

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Angélica dos Santos Oliveira

POTENCIAL FENÓLICO DE COPRODUTOS DA INDÚSTRIA MADEIREIRA

São João Evangelista

2023

ANGÉLICA DOS SANTOS OLIVEIRA

POTENCIAL FENÓLICO DE COPRODUTOS DA INDÚSTRIA MADEIREIRA

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

2023

O48p Oliveira, Angélica dos Santos.
Potencial fenólico de coprodutos da indústria madeireira /
Angélica dos Santos Oliveira – 2023.

33f.

Orientador: Profa. Dra. Caroline Junqueira Sartori.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia
Florestal) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João
Evangelista, 2023.

1. Aproveitamento de resíduos. 2. Compostos bioativos. 3. Folin-
Denis. I. Oliveira, Angélica dos Santos. II. Instituto Federal de Minas
Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 674.8

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/MG-003372/P

Angélica dos Santos Oliveira

POTENCIAL FENÓLICO DE COPRODUTOS DA INDÚSTRIA MADEIREIRA

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.

Aprovado em: 20 /12 /2023 pela banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
CAROLINE JUNQUEIRA SARTORI
Data: 20/12/2023 15:06:31-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr^a. Caroline Junqueira Sartori- IFMG (Orientadora)



Documento assinado digitalmente
BRUNO OLIVEIRA LAFETA
Data: 20/12/2023 15:22:59-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Bruno Oliveira Lafetá



Documento assinado digitalmente
LARISSA NARA NASCIMENTO DE MIRANDA
Data: 20/12/2023 15:18:50-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Larissa Nara Nascimento de Miranda

Dedico este Trabalho aos meus pais, sem eles nada seria possível. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, força para seguir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades ao longo desse percurso, e por estar concluindo essa etapa na minha vida.

Agradeço aos meus pais Eurides e Roberto, e meu irmão André, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Mãe, obrigada por todas suas orações, pela ajuda financeira, e pelo incentivo todas vezes que precisei de colo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Pai, obrigada pelo apoio financeiro, e principalmente por sua ajuda direta na realização desse trabalho, me acompanhando na coleta das amostras e por me ensinar um pouco de tudo que aprendeu sobre madeira ao longo desses anos em sua profissão de carpinteiro.

Agradeço ao meu noivo Jonathan, por todo amor, carinho e cuidado, por compartilhar os inúmeros momentos de ansiedade e estresse, por todas as vezes que me ouviu e me fez sentir melhor, me dando força e apoio para continuar.

Um agradecimento muito especial, a minha orientadora Caroline Sartori, por toda ajuda e incentivo, por não ter desistido de mim e ser tão prestativa. Você é um ser humano incrível Carol, obrigada por ter tornado esse trabalho possível.

Agradeço aos meus colegas da EFL 161 pela parceria durante o percurso, minhas companheiras de república e de carona, e em especial, minha amiga Júlia por ter percorrido toda essa trajetória comigo, compartilhando perrengues e conquistas, e por ter me apoiado e ajudado na conclusão desse trabalho.

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

RESUMO

O setor florestal gera diariamente grandes quantidades de resíduos nas diferentes etapas do processamento da madeira. Estes resíduos de biomassa madeireira, possuem em sua composição compostos químicos minoritários, os quais possuem potencial para serem utilizados no setor farmacêutico, alimentício, de cosméticos, entre outros. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi a quantificação de fenóis totais em resíduos de uma madeireira. Foram obtidos resíduos de madeira em forma de maravalhas de *Eucalyptus cloeziana*, *Pinus* sp., *Maniukara* sp. (Parajú) e *Parkia* sp. (Faveiro), em uma madeireira localizada no município de Guanhães-MG. Após a coleta, as amostras foram levadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, *campus* São João Evangelista, onde ficaram armazenadas no interior do laboratório em condições protegidas de umidade e radiação solar. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de facas do tipo Wiley e peneirados com peneiras granulométricas de 40 e 60 mesh, para a determinação da umidade em base seca. Para a extração foram utilizados o equivalente a 600 mg de resíduos moídos em 30 mL de etanol 50% (v/v) em maceração a frio e agitação durante 4 horas. A curva de calibração foi preparada a partir das medidas de absorvância de solução padrão de ácido tânico. Os teores médios de fenóis totais nos resíduos de madeira foram comparados entre as espécies pelo teste Tukey a 5% de significância, com o emprego do *software* SISVAR. O resíduo madeireiro com maior potencial para extração de compostos fenólicos foi do Faveiro com 4,05% de fenóis totais, seguido pelo Parajú com 2,20%, Eucalipto com 1,78% e Pinus com 0,37%.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos. Compostos bioativos. Folin-Denis.

ABSTRACT

The forestry sector generates large amounts of waste on a daily basis in the different stages of wood processing. These wood biomass residues have minor chemical compounds in their composition, which have the potential to be used in the pharmaceutical, food and cosmetic sectors, among others. Therefore, the objective of this work was the quantification of phenolic compounds in waste from a timber company. Waste wood from *Eucalyptus cloeziana*, *Pinus* sp., *Maniukara* sp. (Parajú) and *Parkia* sp. (Faveiro), in a logging company located in the municipality of Guanhães-MG. After collection, the samples were taken to the Wood Technology Laboratory of the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Minas Gerais, São João Evangelista campus, where they were stored in the laboratory under protected conditions of humidity and solar radiation. Subsequently, the samples were ground in a Wiley-type knife mill and sieved with 40 and 60 mesh sieves for determining dry basis moisture. For extraction, the equivalent of 600 mg of ground residues in 30 mL of 50% ethanol (v/v) was used, employing cold maceration and agitation for 4 hours. The calibration curve was prepared from absorbance measurements of a standard tannic acid solution. The average levels of total phenols in wood residues were compared among species using the Tukey test at a 5% significance level, with the use of the SISVAR software. The wood residue with the highest potential for phenolic compound extraction was Faveiro with 4.05% total phenols, followed by Parajú with 2.20%, Eucalyptus with 1.78%, and Pinus with 0,37%.

Keywords: Use of waste. Bioactive compounds. Folin-Denis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 <i>Eucalyptus cloeziana</i>	11
2.2 <i>Manilkara huberi</i> (Paraju).....	12
2.3 <i>Parkia sp.</i> (Faveira).....	12
2.4 <i>Pinus sp.</i>	13
2.5 Resíduos do setor florestal	14
2.6 Compostos fenólicos	15
2.6.1 Ácidos fenólicos.....	16
2.6.2 Cumarinas	17
2.6.3 Flavonóides	18
2.6.4 Taninos.....	18
2.7 Utilização dos compostos fenólicos	19
3 METODOLOGIA	20
3.1 Coleta e preparo do material	20
3.2 Doseamento de fenóis totais por método colorimétrico.....	21
3.2.1 Preparo dos extratos	21
3.2.2 Quantificação de Fenóis totais pelo método de Folin-Denins.....	21
3.3 Análise estatística.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da conscientização ambiental tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis na gestão de resíduos, principalmente em setores industriais, nos quais a produção e descarte de materiais desafiam a preservação do meio ambiente. Nesse contexto, a madeireira, sendo uma indústria essencial, enfrenta o desafio de manejar seus resíduos de maneira ecologicamente responsável (BRAZ; NUTTO; BRUNSMEIER; BECKER; SILVA, 2014).

