. (2003) para *Stryphnodendron adstringens* (30,10%). Entretanto, este valor foi próximo ao encontrado por Sousa et al. (2019) para *Anadenanthera peregrina* (20,46%), assim como o Índice de Stiasny. É importante ressaltar que a espécie *Anadenanthera peregrina* é a única espécie explorada comercialmente no Nordeste do Brasil.

3.2. Propriedades dos adesivos

O pH do adesivo de *M. guianensis* (Tabela 2) não apresentou um caráter tão ácido quanto os taninos comerciais de acácia. Essa característica é interessante, uma vez que adesivos com pH mais ácidos podem degradar as fibras das madeiras (IWAKIRI, 2005).

Segundo Almeida et al. (2010), adesivos à base de tanino que apresentam teor de sólidos com valores entre 44 a 55% são os mais adequados para serem utilizados em colagem. O valor de teor de sólidos de *Myrsine guianensis* foi superior ao do adesivo comercial.

Fazer o controle da viscosidade do adesivo, é um fator de suma importância para a colagem, já que adesivos muito viscosos apresentam maiores dificuldades no espalhamento e adesivos pouco viscosos podem formar uma linha de cola faminta (GOULART et al., 2012). A viscosidade encontrada nos adesivos de *Myrsine guianensis*, foi menor que no adesivo comercial, não apresentando nenhuma limitação a aplicação do adesivo nas tábuas. Logo, pode-se interpretar que os adesivos à base de taninos de *Myrsine guianensis* extraídos com 3% de sulfito de sódio, apresentam viscosidade adequada para aplicação com pincel, espátula ou semelhantes.

O tempo de gelatinização está associado a velocidade de reação do adesivo, os resultados obtidos mostram que o gel time dos adesivos de *Myrsine guianensis*, foram inferiores aos adesivos de tanino comercial, essa maior reatividade dos taninos quando comparados a adesivos sintéticos é uma limitação de uso, pois estes apresentam uma cura mais rápida do adesivo (Mori, 2000). Outra possível explicação pode estar relacionada ao pH, que de acordo com Pizzi (2003), quanto maior o pH, menor o tempo de gel.

Tabela 2 - Propriedades dos adesivos

Adesivo	Viscosidade (cP)	Teor de Sólidos (%)	pH	Gel Time (s)
<i>Myrsine guianensis</i>	376	44,44	6,51	57
Acácia (comercial)	435	43,47	5,44	197

Fonte: Do autor (2019)

3.3. Cisalhamento e falha na madeira

Não houve diferença significativa entre os tratamentos quando se avaliou a resistência ao cisalhamento seco (Tabela 3). Isso mostra que o desempenho dos adesivos de *M. guianensis*, em condições secas, foram semelhantes ao do adesivo comercial, possuindo um percentual de falha na madeira ligeiramente superior.

Os valores encontrados neste trabalho foram condizentes com a literatura. Souza et al. (2018), encontraram utilizando adesivos dos taninos de *Anadenanthera peregrina*, uma resistência ao cisalhamento de 1,97 MPa, já Goulart et al (2012) na avaliação de painéis compensados, verificaram que os adesivos preparados com taninos da folha de *Stryphnodendron adstringens* possuíam uma resistência ao cisalhamento em condição seca de 1,82 MPa, enquanto os que utilizavam taninos da casca apresentavam resistência de 2,24 MPa.

Tabela 3 - Resistência ao Cisalhamento Seco

Tratamento	Resistência ao Cisalhamento (MPa)	Falha na Madeira (%)
<i>Myrsine guianensis</i>	2 a	30
Acácia(Comercial)	2,38 a	26,25
CV (%)	28.35	

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Do autor (2019)

Em condições úmidas, houve diferença significativa entre as médias (Tabela 4), apesar dos adesivos comerciais apresentarem uma maior resistência ao cisalhamento nessa condição, ambas as colagens, tiveram todos os corpos de prova rompidos na linha de cola, o que explica

a ausência de falhas na madeira. Vários corpos de prova utilizando taninos de *Myrsine guianensis* romperam antes do ensaio de cisalhamento úmido, isso provocou o alto valor do coeficiente de variação. Este resultado aliado à baixa viscosidade do adesivo de *M. guianensis*, sugere uma alta quantidade de grupos hidrofílicos na cadeia dos taninos desta espécie.

Tabela 4 - Resistencia ao Cisalhamento Úmido

Tratamento	Tensão de Ruptura ao Cisalhamento (MPa)	Falha na Madeira (%)
<i>Myrsine guianensis</i>	0,78 a	0
Acácia(Comercial)	1,84 b	0
CV (%)	69.75	

Média seguida de mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância. CV: Coeficiente de variação.

