

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA  
Michele Lopes Medina

**RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO DE TANINOS CONDENSADOS EM CASCAS DE**  
*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Var. Peregrina

São João Evangelista

2021

MICHELE LOPES MEDINA

**RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO DE TANINOS CONDENSADOS EM CASCAS DE  
*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Var. Peregrina**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal do Instituto Federal de Minas Gerais-*Campus* São João Evangelista para obtenção do grau de bacharelado em Engenharia Florestal.  
Orientadora: Dra. Caroline Junqueira Sartori

São João Evangelista

2021

M491r Medina, Michele Lopes.

Rendimento gravimétrico de Taninos condensados em cascas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Var. *Peregrina* / Michele Lopes Medina. – 2021.

40f.: il.

Orientadora: Dra. Caroline Junqueira Sartori.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2021.

1. Angico-Vermelho. 2. Adesivos Naturais. 3. Cascas. 4. Fenólicos.  
I. Medina, Michele Lopes. II. Instituto Federal de Minas Gerais  
*Campus* SJE. IV. Título.

Michele Lopes Medina

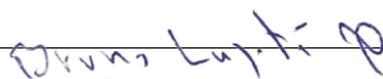
**RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO DE TANINOS CONDENSADOS EM CASCAS DE  
*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Var. Peregrina**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Engenharia Florestal do Instituto  
Federal de Minas Gerais-*Campus* São João  
Evangelista para obtenção do grau de  
bacharelado em Engenharia Florestal.  
Orientadora: Dra. Caroline Junqueira Sartori

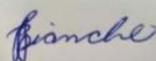
Aprovado em: 08 /04 / 2021 pela banca examinadora:



Prof. Dr.<sup>a</sup>. Caroline Junqueira Sartori- IFMG (Orientadora)



Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá-IFMG (Banca)



Dr.<sup>a</sup>. Juliana Jerásio Bianche (Banca)

Dedico este Trabalho à minha querida  
família, que sempre foi minha fonte  
inesgotável de fé, amor e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, Jesus Cristo e a Virgem Maria, por ter me dado forças para suportar todos os desafios vividos nesta longa trajetória.

Agradeço à minha mãezinha, Margareth que sempre esteve comigo em todos os momentos da minha vida e sempre acreditou em mim. Ela que é a pessoa mais importante da minha vida, à qual é a razão de eu nunca desistir dos meus sonhos.

Ao meu pai, Valmir por toda ajuda financeira, por me sustentar durante todo este processo e por sempre acreditar no meu potencial.

Ao meu irmão, Wellington por toda a força e incentivo.

À minha vizinha, Dona Lourdes que não está mais presente de corpo, mas que sempre me apoiou, me abençoou e rezou por mim... Agradeço por todos os ensinamentos sobre amor, bondade e força, pois ela foi a mulher mais guerreira e bondosa que já conheci.

À todos os meus familiares, por todo o apoio e incentivo.

Aos meus amigos, por acreditarem no meu potencial.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda.

Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

Ao Lucas e Ricardo, responsáveis do laboratório de Química e Anatomia da Madeira, que foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha querida orientadora, Carol, que foi mais que uma mãe. Sem ela nada disso seria possível. Obrigada por sua amizade e paciência de sempre.

Agradeço a todos os meus professores, por todos os ensinamentos, todo acolhimento e todo apoio durante o curso.

Enfim... a todos àqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e para minha formação acadêmica, meu **MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o rendimento em taninos condensados nas cascas de angico-vermelho, em diferentes tratamentos. Foram testados o bissulfito de sódio ( $\text{NaHSO}_3$ ), hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) nas proporções de 3 e 5 e 7% com relação à massa seca de casca, bem como, a extração de taninos em água pura. Todas as análises foram realizadas em duplicata e os resultados de Índice de Stiasny, teor de tanino condensado e teor de não tânicos foram analisados estatisticamente. Realizaram-se análise de variância e teste Scott Knott a 5% de significância. O extrato obtido da água pura e do bissulfito de sódio a 7% apresentaram um maior valor do Índice de Stiasny. Os maiores valores de taninos condensados foram obtidos para o bissulfito de sódio a 5 e 7%. Para a produção de adesivos, é primordial se obter soluções que reajam melhor com formaldeído e ao mesmo tempo contenham menos compostos não tânicos. Portanto, os tratamentos que mais se adequaram a esta finalidade foram a água pura, o carbonato de sódio a 3%, bem como o bissulfito de sódio, tendo em vista a o seu alto rendimento em sólidos extraídos e seu alto Índice de Stiasny.

**Palavras-chave:** Angico-Vermelho, Adesivos Naturais, Cascas, Compostos Fenólicos.

## ABSTRACT

The present work had the objective of evaluating the yield in condensed tannins in the red angico peels, in different treatments. Sodium bisulfite ( $\text{NaHSO}_3$ ), sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ) and sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) were tested in the proportions of 3 and 5 and 7% in relation to the dry mass of bark, as well as the extraction of tannins in pure water. All analyzes were performed in duplicate and the results of Stiasny Index, condensed tannin content and non-tannic content were analyzed statistically. Analysis of variance and Scott Knott test at 5% significance were performed. The extract obtained from pure water and sodium bisulfite at 7% showed a higher value of the Stiasny Index. The highest values of condensed tannins were obtained for sodium bisulfite at 5 and 7%. For the production of adhesives, it is essential to obtain solutions that react better with formaldehyde and at the same time contain less non-tannic compounds. Therefore, the treatments that best suited this purpose were pure water, 3% sodium carbonate, as well as sodium bisulfite, in view of its high yield in extracted solids and its high Stiasny Index.

**Keywords:** Angico-Vermelho, Adhesives, Barks, Phenolic Compounds.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	4
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	6
<b>2.1 Anadenanthera peregrina (L.) Speg. Var. Peregrina</b> .....	6
<b>2.2 Taninos vegetais</b> .....	6
<b>2.2.1 Taninos hidrolisáveis</b> .....	7
<b>2.3 Taninos condensados</b> .....	8
<b>2.4 Utilizações de taninos vegetais</b> .....	10
<b>2.4.1 Taninos em formulação de adesivos</b> .....	11
2.4.1.1 Extração dos taninos vegetais .....	12
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	14
<b>3.1 Caracterização da área de estudo</b> .....	14
<b>3.2 Coleta e processamento das cascas</b> .....	14
<b>3.3 Rendimento gravimétrico em taninos</b> .....	15
<b>3.3.1 Extração dos taninos</b> .....	15
<b>3.3.2 Determinação do teor de sólidos e do rendimento em sólidos</b> .....	16
<b>3.3.3 Reação de Stiasny e quantificação de taninos condensados</b> .....	16
<b>3.4 Análise estatística</b> .....	18
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	29
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento desordenado da população mundial e considerando a crescente preocupação em relação ao meio ambiente, o uso de fibras vegetais para diversos fins se torna uma boa alternativa, por ser um material renovável, biodegradável e de baixo custo. Inúmeras espécies florestais apresentam propriedades que lhes permitem ser usadas comercialmente. Porém, comparada a vasta biodiversidade que o Brasil abriga, são poucas as espécies que passam por estudos de caracterização e definição de usos (TEIXEIRA, 2008). Deste modo, é interessante estudar espécies que possuem potencial para usos múltiplos, com o propósito de alcançar um maior aproveitamento da árvore, utilizando flores, frutos, folhas, galhos, madeiras e cascas, com o propósito de produzir artigos cada vez mais renováveis e sustentáveis, além de agregar valor ao manejo florestal dessas espécies.

O controle e utilização de resíduos advindos do setor industrial madeireiro tem sido prioridade em toda a esfera produtiva. A quantidade de resíduos produzidos no mundo equivale de 30% a 40% de todo o suprimento mundial de toras (FAO, 2011). As cascas correspondem resíduos dos processos madeireiros, com pouca ou nenhuma aplicação, sendo a maior parte abandonada ou queimada como combustível. Além do problema ambiental, a perda do resíduo significa também diminuição dos ganhos financeiros para a indústria madeireira (SILVA, 2012).

Caracterizar o resíduo e processá-lo (sob técnicas diferentes) a fim de melhorar suas propriedades, pode facilitar sua destinação e seu correto aproveitamento (FASSARELA, 2018). As cascas possuem em sua constituição um maior rendimento em produtos do metabolismo secundário do vegetal, destacando neste contexto os compostos fenólicos, sendo os taninos os mais abundantes.

Taninos são macromoléculas do metabolismo secundário produzidos de forma natural pelas plantas e apresentam grande importância econômica e ecológica (PAIVA *et al.*, 2002). Eles são materiais poli-fenólicos complexos, e além das cascas, também podem ser encontrados em várias outras estruturas vegetais, como por exemplo em folhas, cerne e raízes e suas propriedades variam de acordo com a fenofase da planta (AZEVEDO *et al.*, 2017).

Dentre as principais espécies com potencial de extração de taninos no Brasil, está a acácia negra (*Acacia mearnsii*), angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina*), barbatimão (*Struphnodendron adstringens*), aroeira preta (*Myracrodruon urundeuva*), algumas espécies

de pinus (*Pinus radiata*, *Pinus brutia*, *Pinus oocarpa*), além de algumas leguminosas (SILVEIRA *et al.*, 2017).

Devido a sua vasta distribuição em todo o território brasileiro e suas propriedades, a espécie *Anadenanthera peregrina*, popularmente conhecida como angico-vermelho, apresenta-se com grande potencial econômico, pois sua casca é rica em taninos. O emprego das cascas de angico-vermelho para extração de taninos é uma alternativa economicamente viável pensando nas variáveis formas de utilizações possíveis dos taninos e por se tratar de uma espécie pioneira, de rápido crescimento, o que promove uma redução nos resíduos da indústria de transformação da madeira e agregação de um maior valor às cascas (SARTORI, 2014).

