

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

Larissa Nara Nascimento De Miranda

**QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM DIFERENTES
COMPARTIMENTOS ARBÓREOS DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis* x
Eucalyptus urophylla.**

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2021

LARISSA NARA NASCIMENTO DE MIRANDA

**QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM DIFERENTES
COMPARTIMENTOS ARBÓREOS DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis* x
Eucalyptus urophylla.**

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

-
- M433q Miranda, Larissa Nara Nascimento de.
Quantificação de compostos fenólicos em diferentes compartimentos arbóreos de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.
Larissa Nara Nascimento de Miranda – 2021.
41f.: il.
- Orientadora: Prof^a. Dra. Caroline Junqueira Sartori.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2021.
1. Flavonóides. 2. Fenóis Totais. 3. Folin-Denis. 4. Solvente.
I. Miranda, Larissa Nara Nascimento de. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 674.8

Catálogo: Nirley Dias Leandro CRB 6 2394

Larissa Nara Nascimento De Miranda

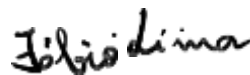
**QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM DIFERENTES
COMPARTIMENTOS ARBÓREOS DE UM HÍBRIDO DE *Eucalyptus grandis* x
Eucalyptus urophylla.**

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.

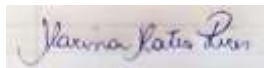
Aprovado em: 02 / 08 / 2021 pela banca examinadora:



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



Prof. Dr. Fábio Wéliton Jorge Lima- IFMG



M^a Marina Rates Pires

Dedico este trabalho a meus pais e minha avó, que sempre fizeram de tudo por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar a oportunidade de estudar, e por ter permitido a conclusão de mais uma fase em minha vida.

Agradeço à minha mãe Dalva, por tanto ter orado por mim, por confiar e me confortar nos momentos mais difíceis ao longo desses anos.

Ao meu pai Placedino por ter lutado junto a mim tanto nas questões financeiras quanto nos demais obstáculos que surgiram em nosso caminho. Por me ensinar a ser forte e por ser o ser humano mais admirável que eu conheço, meu maior exemplo de bondade, humildade e fé.

À minha avó Cecília, que sempre foi como uma mãe, e que fez por mim mais do que eu posso retribuir um dia. A ela eu só tenho a agradecer.

Um muito obrigada em especial a Carol Sartori, minha orientadora. Obrigada por me acolher neste trabalho de uma forma tão amigável e prestativa, obrigada por ter tirado muitas horas dos seus dias para me ajudar, principalmente nos finais de semana. Obrigada pelo carinho, agradeço por tornar este trabalho possível. Em fim, obrigada por tudo.

As minhas irmãs, Letícia e Lívia, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando. O vai “dar certo” sempre foi muito importante.

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

Aos meus amigos antigos e às novas amigas que se construíram durante esses anos. Obrigada pelo apoio, pela força e incentivo de cada um. Um obrigada em especial a todas as minhas companheiras de república, pessoas que sempre levarei no coração.

Um obrigada a todas as pessoas com quem tive a oportunidade de dividir essa trajetória, pela importância que cada um teve em minha caminhada.

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

“Aos outros dou o direito de ser como são, a mim
dou o dever de ser cada dia melhor.”

Chico Xavier

RESUMO

Os compostos fenólicos são produtos do metabolismo secundário dos vegetais, os quais desempenham a função de proteção contra herbívoros, patógenos, radiação solar, entre outros. Devido às suas propriedades, estes compostos são largamente empregados em diferentes segmentos industriais. O presente trabalho teve como objetivo quantificar os compostos fenólicos em folhas, galhos, cascas e madeiras de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Para isto, foram coletadas as amostras de cada compartimento de três indivíduos. As amostras foram levadas ao laboratório, onde ficaram armazenados em bandejas, ao ar livre e protegidas do sol para redução da umidade. Posteriormente foram moídas em moinho de facas do tipo Wiley, e peneiradas em um conjunto de peneiras de 40 e 60 “mesh”, e determinadas as umidades em base seca das amostras de cada compartimento pelo método gravimétrico em estufa. Para a extração dos compostos fenólicos foram utilizados o correspondente a 600 mg de massa seca de cada material, os quais ficaram em agitação constante por quatro horas em etanol a 50% (v/v). A curva de calibração foi obtida com uma solução padrão de ácido tânico e os teores de fenóis totais foram obtidos pelo método colorimétrico de Folin-Denis. As quantificações foram feitas em duplicata e as médias submetidas ao teste Tukey a 5% de significância. Verificaram maiores teores de fenóis nas folhas (4,71%), seguido das cascas (4,43%), galhos (2,74%) e madeira (0,55%).

Palavras-chave: Flavonóides. Fenóis Totais. Folin-Denis. Solvente.

ABSTRACT

Phenolic compounds are products of the secondary metabolism of plants, which play a protective role against herbivores, pathogens, solar radiation, among others. Due to their properties, these compounds are widely used in different industrial segments. This work aimed to quantify the phenolic compounds in leaves, branches, bark and wood of a hybrid of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. For this, samples were collected from each compartment of three individuals. The samples were taken to the laboratory, where they were stored in trays, outdoors and protected from the sun to reduce humidity. Later, Wiley-type knife mills were ground and sieved in a set of 40 and 60 mesh sieves, and the moisture content of the samples in each compartment was determined by the gravimetric method in an oven. For the extraction of phenolic compounds, 600 mg of dry mass of each material was used, which were kept under constant agitation for four hours in 50% ethanol (v/v). The calibration curve was obtained with a standard solution of tannic acid and the total phenol contents were obtained by the Folin-Denis colorimetric method. Quantifications were made in duplicate and means were submitted to the Tukey test at 5% significance. They found higher levels of phenols in leaves (4.71%), followed by bark (4.43%), branches (2.74%) and wood (0.55%).

Keywords: Flavonoids. Total Phenols. Folin-Denis. Solvent.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 O gênero <i>Eucalyptus</i>	11
2.1.1 <i>Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla</i>.....	12
2.2 Compartimentos arbóreos.....	13
2.3 Resíduos	15
2.3.1 Utilização dos Resíduos	16
2.4 Extrativos.....	17
2.4.1 Compostos Fenólicos.....	18
2.4.1.1 Ácidos Fenólicos	19
2.4.1.2 Cumarinas	20
2.4.1.3 Taninos	21
2.4.1.4 Flavonoides.....	24
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Coleta e processamento das amostras.....	25
3.2 Extração dos compostos fenólicos.....	26
3.3 Quantificação.....	26
3.4 Análise Estatística	26
4 RESULTADO E DISCUSSAO.....	27
5 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento desordenado da população mundial, exigindo cada vez mais uso dos recursos naturais para suprir as necessidades populacionais relacionadas a esses recursos, e considerando a crescente preocupação em relação aos danos ao meio ambiente, uma estratégia para aumentar a oferta de madeira e outros produtos de origem florestal, diminuindo assim a pressão sobre as florestas nativas, se dá através da formação de povoamentos florestais com espécies de crescimento rápido, como as do gênero *Eucalyptus* (MARTINEZ *et al.*, 2012).

Mesmo com a diversidade de condições edafoclimáticas existentes em diferentes regiões do país, as espécies desse gênero crescem de forma satisfatória e apresentam uma ampla possibilidade de uso da madeira (STURION; BELLOTE, 2000). Florestas de eucaliptos são amplamente plantadas no Brasil por possuírem uma boa adaptação ecológica e por apresentarem madeira considerada de boa qualidade para diversas finalidades como a produção de chapas de fibras, extração de celulose, construção civil, lenha, carvão vegetal, dentre outros (WILCKEN *et al.*, 2008). Além disso, a cultura permite rotação relativamente curta quando comparadas às espécies florestais nativas, apresentando assim importante função quanto aos aspectos econômicos e silviculturais nacionais. As maiores áreas com eucaliptos plantadas no Brasil estão localizadas nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul e Paraná (IBÁ, 2020).

Dentre as principais espécies de *Eucalyptus* plantadas no Brasil, estão o *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. Proveniente do cruzamento entre essas duas espécies, tem-se o híbrido conhecido por *Eucalyptus urograndis*, que apresenta uma madeira de maior densidade em relação às duas espécies que o originou, além de apresentar uma ótima adaptação a solos com baixa disponibilidade hídrica e baixa fertilidade, apresentando também resistência ao fungo causador da ferrugem, doença essa causadora de grandes perdas nos plantios da cultura. Por essas e outras características positivas, o *E. urograndis* é o híbrido mais utilizado em território brasileiro (COSTA, 2011).

Naturalmente, a floresta já produz resíduo devido a condição de senescência das árvores, e, mesmo com um processo planejado de exploração dessas florestas, durante as várias fases utilizadas para extração de madeira, são produzidos uma grande quantidade de resíduos, principalmente durante a operação de corte. O processamento da madeira de eucalipto gera assim um considerável volume de resíduo formado principalmente por galhos, flores, folhas e casca da árvore. Segundo Brito (1996), os galhos e ponteiros das árvores que

são considerados um resíduo e são deixados na floresta, podem representar cerca de 20% do total produzido de madeira. Esses resíduos podem ser utilizados em diversos segmentos comerciais e industriais, onde toda a planta é aproveitada (BAUER, 2001). Diante esse problema, o conceito da utilização dos vários produtos da floresta vem sendo adotado por diversas empresas no Brasil, com o objetivo de diversificar a produção e atender outras necessidades do mercado.