Os resíduos de madeira são gerados, basicamente em seu total, na indústria madeireira e também na construção civil, sendo uma matéria-prima promissora de biomassa para a produção de energia renovável. Na indústria madeireira, esses resíduos surgem em quantidades consideráveis, sendo eles cascas, cepilhos, e também serragem, que vão desde o início do transporte das toras, até o produto finalmente concluído. De acordo com Amorim *et al.* (2021), atualmente, no Brasil, são produzidos cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira, sendo que a indústria madeireira é responsável por 91% desse montante.

A maior parte dos resíduos da indústria madeireira vem do processo inicial de produção, embora a proporção desses resíduos varie de acordo com diversos fatores, como o tipo de processo utilizado, as máquinas empregadas e as características físicas e anatômicas das toras. Normalmente, as perdas no processo de resserra e desdobro de madeira proveniente de reflorestamento ficam entre 20% e 40% do volume das toras processadas (CERQUEIRA *et al.*, 2012).

O material resultante da atividade da indústria madeireira representa um risco para o meio ambiente quando descartado de maneira imprópria. Visto isso, a utilização dos resíduos de madeira tem contribuído para o uso mais consciente dos recursos florestais, trazendo uma nova opção socioeconômica para as empresas e ajudando no gerenciamento ambiental dos resíduos industriais sólidos (AMORIM *et al.*, 2021).

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, originados do metabolismo secundário das plantas, sendo assim essencial para seu crescimento e reprodução (Sartori, 2012). A utilização desses compostos em diversas áreas como adesivos, curtimento de couro, farmácia e tratamento de água vem sendo cada vez mais forte, levando a necessidade de novos estudos na área tanto em relação ao seu potencial quanto à substância, quanto em relação às possíveis espécies produtoras.

No momento atual, os compostos fenólicos estão presentes em nossas vidas como parte daquilo que ingerimos diariamente. Eles estão associados a melhorias na saúde, promovendo a redução do peso corporal, a diminuição dos níveis de açúcar no sangue e ainda fornecendo ação antioxidante - sendo este último o benefício mais procurado nos derivados dos compostos fenólicos (VEGGI, 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar o rendimento em compostos fenólicos em resíduos de madeiras das espécies *Eucalyptus cloeziana* (*Sucupira*), *Manilkara huberi* (Paraju), *Parkia* sp. (Faveira) e *Pinus* sp., em uma madeireira localizada na cidade de Guanhães – MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Eucalyptus cloeziana*

A espécie *E. Cloeziana*, de origem Australiana (LORENZI, et al., 2003), possui características interessantes da madeira para aplicação em diferentes setores. A fabricação de postes para eletrificação rural tem atraído investidores florestais, sendo uma das espécies mais recomendadas no Brasil. Ela produz madeira de qualidade para peças serradas devido às excelentes características físico-mecânicas de sua madeira, sendo popularmente conhecida como eucalipto sucupira. Além disso, é uma espécie indicada para construção civil e outros produtos de madeira tratada (FLORES et al., 2016). Também pode ser utilizada para fins energéticos, no entanto, é importante destacar que não tem sido usada na produção de carvão vegetal devido à sua baixa granulometria, que cria dificuldades técnicas no processo de transformação de minério de ferro em aço. (REIS et al., 2017)

Segundo Oliveira (2014), o *E. cloeziana* é uma árvore perene podendo atingir até 55 m de altura e 1,5 m de diâmetro. Essa espécie possui madeira de tonalidade castanha-âmbar, ligeiramente pesada, altamente estável em termos de dimensão, tem permeabilidade moderada, destacando-se por sua alta resistência natural. Devido a essas características, é considerada uma excelente opção para reflorestamento, sendo conhecida por ter bom crescimento e o tronco mais reto (MOURA, 2003; BERTOLA, 2004).

O plantio dessa espécie tem como principais finalidades o uso em serrarias, postes, escoras, estruturas, dormentes, caixotaria, mourões, lenha e carvão (FERREIRA, 1979). Seu fuste apresenta forma retilínea, fazendo com que sua madeira seja amplamente

utilizada em telhados com estrutura aparente, graças à sua beleza. Além disso, também é usada na produção de caibros, vigas e tesouras (REIS *et al.*, 2017, p.15).

2.2 *Manilkara huberi* (Paraju)

A *Manilkara huberi* Chevalier é uma espécie arbórea, vulgarmente conhecida como “maçaranduba” ou “paraju”, pertencente à família Sapotaceae. A espécie é representada por árvores de grande porte, fuste longo e retilíneo, com alturas que variam de 30m a 40m, podendo atingir até 50m (LOUREIRO, 1979).

Dentre as espécies do gênero, *Manilkara huberi* é a mais conhecida e com a maior distribuição na Amazônia. Embora seja facilmente reconhecida devido suas folhas grandes e amarelas na face abaxial, ela pode ser confundida com outras espécies do gênero devido à similaridade dos seus troncos. *Manilkara huberi* é a espécie do gênero mais valorizada devido sua madeira, que é muito pesada, dura e resistente. Esta é utilizada principalmente na construção externa, dormentes, pisos industriais, etc (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2021).

A madeira de *Manilkara huberi*, geralmente, tem uma densidade a 12% de umidade em torno de 1.000 kg/m³ (SOUZA *et al.*, 2002). Suas principais formas de utilização são na construção civil e naval, cais para embarcações, torneados, chapas, instrumentos musicais, soalhos, carrocerias para caminhões (SOUZA *et al.*, 2002). Além disso pode ser utilizada em cercas, implementos agrícolas, tacos para assoalhos, calçamentos de ruas, dormentes, vigamentos, esteios, mourões, cavacos para cobrir casas e postes (Loureiro *et al.*, 1979)

2.3 *Parkia sp.* (Faveira)

A *Parkia platycephala*, conhecida popularmente como faveira, faveira-de-bolota, fava-de-bolota, visgueiro, fava-de-boi e sabiú, entre outros, ocorre na Região Nordeste do país, transição do Cerrado ou da mata Atlântica para a Caatinga, em regiões de até 900 m de altitude e também nas campinas da região Amazônica (LORENZI, 2002). É uma espécie heliófila, sua madeira é de cor esbranquiçada, apresentando uma textura que varia de média a grossa; a grã é revessa, de média resistência mecânica e pouco durável. Não tolera temperaturas baixas, sendo considerada de boa qualidade para produção de energia, especialmente carvão e lenha (PAULA, 2005).

Lorenzi (2002), enfatizou que a espécie apresenta grande potencial paisagístico, forrageiro, cujas vagens maduras constituem excelente fonte de suplementação alimentar para todos os ruminantes, além de a sua madeira pode ser utilizada para caixotaria, tabuados para divisões internas em pequenas construções, forros, confecção de brinquedos..