Com base no exposto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar o rendimento da extração de taninos nas cascas de angico-vermelho (*A. peregrina*), em diferentes tratamentos, a fim de verificar o mais adequado para a formulação de adesivos naturais para a madeira.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Var. *Peregrina*

O angico-vermelho (*A. peregrina*) é uma árvore da família Fabaceae e apresenta expressiva regeneração natural, ocorrendo indiferentemente em solos secos e úmidos; é tolerante a solos rasos, compactados, mal drenados e até encharcados, de textura média a argilosa. Possui crescimento de moderado a rápido, podendo alcançar, quando em excelentes condições, produtividades de até  $25,55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  (CARVALHO, 2003).

Esta espécie pode chegar de 14 a 22 metros de altura e apresenta como locais de ocorrência os estados de Tocantins, Goiás, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Possui uma madeira muito densa, equivalente a  $1,08 \text{ g/cm}^3$ , com uma boa resistência mecânica e muito durável. Portanto, pode ser empregada para construção civil, confecção de móveis, bem como para lenha e carvão. Sua casca é rica em tanino e já foi muito utilizada para o curtimento do couro (LORENZI, 1998).

No Brasil, encontram-se várias espécies produtoras de taninos, porém, os curtumes tradicionais da região nordeste, que empregam os taninos vegetais, apesar da diversidade de espécies arbóreas e arbustivas de ocorrência na região, utilizam como fonte de taninos apenas o angico-vermelho, explorando exclusivamente suas cascas para o curtimento de couro. Esta extração acontece de forma desordenada e não possui plano de manejo (PAES *et al.*, 2006).

### 2.2 Taninos vegetais

Os taninos são compostos fenólicos, de alto peso molecular encontrados na casca de coníferas e folhosas, localizando-se também na madeira (PIZZI; MITTAL, 1994). Esta classe de compostos fenólicos é o quarto mais abundante constituinte vegetal, depois da celulose, hemiceluloses e lignina (HASLAM, 2007).

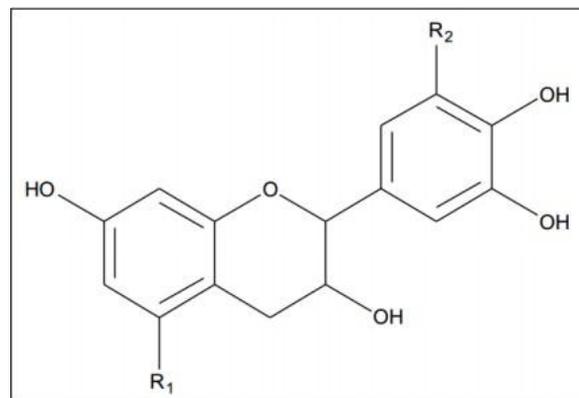
De acordo com Waterman e Mole (1994), a definição mais apropriada de taninos vegetais é a de Bate-Smith e Swain (1962), que falam que estes são: “compostos fenólicos solúveis em água, tendo peso molecular entre 500 e 3.000 e que, ao lado de reações fenólicas usuais, têm a propriedade de precipitar alcalóides, gelatinas e outras proteínas”.

Os compostos tânicos são os causadores da adstringência de muitos frutos e outros produtos vegetais. Tal adstringência ocorre por efeito da precipitação de glicoproteínas salivares, ocasionando a perda do poder lubrificante (BRUNETON, 1991).

Os taninos são vastamente divididos dentro do reino vegetal, sendo comuns tanto em espécies de gimnospermas como angiospermas. Nas angiospermas, são mais comuns nas dicotiledôneas do que nas monocotiledôneas (NOZELLA, 2001). São compostos do metabolismo secundário vegetal ou metabolismo especial e são importantes nas interações entre a planta e seu ecossistema (CASTEJON, 2011).

Compostos fenólicos são substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos (Figura 1), incluindo seus grupos funcionais, os quais são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução (SARTORI, 2012).

Figura 1- Principal monômero dos taninos (Flavonóide)



Fonte: (Adaptado de MANGRICH *et al.*, 2014).

Por se tratarem de compostos fenólicos, os taninos são muito reativos quimicamente, formam pontes de hidrogênio, intra e intermoleculares. A ligação entre taninos e proteínas acontece, supostamente, por meio destas pontes, entre os grupos fenólicos dos taninos e determinados sítios das proteínas, concedendo uma duradoura estabilidade a estas substâncias (MONTEIRO *et al.*, 2005).

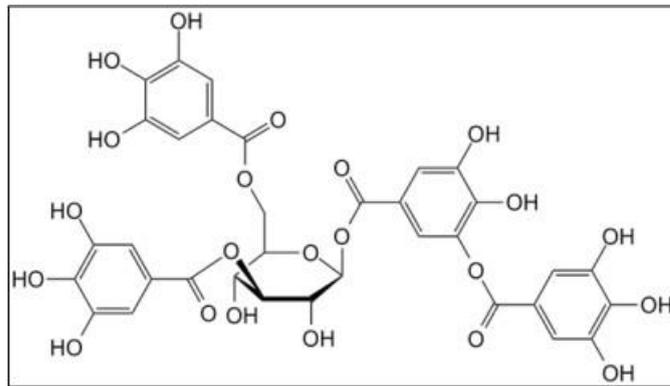
Os taninos são divididos de acordo com a estrutura química em dois grandes grupos: taninos hidrolisáveis e taninos condensados (CASTEJON, 2011). Tanto os taninos hidrolisáveis quanto os condensados possuem diversos grupos hidroxila ligados aos anéis, o que agrega boa capacidade de complexação de substâncias orgânicas e íons metálicos (BELAVSKI, 1965).

### 2.2.1 *Taninos hidrolisáveis*

Segundo Heldt (1997), os taninos hidrolisáveis constituem-se de ésteres de ácidos gálicos e ácidos elágicos glicosilados, formados a partir do chiquimato. Seus grupos hidroxila

do açúcar são esterificados com os ácidos fenólicos (VICKERY, 1981). Caracterizam-se por uma estrutura em que os núcleos benzênicos estão ligados por átomos de oxigênio e por serem decompostos em constituintes mais simples pela ação de ácidos e enzimas (Figura 2) (FIORENTIN, 2005).

Figura 2- Molécula de tanino hidrolisável



Fonte: (Adaptado de MANGRICH *et al.*, 2014).

Existe na natureza um grande número de moléculas de taninos hidrolisáveis. A variação de estruturas entre estes componentes é causada por reações oxidativas de unidades de ácidos gálico vizinhos ou por oxidação do anel aromático (MELO, 2008). A unidade básica estrutural desse tipo de tanino é um poliol, usualmente D-glucose, com seus grupos hidroxilas esterificadas pelo ácido gálico (galotaninos) ou pelo ácido hexadihidroxifênico (elagitaninos) (NOZELLA, 2001).

Assim, os taninos hidrolisáveis são divididos em galotaninos e elagitaninos. Nos galotaninos, os grupos fenólicos que esterificam o núcleo glicosídico são formados pelo ácido gálico, ou pelo ácido digálico, estando as duas unidades galoil unidas por ligações depsídicas. Nos elagitaninos, os grupos fenólicos empregados são moléculas de ácido hexahidroxidifênico que podem se desidratar naturalmente para formar sua dilactona estável, o ácido elágico (MELO, 2008).

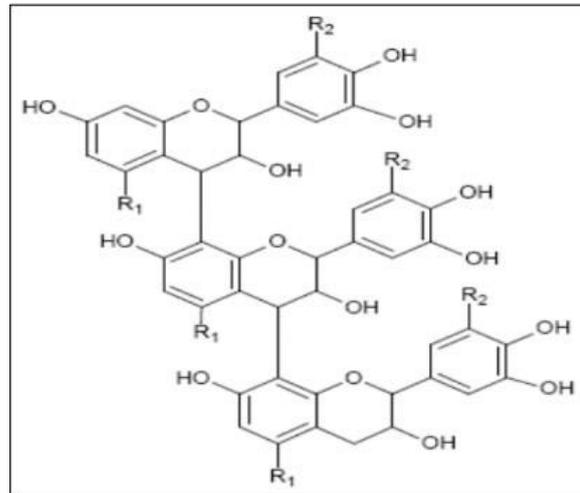
Apesar de exibirem comportamento químico similar ao dos fenóis substituídos, apresentam certas propriedades indesejáveis, como baixa reatividade com formaldeído, baixo caráter nucleofílico e limitada produção mundial, o que impede que eles sejam empregados principalmente na produção de adesivos fenólicos (PIZZI, 1983; VITAL *et al.*, 2004).

### 2.3 Taninos condensados

Taninos condensados, também chamados de proantocianidinas, são resistentes à

hidrólise, e são oligômeros dos grupos flavan-3-ols ou flavan 3,4-diols (Figura 3) (SALUNKHE *et al.*, 1990).

Figura 3- Molécula de tanino condensado



Fonte: (Adaptado de MANGRICH *et al.*, 2014).

Pizzi (1993), alega que os taninos condensados consistem de unidades de flavonóides dispendo de diferentes graus de condensação e estão invariavelmente associados com seus precursores inéditos. Estes tipos de taninos exibem um padrão de distribuição mais vasto do que os demais, sendo encontrado em diversas famílias de angiospermas como Anacardiaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Malvaceae, Moraceae, Fabaceae, entre outras (MOLE, 1993).

Segundo Nozella (2001), estes compostos podem conter de duas a cinquenta unidades flavanóides e possuem estruturação complexas e mesmo sendo resistentes à hidrólise, podem ser solúveis em solventes orgânicos aquosos, dependendo de sua estrutura. O tamanho das moléculas pode ser descrito pelo seu grau de polimerização. Ao contrário dos taninos hidrolisáveis, proantocianidinas não contém resíduos de carboidratos (MELO, 2008).