Uma forma de se aproveitar tais resíduos se dá através da extração de compostos fenólicos, permitindo assim uma utilização alternativa desses resíduos, os quais geralmente são utilizados pelas indústrias para geração de energia. Esses compostos são originários do metabolismo secundário das plantas, e são essenciais para seu crescimento e desenvolvimento, além de atuarem como agentes antipatogênicos na defesa das plantas. São compostos antioxidantes que em baixas concentrações são capazes de impedir ou retardar danos oriundos da oxidação (CAROCHO; FERREIRA, 2013).

Dentre os compostos fenólicos, têm-se os taninos, os quais podem ser utilizados na indústria farmacêutica; produção de cosméticos; indústria alimentícia, produção de adesivos naturais para a madeira e no tratamento de água (PANSERA et al., 2003). Assim como os taninos, os flavonóides representam um dos grupos fenólicos mais importantes entre os produtos de origem natural (ZUANAZZI, 2007). Também estão envolvidos no desenvolvimento das plantas, apresentando um importante papel na polinização e atração de vetores, pois são pigmentos responsáveis pela coloração de flores, folhas e frutos. Esses pigmentos originados pelos flavonóides também são utilizados no tingimento de couros, estando também presentes nas bebidas como vinhos, chás e cervejas (PIETTA, 2000). Já na indústria farmacêutica, são utilizados além de outras, pelas ações antiinflamatória e antialérgica (ZUANAZZI, 2007).

Com base no exposto, o presente trabalho teve o objetivo de quantificar os compostos fenólicos em diferentes compartimentos arbóreos (folhas, galhos, cascas e madeira) de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* pertence à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonea, ordem Myrtales, família *Myrtaceae*. É uma planta nativa do continente australiano e ilhas da Indonésia e passou a ser um dos gêneros florestais mais plantados no mundo, devido a sua utilização na geração de diversos produtos madeireiros e não madeireiros (GRATTAPAGLIA; KIRST, 2008). No geral, são plantas arbóreas com altura de 30 a 50 metros, sendo consideradas uma das árvores mais altas do mundo, no entanto, há espécies de porte mediano e algumas arbustivas (BROOKER; KLEINIG, 2004). Os *Eucalyptus* spp., em geral, apresentam fruto seco, capsular e folhas alternas, sendo que no Brasil a floração é no início da primavera (JOLY, 1998). As folhas possuem cheiro forte, balsâmico e próprio; o sabor é amargo, resinoso, primeiramente quente e depois com sensação de frescor (COSTA, 1975). Apresenta raízes profundas, quase sempre ectomicorrizas (LAVABRE, 2001).

A distribuição do eucalipto em escala mundial é ampla, ocorrendo em várias partes do mundo, em função de ser uma árvore de fácil cultivo, crescimento rápido e boa adaptabilidade. Estas características foram obtidas ao longo de sua evolução, que também permitiu ao eucalipto suportar condições de estresse hídrico, de temperatura e de carência nutricional (FILHO et al., 2006).

O cultivo do gênero no Brasil ocorreu a partir do trabalho realizado pelo Agrônomo Silvicultor Edmundo Navarro de Andrade, que consistiu na introdução de 144 espécies de eucalipto para atender as demandas de madeira para construção de estradas ferroviárias da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, onde eram utilizados dormentes e lenha. A partir de 1965, com a lei dos incentivos fiscais ao reflorestamento, a área de eucalipto plantado no Brasil aumentou de 500 mil para mais de três milhões de hectares (VALVERDE, 2007; TRUGILHO, et al., 2001).

Por apresentar larga empregabilidade econômica e rápido crescimento com idade média de corte de 6 a 8 anos, quando comparada ao ciclo das árvores de mata nativa que levam em média 25 anos, o eucalipto passou a ser uma alternativa racional contra a devastação das florestas nativas em diversas regiões do planeta, propiciando a preservação do meio ambiente (SCARPINELLA, 2002).

Em 2019 a área plantada de *Eucalyptus* no Brasil totalizou 6,97 milhões de hectares, estando localizados principalmente nos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul e Paraná (IBÁ, 2020).

Em decorrência da importância econômica dessas espécies, fez-se necessário o melhoramento genético florestal para obtenção de genótipos mais produtivos, adequando a matéria prima à sua destinação final. A seleção dos genitores e os mecanismos de herança dos caracteres a serem selecionados são os dois aspectos fundamentais para os programas de melhoramento genético. Esses processos, requerem um conhecimento da constituição genética das espécies para se obter de forma eficiente, ganhos genéticos no melhoramento (BERED et al., 1997). A hibridação e a clonagem têm sido as principais técnicas que permitem o desenvolvimento florestal brasileiro, uma vez que se apresentam como uma solução viável para as inúmeras demandas de madeira do País. A grande variabilidade de características existente nas centenas de espécies de eucalipto é o que permite os cruzamentos interespecíficos, visando ganhos de produtividade e indivíduos mais resistentes e produtivos (NEVES et al., 2011, BRISOLA; DEMARCO, 2011).

2.1.1 *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

As principais espécies de eucalipto plantadas no Brasil são o *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, *E. citriodora* e *E. Camaldulensise* híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, (CI FLORESTAS, 2015).

O *Eucalyptus urophylla* tem sua ocorrência natural no Timor e em outras ilhas do arquipélago Indonésio, entre as latitudes de 8 a 10° e em altitudes que variam de 400 a 3.000 m (IPEF, 2015). Dentre as espécies de eucalipto cultivadas no Brasil, o *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, além de ser uma das espécies mais plantadas, é também a espécie que tem o maior potencial de crescimento em área, em função de sua boa produtividade e grande potencialidade para expansão nas fronteiras florestais, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste (SCAVANACA JUNIOR; GARCIA, 2003). A utilização desta espécie para diversas finalidades, como produção de celulose, papel, chapas duras, serraria e carvão, aliado à tolerância ao fungo *Cryphonectria cubensis* causador do cancro do eucalipto, são pontos favoráveis à sua maior área plantada. Além disso, o *E. urophylla* é uma espécie que apresenta forte dominância apical, responde ao espaçamento e à adubação e possui resistência ao déficit hídrico, sendo por esses pontos uma espécie importante para os programas de melhoramento genético (FERREIRA, 1992).

O *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex Maiden é uma espécie nativa da costa leste da Austrália e é a espécie mais cultivada no Brasil por apresentar características silviculturais desejáveis, e aplicabilidade da madeira para diversos fins (MIRANDA, 2012). É considerada

uma das espécies mais versáteis e indicadas para múltiplos usos, devido ao baixo peso específico e trabalhabilidade de sua madeira, podendo ser utilizada na construção civil, quando oriunda de plantações de ciclo longo, e para caixotaria, quando manejada em ciclos curtos (IPEF, 2015). Há grande variabilidade intra e interespecífica para as espécies de *Eucalyptus*, principalmente quanto à produção de biomassa, taxa de crescimento, resistência a geadas e déficit hídrico (PINTO et al., 2011). O *E. grandis*, segundo Miranda(2012) supera qualquer outra espécie de *Eucalyptus* pelo incremento volumétrico em condições ambientais adequadas, e também pela sua plasticidade genética, muito utilizada na obtenção de híbridos e na clonagem de árvores selecionadas.

O híbrido *Eucalyptus urograndis* é o mais utilizado em território brasileiro e é proveniente do cruzamento *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. Foi desenvolvido no Brasil, e apresenta uma ótima resistência à deficiência hídrica e em solos de baixa fertilidade natural, principalmente deficientes de boro, além de possuir uma madeira de maior densidade em relação às espécies que o originou. A primeira plantação do híbrido ocorreu no ano de 1979, no estado do Espírito Santo. O *E. urograndis* apresenta ótimas características em relação a sua adaptação. Em viveiro destaca-se principalmente pelo enraizamento, e no campo apresenta resistência ao fungo causador de ferrugem que acomete outras espécies de eucalipto (COSTA,2011). De acordo com Lopes (2011), o principal objetivo do cruzamento entre essas duas espécies, foi obter plantas que apresentassem alta resistência ao déficit hídrico, característica apresentada pelo *E. urophylla*, e um alto potencial de enraizamento e crescimento em campo, características do *E. grandis*. Combinando as características inerentes às duas espécies, obteve-se um híbrido com boas características adaptativas que respondem de forma positiva às mais diferentes condições climáticas e ambientais.

2.2 Compartimentos arbóreos

As espécies de *Eucalyptus* podem ser divididas nos seguintes compartimentos estruturais: folhas, galhos, casca e lenho. As folhas do eucalipto são constituídas por substâncias de grande interesse para a indústria química, farmacêutica e de alimentos como compostos antioxidantes e aromáticos. Elas segregam óleo essencial por estruturas secretoras especializadas, células parenquimáticas diferenciadas, canais oleíferos e bolsas específicas. Tais estruturas podem estar localizadas em algumas partes específicas da folha, em toda ela ou em toda a planta. Os óleos essenciais obtidos de diferentes órgãos de uma mesma planta,

como folhas e flores, por exemplo, podem apresentar composição química, características físicas e químicas e odores distintos (SIMÕES, 2004). A média de vida normal das folhas de eucalipto é de aproximadamente 18 meses, segundo Matos (2002), o que pode estar sujeito a uma ampla variação, existindo folhas que permanecem por poucos meses e folhas que permanecem por 3 a 4 anos presas ao caule, ocorrendo à transição dos tipos de folhas nesse período.