Segundo Paula (2005), em relação ao paisagismo, a *Parkia platycephala* é considerada uma espécie recomendada para arborização, apresentando também plantio com finalidade ambiental, sendo de extrema importância na recuperação de áreas degradadas, de preservação permanente, principalmente por seu crescimento rápido.

2.4 *Pinus* sp.

O gênero *Pinus*, que pertence à família Pinaceae, abrange mais de 100 espécies e possui grande relevância econômica. É amplamente utilizado em processos de reflorestamento, para fins ornamentais e nas indústrias de calçados, embalagens, chapas e laminados, bem como na produção de materiais escolares como lápis e papéis. Além disso, a indústria farmacêutica aproveita a resina do *Pinus* para extrair seu óleo essencial (EMBRAPA, 2011; ESALQ, 2017).

De acordo com Aguiar (2014), a madeira dessa árvore é bastante utilizada pela indústria madeireira, de serraria, laminados, chapas, resina, celulose e papel. As variedades de pinheiro são cultivadas em vários países e apreciadas por possuírem madeira de tonalidade clara, variando de branco a amarelado; madeira de fibras longas, adequada para a produção de papel de alta resistência para embalagens, papel de imprensa e outras aplicações; capacidade de extrair resina em escala comercial em algumas variedades; resistência e tolerância, permitindo o plantio em solos não adequados para a agricultura e, assim, agregando valor ao agronegócio com a produção adicional de madeira, formação de cobertura protetora do solo e recomposição do ambiente para facilitar o crescimento espontâneo da vegetação nativa em áreas degradadas; valor ornamental para arborização e paisagismo.

No Brasil, a implantação do *Pinus* sp. para fins comerciais teve início por volta de 1960, principalmente nas regiões sul e sudeste. Atualmente, 30% das plantações destinadas à produção de papel e celulose são compostas pelo gênero *Pinus*, o que tem uma importância crucial, pois demonstra uma redução na exploração do pinheiro brasileiro, contribuindo para a preservação das florestas nativas dessa espécie (EMBRAPA, 2017).

Aguiar (2014), enfatiza que nas décadas de 1970 e 1980, as plantações desse tipo de árvore foram as principais fontes de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria florestal, abastecendo um mercado bastante diversificado. Além disso, o estabelecimento e manejo de florestas plantadas de pinus têm possibilitado o fornecimento de madeira que, anteriormente, era extraída do pinheiro brasileiro. Assim, a cultura do pinus se consolidou como uma importante aliada dos ecossistemas florestais nativos, já que tem suprido uma parcela cada vez maior da demanda atual de madeira e contribuindo para a redução do desmatamento de florestas naturais.

2.5 Resíduos do setor florestal

A Portaria Normativa 302/84 do IBAMA denomina os resíduos florestais como as sobras de material resultante da alteração sofrida pela matéria-prima florestal quando submetida à ação exterior a partir de processos mecânicos, físicos e/ou químicos. As indústrias de base florestal apresentam baixo rendimento e geram grande quantidade de resíduos no processo produtivo, principalmente as indústrias de transformação primária (Brand *et al.* 2002).

De acordo com os pesquisadores Baggio e Carpanezzi (1995), o conhecimento da quantidade e da qualidade dos resíduos florestais permite avaliar o potencial de aproveitamento das mesmas. Segundo estudos de Valério *et al.* (2007) para os resíduos do processamento de madeira em serrarias existe a possibilidade de uma melhor forma utilização da matéria-prima madeireira por meio da utilização de melhores técnicas, equipamentos e processos.

O processo de produção da madeira serrada gera um volume significativo de resíduos e sobras provenientes da transformação das toras pelas serras de desdobro que, somado aos galhos, troncos e raízes que ficam na floresta, indica um volume significativamente superior ao produto madeireiro obtido. Do ponto de vista econômico e ambiental, se justificariam programas envolvendo incentivos e facilidades para a instalação de linhas de aproveitamento dessas sobras e resíduos, desde a geração de energia a partir dessa biomassa até à obtenção de produtos com maior agregação de valor. O volume de resíduos gerados a partir do processamento de toras de madeira pode ser expresso como a diferença entre o volume de madeira em toras que entra na serraria e o volume de madeira serrada produzida. A maior quantidade de resíduos é gerada quando do desdobro das toras, estimada em 50% do volume total processado (JARA, 1987).

A possibilidade de utilização de sobras e resíduos de madeira na fabricação de painéis e chapas de madeira reconstituída serve para aumentar a sustentabilidade na utilização das florestas, especialmente das plantadas, servindo como insumo na produção madeireira (FAGUNDES, 2003). Assim, o maior aproveitamento no processo produtivo, quando empregado o uso múltiplo dos recursos naturais, garante a redução de custos da matéria-prima, agregando-se valores aos multiprodutos gerados pela utilização alternativa dos resíduos, além de que, dessa forma, a parte ambiental também é significativamente contemplada, pois, segundo Yuba (2001), algumas das soluções adotadas entre as serrarias que não têm consumidores para os resíduos produzidos é a queima e a deposição irregular, que resultam em poluição do ar, solo e água, pelo desequilíbrio gerado.

Se conhece como resíduo no setor florestal tudo aquilo que sobra de um processo de exploração florestal ou produção madeireira. Fontes (1994) e o já extinto IBDF/DPq - LPF (1998), retrata que os resíduos de madeira podem ser classificados em três diferentes tipos, sendo eles a serragem, que é um resíduo originado da operação de serras, encontrado em todos os tipos de indústria, à exceção das laminadoras, o cepilho, que também é conhecido por maravalha, que é o resíduo gerado pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadora (indústrias que adquirem a madeira já transformada e a processam em componentes para móveis, esquadrias, pisos, forros, etc.) e a lenha, que é um resíduo de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas, refilos, resíduos de topo de tora, restos de lâminas.

2.6 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são definidos quimicamente como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais, sendo assim, apresentam diversas estruturas multifuncionais (SHAHIDI; NACZK, 1995).

Também conhecidos como polifenóis, os compostos fenólicos estão distribuídos de forma ampla na natureza e constituem uma grande parte das plantas, apresentando importância fisiológica. Devido à sua ampla propriedade fisiológica, possuem características antialérgicas, anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes, entre outras (VEGGI, 2013). Esses compostos possuem duas rotas biogénicas, sendo sintetizados através da via do ácido chiquímico a partir de carboidratos ou pela via do mevalonato utilizando Acetil-CoA e malonil-CoA. Nas plantas, cerca de 60% dos compostos fenólicos

provêm da via do ácido chiquímico e 40% são derivados da via do mevalonato (DEWICK, 2002).