Distinguem-se dos taninos hidrolisáveis, pois sob ação de agentes oxidantes ou ácidos fortes condensam-se com perda de uma ou mais moléculas de água e criam compostos amorfos, insolúveis e de elevado peso molecular, intitulado flobafenos (FIORENTIN, 2005).

Os taninos condensados são de amplo interesse na medicina e na nutrição por sua potente eficácia em agir como antioxidante e possíveis efeitos sobre a proteção da saúde humana. Há pouco tempo foi relatada a hipótese de que as proantocianidinas podem diminuir o risco de doenças cardiovasculares, câncer e coagulação sanguínea, além do mais, algumas categorias podem auxiliar no trato urinário (BARAHONA *et al.*, 2006).

Os taninos condensados são os mais empregados na produção de adesivos, pois estes são quimicamente mais estáveis e economicamente mais viáveis que os taninos hidrolisáveis (CARNEIRO *et al.*, 2009).

#### **2.4 Utilizações de taninos vegetais**

Os taninos apresentam propriedades significativas como é o caso do seu poder tanante e de sua adstringência (SANTOS & MELLO, 1999). Portanto, este composto pode ser empregado em diversas finalidades. Seu campo de utilização compreende as indústrias agro-alimentares, farmacológicas, e de curtimento de couros. Atualmente, também vem sendo empregado para a fabricação de adesivos naturais e no tratamento de água (MELO, 2008).

O uso de taninos em artefatos de couro se dá desde a antiguidade (GONÇALVES; LELIS, 2001). Pode ser utilizado para fabricação de solas e de tipos especiais de couro, e também em combinação com as outras formas de curtimento (CASTEJON, 2011).

Os taninos são empregados na medicina tradicional como remédios para o tratamento de diarreia, hipertensão arterial, reumatismo, hemorragias, feridas, queimaduras, problemas estomacais (azia, náusea, gastrite e úlcera gástrica), problemas renais e do sistema urinário, e processos inflamatórios em geral (SOUSA, 2015). Os efeitos bioquímicos e farmacológicos dos flavonoides são muito vastos, dentre estes, destacam-se as ações antioxidante, anti-inflamatória e antiplaquetária, além de efeitos antialérgicos (KOO & SUHAILA, 2001). Têm sido atribuídas aos taninos muitas atividades fisiológicas humanas, como a estimulação das células fagocíticas e a ação tumoral, e também atividades anti-infectivas (LOGUERCIO, 2005).

Conforme Sousa (2015), os taninos estão presentes em bebidas de consumo humano, nas quais são responsáveis pelo sabor adstringente de vinhos, sucos de frutas, chás e outras bebidas. É provável encontrar taninos elágicos em vinhos envelhecidos em barricas de madeira de carvalho como consequência da sua difusão da madeira no decorrer do estágio de produção em barricas (CLIFFORD *et al.*, 2000).

Os taninos também podem ser empregados no tratamento de água, eles atuam em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este processo responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação (GRAHAM *et al.*, 2008).

Os taninos ainda podem ser utilizados na sua exploração como fontes fenólicas naturais, na elaboração de adesivos. A utilização em formulações de adesivos já é a segunda aplicação industrial mais importante para os taninos vegetais (JORGE, 2001). Destaca-se a

espécie *A. peregrina* (angico-vermelho), estudada por Carneiro (2006), mostrando-se uma espécie propícia para uso em painéis aglomerados como adesivos. De acordo com Sousa *et al.* (2017), os adesivos de taninos apresentam grande potencial para substituir completa ou parcialmente a uréia-formaldeído em painéis MDP (*Medium Density Particleboard*).

#### **2.4.1 Taninos em formulação de adesivos**

Usualmente, no setor madeireiro os principais adesivos para painéis de aglomerados são: uréia-formaldeído-UF, melamina-formaldeído-MF e fenol-formaldeído-FF (GONÇALVES *et al.*, 2008).

Após a crise do petróleo na década de 70, e algumas mudanças nas legislações ambientais, houve a necessidade de busca por fontes alternativas renováveis. Os taninos então, foram motivo de diversos estudos, pois além de serem extraídos de fontes renováveis, também apresentavam capacidade de reação com o formaldeído (CARNEIRO *et al.*, 2012; HILLIG, 2002). Pesquisas que buscam matérias-primas alternativas para a indústria de painéis são importantes, pois o custo da aquisição de resinas sintéticas representa um componente de peso no custo total do produto (GONÇALVES, 2001).

Os taninos possuem classes de fenóis altamente reativos com o formaldeído indicando seu grande uso na preparação ou modificação de resinas nas indústrias de painéis de madeira. O formaldeído utilizado atua como ligante entre os taninos, favorecendo os extratos a serem utilizados como adesivos naturais (MARCHINI, 2015).

Um aspecto importante para o uso de taninos na produção de adesivos é o seu teor de componentes polifenólicos reativos, ou seja, o teor de taninos condensáveis presentes. O grau de condensação dos taninos apresenta uma grande importância na fabricação de adesivos, pois o mesmo influencia a viscosidade da solução com extratos e a ligação das moléculas de tanino (TEODORO, 2008). Quando utilizados em misturas adesivas, os taninos condensados, necessitam de baixas quantidades de formaldeído para cura e podem formar linhas de cola altamente resistentes à ação das intempéries, pois são formados de estruturas poliméricas (PIZZI, 1983).

Os adesivos a base de tanino vegetal podem apresentar características de ligação interna, viscosidade e tempo de formação de gel semelhantes a uréia-formaldeído e outras resinas comercialmente conhecidas. A reação do tanino com o formaldeído se apresenta como fundamento para o seu emprego como adesivo já que assim surgem policondensados de alto peso molecular, proporcionando uma colagem resistente à umidade (ROFFAEL & DIX, 1994).

De acordo com Carneiro e colaboradores (2006), no Brasil, a espécie mais utilizada para produção em larga escala de adesivos é a acácia-negra, onde existe duas empresas produtoras de taninos vegetais extraídos dessa espécie, que são: SETA S.A. e a TANAC S.A. Outras espécies, como por exemplo o angico-vermelho, ainda não são utilizadas comercialmente para esta finalidade, devido a dificuldade de manuseio, quando usados sozinhos e à baixa resistência à água.

Os adesivos à base de taninos de angico-vermelho apresentam alta viscosidade e vida útil de trabalho curta, ocasionando problemas de aplicação industrial. Existem algumas alternativas que podem ser utilizadas para melhorar as propriedades dos adesivos à base de taninos, mas nem sempre elas apresentam sucesso, devido, principalmente, à diferença do conteúdo fenólico entre as espécies. A exemplo destas alternativas destacam-se a sulfitação dos taninos e a hidrólise ácida e, ou, alcalina (CARNEIRO *et al.*, 2006).

Comercialmente falando, quase não são usados adesivos à base de taninos não modificados. Isso se dá pelo fato de as moléculas de tanino reagirem tão rapidamente com o formaldeído que após uma baixa condensação elas não se movimentam, deste modo, não são capazes de formar pontes de hidrogênio. Por meio da modificação química, os taninos são influenciados em sua reatividade e com isso há uma melhora nas propriedades dos painéis colados com adesivo tanino-formaldeído (TEODORO, 2008).

#### 2.4.1.1 Extração dos taninos vegetais

A extração dos taninos atingiu seu ápice entre o período de 1948 a 1950, porém um pouco depois ocorreu uma queda, mas após a crise de energia, houve um estímulo quanto à pesquisas para sua utilização industrial (ROUX *et al.*, 1975).

Diversos fatores podem determinar o rendimento e a qualidade dos compostos tânicos extraídos, como métodos de extração com diferentes tipos e concentrações de sais. A extração de taninos em escala comercial é normalmente feita por sulfitação, que nada mais é que um processo simples com água quente ou fria juntamente com sais de sódio, como: sulfito ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), sulfato ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), carbonato ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), bissulfito ( $\text{Na}_2\text{SHO}_3$ ) entre outros. A extração também pode ser feita por meio da hidrólise ácida ou alcalina (SANTIAGO, 2016; CARNEIRO *et al.*, 2009). De acordo com PIZZI (1994), em extrações que são realizadas com sulfito vê-se um grande favorecimento em relação ao aumento do rendimento do extrato.

Os taninos são ácidos fracos e em solução ocorre a desprotonação das hidroxilas, diante de uma reação iônica, formando um sal, o qual é mais solúvel do que a água pura, liberando íons  $\text{H}^+$  no meio reacional. Os íons  $\text{Na}^+$  do sulfito de sódio reagem com os taninos

aumentando sua reatividade (PIZZI, 1994).

Para a aplicação de extratos vegetais como adesivo para painéis de madeira é importante avaliar o teor de componentes fenólicos reativos. Na determinação do teor de polifenóis utiliza-se a reação de Stiasny, isto é, a precipitação dos taninos do tipo flavanol por meio de condensação com formaldeído em meio ácido (WISSING, 1955).

Em razão da complexidade dos compostos fenólicos, e as variações dessas substâncias nas diferentes espécies botânicas, é de grande importância estudar a eficiência de múltiplos solventes na sua extração, buscando propriedades satisfatórias para as determinadas utilidades, com isso, aperfeiçoando a produção e também reduzindo custos.

O emprego dos extratos na produção de adesivo só é possível se houver uma reação dos mesmos com um produto ligante, como por exemplo o formaldeído, pois eles sozinhos não apresentam nenhuma capacidade de ligação. Os taninos possuem classes de fenóis altamente reativos com o formaldeído indicando seu grande uso na preparação ou modificação de resinas nas indústrias de painéis de madeira (MARCHINE, 2015).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido no município de São João Evangelista, Minas Gerais, com latitude igual a (18°32'46"), Sul e altitude de (42°45'35"), Oeste. O clima predominante nessa região segundo a classificação de Köppen (1918) é do tipo Cwa - Tropical Continental com chuvas de verão e inverno seco, com temperaturas máxima e mínima de 26,0 °C e 13,5 °C (médias anuais), respectivamente, e índice pluviométrico médio anual de 1.377 mm.