Os galhos sustentam as inúmeras folhas e procuram crescer lateralmente para o aumento da ocupação de espaço em busca da captação de luz solar. Apresentam uma desrama natural que é influenciada, dentre outros fatores pelo espaçamento do plantio, a espécie florestal e o material genético utilizado (OLIVEIRA NETO et al., 2010).

Já a madeira segundo Santos(2008), pode ser definida como o tecido lenhoso das árvores, sendo um biopolímero tridimensional, formado por celulose, hemicelulose e lignina, e em menor quantidade de extrativos e materiais inorgânicos. Desses materiais, a celulose é o principal componente da parede celular e o mais abundante composto orgânico da natureza (TRUGILHO et al., 1996), podendo ser também definida como um polissacarídeo de cadeia

linear consistindo única e exclusivamente de unidades de D-glicopiranoses unidas por ligações β do tipo (1-4) e possui estrutura organizada e parcialmente cristalina (GOMIDE; COLODETTE, 2007). Segundo Klocketal (2005), a celulose é o principal componente da madeira, chegando a constituir de 40% a 50% de todas as plantas. As hemiceluloses são polissacarídeos ramificados da parede celular, de baixo peso molecular, sempre associada à lignina e à celulose. São constituídas de vários açúcares e ácidos unidos por diferentes tipos de

ligações químicas, formando estruturas ramificadas e amorfas(GOMIDE;COLODETTE, 2007). A ligninaé uma macromolécula tridimensional amorfa que está presente entre células individuais e na parede celular, na qual está intimamente associada com celulose e hemicelulose, dando rigidez à célula (BOWYER et al., 2007). Já os extrativos exercem um papel importante na utilização da madeira, influenciando suas propriedades físicas, estéticas e de resistência a fungos e insetos, pela sua natureza fenólica (GOMIDE; COLODETTE, 2007).

Esses extrativos tem reconhecida importância em várias situações, atuam como componentes complementares e apresentam grande variabilidade em sua quantidade e constituição (FREDERICO, 2009). A madeira é um material heterogêneo, a qual apresenta diferentes tipos de células, adaptadas a desempenharem funções específicas. É constituída primordialmente por células alongadas, cilíndricas, ocas e fechadas nas extremidades denominadas fibras, as quais correspondem de 60 a 95% do volume da madeira. Outros tipos de células também encontradas na madeira são, principalmente, os elementos de vasos e as

células de parênquima (GOMIDE; COLODETTE, 2007).

As cascas das árvores de eucalipto podem representar de 10-18% do peso total da árvore (SJÖSTRÖM, 1981), Segundo Foelkel (2005), as árvores clonais melhoradas geneticamente para alto incremento volumétrico contêm entre 9 a 12% de casca em volume. As cascas apresentam composição química bastante complexa e variável entre espécies. Em sua composição, possui inúmeros elementos de interesse, como açúcares, ceras, pectinas, alcoóis, óleos, flavonóides, gomas, resinas e lignina (ROWELL, 2012). As cascas são mais complexas do ponto de vista químico, acompanhado à heterogeneidade anatômica que se verifica. As grandes quantidades de extrativos presentes nas cascas, e o seu potencial interesse químico, têm levado a um número significativo de estudos sobre a composição desses compostos, mais expressivo para *E. globulus* (PEREIRA et al., 2010). Dentre estas substâncias, destacam-se os taninos, composto fenólico, com potencial para utilização em formulação de adesivos naturais em substituição de adesivos sintéticos (FOEKEL, 2006). De acordo com Paes et al., (2010) os taninos podem corresponder até 40% da massa de casca.

Em estudo realizado em povoamento de *Eucalyptus dunnii* com 4 anos, Guimarães et al., (2015) verificaram uma biomassa arbórea total de 121,9 Mg ha⁻¹, em que a maior proporção é encontrada na madeira do tronco (63%), seguido por raiz (14%), galho (11%), cascas do tronco (8%) e folha (4%). Considerando apenas a biomassa acima do solo, verificou-se uma produção de 104,5 Mg ha⁻¹.

2.3 Resíduos

Desde a introdução do conceito da utilização total da árvore, tem-se aumentado o interesse por pesquisadores em diversas partes do mundo, na estimativa da biomassa florestal. Naturalmente, a floresta produz resíduos devido à senescência das árvores e de suas partes, porém, a exploração florestal, embora previamente planejada, gera resíduos, sobretudo, durante a operação de corte por ser uma atividade habitual na exploração (BAUER, 2001).

Os resíduos florestais são constituídos por todo material que é deixado no campo durante a colheita de madeira, tanto em florestas naturais como em florestas plantadas. Esses resíduos são constituídos pelas folhas, galhos, casca e parte da madeira que não é aproveitada, como as ponteiros que apresentam diâmetro inferior ao comercial. Outros resíduos são gerados nas etapas seguintes, após a colheita, devido ao processamento da madeira, que não são incorporadas ao produto final (BELLOTE et al., 1998).

As indústrias do setor florestal geram um volume significativo de resíduos durante as diversas fases operacionais, que vão desde a colheita florestal até o produto final, perdendo assim uma importante fonte de biomassa. Na colheita florestal, utiliza-se quase que exclusivamente o fuste denominado comercial, que vai da base da tora até um diâmetro mínimo pré-estabelecido. De acordo com Foelkel (2007), os maiores volumes de resíduos lenhosos estão contidos nos ponteiros, galhos grossos e árvores finas deixadas após a colheita.

Os galhos e os ponteiros das árvores deixados no campo podem representar até 20% da madeira existente na floresta (BRITO, 1996). Em uma pesquisa, Bauer (2001), verificou que os resíduos resultantes da colheita mecanizada de toras de *Eucalyptus grandis* com diâmetro acima de 6 cm, com “Slingshot” e “Forwarder”, resultaram em 16 m³/ha de madeira desperdiçada. Avaliando uma floresta de híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 79 meses de idade, Castro (2014) quantificou um montante de 17,03 t/ha de resíduos gerados por ocasião da colheita. Barros et. al., (2007) ao quantificarem os resíduos produzidos durante a exploração florestal, concluíram que 70% do total de resíduos, são provenientes dos resíduos produzidos pela copa das árvores exploradas e pelas árvores derrubadas durante a queda das mesmas. Cruz (1985) menciona que o volume de galhos e toco que permanece na floresta, representa no mínimo 25,5% do volume disponível por árvore. Souza (2009) ao comparar os estoques das diferentes fontes geradoras de resíduos de exploração florestal em quatro áreas manejadas, menciona que resíduos provenientes de copas e árvores caídas representaram 83%, seguido dos resíduos gerados durante a abertura de estradas, pátios de estocagem e trilhas de arraste (8%), sapopemas (5%) e, árvores com queda natural sob a influência das trilhas principais (1,79%).

Para garantir a exploração sustentável dos recursos florestais madeireiros e o desenvolvimento racional das atividades deste setor, há um interesse em uma produção mais diversificada, tais como, fabricação de móveis, instrumentos musicais, pequenos objetos de madeira, laminados e chapas de compensado, construção civil, construção naval, geração de energia, obtenção de celulose para aplicação na indústria papelreira, entre outros (SUFRAMA, 2003).

2.3.1 Utilização dos Resíduos

Em 2009, o volume de madeira em tora não aproveitado diretamente pela indústria madeireira nos estados da Amazônia Legal, foi da ordem de 8,4 milhões de m³. Desse total, 19% foram convertidos em carvão vegetal, 18% foram destinados a olarias, 14% para geração

de energia, 24% na forma de diversos usos (adubo, lenha), os resíduos queimados a céu aberto representaram 9% e o volume de entulhos de resíduos foi de 16% (PEREIRA et al., 2010).

Dentre os componentes da biomassa florestal, os resíduos provenientes da exploração florestal, se utilizados devidamente, podem representar uma significativa contribuição às necessidades energéticas para a indústria, pois o uso racional da madeira como energia promove a oferta de energia renovável (BAUER, 2001).

Todas as partes das plantas de eucalipto podem ser aproveitadas, inclusive as folhas, das quais podem ser extraídos óleos essenciais e compostos fenólicos (FORTES, 2016). As folhas de eucalipto já foram aprovadas como aditivos para alimentos, e os extratos também têm sido utilizados em formulações de cosméticos (TAKAHASHI et al., 2004). Vários trabalhos ressaltam o potencial das cascas de *Eucalyptus* spp. como fonte de compostos bioativos valiosos, tais como compostos fenólicos (MOTA et al., 2013; SARTORI et al., 2018), matéria-prima para tratamento de efluentes (RAJAMOHAN et al., 2014), como antioxidantes e antibactericidas (BOULEKBACHE-MAKHLOUF et al., 2013) para curtimento do couro e antioxidantes (VÁZQUEZ et al., 2009), assim como para produção de bioetanol (LIMA et al., 2013), biorrefinaria (SARTORI et al., 2016; SARTORI et al., 2021), extração de taninos para produção de adesivos (CARNEIRO et al., 2012) e na mistura com adesivos sintéticos (SANTIAGO et al., 2018).

2.4 Extrativos

Os extrativos da madeira compreendem uma ampla classe de compostos químicos, que podem ser removidos utilizando solventes orgânicos ou água. Os extrativos lipofílicos são também conhecidos como resinas (GUTIÉRREZ et al., 2001). A composição dos extrativos pode variar, significativamente, entre diferentes espécies de madeira e também dentro das diferentes partes da árvore. Assim, determinadas madeiras podem ser caracterizadas em função da natureza e quantidade de seus extrativos, que são encontrados nas cascas, nas folhas, nas flores, nos frutos e nas sementes; em geral, as quantidades nessas partes da árvore são proporcionalmente maiores que na madeira (GULLICHSEN; PULAPURO, 2000).