São produzidos pelas plantas como parte de seu metabolismo secundário e se formam em condições de estresse, como infecções, ferimentos e exposição a raios UV, entre outros. Esses compostos são encontrados em grande quantidade nas plantas e constituem um grupo muito diversificado de substâncias químicas derivadas de fenilalanina e tirosina. Eles desempenham um papel essencial no crescimento e na reprodução das plantas, contribuem para a pigmentação e atuam como agentes antimicrobianos, pois estão diretamente envolvidos na defesa das plantas e possuem atividade biológica contra herbívoros e micro-organismos. Além disso, podem ser utilizados como inseticidas e fungicidas. Nos alimentos, os compostos fenólicos são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade antioxidante (NACZK; SHAHIDI, 2004).

De acordo com Soares (2002), alguns compostos fenólicos podem ser encontrados na natureza em sua forma livre ou ligados a açúcares e proteínas. Eles podem ser classificados em três grupos: pouco distribuídos, amplamente distribuídos e polímeros. Os compostos pouco distribuídos incluem fenóis simples como a hidroquinona e a pirocatecol, além de aldeídos derivados do ácido benzóico que compõem os óleos essenciais. Os compostos amplamente distribuídos podem ser divididos em dois grupos: os flavonóides e seus derivados, e os ácidos fenólicos (como o ácido benzóico e o cinâmico) e cumarinas. Já os compostos que não se apresentam na forma livre, mas sim na forma de polímeros, incluem os taninos e as ligninas .

Dentre os compostos fenólicos, os ácidos fenólicos, cumarinas, flavonóides e taninos se destacam como grupos principais (HURTADO FERNÁNDEZ et al., 2010).

2.6.1 Ácidos fenólicos

Os compostos fenólicos englobam os ácidos fenólicos, os quais possuem uma estrutura molecular composta por um anel benzênico, um grupo carboxílico e um ou mais grupos hidroxila e/ou metoxila. Essas características conferem propriedades antioxidantes tanto para os alimentos como para o organismo, tornando-os indicados para o tratamento e prevenção de doenças como câncer e doenças cardiovasculares, conforme indicado por Kerry & Abbey (1997), Bravo (1998), Croft (1998) e Ferguson & Harris (1999).

Soares (2002), diz que além de ocorrerem em sua forma natural, os ácidos fenólicos têm a capacidade de se ligar uns aos outros ou a outros compostos. Uma das combinações mais relevantes desses ácidos é com o ácido cafeico, que, ao se associar a um álcool-ácido cíclico chamado ácido quínico, produz o ácido clorogênico.

Os ácidos fenólicos podem ser divididos em dois grupos: aqueles derivados do ácido hidroxibenzóico e aqueles derivados do ácido hidroxicinâmico. Os ácidos hidroxibenzóicos, como os ácidos gálico, p-hidroxibenzóico, protocatecuico, vanílico e siríngico, possuem uma estrutura comum de C₆-C₁ 26. Por outro lado, os ácidos hidroxicinâmicos são compostos aromáticos com uma cadeia lateral de três carbonos (C₆-C₃), como os ácidos caféico, ferúlico, p-cumárico e sináptico, que são os mais encontrados (BRAVO, 1998).

2.6.2 Cumarinas

A pesquisa sobre cumarinas começou há mais de dois séculos, sendo que o nome desse extenso grupo químico se originou da planta *Coumarouna odorata*, ou *Dipteryx odorata*, da qual foram primeiramente isoladas em 1820 por Vogel (Borges et al., 2005; Boisde e Meuly, 2007).

Os compostos cumarínicos são metabólitos secundários encontrados em diversas plantas, bactérias e fungos. Antigamente, eles eram considerados apenas produtos excretados pelas plantas, porém agora sabemos que os metabólitos secundários têm funções diretas no sistema de regulação e manutenção das plantas. Quanto às cumarinas, ainda não se sabe completamente a função delas como metabólitos secundários, porém, supõe-se que desempenhem papéis importantes como reguladores de crescimento e agentes bacteriostáticos e fungistáticos nas plantas (Venugopala *et al.*, 2013).

De acordo com Radunz *et al.*, (2012), atualmente, já existem aproximadamente 1300 cumarinas identificadas provenientes de fontes naturais, como vegetais, fungos e bactérias. Elas são encontradas em cerca de 150 espécies, distribuídas em aproximadamente 30 famílias diferentes de plantas superiores, como Asteraceae, Fabaceae, Oleaceae, Moraceae, Thymeleaceae e Apiaceae. Entre essas famílias, as mais abundantes em compostos cumarínicos são Rutaceae e Umbelliferae. Esse metabólito secundário está presente em todas as partes da planta, porém sua maior concentração ocorre nas frutas, seguidas das raízes, caules e folhas. É encontrado em quantidades elevadas em certos óleos

essenciais, como lavanda e canela, além da casca e das folhas de cássia. Mirtilo, amora, chicória, chá verde, entre outros alimentos, apresentam elevadas concentrações de cumarinas (ASIF, 2015).

2.6.3 Flavonóides

Os Flavonóides, quimicamente falando, são compostos tricíclicos possuindo dois anéis aromáticos, contém em suas estruturas o esqueleto de carbono C₆C₃C₆ e seus polímeros são denominados taninos condensados. Representam o grupo mais estudado de substâncias fenólicas presentes nos extratos tânicos, isso segundo Lewis e Lanzty é devido a sua estrutura relativamente simples. Os flavonoides estão presentes nas cascas, folhas, frutos e madeira de quase todas as famílias de plantas registradas. (YAZAKI; AUNG, 1988).

São um conjunto de metabólitos essenciais para diversas funções relacionadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Essas funções incluem participação na polinização, atração de agentes polinizadores, absorção de nutrientes minerais de folhas envelhecidas e disseminação de sementes. Além disso, desempenham um papel importante ao oferecer vantagens competitivas para o crescimento em condições adversas, aumentando a tolerância a fatores ambientais e proporcionando defesa contra patógenos e herbívoros. Dada a sua relevância, essa classe de compostos fenólicos está presente em todas as espécies do reino vegetal (ANDERSEN; MARHAM, 2006).

Os compostos provenientes dos flavonoides são substâncias relevantes empregadas para tingir couro, fabricar chocolate e desempenham um papel significativo na alimentação, fornecendo sabor e nutrientes em frutas e vegetais. Na indústria farmacêutica, eles são utilizados por suas propriedades anticarcinogênicas, anti-inflamatórias, antialérgicas, antiulcerogênicas e antivirais (ZUANAZZI, 2007). Em bebidas, os flavonoides estão presentes principalmente em vinhos tintos, chás e, em quantidades menores, em cervejas (PIETTA, 2000).

2.6.4 Taninos

Os Taninos são materiais poli-fenólicos complexos, responsáveis pela defesa contra microorganismos patogênicos. Ocorrem em algumas madeiras, mas é restrita às

espécies que apresentam quantidade suficiente para serem economicamente exploradas. Têm maior produção em plantas lenhosas do grupo das Angiospermas e (com menor frequência) das Gimnospermas (AQUINO 2001).