Este município se encontra em área de transição dos biomas Mata Atlântica para o Cerrado, e suas florestas são classificadas como estacional semidecidual. São João Evangelista é drenado pela Bacia Hidrográfica do Rio Suaçuí, e outras bacias hidrográficas de menor extensão territorial, tais como o Ribeirão São Nicolau Grande, os Córregos Das Palmeiras e dos Rodrigues, dentre outros (IBIO, 2016).

#### 3.2 Coleta e processamento das cascas

A matéria prima utilizada neste trabalho para obtenção de taninos foram as cascas de angico-vermelho (*A. peregrina*). Estas foram obtidas em um fragmento de mata nativa, localizado no *Campus* do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais em São João Evangelista (IFMG-SJE).

As cascas foram coletadas de 4 árvores abatidas com auxílio de facão (Figura 4, a) e suas dimensões foram reduzidas para facilitar no transporte e manejo. Logo após a coleta, foram conduzidas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do IFMG, *campus* São João Evangelista onde ficaram armazenadas ao ar livre e protegidas do sol para redução da umidade (Figura 4, b). Após a secagem ao ar livre, as cascas foram moídas para redução das dimensões em moinho de facas do tipo Wiley (Figura 4, c), e peneiradas em um conjunto de peneiras de 40 e 60 "mesh". Em seguida, foram armazenadas em recipientes completamente fechados, protegidos da luz e umidade do ar, e determinada a umidade em base seca pelo método gravimétrico.

Figura 4- Coleta das cascas (a); Secagem das cascas (b); Processamento das cascas (c).



Fonte: MEDINA, 2020.

### 3.3 Rendimento gravimétrico em taninos

A extração dos taninos das cascas e obtenção do rendimento gravimétrico mediante reação destes com formaldeído está descrito a seguir.

#### 3.3.1 Extração dos taninos

Para extração, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, foram empregados erlenmeyer, com capacidade de 250 mL, onde foram adicionados o correspondente a 10 gramas de cascas secas em 150 mL de água destilada, relação 1:15 (m/v). Além da extração em água pura, foram testados o bissulfito de sódio ( $\text{NaHSO}_3$ ), hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) e carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) nas proporções de 3 e 5 e 7% com relação à massa seca de casca. Totalizando assim dez tratamentos: extração em água pura (Tratamento 1); 3% de bissulfito de sódio (tratamento 2); 5% de bissulfito de sódio (Tratamento 3); 7% de bissulfito de sódio (Tratamento 4); 3% de hidróxido de sódio (Tratamento 5); 5% de hidróxido de sódio (Tratamento 6); 7% de hidróxido de sódio (Tratamento 7); 3% de carbonato de sódio (Tratamento 8); 5% de carbonato de sódio (Tratamento 9) e 7% de carbonato de sódio (Tratamento 10). A extração foi realizada em banho-maria, a uma temperatura de 70 °C, por 2 horas (Figura 5,). As extrações foram realizadas em duplicata. Após o período da extração, os extratos foram filtrados em peneira de “200” mesh, a fim de reter particulados finos, e posteriormente foram determinadas as massas de cada extrato, em balança de duas casas de precisão.

Figura 5- Extratos em banho-maria.



Fonte: MEDINA, 2021.

### 3.3.2 *Determinação do teor de sólidos e do rendimento em sólidos*

De cada extrato concentrado, foram retiradas duas alíquotas de cerca de 20 gramas, para a determinação de sólidos totais, as quais foram colocadas em placas de Petri previamente taradas. Posteriormente, as placas e amostras foram levadas a estufa com circulação de ar a  $103 \pm 2$  ° C até massa constante. Assim, a quantidade total de sólidos (em gramas) em 20 g de solução foi obtida pela relação entre a massa úmida inicial e a massa final após a secagem em estufa, conforme Equação 1.

$$TST (\%) = \left( \frac{Ms}{Mu} \right) \times 100$$

Em que:

TST (%) = teor de sólidos em porcentagem;

Ms = massa da amostra seca (g);

Mu = massa úmida da amostra (g).

O rendimento em sólidos foi obtido multiplicando-se o teor de sólidos (g) pela massa de cada extrato.

### 3.3.3 *Reação de Stiasny e quantificação de taninos condensados*

Foram retiradas duas alíquotas de 50 gramas de cada extrato para a reação de

Stiasny, conforme descrito por Guangcheng *et al.* (1991), com algumas modificações. Para isso, aos 50 gramas do extrato bruto foram adicionados 4 mL de formaldeído (37% m/m) e 1 mL de Ácido Clorídrico (HCl) concentrado. Cada mistura foi fervida sob refluxo durante 30 minutos (Figura 6 a). Nessas condições, os taninos formam complexos insolúveis que podem ser separados por filtragem simples e para isso foi utilizado um cadinho de porosidade n° 2 (Figura 6 b) e o material retido foi seco em estufa a  $103 \pm 2$  ° C por cerca de 24 horas (Figura 6 c) e o Índice de Stiasny foi calculado conforme equação 2.

$$IS = \left( \frac{m_2}{m_1} \right) \times 100$$

Onde:

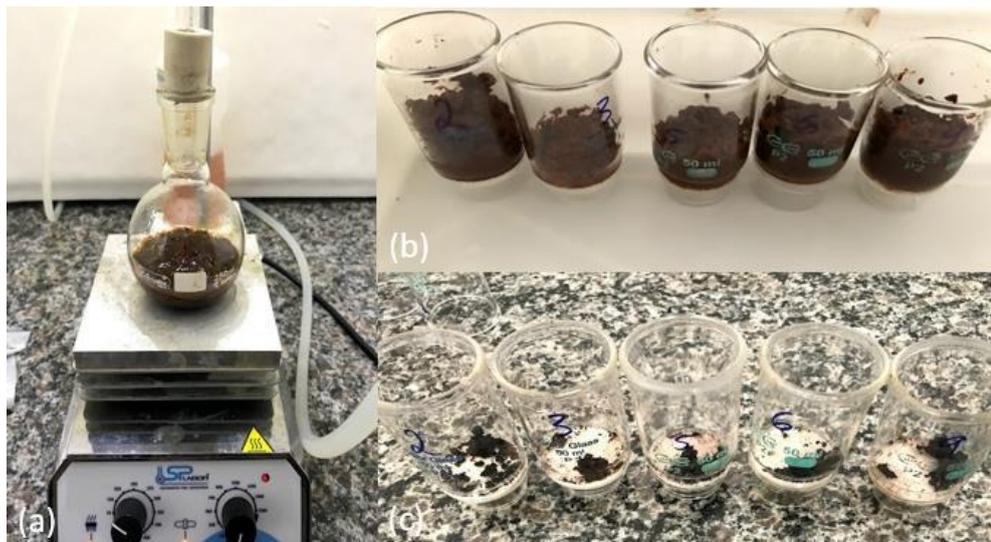
IS= índice de stiasny em porcentagem;

M 1 = Massa de sólidos em 50 g de extrato; e

M 2 = Massa do precipitado de tanino-formaldeído.

Para se obter o rendimento gravimétrico em taninos (%), 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.

Figura 6- Refluxo (a); Filtrado (b); Material pós estufa (c).



Fonte: MEDINA, 2021.

### **3.4 Análise estatística**

Todas as análises foram realizadas em duplicata (extração e quantificação) e os resultados de Rendimento em sólidos, Índice de Stiasny, teor de tanino condensado e teor de compostos não tânicos foram analisados estatisticamente. Foi usada a análise de variância e após isso, as médias foram comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade, com o emprego do software SISVAR (FERREIRA, 2011), de modo a verificar o melhor tratamento, com maior rendimento em taninos e menor rendimento em compostos não tânicos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de Rendimento em Sólidos (RS), Índice de Stiasny (IS), Teor de Taninos Condensados (TTC) e Teor de Compostos não Tânicos (TNT), estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Rendimento gravimétrico em taninos extraídos a partir das cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*)

TRATAMENTOS	RS (%)	IS (%)	TTC (%)	TNT (%)
1 (ÁGUA PURA)	11,36 a1	86,51 a3	9,82 a1	1,53 a1
2 ( NaHSO <sub>3</sub> -3%)	24,70 a3	79,50 a3	19,60 a3	5,09 a2
3 (NaHSO <sub>3</sub> -5%)	31,55 a4	80,59 a3	25,43 a4	6,13 a2
4 (NaHSO <sub>3</sub> -7%)	33,43 a4	82,42 a3	27,54 a4	5,89 a2
5 (NaOH-3%)	14,19 a1	69,27 a2	9,84 a1	4,35 a2
6 (NaOH-5%)	13,54 a1	62,14 a1	8,50 a1	5,05 a2
7 (NaOH-7%)	18,84 a2	62,41 a1	11,78 a2	7,06 a2
8 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -3%)	16,32 a2	80,68 a3	13,18 a2	3,14 a1
9 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -5%)	19,25 a2	71,04 a2	13,72 a2	5,54 a2
10 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -7%)	24,14 a3	78,16 a3	18,89 a3	5,28 a2

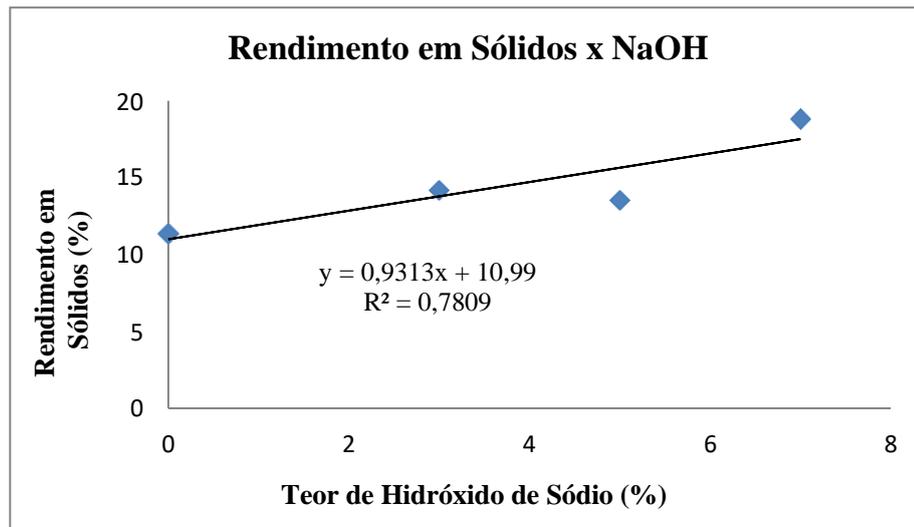
Fonte: MEDINA, 2021.