Os extrativos contêm um grande número de compostos fenólicos, alguns deles resíduos ou subprodutos da biossíntese da lignina. As substâncias aromáticas fenólicas são encontradas, normalmente, em pequenas quantidades no xilema e se concentram principalmente no cerne da madeira (GULLICHSEN; PAULAPURO, 2000). Os materiais solúveis em água incluem sais, carboidratos simples, polissacarídeos e algumas substâncias

fenólicas (FREIRE et al., 2003). Trugilho et al., (2003) afirmam que para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, os valores médios de extrativos totais, de lignina e de holocelulose apresentam-se na ordem de 6,71, 31,77 e 61,52%, respectivamente.

Segundo Morais et al., (2005), geralmente, os extrativos são representados pelos óleos essenciais, resinas, taninos, graxas e pigmentos.

2.4.1 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, e são formados em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros. Esses compostos encontram-se abundantemente nas plantas e são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. São essenciais no crescimento e reprodução dos vegetais, contribuem com a pigmentação, além de atuarem como agentes antipatogênicos, já que estão intimamente ligados à defesa das plantas e apresentam atividade biológica contra herbívoros e micro-organismos, podendo também ser utilizados como inseticidas e fungicidas. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (NACZK; SHAHIDI, 2004).

São definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Também são antioxidantes naturais, possuindo capacidade de inibir ou reduzir a ação de radicais livres, os quais podem ser responsáveis por diversas patologias humanas, pois aumentam o estresse oxidativo e podem danificar moléculas biológicas como proteínas, lipídeos e DNA (BORLINGHAUS et al., 2014).

A extração de compostos fenólicos de subprodutos florestais tem aumentado devido a substituição de antioxidantes sintéticos, o que contribui para a valorização desses subprodutos que na maioria dos casos são utilizados principalmente como biomassa para a geração de energia (PIWOWARSKA; GONZÁLEZ-ALVAREZ, 2012).

Compostos com atividade antioxidante têm sido isolados das mais diversas famílias de plantas (FONSECA, 2009) e os compostos fenólicos são, por certo, as substâncias com maior representatividade desta atividade. Dentre os compostos fenólicos destacam-se quatro grupos principais: ácidos fenólicos, cumarinas, flavonóides e taninos (HURTADO FERNÁNDEZ et al., 2010).

2.4.1.1 Ácidos Fenólicos

Os ácidos fenólicos caracterizam-se por terem um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, conferindo propriedades antioxidantes para os vegetais (SOARES, 2002). Podem ser classificados em dois subgrupos: os ácidos hidroxibenzóicos e os ácidos hidroxicinâmicos, representando aproximadamente um terço dos compostos fenólicos obtidos na dieta alimentar (MATTILA et al., 2007). Os ácidos hidroxibenzóicos incluem o ácido gálico, o p-hidroxibenzóico, o protocatéuico, o vanílico e o ácido sirínico, os quais apresentam a estrutura C6-C1 em comum. Já os ácidos hidroxicinâmicos são compostos aromáticos que apresentam uma cadeia lateral de três carbonos, C6-C3, sendo os ácidos caféico, ferúlico, p-cumárico e sinápico os mais comuns. Os ácidos que encontramos nas folhas de eucalipto são ácidos que apresentam uma atividade antioxidante muito elevada, a propriedades anticancerígenas e anti-inflamatórias. Dentre esses estão o ácido gálico, ácido caféico e o ácido elágico (MATTILA et al., 2007).

O ácido gálico é considerado um poderoso antioxidante natural capaz de sequestrar as espécies de oxigênio reativas, tais como os ânions superóxido, peróxido de hidrogênio e radicais hidroxilas. Além da atividade antioxidante, vários estudos têm relatado propriedades anticâncerígenas, anti-angiogênica, antimicrobiana, antiulcerogênica, anti-inflamatória, antifúngica, entre outras (FERNANDES; SALGADO, 2015). Encontra-se em plantas lignificadas e folhas de chá, em uvas, lúpulo, casca de carvalho, hamamélis e outras plantas, podendo ser encontrado livre ou como parte de taninos (GOMES, 2015). Na indústria farmacêutica utiliza-se para a produção de trimetoprim e na fabricação de tintas, podendo ser utilizado para sintetizar o propil galato (3,4,5-trihidroxibenzoato de propil), um antioxidante geralmente utilizado em alimentos gordurosos (ROCHA et al., 2015).

O ácido caféico (3,4-dihidroxi ácido cinâmico) é um composto fenólico antioxidante sendo um dos mais importantes, apresentando diversas propriedades farmacológicas, que neutraliza radicais livres que possam causar danos oxidativos nas membranas celulares e DNA. É um dos hidroxicinamatos mais amplamente distribuídos e pode ser encontrado em diversas formas como ésteres e amidas. Esse ácido ajuda a prevenir danos às células causados pela luz ultravioleta e também apresenta muitas outras atividades biológicas além do poder antioxidante, como por exemplo, anti-hipertensiva, anti-fibrótica, antiviral, antitumorígenica (PRASAD et al., 2010). Um estudo realizado por Kuenzing et al., (1984), demonstrou que o

ácido cafeico e o ácido ferúlico podem desempenhar um papel na defesa do organismo contra a carcinogênese, inibindo a formação de compostos N-nitrosos (KUENZING et al., 1984). Também em estudo alguns autores observaram o efeito hipoglicemiante deste ácido, demonstrando que este composto fenólico pode reduzir os níveis de glicose no sangue (JUNG et al., 2006).

O ácido elágico é um polifenol natural, encontrado em muitas frutas, nozes e extratos de plantas nas formas de taninos hidrolisáveis chamados elagitaninos. Está presente em plantas na forma de elagitaninos hidrolisáveis como componentes de parede e membrana de célula de plantas. A molécula de ácido elágico compreende quatro grupos hidroxila, que apresentam uma boa funcionalidade para ligação de hidrogênio como doadores de prótons. Os dois grupos de lactona presentes podem estar envolvidos na ligação de hidrogênio como aceptores de prótons (TÜRK et al., 2010). O interesse no ácido elágico aumentou durante a última década, devido às suas propriedades biológicas. Com base em modelos *in vitro* e de pequenos animais, foi relatado que o ácido elágico é um potente antioxidante, com ação anticarcinogênica e agente antiproliferativo (UZAR et al., 2012).

2.4.1.2 Cumarinas

Os compostos cumarínicos são metabólitos secundários de uma ampla variedade de plantas, microrganismos e algumas espécies animais, tanto na forma livre como glicosilada. Embora no passado tenham sido considerados apenas produtos de excreção de plantas, sabe-se atualmente que os metabólitos secundários desempenham funções diretas nos mecanismos de regulação e manutenção da planta. A sua função como metabólito secundário ainda não se encontra totalmente esclarecida; no entanto, supõe-se que atuam como reguladores do crescimento, agentes bacteriostáticos e fungistáticos nas plantas (VENUGOPALA, et al., 2013).

A classe das cumarinas compreende uma vasta quantidade de benzo- α -piranos com importantes e diversas atividades fisiológicas. São lactonas resultantes da oxidação do ácido *cis*-o-hidróxi-cinâmico. É um composto orgânico, cristalino, incolor, com um odor doce e agradável semelhante ao da baunilha. Seus constituintes químicos podem ser obtidos por meio da extração em solventes orgânicos como etanol e clorofórmio (BORN et al., 2003).

A sua distribuição nas diferentes partes da planta é muito heterogênea, no entanto, a sua concentração é superior nas folhas e nos frutos, seguido dos caules e raízes, respetivamente. As propriedades farmacológicas, bioquímicas e aplicações terapêuticas das

cumarinas simples dependem dos seus padrões de substituição na sua estrutura química. O composto base, a cumarina surge em diversas plantas, especiarias e produtos alimentares tais como, canela, chá verde, hortelã-pimenta, mirtilo, lavanda, cenoura, bem como em alimentos fermentados, como a cerveja e o vinho. Possuem aplicações extensas e diversas como utilização em produtos de limpeza, aditivos em alimentos, cosméticos, fragrância em perfumes e na área de medicamentos, devido possuir propriedades anticoagulante, antibióticas, bronco dilatadora, fungicida e analgésica (SPROLL et al., 2008).

O seu odor doce e aromático semelhante ao da baunilha despertou interesse por parte da indústria alimentícia que a utiliza como aromatizante em vários tipos de produtos alimentares e bebidas alcoólicas (SPROLL et al., 2008). As cumarinas são ainda utilizadas como fixadoras de essências e em pastas de dentes na perfumaria (BOISDE; MEULY, 2007). Apesar do seu amplo uso na indústria alimentar e cosmética, atualmente o estudo das cumarinas tem-se focado principalmente no seu potencial farmacoterapêutico, uma vez que são compostos que apresentam atividade biológica (BORGES et al., 2005). É por exemplo o caso do dicumarol e da varfarina, agentes anticoagulantes derivados sintéticos da cumarina, muito utilizados na prática clínica (BAIRAGI et al., 2012).