Segundo Pelegrino (2011), os taninos são compostos orgânicos vegetais, provenientes do metabolismo secundário das plantas e constituídos por substâncias fenólicas, polifenóis simples, carboidratos e aminoácidos. De acordo com Hermenegildo (2016), eles estão presentes em uma ampla variedade de vegetais, como raízes, cascas, folhas, frutos e sementes. Desempenham a função de fago-inibidores, protegendo as plantas e frutos dos herbívoros, além de agirem como agentes antimicrobianos. A concentração desses compostos nos vegetais pode variar de acordo com as condições climáticas e geográficas.

Este tipo de composto tem por característica ser solúvel em água, com exceção os compostos que têm um peso molecular elevado, tem a habilidade de se ligar às proteínas, combinar-se com celulose e a pectina e assim formar complexos insolúveis. Os taninos são divididos em condensáveis e hidrolisáveis. (Battestin, Matsuda, Macedo, 2004).

2.7 Utilização dos compostos fenólicos

A presença dos compostos fenólicos em plantas tem sido muito estudada por estes apresentarem atividades farmacológica e antinutricional e também por inibirem a oxidação lipídica e a proliferação de fungos (SOARES 2002). O interesse pelos compostos fenólicos têm vindo a aumentar nas últimas décadas, devido aos efeitos benéficos na prevenção ou redução da incidência de várias doenças.

Os fenóis estão presentes em desinfetantes, antissépticos bucais e hospitalares, na fabricação de medicamentos, plásticos explosivos, corantes, entre outras aplicações. Em relação ao uso dos compostos fenólicos na produção de adesivos sintéticos, VITAL E PIMENTA (1991) diz que em função da alta resistência à ação da umidade, os resóis fenólicos são os mais adequados para a colagem de produtos de madeira para uso exterior, principalmente compensados e chapas de aglomerado.

O fenol pode ser utilizado na fabricação de corantes, na preparação de resinas, na produção de fenolftaleína, da aspirina, do ácido pícrico que é um composto usado em pomadas para queimaduras, em detonadores de explosivos.

Em relação a aplicação de antioxidantes na indústria alimentar, existem algumas propriedades que têm de ser consideradas: eficácia a baixas concentrações (abaixo de 0,02% w/w); ausência de efeitos indesejáveis nas características sensoriais (e.g. cor, odor e sabor) e noutras características do alimento (e.g. textura e viscosidade); compatibilidade com o alimento e fácil aplicação; estabilidade nas condições de fabrico e armazenamento (especialmente sob temperaturas elevadas), e os compostos dos seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos (FERREIRA 2015).

Já os taninos, na sua exploração podem ser utilizados como fontes fenólicas naturais, na elaboração de adesivos. Os adesivos de taninos apresentam um enorme potencial para substituir parcial ou completamente a uréia-formaldeído em painéis MDP (Medium Density Particleboard), sendo a utilização em formulações de adesivos a segunda aplicação industrial mais importante para os taninos vegetais. (SOUSA *et al.*, 2017; JORGE, 2001).

3 METODOLOGIA

3.1 Coleta e preparo do material

Os resíduos das espécies de Cloeziana, Pinus, Paraju e Faveira foram adquiridos em uma madeireira situada na cidade de Guanhões, onde as amostras foram obtidas sob a forma de lâminas de madeira (serragem).

Após a coleta, as amostras foram levadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, *campus* São João Evangelista, onde ficaram armazenadas no interior do laboratório em condições protegidas de umidade e radiação solar. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de facas do tipo Wiley e peneirados com peneiras granulométricas de 40 e 60 mesh, onde os materiais utilizados foram os que ficaram retidos na peneira de 60 mesh. Em seguida, foram determinadas as umidades das amostras em base seca, pelo método gravimétrico, em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, conforme a equação 1:

$$U_{bs} = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100$$

Onde:

U_{bs} = é o teor de umidade na base seca;

M_u = Massa úmida (g);

M_s = Massa seca (g).

3.2 Doseamento de fenóis totais por método colorimétrico

O protocolo seguido para a extração e quantificação de fenóis por Folin Denis está descrito a seguir.

3.2.1 Preparo dos extratos

No preparo dos extratos foram utilizados o equivalente a 600 mg de resíduos moídos, 30 mL de etanol 50% (v/v) em maceração a frio e agitação durante 4 horas sem interrupção seguindo a metodologia descrita por Castro *et al.*, (2009). Foram realizados um extrato em cada espécie, totalizando 4 extrações.

3.2.2 Quantificação de Fenóis totais pelo método de Folin-Denins

A curva de calibração foi preparada a partir das medidas de absorvância de solução padrão de ácido tânico (100mg/1000ml), Sigma-Aldrich, em alíquotas de em alíquotas de 20; 40; 80; 120; 160; 200 e 240 μ L em tubos de ensaio. Nesses volumes foi inserida água destilada em quantidade decrescente 1,7 para o branco e 1,68; 1,66; 1,62; 1,58; 1,54; 1,5; 1,46; mL respectivamente, para os tubos de ensaio, 100 μ L da solução de Folin-Denis, 200 μ L da solução de carbonato de sódio saturado (Na_2CO_3). Para que a reação ocorresse, as soluções foram deixadas por 30 minutos no escuro. Posteriormente as leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV/VIS IL 593 em 760 nm. As amostras foram processadas em triplicata.

De posse dos dados de concentração da solução padrão e absorvância foi gerada equação de regressão e seu respectivo coeficiente de determinação.

3.3 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicatas e os resultados de fenóis totais dos resíduos madeiros foram avaliados estatisticamente. As médias foram comparadas entre as espécies pelo teste Tukey a 5% de significância, com o emprego do software SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de fenóis totais presentes em resíduos de Pinus, Eucalipto, Parajú e Faveiro, e os respectivos desvios padrão estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Teores de fenóis totais em resíduos de Pinus, Eucalipto, Parajú e Faveiro

	Média	Desvio padrão
Pinus	0,37 a	0,04
Eucalipto	1,78 b	0,14
Parajú	2,20 b	0,09
Faveiro	4,05 c	0,61

Letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

Conforme Tabela 1, verifica-se que os menores teores de fenóis totais foram verificados nos resíduos de Pinus, que foi de 0,37%, seguidos dos resíduos de Eucalipto com 1,78%, resíduos de Parajú, com 2,20% e resíduos de Faveiro, com 4,05%.

Infante *et al.*, 2013 analisaram os teores de compostos fenólicos em resíduos agroindustriais de abacaxi (casca e bagaço da polpa), maracujá (casca e semente), caju (bagaço da polpa) e manga (bagaço da polpa), utilizadas para fins industriais. A extração foi realizada em etanol a 80% (v/v) e a quantificação foi feita por Folin-Ciocalteu, em equivalente de ácido gálico (AGE). Com relação aos compostos fenólicos, observou-se que o extrato de resíduo de caju apresentou o maior teor ($10,67 \pm 0,10$ AGE $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ - 0,011%), seguido dos extratos de manga ($4,50 \pm 0,26$ AGE $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ - 0,005%), maracujá ($3,43 \pm 0,24$ AGE $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ - 0,003% e abacaxi ($2,40 \pm 0,06$ AGE $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ - 0,002%).