O rendimento em sólidos (RS), identifica a porcentagem de sólidos extraídos das cascas da espécie. Estes sólidos não são obrigatoriamente apenas taninos, podendo ser também gomas, açúcares, ceras e outros compostos. Este teor fornece uma previsão da quantidade de sólidos que se encontram disponíveis para a ocorrência da reação com o formaldeído, cuja, a quantificação dos taninos que reagem, é verificada pelo número de Stiasny e então uma proporção não tanina da amostra pode ser calculada (MARCHINE, 2015).

Segundo Fassarela, 2018, o teor de extrativos é obtido por meio do teor de sólidos totais e ele é indispensável para a caracterização da composição química das cascas, sua análise permite conhecer a quantidade de extrativos presentes no material em estudo.

Analisando a Tabela 1 é possível perceber que os menores valores obtidos para o RS foram no tratamento 1 (extração em água pura), tratamento 5 (hidróxido de sódio a 3%) e tratamento 6 (hidróxido de sódio a 5%) com valores médios de, 11, 36%, 14,19% e 13,54%, respectivamente, sendo estes valores estatisticamente iguais. A relação entre a quantidade de hidróxido de sódio e o rendimento em sólidos pode ser visto pela Figura 7.

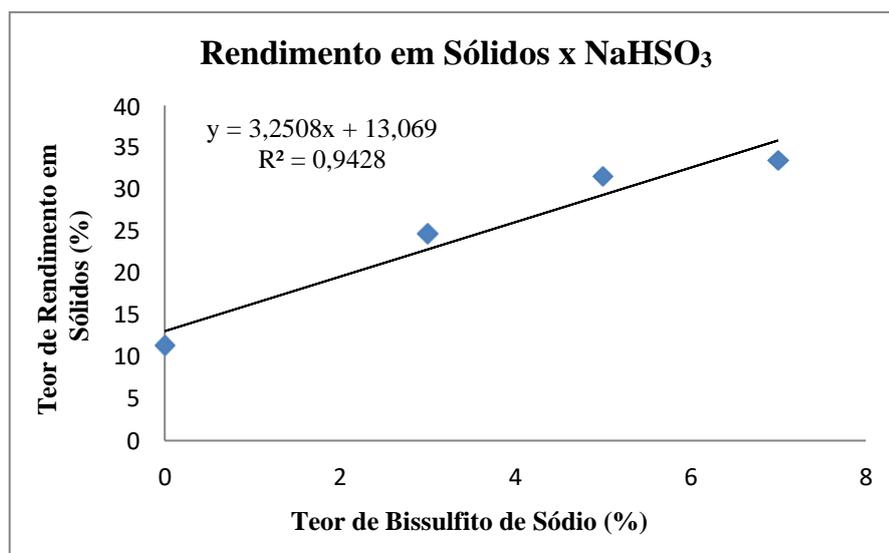
Figura 7- Teor do Rendimento em Sólidos em função do Teor de Hidróxido de Sódio.



Fonte: MEDINA, 2021

As maiores médias encontradas para rendimento em sólidos foram para a adição do bissulfito de sódio a 5 e 7%, com valores de 31,55% e 33,43% respectivamente, sendo as médias destes dois tratamentos estatisticamente iguais. Essas médias estão de acordo com as médias encontradas por Carneiro *et al.* (2006), que dizem que o rendimento em sólidos totais é diretamente proporcional à quantidade de sulfito de sódio adicionado à extração, ou seja, à medida que se aumenta a quantidade de sulfito de sódio aumenta-se também a quantidade de sólidos totais extraídos, isso quando analisado no intervalo de 3 a 7%. A relação entre a quantidade de bissulfito de sódio e o rendimento em sólidos pode ser visto pelo Figura 8.

Figura 8- Teor de Rendimento em Sólidos em função do Teor de Bissulfito de Sódio.

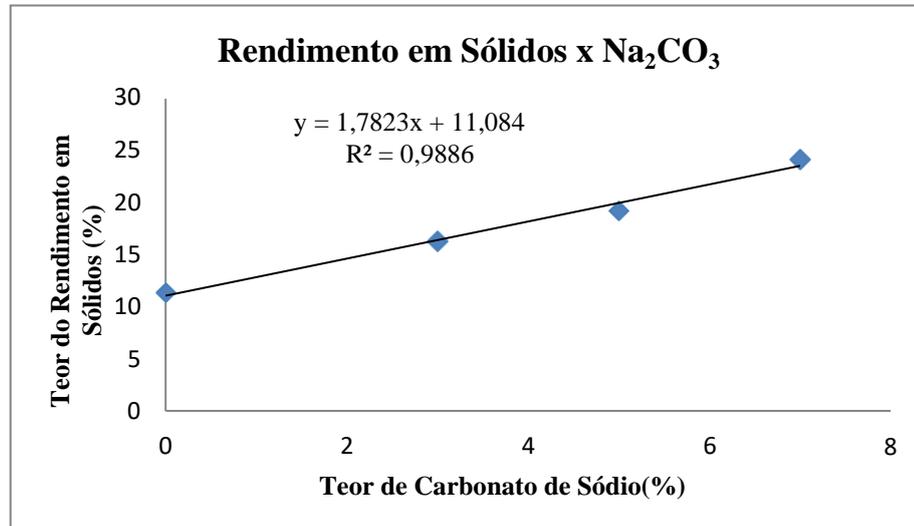


Fonte: MEDINA, 2021.

A relação entre a quantidade de carbonato de sódio e o rendimento em sólidos

pode ser visto na Figura 9.

Figura 9- Teor de Rendimento em Sólidos em função do Teor de Carbonato de Sódio.



Fonte: MEDINA, 2021.

Nas Figuras 7 a 16, é possível observar também os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de cada equação gerada. Quanto maior o  $R^2$ , mais explicativo é o modelo linear, ou seja, melhor ele se ajusta à amostra. Os valores dos coeficientes foram de 0,7809 para o hidróxido de sódio, 0,9428 para o bissulfito de sódio e de 0,9886 para o carbonato de sódio.

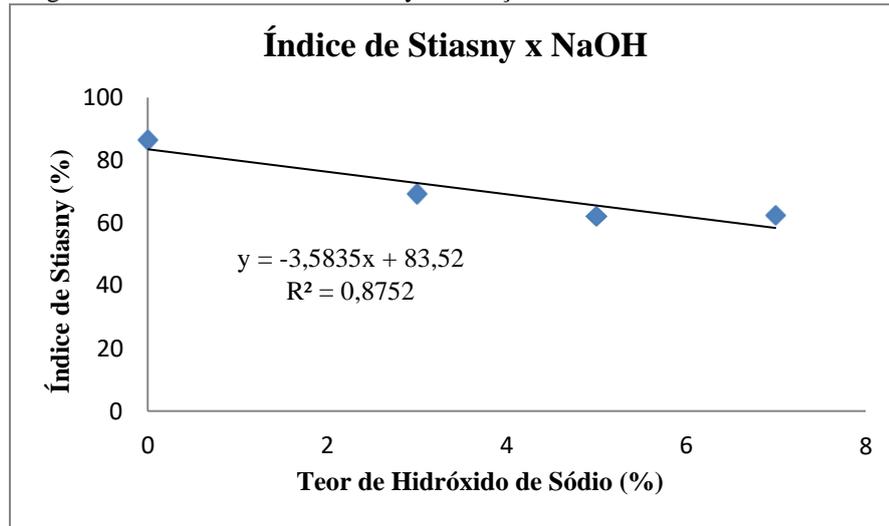
Pensando nos resultados do Índice de Stiasny para aplicação dos taninos nas indústrias dos painéis de madeira, os taninos possuem classes de fenóis altamente reativos com o formaldeído indicando seu grande uso na preparação ou modificação de resinas (MARCHINE, 2015).

O Índice de Stiasny corresponde ao percentual de taninos condensados existentes no extrato, por meio da reação com formaldeído e ácido clorídrico. Maiores Índices de Stiasny irão resultar em uma linha de cola mais forte. Quanto maior esse Índice, menor é a porcentagem de substâncias não tânicas presentes nos extratos; a presença destas substâncias pode causar problemas de viscosidade e resistência da linha de cola. Este decréscimo se deve à maior solubilização de açúcares, gomas e hemiceluloses de baixo peso molecular, que, por sua vez, não reagem com o formaldeído na reação de Stiasny (CARNEIRO *et al.*, 2006).