2.4.1.3 Taninos

Os taninos estão presentes em muitas espécies de plantas, e encontram-se em abundância na madeira, na casca e nas folhas. Pertencem a um grupo de compostos fenólicos provenientes do metabolismo secundário das plantas e são definidos como polímeros fenólicos solúveis em água que precipitam proteínas (HASLM, 1996). Apresentam alto peso molecular variando entre 500-3000 Da, e contém grupos hidroxilafenólicos em quantidade suficiente para permitir a formação de ligações cruzadas com proteínas (DESPHANDE et al., 1986). Apresentam características como solubilidade em água, exceto os taninos de elevado peso molecular; habilidade de ligar-se a proteínas, e combinar-se com celulose e pectina para formar complexos insolúveis (PNTTO, 2003). São classificados em dois grupos de acordo com sua estrutura única: taninos hidrolisáveis e taninos condensados ou proantocianidinas (SALUNKHE et al, 1990) .

Os taninos hidrolisáveis estão presentes em folhas, galhos, cascas e madeiras das árvores. São constituídos de misturas de fenóis simples, tais como o pirogalol e ácido elágico, e também ésteres do ácido gálico ou digálico com açúcares, como a glicose (HERGERT, 1989). São unidos por ligações éster-carboxila, sendo prontamente hidrolisáveis em condições

ácidas ou básicas (HAGERMAN; BUTLER, 1981). A unidade básica estrutural desse tipo de tanino é um poliol, usualmente D-glucose, com seus grupos hidroxilas esterificados pelo ácido gálico - galotaninos ou pelo hexadihidroxifênico - elagitaninos. Já os taninos condensados ou proantocianidinas são constituídos por unidades flavanol: flava-3-ols (catequina) ou flavan 3,4-diols (leucoantocianinas). Eles estão presentes em maior quantidade nos alimentos normalmente consumidos (SALUNKHE et al., 1990). Podem conter de duas a cinquenta unidades flavanóides; possuem estruturação complexa; são resistentes à hidrólise, mas podem ser solúveis em solventes orgânicos aquosos, dependendo de sua estrutura. Os pigmentos antocianidinas são os responsáveis por um vasto conjunto de nuances rosa, vermelha, violeta e azul em flores, folhas, frutos, sucos e vinhos. Também são responsáveis pela adstringência de frutas, sucos e vinhos, e em muitos casos são compostos bioativos em plantas medicinais (PINTO, 2003).

Sabe-se que o tanino, sendo uma substância amplamente distribuída entre as plantas, em algumas espécies alcança uma concentração superior a 40% na casca, sendo este o local de maior concentração deste produto, o que permite a sua exploração comercial, que é feita através da casca e/ou do cerne da madeira (PASTORE JUNIO, 1977). Geralmente, os taninos ocorrem mais abundantemente nas células do raio e no parênquima longitudinal do cerne. Já o alburno contém pouco ou nenhum tanino. Nas cascas, quase sempre ocorrem nas células corticais (BROWN et al., 1952). Em pesquisa, Cadahía et. al., (1996) mostraram que existe uma grande quantidade de taninos na madeira, na casca e nas folhas de algumas espécies de *Eucalyptus*, existindo uma alta variação qualitativa e quantitativa dessas combinações, dependendo do tecido vegetal, da espécie e da proveniência da árvore. Foi determinado por Mori (1997), um rendimento em taninos na casca de *Eucalyptus grandis* em torno de 6,4%, após extração aquosa.

Muitas atividades fisiológicas humanas tem sido atribuídas aos taninos, como a estimulação das células fagocíticas e a ação tumoral, e atividades anti-infecciosas (LOGUERCIO, 2005). Em processos de cura de feridas, queimaduras e inflamações, os taninos auxiliam formando uma camada protetora (complexo tanino-proteína e/ou polissacarídeo) sobre tecidos epiteliais lesionados, permitindo que, logo abaixo dessa camada, o processo de reparação tecidual ocorra naturalmente (MELLO; SANTOS, 2001). Em patologias estomacais, o mecanismo de ação é bem semelhante, com a formação de uma camada de tanino-proteína complexados que envolvem a mucosa estomacal (HASLAM, 1989). Segundo Carbonezi et al., (2007) o mecanismo de atividade antioxidante atribuída aos flavonóides e taninos auxilia no processo de cura, já que os radicais livres são um fator

importante na formação de lesões ulcerativas e erosivas do trato gastrointestinal.

Os taninos já são utilizados a milhares de anos no processo de curtimento vegetal e em outras etapas do processo de curtimento do couro, além de serem combinados a outros tipos de curtimento, como o sintético por exemplo. Também são utilizados na produção de solas de sapatos, porém, com o aumento do uso de materiais sintéticos na fabricação de solas, o curtimento vegetal de couro para este fim diminuiu de forma significativa (PACHECO, 2005). Taninos condensados têm sido usados para fabricação de polímeros e resinas segundo Battestinet al., (2004), sendo utilizados como um meio para reduzir o fluxo de água em barragens, na produção de borrachas, estabilizar o solo em fundações de construções, na fabricação de conglomerados e laminados de madeira. São também utilizados como agentes floculantes ou coagulantes para o tratamento de água (BATTESTIN et al., 2004).

Taninos também estão presentes em bebidas de consumo humano, nas quais são responsáveis pelo sabor adstringente de várias bebidas como vinhos, sucos de frutas, chás. O ácido tânico é utilizado na produção de cerveja para reduzir a concentração protéica pela precipitação como complexos taninoproteicos (REINOLD, 1999). Os flavan-3-óis, proantocianidinas e antocianidinas possuem grande importância para o desenvolvimento de sabor e aparências do vinho tinto em seu processo de envelhecimento (SINGLETON, 1992).

Foi estudado que os taninos possuem atividade de estimulação de células fagocíticas, atividade tumoral hospedeiromediador e ações anti-infecciosas (COWAN, 1999). Plantas ricas em taninos são amplamente empregadas na medicina tradicional para diversos distúrbios funcionais, como hipertensão arterial, diarreia, reumatismo, problemas estomacais, alterações renais e hemorragias. São ainda antioxidantes, sequestradores de radicais livres e interceptam o oxigênio ativo formando radicais estáveis (SANTOS; MELLO, 2007).

Na nutrição animal, os taninos podem produzir efeitos positivos aumentando a quantidade de proteína disponível no intestino delgado, eliminando parasitas, reduzindo a quantidade de proteína digerida no rúmen e diminuindo o timpanismo espumoso (MUELLER-HARVEY, 2010).

No Brasil, milhares de toneladas de casca de eucaliptos são geradas, tanto nas indústrias de celulose como nas serrarias e na produção de postes e moirões. A extração de taninos dos resíduos produzidos poderia ser uma nova opção de uso de tais resíduos, pois a diversidade de espécies e a adaptabilidade do gênero *Eucalyptus* o colocam em grande vantagem com relação às espécies tradicionalmente usadas, além disso, representa mais uma opção de destino para os resíduos gerados pela utilização da madeira.

2.4.1.4 Flavonoides

Os flavonóides representam um dos grupos fenólicos mais importantes e diversificados entre os produtos de origem natural. Mais de cinco mil flavonóides são conhecidos atualmente. Aqueles de origem natural apresentam-se geralmente, oxigenados e um grande número deles ocorre conjugado com açúcares (ZUANAZZI, 2007).

São um grupo de importantes metabólitos envolvidos em diferentes funções do crescimento e desenvolvimento das plantas. Essas funções estão envolvidas na polinização, atração de vetores animais, na reabsorção de nutrientes minerais de folhas senescentes e na dispersão de sementes. Estão também envolvidos na promoção de vantagens competitivas para o crescimento em situações de estresse, aumentando neste caso, a tolerância a fatores abióticos e a defesa contra patógenos e herbívoros. Devido sua importância, esse grupo de compostos fenólicos está presente em todo reino vegetal (ANDERSEN; MARHAM, 2006).

Entre as propriedades dos flavonoides destacam-se a capacidade de sequestro de radicais livres, uma grande atividade antioxidante na prevenção da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade e inibição de enzimas hidrolíticas e oxidativas como as lipoxigenase, cicloxigenase, fosfolipase (SILVEIRA, 2012). Como captadores de radicais livres, os flavonóides podem interagir com sistemas biológicos, inibindo ações que são prejudiciais para o organismo, atuando, por exemplo, na proteção antibacteriana e cardiovascular (SOUTINHO, 2012).

Esses metabólitos secundários, especialmente as antocianinas, junto com os flavonóis e as flavonas, são os pigmentos responsáveis pela coloração de muitas flores e de alguns frutos, ocorrendo, no mesofilo e na epiderme das folhas, e estão presentes na cutícula epidérmica dos frutos (BRUNETON, 1991).

Os pigmentos originados pelos flavonóides são importantes componentes utilizados no tingimento de couros, na manufatura do cacau e contribuem na nutrição e no sabor dos alimentos, como frutos e vegetais (ZUANAZZI, 2007). Nas bebidas os flavonóides estão presentes nos vinhos, principalmente tintos, nos chás e, em menor quantidade, nas cervejas (PIETTA, 2000). Na indústria farmacêutica, são utilizados pelas ações anticarcinogênica, antiinflamatória, antialérgica, antiulcerogênica e antiviral (ZUANAZZI, 2007).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em um povoamento de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* localizado no campus do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) campus São João Evangelista, município de São João Evangelista. O referido município encontra-se localizado na bacia hidrográfica do Rio Doce (sub - bacia do Suaçuí Grande), região Centro Nordeste do Estado de Minas Gerais, apresentando os seguintes dados de localização e climáticos: coordenadas geográficas 18° 32' 52" de latitude Sul e 42°45'48" de longitude Oeste e altitude média de 690m. O clima é classificado como CWA pelo sistema internacional de Köppen (KÖPPEN, 1936), inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média de 15°C, com índice médio pluviométrico anual de 1.081 mm (CORREIA et al., 2013).