Sousa *et al.*, 2011, analisaram os teores de compostos fenólicos por Folin-Ciocalteu, em resíduos de polpas de frutas tropicais, bem como analisaram sua ação antioxidante. Neste estudo, os autores verificaram que maiores rendimentos em compostos fenólicos foram verificados em resíduos da polpa de acerola, com $247,62 \pm 2,08$

AGEmg.100 g⁻¹ (0,25%) de fenólicos totais para o extrato aquoso e $279,99 \pm 3,5$ mg AGE.100g⁻¹ (0,28%) para o extrato hidroalcoólico a 19% (v/v). E os menores rendimentos foram verificados nos resíduos de Cupuaçu, com Cupuaçu $4,66 \pm 0,40$ mg AGE.100g⁻¹ (0,005%) de fenólicos totais para o extrato aquoso e $7,38 \pm 0,50$ AGEmg.100 g⁻¹ (0,007%) para o extrato hidroalcoólico a 19% (v/v) respectivamente.

Alves *et al.*, 2013 analisaram os teores de fenóis totais por Folin-Ciocalteu em extratos metanólicos a 70% (v/v) de resíduos de gabioba apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos (1.787,65 mg AGE.100g⁻¹, o que corresponde 1,79%).

Melo *et al.*, 2011, avaliaram os teores de compostos fenólicos em resíduos de uva tinta isabel (*Vitis labrusca*), uva branca Verdejo (*Vitis vinifera*) e goiaba (*Psidium guajava*). As extrações foram realizadas em etanol a 80% (v/v) e em água, e a quantificação pelo método de Folin-Ciocalteu. Os resultados dos teores de compostos fenólicos totais verificados para os resíduos foram, respectivamente: bagaço de uva branca Verdejo ($20,94 \pm 0,46$ mg AGE.100g⁻¹ - 0,02% e $8,03 \pm 0,43$ mg AGE.100g⁻¹ - 0,008%) > Uva tinta Isabel ($16,57 \pm 0,19$ mg AGE.100g⁻¹ - 0,017%; $4,41 \pm 0,01$ mg AGE.100g⁻¹ - 0,004%) > Bagaço de goiaba ($3,41 \pm 0,09$ mg AGE.100g⁻¹ - 0,003%; $1,88 \pm 0,06$ mg AGE.100g⁻¹ - 0,002%).

Daiuto *et al.*, 2014 analisaram os teores de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante da casca, da polpa e da semente de abacates ‘Hass’ em extratos etanólicos a 8-% (v/v). A avaliação dos extratos pelo método de Folin-Ciocalteu mostrou que a casca e a semente possuem maior teor de compostos fenólicos quando comparados à polpa, apresentando 63,5 (0,064%); 57,3 (0,057) e 3,3 mg GAE/g (0,003), respectivamente.

Dias 2022, verificou teores médios de fenóis totais em acículas de *Pinus* sp de 1,29 e 0,16% em acículas verdes e secas de extratos em água e de 3,22 e 0,55% em acículas verdes e secas de extratos etanólico a 80% (v/v), pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu. Os extratos de acículas verdes apresentaram maior concentração de flavonoides do que aqueles de acículas secas, sendo o extrato etanólico de acículas verdes o que obteve a maior concentração de flavonoides em sua composição

Vieira, 2014, ao estudar cascas de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* Var. bahamensis realizaram a extração em metanol a 50% (v/v) e a quantificação pelo método de Folin Ciocalteu. Observou-se baixas concentrações de fenóis totais nas cascas de *Pinus caribaea* var. bahamensis e *Pinus oocarpa*, com valores de 0,3% e 0,6%, respectivamente. Outro fato importante a se comentar é que as cascas de pinus são conhecidas por apresentarem altos teores de fenóis insolúveis, chamados flobafenos e assim, a solubilidade pode também ter sido dificultada.

Para quantificação de fenóis totais em madeira de *Eucalyptus*, Garcia-Vallejo, *et al.*, 1997, pelo método de Folin-Ciocalteu, encontraram valores de fenóis totais em uma larga faixa desde amostras com 1,5 até amostras com valores de 190 mg de EAG/g (1,90%) de extrato e valores máximos de até 10 mg em equivalentes de ácido gálico, que foi o padrão utilizado.

Nasr *et al.*, (2019) testaram a extração de fenólicos em cinco espécies de *Eucallyptus* utilizando como solventes água e acetona nas proporções de 30%, 70% e 100%, e concluíram que para extração de fenólicos o melhor extrator foi água fervida com acetona 70%. Ferreira, *et al.*, (2016) testaram a extração de fenólicos em *Eucalyptus globulus* com clorofórmio, etanol, metanol e metanol:água (70:30 v/v) e avaliaram que as maiores extracções foram obtidas com metanol e metanol:água.

Sartori *et al.*, (2016) ao estudar a composição química das cascas de seis espécies comerciais de *Eucalyptus*, os autores verificaram teores de fenóis totais variando de 210,9 (2,10%) para clones de *E. urophylla* x *E. camaldulensis* a 550,9 (5,51%) expressos em equivalentes de quercetina (mg EAG /g de extrato) em *E. urophylla* x *E. grandis* em etanol a 50% (v/v) com uma razão sólido-líquido 1:10 (m/v) durante 60 min a 50 °C utilizando um banho de ultrasson. Sartori *et al.*, (2018), verificaram em cascas de dois híbridos de *E. urophylla* teores de fenóis de 360,5 (3,6%) e 401,2 mg EAG /g de extrato (4,01%).

Andrade *et al.*, 2022 analisaram os teores de compostos fenólicos em extratos hidroalcoólicos de folhas de *Manikara longifolia* (Parajú), pelo método de Folin-Ciocalteu, e verificaram 6,93 AGE/g de material vegetal.

Oliveira, 2016, testou extratos hidroalcoólicos e acetônicos de folhas e sementes de *Parkia platycephala* Benth. para atividade contra *Haemonchus contortus* através do teste de eclosão de ovos *in vitro*. Segundo a autora, os resultados mostraram-se claros em atividades anti-helmínticas *in vitro* contra *H. contortus* em diferentes estágios e indicou a uso potencial como uma abordagem alternativa promissora para controlar infecções de pequenos ruminantes.

Nota-se que a maioria dos trabalhos aqui discutidos utilizam o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu na quantificação dos compostos fenólicos. O Folin-Denis é uma metodologia bastante semelhante ao Folin-Ciocalteu, que segundo SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA-RAVENTÓS, 1999 citado por SILVA, 2007 tem a desvantagem da formação de um precipitado que interfere nas leituras espectrofotométricas. Porém, Sartori, 2012, testou os métodos colorimétricos de Folin-

Denis e Folin-Ciocalteu na quantificação de compostos fenólicos nas cascas de Angico, e a autora não verificou diferença estatística significativa nos teores de fenóis para a espécie. A autora salientou que o método de Folin-Denis pode ser indicado visto que utiliza menor quantidade de reagente.