Os resultados das médias do Índice de Stiasny para todos os tratamentos, ficaram acima de 62%, porém, de acordo com Yazaki e Collins (1994), apenas valores acima de 65% são viáveis na utilização de adesivos. Logo, para esta finalidade os tratamentos 6 (hidróxido

de sódio a 5%) e 7 (hidróxido de sódio a 7%), poderiam ser descartados. A relação entre o teor de hidróxido de sódio e os Índices de Stiasny, pode ser visto na Figura 10, em que se encontra uma relação negativa e linear, com um coeficiente de determinação da equação de 0,8752, ou seja, à medida que se aumenta o teor de hidróxido de sódio a reatividade do extrato com o formaldeído reduz, devido a uma provável degradação das moléculas de tanino.

Figura 10- Teor do Índice de Stiasny em função do Teor de Hidróxido de Sódio.



Fonte: MEDINA, 2021.

Observando a Tabela 1, é possível perceber que a maior média obtida para o Índice de Stiasny foi no tratamento 1 (extração em água pura), apresentando um valor de 86,51%, seguido do tratamento 4 (bissulfito a 7%), com valor de 82,42%. Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos de água pura e com o emprego de bissulfito de sódio nas concentrações de 3, 5 e 7%.

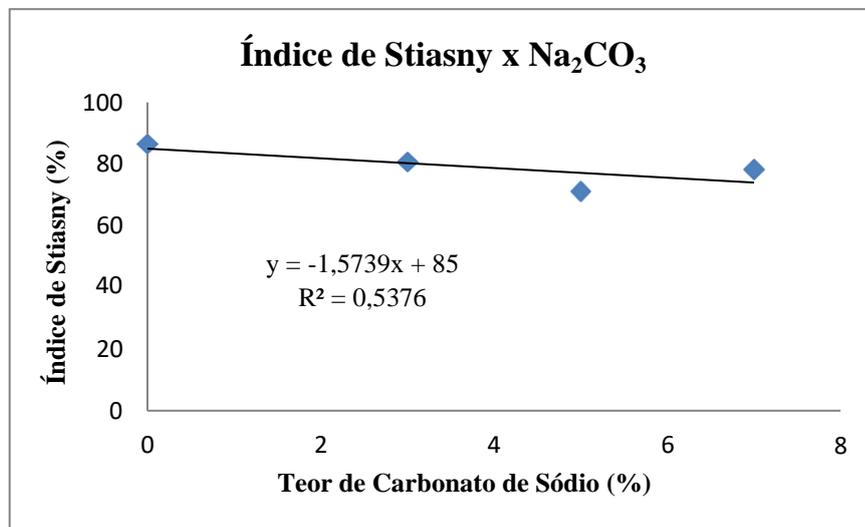
Para a extração em água pura, o valor de Índice de Stiasny, obtido por trabalhos feitos por Paes *et al.* (2006a) e Carneiro *et al.* (2006), em cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*), foram de 52,88% e 59,85%, respectivamente. Estes valores foram inferiores ao valor encontrado nesta pesquisa. Isto pode ter ocorrido em função do período de coleta das cascas, uma vez que Paes *et al.* (2006b) constatou que o Índice de Stiasny variou com as fenofases da planta e posições no tronco, tendo obtido valores que variaram de 32,17 a 68,30%.

Em trabalhos desenvolvidos com cascas de Eucalipto, Reda (2002), encontrou um Índice de Stiasny em torno de 48% para casca de *Eucalyptus urophylla* e Mori *et al.* (1999) encontraram para a casca de *Eucalyptus grandis* um Índice de Stiasny de 69,7%. Ambos usaram o carbonato de sódio para a extração. Mori *et al.* (2003), ao trabalharem com casca de

barbatimão, encontraram um Índice de Stiasny de 94,23% para extração em água pura e 84,71% usando 3% de hidróxido de sódio.

Com o emprego de carbonato de sódio em 3, 5 e 7%, os valores de Índice de Stiasny foram de 80,68% (Tratamento 8), 71,04% (Tratamento 9) e 78,16% (Tratamento 10), respectivamente. Sendo que, os tratamentos 8 e 10 são estatisticamente iguais ao tratamento 1, de extração em água pura. A relação entre o Índice de Stiasny e o teor de carbonato de sódio podem ser vistos na Figura 11, o baixo coeficiente de determinação da equação de regressão (0,5376) é devido à semelhança estatística verificada entre os tratamentos 1, 8 e 10.

Figura 11- Teor do Índice de Istiasny em função do Teor de Carbonato de Sódio.



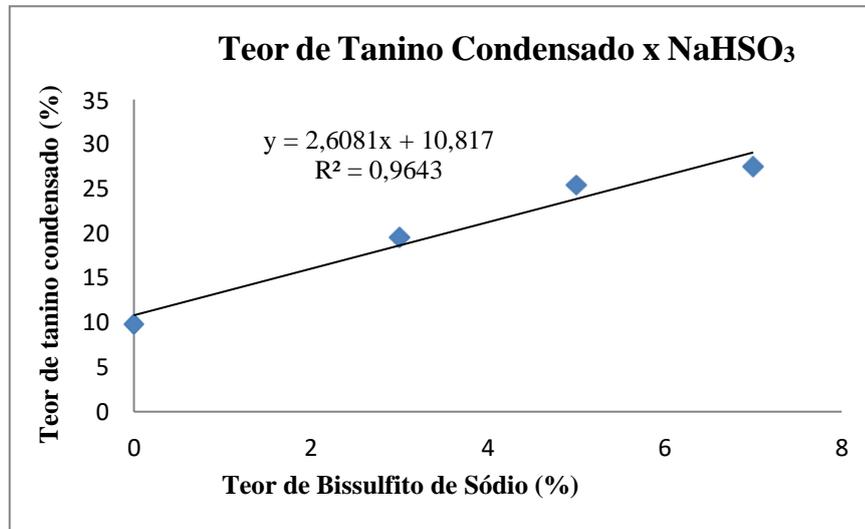
Fonte: MEDINA, 2021.

De acordo com Carneiro (2009), para a produção dos adesivos à base de taninos, são utilizados os taninos condensados, pois estes são quimicamente mais estáveis e economicamente mais viáveis para tal finalidade.

Hergert (1962), diz que o rendimento em taninos deve ficar em uma faixa de variação de 2 a 40% da massa seca da casca. O rendimento em taninos obtido neste trabalho encontra-se dentro desta faixa.

Para o teor de taninos condensados, a maior média foi a do tratamento 4 (bissulfito de sódio a 7%), apresentando um valor de 27,54%, seguido do tratamento 3 (bissulfito de sódio a 5%), com valor de 25,43%, os quais são estatisticamente iguais. A relação entre o teor de bissulfito de sódio e teor de tanino condensado pode ser visto na Figura 12, com respectiva equação de regressão e coeficiente de determinação da equação, que foi de 0,9643.

Figura 12- Teor de Tanino Condensado em função do Teor de Sulfito de Sódio.



Fonte: MEDINA, 2021

Já as menores médias foram dos tratamentos 5 (hidróxido de sódio a 3%) 6 (hidróxido de sódio a 5%) e 1 (extração em água pura), apresentando valores de 9,84%, 8,50% e 9,82%, respectivamente, sendo estes tratamentos iguais estatisticamente, resultando em uma baixa correlação.

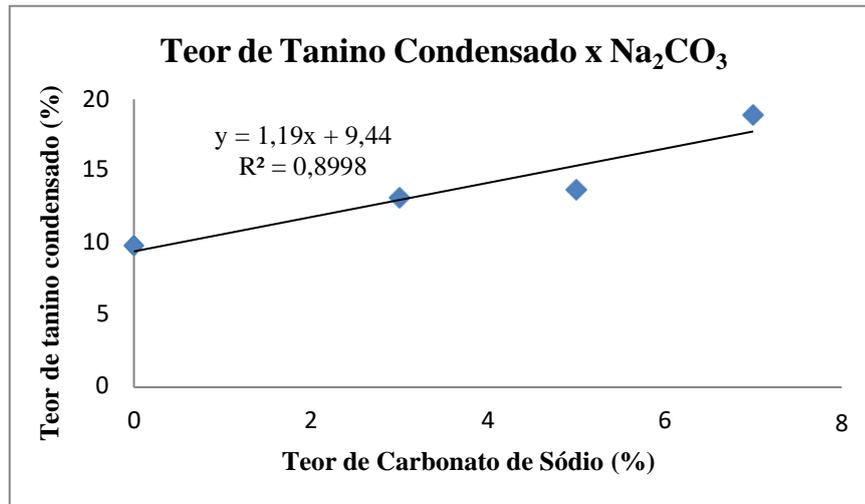
Paes *et al.* (2013), ao trabalhar com cascas de angico-vermelho, obteve um maior valor de TTC ao extrair com a solução de hidróxido de sódio e um menor valor em água pura, estando este último resultado em conformidade com os resultados obtidos neste trabalho.

Mori *et al.* (2003) ao trabalharem com cascas e madeira de barbatimão concluíram que a solução de sulfito de sódio foi mais eficiente que a de hidróxido, por proporcionar uma maior presença de compostos fenólicos no extrato obtido.

Em comparação com outras espécies do gênero *Anadenanthera*, a maior média obtida neste trabalho foi maior que os 18,72% obtidos por Carneiro (2006) para *Anadenanthera peregrina*, e também para os 11,89% e 13,95% obtidos, respectivamente, por Paes *et al.* (2006) e Paes *et al.* (2010), para *Anadenanthera colubrina*. As diferenças podem estar relacionadas, além dos reagentes usados para extração, também com a idade e até mesmo a fenofase da planta.

Já com o emprego do carbonato de sódio, os rendimentos em taninos condensados foram de 13,18% (Tratamento 8); 13,72 (Tratamento 9) e 18,89% (Tratamento 10), respectivamente. A relação entre o teor de carbonato de sódio e o rendimento em taninos condensados, bem como a equação de regressão podem ser vistos na Figura 13.

Figura 13- Teor de Tanino Condensado em função do Teor de Carbonato de Sódio.