O povoamento foi instalado sobre Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com o horizonte A proeminente, textura arenosa, relevo plano e a 710 m de altitude, e espaçamento 3 x 1 m.

3.1 Coleta e processamento das amostras

Foram coletadas amostras de folhas, galhos, cascas e madeira de três indivíduos aleatórios do povoamento. Os indivíduos amostrados apresentavam DAP médio de 16 cm. Após a coleta, as amostras tiveram seu tamanho reduzido para facilitar o transporte e 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 ao ar livre e protegidas do sol para redução da umidade. Após a secagem, as amostras foram moídas para redução das dimensões em moinho de facas do tipo Wiley, e peneiradas em um conjunto de peneiras de 40 e 60 "mesh", sendo que os materiais utilizados foram os que ficaram retidos na peneira de 60 "mesh". Os materiais em seguida foram armazenados em recipientes completamente fechados, protegidos da luz e umidade do ar. Posteriormente foi determinada a umidade em base seca pelo método gravimétrico, em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, conforme a equação 1.

$$U_{bs} = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

Equação 1

Onde:

U_{bs} = Umidade na base seca (%).

M_u = Massa úmida (g).

M_s = Massa seca (g).

3.2 Extração dos compostos fenólicos

Para a extração dos compostos fenólicos foram utilizados o correspondente a 600 mg de cascas, folhas, galhos e madeiras 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 feitos um extrato de cada compartimento arbóreo e indivíduo, totalizando 12 extrações.

3.3 Quantificação

A quantificação de fenóis totais foi pelo método de Folin-Denis. A curva de calibração foi preparada à partir das medidas de absorbância de solução padrão de ácido tânico (100mg/1000mL), em alíquotas de 20; 40; 80; 120; 160; 200 e 240 μ L em tubos de ensaio. Nesses volumes foi adicionada 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 a reação ocorrer, as soluções foram deixadas por 30 minutos no escuro. Posteriormente as leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV/VIS IL 593 em 760 nm. De posse dos dados de concentração da solução padrão e absorbância foi gerada equação de regressão e seu respectivo coeficiente de determinação, e as quantificações dos extratos foram feitas em duplicata.

3.4 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas em duplicata e os teores de compostos fenólicos nos diferentes compartimentos arbóreos foram analisados estatisticamente. Para as análises estatísticas, foram realizadas análises de variância e quando verificada diferença estatística foi

aplicado o teste Tukey, a 5% de significância, com o emprego do software SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADO E DISCUSSAO

Os valores médios de compostos fenólicos encontrados em folhas, cascas, galho e madeira, estão apresentados na tabela a seguir, os valores em parênteses correspondem aos respectivos desvios:

Rendimento gravimétrico de compostos fenólicos quantificados apartir de folha, galho, casca e madeira de *Eucalyptus urograndis*:

Compartimento	Fenol (%)
Madeira	0,55 (0,22)a
Galho	2,74 (0,25)b
Cascas	4,43 (1,20)c
Folha	4,71 (0,40) c

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

Fonte: MIRANDA, 2021.

Analisando os resultados acima apresentados é possível obsevar que as folhas apresentaram maioresteores emfenólicos totais(4,71%), seguido pelas cascas (4,43%) e galhos (2,74%), sendo que a madeira apresentou o menor teor de fenóis (0,55%).

As folhas apresentam dentre outros compostos fenólicos, grande quantidade deflavonóides, que possuem uma enorme gama de funções como proteger a integridade dos cloroplastos e proteger contra o dano oxidativo causado pela radiação UV, sendo as folhas geralmente as mais expostas (AGATI, 2012), o que justifica o maior teor destes compostos nas folhas em relação aos demais órgãos analisados. Já as cascas possuem função de proteção das plantas, o que justifica o teor de fenóis encontrado, uma vez que os compostos fenólicos atuam como agentes antipatogênicos. Já a quantidade de fenólicos encontrados nos galhos, justica-se maior do que o encontrado na madeira pelo fato do elevado percentual de cascas nos galhos, o que pode ter aumentado significamente o teor de fenóis no material.

De acordo com a estatística descrita anteriormente, a um nível de 5% de significância, as folhas e cascas não apresentaram diferença significativa entre si, difererindo-se estatisticamente dos galhos e da madeira, os quais também apresentaram diferença significativa entre si segundo o teste de Tukey.

Segundo a literatura, para folhas de *Eucalyptus globulus*, Almeida et al. (2009)

encontraram valores máximos de 311 ± 20 mgEAG/g (3,11%), utilizando como solvente água deionizada sob agitação de 500 rpm a 40 °C. Coelho (2013) encontrou 0,872 mgEAG/g para a mesma espécie utilizando etanol a 50% (v/v) em banho-maria a 40 °C, e Fortes (2016) obteve 154,4 mgEAG/g (1,54%) para o *E. microcorys* utilizando metanol a 50% (v/v) em banho ultrassônico.

Ribeiro 2011, analisou os teores de compostos fenólicos e taninos em folhas de barbatimão, as quais foram coletadas em diferentes épocas do ano e em diferentes posições na copa. A autora, verificou maiores teores de fenóis totais e taninos em foliólulos coletados nos meses de maio e setembro, meses com menores índices pluviométricos. Segundo a autora, os teores destes compostos existentes no vegetal podem ser influenciados por vários fatores abióticos, como déficit hídrico, luz e temperatura, pois estas variáveis regulam a atividade de enzimas presentes tanto no metabolismo primário como no metabolismo secundário do vegetal, a exemplo a enzima fenilalanina amônia-liase (PAL).

Outra fonte de variação também verificada por Ribeiro,(2011) é com relação à posição dos foliólulos na copa. Os foliólulos localizados no topo e na base da copa apresentaram maiores teores de fenóis e taninos, diferindo estatisticamente da posição meio da copa. Em que a copa e a base estão mais expostas à radiação, assim para evitar a oxidação sintetizam maiores quantidades de compostos fenólicos, em destaque aos flavonóides.

Sartoriet 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 (4,01%) de extrato.

Santos et al., (2011) relataram o conteúdo de fenóis totais em extratos de água, metanol e metanol:água de cascas de *E. globulus*, como 115,3 (1,15%); 409,7 (4,09%) e 413,8 (4,13%) mg de EAG/g de extrato, respectivamente. Luís et al., (2014) em extrato etanol: água (75:25) de cascas de *E. globulus* encontraram rendimento de 253,1 mg EAG/g (2,53%) de extrato. Puttaswamy et. al., (2014) relataram para extratos de metanol:água de cascas de *E. tereticornis* rendimento na ordem de 198 mg EAG/g (1,98%) de extrato.

Para teor de fenólicos 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 *Eucalyptus* 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 extrações foram obtidas com metanol e metanol:água.

Pesquisas em relação a quantificação fenólica em galhos de *Eucalyptus* são escassas na literatura. Sendo assim, o presente trabalho apresenta importante informação sobre o assunto, uma vez que a variável em questão foi avaliada.

O método de quantificação, o solvente empregado, época de coleta, localização, entre outros factores podem resultar em resultados diferentes para uma mesma espécie. Devido a isso, 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 em seus diferentes compartimentos, visto a grande abundância destes materiais na natureza, em que muitos correspondem resíduos.

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, mas com a desvantagem da formação de um precipitado que interfere nas leituras espectrofotométricas (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA-RAVENTÓS, 1999 citado por SILVA, 2007). 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.

5 CONCLUSÃO

Os teores de compostos fenólicos nos diferentes compartimentos de um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com emprego de etanol a 50% (v/v) foi de 0,55% na madeira, 2,74% nos galhos, 4,43% nas cascas e 4,71% nas folhas.

Os resíduos gerados pelas florestas de *Eucalyptus* apresentam grande potencial para extração de compostos fenólicos.

REFERÊNCIAS

- AGATI, G. et al. Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. **Plant Science**, v. 196, n. 1, p. 67-76, nov. 2012.
- ALMEIDA, I.F.; FERNANDES, E.; LIMA, J. L.F.C.; VALENTAO, P.; ANDRADE, P. B.; SEABRA, R. M.; COSTA, P. C.; BAHIA, M. F. Oxygen and nitrogen reactive species are effectively scavenged by *Eucalyptus globulus* leaf water extract. **Journal of Medicinal Food**, v.12, n.1, p.175-179, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. 2013. Anuário estatístico ABRAF - ano base 2012. Brasília, 146p. **Statistical Year Book** – Base Year 2011. Brasília.
- ANDERSEN, M; MARKHAM, R. Flavonoides: chemistry, biochemistry, and applications. **Taylor & Francis**, 2006.
- BAIRAGI, S. H.; SALASKAR, P. P.; LOKE, S. D.; SURVE, N. N.; TANDEL, D. V.; DUSARA, M. D. Medicinal significance of coumarins: A review. **International Journal of Pharmaceutical Research**, 4(2), 16–19, 2012.
- BARROS, P.L.C.; NUMAZAWA, S.; BARROS, D.S.; FERREIRA, J.E.R. Quantificação de resíduos de exploração e de árvores de queda natural em florestas manejadas na Amazônia: O caso da Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda. Belém: **Universidade Federal Rural da Amazônia**, 2007. 48p. (Relatório técnico).
- BATTESTIN, V.; MATSUDA, L.K.; MACEDO, G.A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alim. Nutr. Araraquara**, v.15, n.1, p.63-72, 2004. Disponível em: <http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/58/75>. Acesso em: 06jul. 2021.
- BAUER, S. R. T. Resíduos da exploração florestal de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden para geração de energia elétrica. **Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP**, 2001. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- BERED, F.; NETO, J. F. B.; CARVALHO, F. I. F. Marcadores moleculares e sua aplicação no melhoramento genético de plantas. **Ciência Rural [online]**. 1997, v. 27, n. 3, pp. 513-520. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84781997000300026>>. Acesso em: 06 jul. 2021.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 37, p. 99-106, 1998.
- BOISDE, P. M., e MEULY, W. C. (2007). Coumarin. In John Wiley e Sons Ltd. (Ed.), **Encyclopedia of Chemical Technology** (5a ed.). Chichester
- BOULEKBACHE-MAKHLOUF, L.; SLIMANI, S.; MADANI, K. Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of fruits of *Eucalyptus globulus* cultivated in Algeria. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 41, p. 85–89, 2013.