Encontra-se na literatura diversos tipos de materiais estudados com o objetivo da extração e utilização dos compostos bioativos. Os compostos fenólicos podem ser encontrados em diferentes órgãos dos vegetais, em que sua composição e quantidades são afetadas pelo órgão da planta. Assim sendo, além da influência do material, a época de coleta, o solvente empregado, a temperatura de extração, bem como o método empregado na quantificação, podem resultar em concentração diferente de compostos fenólicos.

Melo *et al.*, 2012 realizaram a caracterização do processo produtivo e dos resíduos gerados por uma serraria localizada na Região Metropolitana de Belém-PA. Verificou-se que o maior percentual de resíduos formados se constituiu de aparas, seguidas por costaneiras e serragem. Os resíduos originados no processo produtivo têm sua destinação relacionada ao respectivo valor agregado dos mesmos, indicando por que a lenha e a serragem, sendo de menor valor agregado, são vendidas para fábricas de cerâmicas e de tijolos localizadas no município de Castanhal/PA. Diversamente, as costaneiras e aparas de maior valor agregado são vendidas para pequenas movelarias próximas à serraria. No que se refere ao aproveitamento dos resíduos madeireiros provenientes do processo, verificou-se que a serraria em questão destina de forma inteligente seus resíduos, realizando sua comercialização de acordo. O material utilizado neste estudo é vendido na forma de sacos de serragem, para emprego em camas de aviário, por exemplo.

Vários estudos foram desenvolvidos com o objetivo de aproveitamentos dos resíduos de serraria como na produção de painéis aglomerados (IWAKIRI, *et al.*, 2000; 2012), na produção de celulose Kraft (BARBOSA *et al.*, 2014), porém para a extração de compostos bioativos, tais estudos são escassos, sendo a maioria visando o aproveitamento de resíduos agro-industriais, e a maioria dos estudos de quantificação de compostos fenólicos são empregadas as cascas.

Pensando na abundância de resíduos que podem ser gerados nas indústrias de transformação da madeira, e a composição química da mesma, são necessários estudos para otimizar a extração, determinando o melhor solvente, método de extração e outras variáveis que interfiram nos resultados. Sendo os materiais deste estudo, potencial para a extração de compostos bioativos.

5 CONCLUSÃO

Os resíduos florestais gerados pela madeira apresentam potencial para a extração de compostos fenólicos, sendo que a espécie que se destacou foi o Faveiro com 4,05% de fenóis totais, seguido pelo Parajú com 2,20%, Eucalipto com 1,78% e Pinus com 0,37%.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Ananda Virginia de. **Cultivo de pinus**. 2. ed. Brasília: Embrapa Florestas, 2014. 73 p. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155568/1/EmbrapaCultivoDePinus2014.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.
- ALVES, A. M.; ALVES, M. S. O.; FERNANDES, T. O.; NAVES, R. V.; NAVES, M. M. V. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 3, p. 837-844, Setembro 2013.
- Amaral; SANTOS, Alisson Moura. **Eucalyptus cloeziana: estado da arte de pesquisas no Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017.
- AMORIM, Erick Phelipe *et al.* Aproveitamento dos resíduos da colheita florestal: estado da arte e oportunidades. **Research, Society And Development**. [S.I], p. 1-5. mar. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12175>. Acesso em: 12 dez. 23.
- ANDERSEN, M; MARKHAM,R.**Flavonoides: chemistry, biochemistry, and applications**. Taylor & Francis, 2006.
- ANDRADE, L. M. D.; NOMAN, R.; PEREIRA, M. B. M.; DE CASTRO, S. B. R.; ALVES, C. C. S.; BERTOLDI, M. C.; ANTUNES, J. E. Estudos da atividade antioxidante de novas tinturas mãe homeopáticas de plantas medicinais da região de Governador Valadares-MG. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.11, p.73426-73440,nov., 2022
- AQUINO, J. N., **Aproveitamento de resíduos de madeira de serraria para produção de carvão e redução de área de floresta explorada**. Dissertação de Mestrado do curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais área de concentração Manejo Florestal e Silvicultura Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém –Pará.

ASIF, M. Pharmacological potentials of different substituted coumarin derivatives. **Chemistry International**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2015.

AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS DE UMA SERRARIA PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT EVALUATION OF WOOD WASTE OF ONE SAWMILL TO KRAFT PULP PRODUCTION Lucas Cândido Barbosa¹ Cristiane Pedrazzi² Érika da Silva Ferreira³ Guinter Neutzling Schneid⁴ Vania Karine Dick Wille⁵. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 491-500, abr.-jun., 2014.

Baggio AJ, Carpanezi AA. Quantificação dos resíduos florestais em bracatingais na região metropolitana de Curitiba, PR. **Boletim Pesquisa Florestal**, v. 30/31, p. 51-66, 1995.

BATTESTIN, Janaina, MATSUDA, Luis Katsumi, MACEDO, Gabriela Alves. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. 2004. Disponível em: <<http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/58/75>> Acesso em: 01 de dezembro de 2023.

Boisde, P. M., e Meuly, W. C. (2007). Coumarin. In John Wiley e Sons Ltd. (Ed.), *Encyclopedia of Chemical Technology* (5a ed.). Chichester.

Borges, F., Roleira, F., Milhazes, N., Santana, L., e Uriarte, E. (2005). Simple coumarins and analogues in medicinal chemistry: occurrence, synthesis and biological activity. *Current medicinal chemistry* (Vol. 12). <http://doi.org/10.2174/0929867053507315>

Brand MA, Muñiz GIB, Silva DA, Klock U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, v.32, n.2, p. 247-259, 2002.

Bravo L. **Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance**. *Nutr Rev* 1998; 56 (11): 317-33.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. *Nutrition Reviews*, New York, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BRAZ, Rafael Leite; NUTTO, Leif; BRUNSMEIER, Martin; BECKER, Gero; SILVA, Dimas Agostinho da. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia – uma análise da cadeia produtiva. Paraná: **Journal Of Biotechnology And Biodiversity**, 2014. 5 v. (<https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v5n2.braz>). Disponível em: Journal of Biotechnology and Biodiversity. Acesso em: 12 dez. 2023.

CASTRO, A.H.F. et al.; Calogênese eteoresde fenóis etaninostotais embarbatimão [Stryphnodendron adstringens (Mart.) coville]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.385-390, mar./abr.2009.

CERQUEIRA, Pedro Henrique Alcântara de *et al.* Análise dos Resíduos Madeireiros Gerados Pelas Serrarias do Município de Eunápolis-BA. **Floresta e Ambiente**. Eunápolis -BA, p. 506-510. out.- dez 2012.

CROFT, K.D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. *Annals of the New York Academy of Science*, New York, v.854, p.435-442, 1998.

DAIUTO, E. R.; TREMOCOLDI, M. R.; DE ALENCAR, S. M.; VIEITES, R. L.; MINARELLI, P. H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 2, p. 417-424, Junho 2014.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products : a biosynthetic approach**. 2. ed. England,: John Wiley & Sons Ltd, 2002.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Espécies Arbóreas da Amazônia**: manilkara huberi (ducke) chevalier. Manilkara huberi (Ducke) Chevalier. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/especies-arboreas-da-amazonia/manilkara-huberi-ducke-chevalier>. Acesso em: 12 dez. 2023.