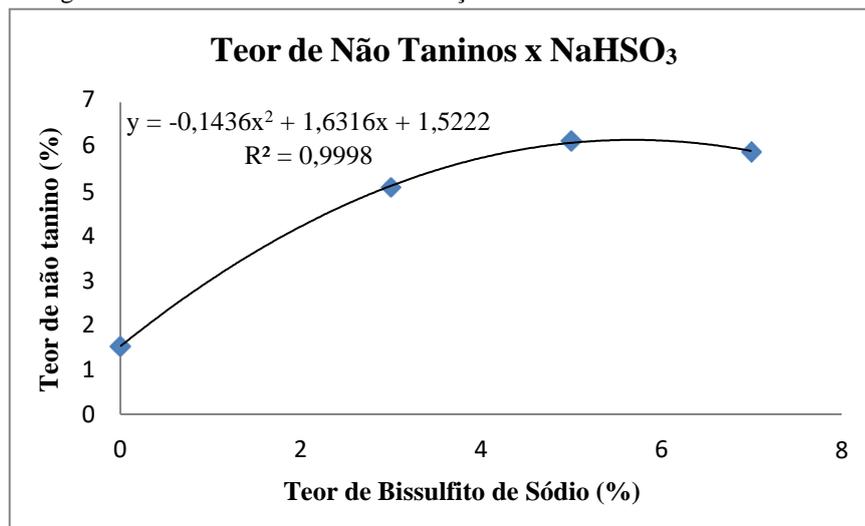


Fonte: MEDINA, 2021.

A maior quantidade de substâncias não tânicas foi extraída do tratamento 7 (hidróxido de sódio a 7%), apresentando um valor médio de 7,06%, seguido do tratamento 3 (sulfito de sódio a 5%), com um valor médio de 6,13%. Já os menores valores foram do tratamento 1 (extração em água pura), com 1,53%, e do tratamento 8 (carbonato de sódio a 3%), com 3,14%, sendo estes dois tratamentos estatisticamente diferentes dos demais.

A relação entre os teores de bissulfito de sódio e o teor de compostos não tânicos pode ser visto na Figura 14. Nota-se uma relação polinomial, com um coeficiente de determinação da equação de regressão de 0,99.

Figura 14- Teor de Não Tanino em função do Teor de Bissulfito de Sódio.

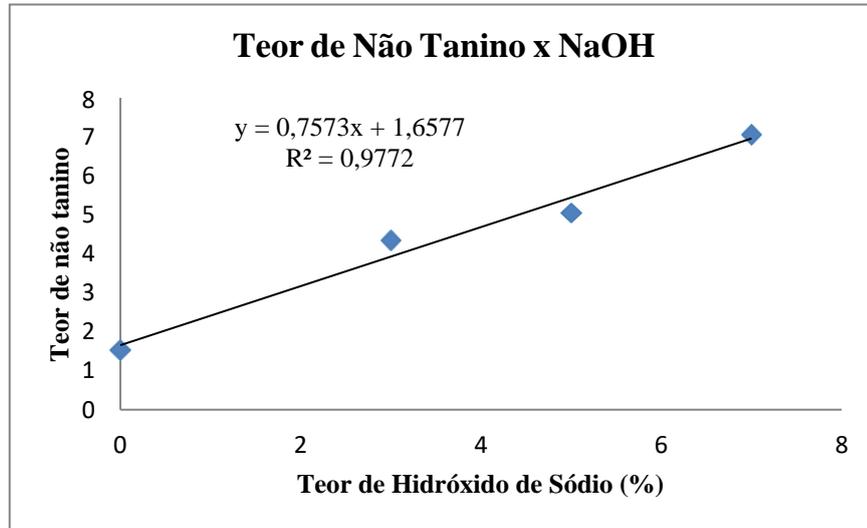


Fonte: MEDINA, 2021.

A relação entre os teores de hidróxido de sódio e o teor de compostos não tânicos pode ser visto na Figura 15. Nota-se uma relação positiva e linear, com um coeficiente de

determinação da equação de regressão de 0,9772.

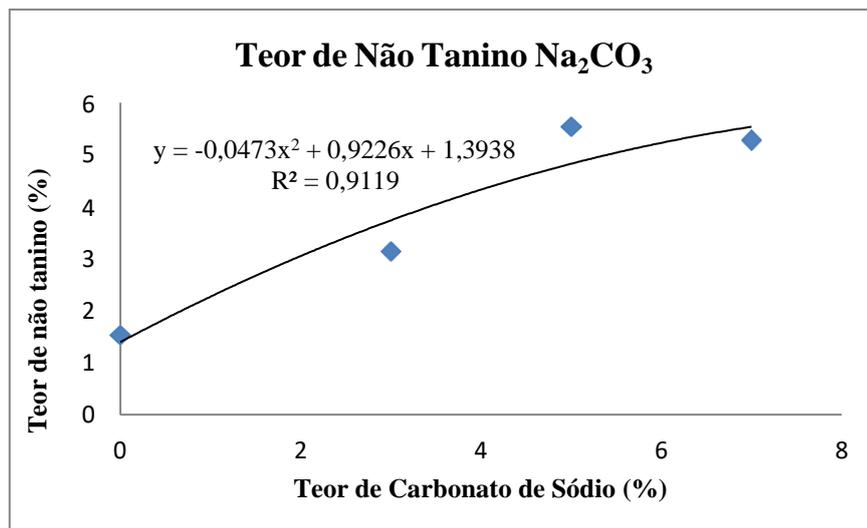
Figura 15- Teor de Não Tanino em função do Teor de Hidróxido de Sódio.



Fonte: MEDINA, 2021.

A relação entre os teores de carbonato de sódio e o teor de compostos não tânicos pode ser visto na Figura 16. Nota-se uma relação polinomial, com um coeficiente de determinação da equação de regressão de 0,9119.

Figura 16- Teor de Não Tanino em função do Teor do Carbonato de Sódio.



Fonte: MEDINA, 2021.

Em um trabalho realizado por Gonçalves e Lelis (2001), os autores puderam concluir que a maior quantidade de compostos não tânicos foi extraída com emprego do hidróxido de sódio e do sulfito de sódio e de acordo com os autores, isso se dá porque estes

tratamentos extraem outras substâncias fenólicas contidas nas cascas. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos neste trabalho.

Marchine (2015), ao analisar os teores de não taninos das cascas de Pinus, constatou que, a adição de sal acarretou em maiores teores de extrativos (14,06 a 20,55% para Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> e 17,60 a 20,56% para o Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) comparados à extração com água pura (4,04 a 4,97%). Ainda de acordo com Marchine (2015), em todos os tratamentos os teores obtidos com a adição de carbonato de sódio foram superiores aos valores obtidos com a adição do sulfito de sódio.

Para um melhor aproveitamento dos taninos na extração, é importante obter uma relação dos maiores teores de taninos e menores porcentagens de resíduos, ou seja, não taninos (MARCHINE, 2015). Os compostos não tânicos podem ser prejudiciais na produção dos adesivos, pois eles podem formar uma linha de cola mais fraca e também, adesivos com alta viscosidade, sendo estes fatores, empecilhos para se obter uma alta qualidade da colagem.

De acordo com Gonçalves e Lelis (2009), viscosidade acima de 1500 cP diminui a eficiência na colagem de painéis de madeira, prejudicando a capacidade de distribuição, umectação e adesão do adesivo, bem como o comprometimento da aplicabilidade feita por aspersores.

Carneiro *et al.* (2006), mostraram que a adição dos sais favorecem a solubilização dos polifenóis quando comparada com as extrações obtidas somente com água. Tahir *et al.* (2002) concluíram que a adição de sulfito de sódio no processo de extração de taninos em *Rhizophthora mucronata*, *Pinus radiata*, *Acacia* sp entre outras espécies aumentaram a reatividade dos polifenóis.

Carneiro *et al.* (2007) ao estudarem o efeito do sulfito de sódio na extração de taninos da casca de *Anadenanthera peregrina*, puderam notar uma tendência de redução do Índice de Stiasny com o aumento do sulfito de sódio. Para este trabalho foi possível notar esta tendência de redução com o emprego do hidróxido de sódio e de carbonato de sódio.

Carvalho *et al.* (2014) avaliaram adesivos à base de taninos de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e de *Acacia mearnsii* na fabricação de painéis aglomerados e constataram que a adição de sulfito de sódio proporcionou maior extração de taninos, sendo recomendável, de acordo com o trabalho, a extração com adição de 5% de sulfito de sódio.

Paes *et al.* (2013), ao empregar o sulfito de sódio e o hidróxido de sódio, para extração de taninos condensados de cascas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Gris.) Alts, em concentrações diferentes, constatou que a extração em água pura extraiu menos rendimento em sólidos que os demais extratores, e o extrato obteve um maior Índice de

Stiasny e um menor valor em substâncias não táticas, que todos os outros tratamentos. Estes resultados estão em conformidade com os resultados encontrados neste trabalho.

## 5 CONCLUSÕES

As soluções de bissulfito de sódio a 5 e 7% extraíram uma maior quantidade de sólidos que os demais tratamentos. O extrato obtido da água pura e do bissulfito de sódio a 7% apresentaram um maior valor do Índice de Stiasny. Os maiores valores de taninos condensados foram obtidos para o bissulfito de sódio a 5 e 7%. Os menores valores encontrados para os compostos não tânicos foram para a água pura e carbonato de sódio a 3%.

Diante destes resultados, para a produção de adesivos, é primordial se obter soluções que reajam melhor com formaldeído e ao mesmo tempo contenham menos compostos não tânicos. Portanto, os tratamentos que mais se adequaram a esta finalidade foram a água pura e o carbonato de sódio a 3%, bem como o bissulfito, tendo em vista a o seu alto rendimento em sólidos extraídos e o seu alto Índice de Stiasny.