BORGES, F.; ROLEIRA, F.; MILHAZES, N.; SANTANA, L.; URIARTE, E. Simple coumarins and analogues in medicinal chemistry: occurrence, synthesis and biological activity. **Current medicinal chemistry**, v. 12, 2005. <http://doi.org/10.2174/0929867053507315>

BORLINGHAUS J.; ALBRECHT F.; GRUHLKE M. C. H.; NWACHUKWU I. D.; SLUSARENKO A. J. Allicin: chemistry and biological properties. **Molecules**, v.19, p. 12591– 12618, 2014.

BORN, S.L; API, A.M; FORD, R.A.; LEFERVER, F.R; HAWKINS, D.R. Comparative metabolism and kinetics of coumarin in mice and rats. **Food and Chemical Toxicology**, 41: 247-258, 2003.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. Forest products and wood science: an introduction. Ames-Iowa. **Blackwell Publishing**, 558p, 2007.

BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis x urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 317-330, 2011.

BRITO, E. O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 4, n. 26, p. 34-39, 1996.

BROWN, H. P.; PANSHIN, A. J.; FORSAITH, G. C. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw-Hill. v. 2, p. 736-744, 1952

BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field guide to Eucalyptus**, 2nd edition, v. 3, Melbourne, Australia: Bloomings Books, 2004.

BRUNETON, J. **Elementos de fitoquímica y de farmacognosia**. Zaragoza: Acribia S.A., 1991.

CADAHÍA, E.; CONDE, E.; VALLEJO, M. G.; SIMON, B. F. Gel permeation chromatograph study of the molecular weight distribution of tannins in the wood, bark and leaves of *Eucalyptus* spp. **Chromatographia**, v. 42, n. 1, p. 95-100, 1996.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Parâmetros cinéticos de adesivos produzidos a partir de taninos de *Anadenanthera peregrinae* *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 767-775, 2012.

CAROCHO, M.; FERREIRA, I.C.F.R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, v. 51, p.15-25, 2013.

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

CASTRO, A. F. N. M. **Potencial dos resíduos florestais e dos gases da carbonização da**

madeira para geração de energia elétrica. 2014. 110 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS (CI FLORESTAS). **Aspectos botânicos do eucalipto.** Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=eucalipto>>. Acesso em: 08 jul. 2021.

COELHO, A. L. R. **Otimização da extração sólido-líquido de antioxidantes de subprodutos florestais pelo método de superfície de resposta.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2013.

CORREIA, A. C. G. et al. Volume de substrato e idade: influência no desempenho de mudas clonais de eucalipto após replantio. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 185-191, 2013.

COSTA, J. **Qualidade da madeira de Eucalyptus Urograndis , plantado no distrito federal , para produção de celulose craft.** Dissertação de mestrado, Brasília, 2011.

CRUZ, E. C. **Quantificação volumétrica do material lenhoso de espécies da floresta tropical úmida de terra firme no Distrito Agropecuário da SUFRAMA.** Manaus: INPA/FUA, 92p, 1985. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas).

DESPHANDE, S.S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D.K. Tannin analysis of foods products. **CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v.24. p. 401-449, 1986.

EMBRAPA: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/index.htm>. Acesso em: 01 jul. 2021.

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

FERREIRA, C. D. S., et al. Phenolic Compounds in Extracts from *Eucalyptus globulus* Leaves and *Calendula officinalis* Flowers **Journal of Natural Products and Resources**, Tamilnadu, v. 2, n. 1, p. 53-57, 2016.

FERNANDES, F.H.A.; SALGADO, H.R.N. Gallic Acid: Review of the Methods of Determination and Quantification. Analytical Chemistry. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**. 1040-8347 (Print) 1547-6510 (Online), 2015.

FILHO, E. P.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná. **Embrapa Florestas** (Colombo-PR), 45 p. 2006.

FREDERICO, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal.** 85 f. (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FREIRE, C. S. R.; **Compostos orgânicos de baixo peso molecular de Eucalyptus globulus: comportamento durante o cozimento Kraft da madeira e branqueamento da pasta celulósica.** Tese de doutorado, Universidade de Aveiro, 2003.

FOELKEL, C. Casca da árvore do eucalipto: aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando à produção de celulose e papel. **Eucalyptus Online Book and Newsletter**, 2006.109p. Disponível em:

<http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/capitulo_casca.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2021.

FOELKEL, C. Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura.

Eucalyptus Online Book & Newsletter, 2007, 48 p. Disponível em: <

http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf>. Acesso em: 05 Jul. 2021.

FOELKEL, C. **Casca da árvore de eucalipto**. 2005.

FORTES, G. A. C. **Isolamento, identificação, atividade antioxidante e variabilidade temporal de compostos fenólicos de folhas de Eucalyptus microcorys F. Muell.** Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

FONSECA, A.M. Constituents and antioxidant activity of two varieties of coconut water (*Cocos nucifera L.*). **Rev Bras Farmacogn** v.19, p.193-198, 2009.

GARCIA-VALLEJO, M. C.; CADAHIA, E. F.; CONDE, E. M.; FEMANDEZ, M. B. **Holzforchung**. 51,119, 1997.

GOMES, A. **Encapsulação de ácido gálico em sistemas emulsionados: efeito da composição das fases**. 140f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos. Campinas, 2015.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa-MG: 2007. p. 25-54.

GRATTAPALIA, D, KIRST, M. *Eucalyptus* applied genomics: from gene sequences to breeding tools. **New Phytologist** 179:911-929, 2008.

GUIMARAES, C.C.; SCHUMACHER, M. V.; WITSHORECK, R., SOUZA, H. P.; SANTO, J. C. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden no Pampa gaúcho. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.873-882, 2015.

GULLICHEN, J.; PAULAPURO, H.; **Forest products chemistry**. OyHelsinki: Fapet Oy. Book 3, 350 p. 2000.

GUTÉRREZ, A.; DEL RÍO, J. C.; MARTINEZ, M. J. A. T.; MARTINEZ, A. T. Lipophilic extractives in process water during manufacturing of totally chlorine free kraft pulp from eucalypt wood. **Trends in Biotechnology**, 19(9), p. 340-348.2001.

HAGERMAN, A.; BUTLER, L.G. The specificity of proanthocyanidin-protein interactions. **J.Biol.Chem.** v.256, p.4494-4497. 1981.

HASLAM, E. **Chemistry of vegetable tannins**. London: Academic Press, 1966. 179 p.

HASLAM, E. Plant Polyphenols, Vegetable Tannins Revisited. **Cambridge University Press**, Cambridge, 1989.

HERGERT, H.J. Condensed tannin in adhesives: introduction and historical perspectives. In: HEMINGWAY, R.W. et al. (Ed). **Adhesives from renewable resources**. Washington: American Chemical Society, p. 155-171. 1989.

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.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Ibá 2020**. IBÁ, 34p. 2020. Link para acesso: <[http// https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf](https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf)>. Acesso em: 24 jul. 2021.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 12ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1998.

JUNG, U.J.; LEE, M.K.; PARK, Y.B.; JEON, S.M.; CHOI, M.S. Antihyperglycemic and antioxidant properties of caffeic acid in db/db mice. **J Pharmacol Exp Ther**, v.318, p.476-483, 2006.

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

KÖPPEN, W. **Das geographische system der klimate**. Berlin: Gerbrüder Bornträger, 44 p. 1936.

KUENZIG, W.; CHAU, J.; NORKUS, E.; HOLOWASCHENKO, H.; NEWMARK, H.; MERGENS, W.; CONNEY, A.H. Caffeic and ferulic acid as blockers of nitrosamine formation **Carcinogenesis** v.5, 1984.

LAVABRE, M. **Aromaterapia: a cura pelos óleos essenciais**. 5ed. Rio de Janeiro: Nova Era, 2001.

LIMA, M. A. et al. Effects of pretreatment on morphology, chemical composition and enzymatic digestibility of *Eucalyptus* bark: a potentially valuable source of fermentable sugars for biofuel production – part 1. **Biotechnology for Biofuels**, London, v. 6, n. 75, p. 001-017, 2013.

LOGUERCIO, A.P. Atividade antibacteriana de extrato hidro-alcoólico de folhas de jambolão (*Syzygium cumini* (L.) Skells). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p 366-370, 2005.

LOPES, J. L. W. et al. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 217-224, 2010.