Fonte: Do autor (2019)

4. CONCLUSÃO

O uso do sulfito de sódio influenciou no rendimento em taninos condensados da espécie *Myrsine guianensis*. A concentração de 3% do sal foi considerada a mais adequada para extração visando a produção de adesivos para madeira.

A resistência da linha de cola no cisalhamento seco apresentou bons resultados e muito próximos do adesivo de tanino comercial. Porém no ensaio úmido ocorreu a abertura de alguns corpos de prova, demonstrando sua menor resistência a umidade.

De modo geral, o adesivo à base de taninos de *Myrsine guianensis* apresentaram características muito próximas do adesivo à base de taninos comercial, demonstrando que pode ser utilizado como matéria prima para produção de adesivos para madeira.

REFERÊNCIAS

- AIRES, A.; CARVALHO, R.; SAAVEDRA, M. J. Valorization of solid wastes from chestnut industry processing: Extraction and optimization of polyphenols, tannins and ellagitannins and its potential for adhesives, cosmetic and pharmaceutical industry. **Waste Management**, v. 48, p. 457–464, 2015.
- ALMEIDA, N.F. et al. Estudo da reatividade de taninos de folhas e cascas de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Scientia Forestalis** 2010; 38(87): 401-8.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM standards: adhesives**. Philadelphia, 2000. 600 p. D2339-98. Standard test method for strength properties of adhesives in two-ply wood construction in shear by tension loading.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual book of ASTM standards: adhesives**. Washington, 1994. ASTM. *D1582*.
- AZEVEDO, T. K. B. et al. Qualidade dos taninos de Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) para a produção de adesivo tanino formaldeído. **Ciênc. Florest. Santa Maria**, v. 25, n. 2, p. 507-514, Jun. 2015.
- CARRASCO, E. V. M. **Estruturas usuais de madeira**. Copyright 2013. Belo Horizonte: Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
- GOULART, S. L. et al. Resistência ao cisalhamento de painéis compensados produzidos com adesivo à base de taninos de *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão). **Floresta e Ambiente, Seropédica**, v. 19, n. 3, p. 308-315, 2012.
- GUANGCHENG, Z.; YUNLU L.; YAZAKI, Y. Extractives yields, Stiasny values and polyflavanoid contents in barks from six *Acacia* species in Australian. **Australian Forestry**, V. 3,n. 54, p. 154-156, 1991.
- IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. 2. ed. Curitiba: FUPEF, 2005.
- LOPES, M. C. et al. Resistência da linha de cola de painéis de *Pinus taeda* colados lateralmente com diferentes adesivos. **CERNE**, Lavras , v. 19, n. 4, p. 613-619, Dec. 2013 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-
- MORI, F. A. **Caracterização parcial dos taninos da casca e dos adesivos de três espécies de eucaliptos**. 2000. 73 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MORI, F. A. et al. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente, Seropédica**, v. 10, n.1, p. 86-92, 2003.
- MORI, F. et al. Colagem com adesivo termo fixo fenol-formaldeído em três diferentes substratos de madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Carlos: IBRAMEM, 2006.
- NORMAL CLIMATOLÓGICA DO BRASIL, 1981-2010. **Instituto Nacional de Metereologia**, 2019. Disponível em< <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em 25 de jun. de 2019.
- PIZZI, A. Natural phenolic adhesive I: tannin. In: PIZZI, A.; MITAL, K. L. (Org.). **Handbook of adhesive technology**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 2003. p. 573-587

PIZZI, A. Tannin-Based adhesives. In: PIZZI, A. (Ed.). **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: M. Dekker, 1993. p. 177-246.

PIZZI, A.; MITTAL, K.L. (Ed.). **Handbook of adhesive technology**. New York: Marcell Deckker, 1994. 680 p.

SARTORI, C. J. et al., RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO EM TANINOS CONDENSADOS NAS CASCAS DE *Anadenanthera peregrina* EM DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS. **CERNE** [en linea] 2014, 20 (Abr. –Jun.): [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74431543009>> ISSN 0104-7760

SOUSA, T. B. et al. Quantification of tannins from Curupay bark. *Floresta e Ambiente*, v. 26, n. 1, p. 1–7, 2019.

SOUZA, S. G.; SOUSA, T. B. ; SILVA, J. C. ; SILVA, E. P. ; MORI, F. A. . Influência da temperatura de secagem de taninos na resistência da linha de cola de madeira laminada colada. In: XXXI Congresso de Iniciação Científica da UFLA - CIUFLA, 2018, Lavras - MG. Anais do 31º CIUFLA, 2018.

ZUCKER, W. V. Tannins: does structure determine function? An ecological perspective. *The American Naturalist*, Lancaster, v. 121 n. 3, p. 335-365, 1983.