EMBRAPA. **Cultivo de Pinus**. 2017. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasd eproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_count=1&p_r_p_-

76293187_sistemaProducaoId=3715&p_r_p_-996514994_topicoId=3228>. Acesso em: 27 nov 2023.

EMPRAPA. **Sistemas de Produção**. 2011. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

ESALQ. **Pinus**. 2017. Disponível: < <http://www.esalq.usp.br/trilhas/gim/gim05.htm>>. Acesso em: 27 nov 2023.

FAGUNDES, Hilton Albano Vieira. **Diagnóstico da Produção de Madeira Serrada e geração de resíduos do processamento de madeiras florestais plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 173 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4567/000412901.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023

FERGUSON, L.R., HARRIS, P.J. Protection against cancer by wheat bran: role of dietary fibre and phytochemicals. *European Journal of Cancer Prevention*, Oxford, v.8, n.1, p.17-25, 1999.

Ferreira, Daniel Furtado. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. *Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação*. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.

FONTES, P. J. P., 1994, “Auto-Suficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos”, dissertação de Mestrado do curso de PósGraduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GARCIA-VALLEJO, M. C.; CADAHIA, E. F.; CONDE, E. M.; FEMANDEZ, M. B.

HERMENEGILDO, Bruno. **Entenda o que são taninos, onde estão e para que servem.**2016. Disponível em: <<https://blog.artdescaves.com.br/o-que-saotaninos-onde-estao-para-que-servem>> Acesso em: 12 de dezembro 2023.

Holzforschung. 51,119, 1997.

HURTADO, F.E.; GÓMEZ, R. M.; CARRASCO, P. A.; FERNÁNDEZ, G. A. Application and potential of capillary electroseparation methods to determine antioxidant phenolic compounds from plant food material. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 53 (15): 1130-1160.2010.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; de ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. *Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr.*, Araraquara v. 24, n. 1, p. 87-91, jan./mar. 2013.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/>

International, 2013(Table 1). <http://doi.org/10.1155/2013/963248>

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIK, E.; MENDES, L. M. Eucalyptus wood residues deriving from sawmills for particleboard manufacturing. **Scientia Agraria**, v.1, n. 1-2, p. 23-28, 2000. Editora da UFPR

IWAKIRI, S.; VIANEZ, B. F.; WEBER, C.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V. C. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Acta Amazônica**. vol. 42(1) 2012: 59

JARA, E. R. P. A geração de resíduos pelas serrarias. São Paulo: IPT, 1987. (Boletim ABNT, n. 59)

KERRY, N.L., ABBEY, M. Red wine and fractionated phenolic compounds prepared from red wine inhibit low density lipoprotein oxidation in vitro. *Atherosclerosis*, Limerick, v.135, n.1, p.93-102, 1997.

KIMBERLY COSTA DIAS, EFEITO DA AÇÃO ANTIPARASITÁRIA DE EXTRATOS DE ACÍCULAS DE *Pinus* sp. SOBRE O MODELO DE *Artemia franciscana*. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Tecnologia em Aquicultura). Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, RS 2022.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.; HERNANDEZ, J.; ANDRADE, A. **Química da madeira**. Curitiba: UFPR, 86 p. 2005.

KLOCK, U; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. Curitiba, 2013. ed. 4, p. 85 p.

LORENZI, H. - **Árvores exóticas no Brasil**. 1 ed. Nova Odessa – SP, Instituto Plantarum, 2003. 382 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.2. 368p.

LOUREIRO, A. A. Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: **INPA**, 1979. 2 v.
LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. Catálogo das madeiras da Amazônia. Belem: **SUDAM**, 1979.

NASR, A., *et al.* Comparison among five eucalyptus species based on their leaf contents of some primary and secondary metabolites. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, Sharjah, v. 20, n. 1, p. 573-587, 2019.

OLIVEIRA, A. F. **Bioprospecção de produtos vegetais do cerrado maranhense com atividade anti-helmíntica**. 2016. f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, 2016.

PELEGRINO, Eloá Cristina Figueirinha. **Emprego de Coagulante á Base de Tanino em Sistema de Pós Tratamento de Efluentes de Reator UASB por Flotação**. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde15072011-093629/publico/PEL_Eloa.pdf>. Acesso em: 01 de dezembro de 2023.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v.63, n.7, p.1035- 1042, 2000.

RADÜNZ, L.L. et al. Rendimento extrativo de cumarina de folhas de guaco (*Mikaniaglomerata* Sprengel) submetidas a diferentes temperaturas de secagem. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.3, p.453-457, 2012.

REIS, Cristiane Aparecida Fioravante; DE ASSIS, Teotônio Francisco; DE MELO, Lucas SARTORI, C. J.; MOTA, G. S.; FERREIRA, J.; MIRANDA, I. MORI. F. A.; PEREIRA, H. Chemical characterization of the bark of *Eucalyptus urophylla* hybrids in view of their valorization in biorefineries. **Holzforschung**. 2016.

SARTORI, C. J.; MOTA, G. S.; MIRANDA, I. MORI. F. A.; PEREIRA, H. Tannin Extraction and Characterization of Polar Extracts from the Barks of Two *Eucalyptus urophylla* Hybrids **BioResources** 13 (3) 4820- 4831. 2018.

SARTORI, Caroline Junqueira. **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.

Shahidi F, Naczk M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic; 1995.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. v. 15, n. 1, p. 71- 81, 2002.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; de LIMA, A. **Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais**. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 202-210, jul./set. 2011 DOI: 10.4260/BJFT2011140300024

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGO, J. A. A.; SOUZA, M. R. Madeiras tropicais brasileiras. 2. ed. Belem: **IBAMA-** Laboratorio de Produtos Florestais, 2002. p. 82-83.

Valério AF, Watzlawick LF, Santos RT, Brandelero C, Koehler HS. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria ngustifolia* (bertol.) O. Kuntze. **Revista Floresta** , v.37, n.3, p. 387-398, 2007.

VEGGI, P. C. **Obtenção de Compostos Fenólicos de Plantas Brasileiras via Tecnologia Supercrítica utilizando Cossolventes e Extração Assistida por Ultrassom.** 2013. 220f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013

Venugopala, K. N., Rashmi, V., e Odhav, B. (2013). **Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity.** BioMed Research.

VIEIRA, M. C. **Extração, reatividade e toxidez de extratos tânicos da casca de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.** Tese (Doutorado em Ciências, Área de concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais). Seropédica, RJ, 2014.

YAZAKI, Y.; AUNG, T. **Alkaline extraction of *Pinus radiata* bark and isolation of aliphatic carboxylic acids.** *Holzforschung*, v. 42, p. 375-360, 1988.

YUBA, A. N. **Cadeia produtiva da madeira serrada de Eucalipto para produção sustentável de habitações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ZUANAZZI, J. A. S. Flavonóides. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 6 ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 2007.