LUÍS, A. et al. Stumps of *Eucalyptus globulus* as a source of antioxidant and antimicrobial polyphenols. **Molecules**, Washington, v. 19, p. 16428-16446, 2014.

MARTINEZ, D. T.; HIGA, A. R.; LINGNAU, C.; SILVA, I. C. **Escolha de espécies, planejamento e sistemas de produção para reflorestamento em pequenas propriedades no estado do Paraná**. Curitiba: FUPEF; 2012.

MATTILA, P.; HELLSTROM J. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. **Journal of Food Composition and Analysis**, 20: 152-160. 2007.

MATOS, F. J. A.; **Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades**. 4.ed. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2002.

MELLO, J. C.P.; SANTOS, S. C. Taninos. In: SIMÕES, C.M.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3 ed. Porto Alegre: Ed.UFRGS/Ed.UFSC, cap. 24, p.517-543.2001.

MIRANDA, A. C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus grandis***. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MOTA, M. I. F. et al. *Eucalyptus globulus* bark as a source of polyphenolic compounds with biological activity. **O Papel**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 57-64, 2013.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

MORI, F. A. **Produção de adesivos para madeira com taninos da casca de *Eucalyptus grandis***. 47 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1997.

MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture** [online], v.86, n.13, p.1097-0010, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2577>. Acesso em: 06 jul. 2021.

NACZK, M; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**. n.1054 (1/2).P. 95-111, 2004.

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.

NEVES, T. A. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando a produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.

OLIVEIRA NETO, S. N. de et al. **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária floresta**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigação Florestais, p. 190.2010.

PACHECO, J.W.F. **Curatumes**. São Paulo : CETESB, 2005. 76 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 06 jul. 2021.

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.

PANSERA, M. R., SANTOS, A. C., PAESE, K., WASUM, R., ROSSATO, M., ROTA, L. D., ... & SERAFINI, L. A. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. **Rev. bras. farmacogn**, 13(1), 17-22. 2003.

PASTORE JUNIOR, F. P. **Produção de adesivos à base de tanino**. Brasília: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal, 9 p. 1977.(Comunicação Técnica, 19).

PEREIRA, H. et al. **Qualidade e utilização tecnológica do eucalipto (*Eucalyptus globulus*)**. Lisboa: Centro de Estudos Florestais, 377 p.2010.

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

PINTO, G.A.S. **Produção de Tanase por *Aspergillus niger***. 2003. 213f. Tese (Doutorado)-UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

PINTO, S. I. C.; FURTINI, N. A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivadas em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 523- 533, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/KYXhPHfjRjNhws6zYzs9gSv/?lang=pt>Acesso em: 01 jul. 2021.

PIWOWARSKA, N.; GONZÁLEZ-ALVAREZ, J. Extraction of antioxidants from forestry biomass: Kinetics and optimization of extraction conditions. **Biomass and Bioenergy**, v. 43, p. 42-51, 2012.

PRASAD, N.R.; KARTHIKEYAN, A.; KARTHIKEYAN, S.; REDDY, B.V. Inhibitory effect of caffeic acid on cancer cell proliferation by oxidative mechanism in human HT-1080 fibrosarcoma cell line. **Mol Cell Biochem**, 2010.

PUTTASWAMY, N. Y. et al. Phytochemical composition and in vitro antihyperglycemic potency of *Eucalyptus tereticornis* bark. **Indian Journal of Nutrition**, Coimbatore, v. 1, p. 102-107, 2014.

RAJAMOHAN, N. et al. Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the removal of Aluminum by modified *Eucalyptus camaldulensis* barks. **Alexandria Engineering Journal**, Alexandria, v. 53, p. 409–415, 2014.

REINOLD, M. R. Cerveja – como assegurar a uniformidade do produto final. **Engarrafador Moderno**, n.63, p.19, 1999.

RIBEIRO, A. O. Análise anatômica e quantificação de taninos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville em diferentes estratos da copa e entre períodos de coleta. **68p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira)**. UFLA. Lavras. 2011.

ROCHA, L.B.; MELO, A.M.; PAULA, S.L.A.; NOBRE S. A. M.; ABREU I.N. Ácido gálico

como principal antioxidante da casca do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, Oct./Dec, Botucatu, 2015.

ROWELL, R. M. (Ed.). **Handbook of wood chemistry and wood composites**.2ed. New York: CRC Press, 703p.2012.

SALUNKHE, D.K.; CHAVAN, J.K; KADAN, S.S. **Dietary tannins: consequences and remedies**. Boca Raton: CRC Press, 200p.1990.

SANTIAGO, S. B.; GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C.; SEGUNDINHO, P. G. A.; PAES, B. B.; ARANTES, M. D. C. Colagem de madeira de eucalipto com adesivos naturais. **revista Matéria**, v.23, n.3, 2018.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SANTOS, S. A. O. et al. Characterization of phenolic components in polar extracts of *Eucalyptus globulus* Labill. bark by high-performance liquid chromatography-mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 59, p. 9386-9393, 2011.

SANTOS, S. C.; MELLO, J. C. P. Taninos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 2007.

SARTORI, C. J. **Avaliação dos teores de compostos fenólicos nas cascas de *Anadenanthera peregrina* (Angico-vermelho)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2010.

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, C. J.; MOTA, G. S.; MORI, F. A.; MIRANDA, I.; QUILHÓ, T.; PEREIRA, T. Bark characterization of a commercial *Eucalyptus urophylla* hybrid clone in view of its potential use as a biorefinery raw material. **Biomass Conv. Bioref.** 2021.

SCAVANACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha de Flores. **Scientia Florestalis**, n. 64, p. 23-32, 2003.

SCARPINELLA, G. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. São Paulo, 2002.

SILVA, C. H. T. P. **Validação de metodologia analítica para matéria-prima e produto**

acabdo contendo *Stryphnodendron adstringens* (Martius) Coville. Dissertação (Mestrado em Ciências farmacêuticas). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2007.

SILVEIRA, S. M. **Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante de extratos vegetais e óleos essenciais e aplicação do óleo essencial de louro (*L. nobilis*) como agente conservador natural em embutido cárneo frescal.** Dissertação de doutoramento em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 5.ed. ver. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Universidade Federal de Santa Catarina: UFRGS/UFSC. PortoAlegre/Florianópolis, 2004.

SINGLETON, V.L. Tannins and the qualities of wines. **Plant Polyphenols: synthesis, properties, significance.** v.59, p. 859-880, 1992.

SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry: fundamentals and applications.** New York: Academic Press, 231p.1981.

STURION, J.A.; BELLOTE, A. F. J. Implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento. In: Galvão APM. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais. Colombo: **Embrapa Florestas.** p. 209-219.2000.

SUFRAMA. **Potencialidades regionais: Estudos de Viabilidade Econômica, Produtos Madeireiros.** Manaus, 18p.2003.

SOARES, S. E. **Ácidos fenólicos como antioxidantes.** Rev Nutr; v.15 n. 1.P. 71-81. 2002. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/rn/a/mZxTyVMspZY9WJgC7SSFnbnh/abstract/?lang=pt&format=html>>. Acesso em : 12 jul. 2021.

SOUTINHO, S.M.A. **Avaliação dos compostos fenólicos e da actividade antioxidante de frutos vermelhos produzidos em modo biológico.** Dissertação de mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar, Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior Agrária de Viseu, 2012.

SOUZA, M. P. **Estudo comparativo dos estoques das diferentes fontes geradoras de resíduos de exploração florestal em áreas manejadas nos municípios de Anapú e Portel, Pará.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 123f.2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

SOUZA, T. F. et al. **Bioatividade de óleos essenciais de espécies de eucalipto para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 5, n. 2, p. 157-164, 2010.

SPROLL, C.; RUGE, W.; ANDDLAUER, C.; GODELMANN, R.; LACHENMEIER, D.W. HPLC analysis and safety assessment of coumarin in foods. **Food Chemistry**, 109: 462-469.2008. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.068>

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-116,

jan./jun. 1996.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A. Correlação canônica das características químicas e físicas de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 66-80, jan./mar. 2003.

TÜRK, G.; SÖNMEZ, M.; ÇERİBAŞI, A. O.; YÜCE, A.; ATEŞŞAHİN, A. Attenuation of cyclosporine A-induced testicular and spermatozoal damages associated with oxidative stress by ellagic acid. **International Immunopharmacology**, v. 10, n. 2, p. 177–182, 2010.

UZAR, E.; ALP, H.; CEVIK, M. U.; FIRAT, U.; EVLIYAĞLU, O.; TUFEK, A.; ALTUN, Y. Ellagic acid attenuates oxidative stress on brain and sciatic nerve and improves histopathology of brain in streptozotocin-induced diabetic rats. **Neurological Sciences**, v. 33, n. 3, p. 567–574, 2012.

VALVERDE, S. R. Plantações de eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, n.107, 2007. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/revistadamadeira>>. Acesso em: 01 jul. 2021.

VÁZQUEZ, G. et al. Evaluation of potential applications for chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 29, p. 364–370, 2009.

YOUNG, H. E. The complete tree concept - a challenge and an opportunity. In: **Society Of American Foresters Meeting**, Denver, set. 27 - out. 1, 1964. Proceedings. Washington, 1965. p. 231-3.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FILHO, P. J. F.; POGETTO, M. H. F. A. D. **Guia prático de manejo de plantações de eucaliptos**. FEPAF, 19p.2008.

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