## REFERÊNCIAS

- AZEVÊDO, T. K. B. *et al.* Teor de taninos condensados presentes na casca de Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora*) em função das fenofases. **Floresta e Ambiente**, 24, e00026613, 2017.
- BARAHONA, R. *et al.* Effect of condensed tannins from tropical legumes on the activity of fibrolytic enzymes from the rumen fungus *Neocallimastix hurleyensis*, **Enzyme and Microbial Technology**, v. 39 p. 281–288; 2006.
- BATE-SMITH, E.C. & SWAIN, T. 1962. Flavonoid compounds. **In Comparative biochemistry**. (H.S. Mason & A.M. Florin, eds.) v.3A. Academic Press, New York.
- BELAVSKI, E. O Curtume no Brasil. **Porto Alegre**: Editora Globo, 1965.
- BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia**. AS/Espanha: Ed. Acribia, 1991. 594p.
- CARNEIRO, A. C. O. **Efeito da hidrólise ácida e sulfitação de taninos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Andeanthera peregrina* Speg, nas propriedades dos adesivos**. 2006. 156 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- CARNEIRO, A. C. O *et al.* Efeito da hidrólise ácida dos taninos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden nas propriedades dos adesivos tânicos. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 733-739, 2009.
- CARNEIRO, A. C. O *et al.* Efeito do sulfito de sódio na extração de tanino da casca de *Anadenanthera peregrina*. **Floresta e Ambiente**. Viçosa. v.14, 65-69 p. 2007.
- CARNEIRO, A.C.O *et al.* Parâmetros cinéticos de adesivos produzidos a partir de taninos de *Anadenanthera peregrina* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.4, p.767-775, 2012.
- CARVALHO, A. G.; LELIS, C. R. C. C.; NASCIMENTO, A. M. Evaluation of adhesives based on tannins from *Pinus caribaea* var. bahamensis and *Acacia mearnsii* in the manufacture of particleboard. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 479-489, 2014.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.
- CASTEJON, F. V. **Taninos e saponinas**. Seminário apresentado junto à disciplina Seminários Aplicados do Programa de Pós-Graduação—Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.
- CLIFFORD, M. N.; SCALBERT, A. Ellagitannins – nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture** [online], v.80, p.1118–1125. 2000.
- FAO/ONU – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Disponível em <<http://www.fas.fao.org/> 2011>. Acesso em 18 de março de 2021.

FASSARELLA, M. **Extração E Avaliação De Taninos Em Cascas De Pinus Tratadas Termicamente**. 2018.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIORENTINI, V. **Uso do tanino no processo de tratamento de água como melhoria em sistema de gestão ambiental**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C. Propriedades de duas resinas sintéticas após adição de tanino modificado. **Floresta e Ambiente**, v.16, n.2, p. 01 – 07, 2009.

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R.C.C. Teores de taninos da casca e da madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, V.8, n. 1, p.167- 173, 2001.

GONÇALVES, F. G.; LELIS, R.C. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Influência da composição da resina tanino-ureia-formaldeído nas propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas. **Revista Árvore**. Viçosa. v. 32, 715-722 p. 2008.

GRAHAM, N. *et al.* Characterisation and coagulation performance of a tanninbased cationic polymer: a preliminary assessment. **Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 327, n. 1-3, p. 9-16, 2008.

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.

HASLAM, E. Vegetal tannins – Lessons of a phytochemical lifetime. **Phytochemistry**, v. 68, p. 2713-2721, 2007.

HELDT, H. **Plant Biochemistry and Molecular Biology**. University Press: Oxford, 1997.

HERGERT, H.L. Economic importance of flavonoid compounds; wood and bark. In: **The chemistry of flavonoid compounds**. New York: The Macmillan company, 1962, p. 553-595.

HILLIG, E; HASELEIN, C.R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia negra. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v.12, n.1, 59-70 p. 2002.

IBIO, Instituto Bioatlântica-Agb Doce. **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de São João Evangelista, Minas Gerais**. Dezembro, 2016.

JORGE, F. C. *et al.* Aplicações para as cascas de árvores e para os extractos taninosos: uma revisão. **Silva Lusitana**, 9(2), 225-236; 2001.

KOO, H.M.; SUHAILA, M. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. **J. Agric. Food Chemistry**. Chicago: v.49, n. 6, p. 3106-3112, 2001.

KÖPPEN, W. Klassifikation der climate nach temperature, niederschlag und jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Gothan, v. 64, p. 193-203, 1918.

LOGUERCIO, A. P. *et al.* Atividade antibacteriana de extrato hidro-alcoólico de folhas de jambolão (*Syzygium cumini* (L.) Skells). **Ciência Rural**, 35(2), 371-376; 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1998. 160 p.

MANGRICH, A. S. *et al.* Green chemistry in water treatment: Use of coagulant derived from *Acacia mearnsii* tannin extracts. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 1, p. 2-15, 2014.

MARCHINI, H. R. **Extração dos taninos da espécie *Pinus taeda* no município de Curitiba-SC e sua avaliação para aplicação industrial como adesivo modificado**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MELO, A. F. **Desenvolvimento preliminar de um biossensor enzimático para determinação de taninos hidrolisáveis**. Dissertação (Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MOLE, S. The systematic distribution of tannins in the leaves of angiosperms: a tool for ecological studies. **Biochem. Syst. Ecol.**, Oxford, V.21, n. 8, p. 833-846, 1993.

MONTEIRO, J. M. *et al.* Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892, 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. *et al.* Utilização de resinas à base de taninos das cascas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na produção de painéis compensados. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, V. 23, n.4, p.455-461, 1999.

NOZELLA, E. F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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

PAES, J. B. *et al.* Substâncias tânicas presentes em várias partes da árvore angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. var. cebil (Gris.) Alts.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87. p. 441-447, 2010.

PAES, J. B. *et al.* Taninos condensados da casca de angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. cebil) extraídos com soluções de hidróxido e sulfito de sódio. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 22-27, 2013.

PAIVA, S. R. D. *et al.* Taninos condensados de espécies de Plumbaginaceae. **Floresta e Ambiente**, 9(único), 153-157; 2012.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: Marcel Dekker, v. 39, n.1, p. 289. 1994.

PIZZI, A. Condensed Tannins for Adhesives. **Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development**, v. 21, n. 3, p. 359-369, 1983.

PIZZI, A., MITTAL, K.L. **Handbook of adhesive technology**. New York: Marcell Dekker, 1994. 680p.

PIZZI, A. Tanin-Based adhesives. In: PIZZI, A. (ed) **wood adhesives: Chemistry and technology**, New York, Marcel Dekker, 1993, p. 177-246.

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

REDA, M. F. **Extração de taninos da casca e da madeira de *Eucalyptus urophylla* com água e sob adição de diferentes produtos químicos**. 2002, 41f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica – RJ.

ROFFAEL, E.; DIX, B. Tannine als Bindemittel für Holzwerkstoffe. **Holz-Zentralblatt**, V. 120, n. 6, p. 90-93, 1994.

ROUX, D. G. *et al.* Elfranco. **Structure, stereochemistry and reactivity of natural condensed tannins as basis for their extended industrial application**. In: Timell, T. E. (Ed.). Proceedings of the Eighth Cellulose Conference. I. Wood Chemicals - A Future Challenge.ed. New York. John Wiley & Sons. 335-353 p. 1975.

SALUNKHE, D.K.; CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S. **Dietary tannins: Consequences and remedies**. Boca Raton: CRC Press, 1990. P.1-310.

SANTIAGO, S. B. **Taninos Da Casca De Eucalipto E Sua Eficiência Na Colagem De Madeira**. 2016.

SANTOS, S.C.; MELLO, J.C.P. de. Taninos. In: **Farmacognosia da planta ao medicamento**. Porto Alegre, Florianópolis: Editora Universidade/UFRGS, Editora da UFSC, 1999. p.517-544.

SARTORI, C. J. **Avaliação dos teores de compostos fenólicos nas cascas de *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho)**. 2012. 94p. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SARTORI, C. J; CASTRO, A. H. F; MORI, F. A. Teores de fenóis totais e taninos nas cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*). **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 394-400, 2014.

SILVA, B. C. et al. Qualidade de compensados fabricados com adesivos à base de tanino-formaldeído de *Pinus oocarpa* e fenol-formaldeído. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 511-519, 2012.

SILVEIRA, A. G. *et al.* Tannic extract potential as natural wood preservative of *Acacia mearnsii*. **Annals of the Brazilian Academy of Science**, v. 89, n. 4, p. 3031-3038, 2017.

SOUSA, T. *et al.* **Avaliação de adesivos à base de taninos de espécies florestais para aplicação em painéis MDP**. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. Florianópolis, 2017.

SOUSA, T. B. **Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento**. 2015. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira.

TAHIR, P. M.; MUSGRAVE, O. C.; ASHARI, Z. Determination of polyphenolic content of bark extracts for wood adhesives. **Holzforschung**, v. 56, n. 3, p. 267-272, 2002.

TEIXEIRA, B. M. R. *et al.* **Variabilidade radial e longitudinal de propriedades da madeira de Angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.)**. 2008.

TEODORO, A. S. **Utilização de adesivos à base de taninos na produção de painéis de madeira aglomerada e OSB**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2008.

VICKERY, M. L. E.; VICKERY, B.; **Secondary Plant Metabolism**, The Macmillan Press LTD: London, 1981.

VITAL, B. R. *et al.* Adesivos à base de taninos das cascas de duas espécies de eucalipto para produção de chapas de flocos. **Revista Árvore**, v.28, n.4, p.571-582, 2004.

WATERMAN, P. G.; MOLE, S. **Analysis of phenolic plant metabolites**. London: Blackwell Scientific Publications, 1994. 238p.