



THAÍS BRITO SOUSA

**USO DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS
NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO**

LAVRAS-MG

2015

THAÍS BRITO SOUSA

**USO DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NO TRATAMENTO
DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Fábio Akira Mori

Coorientador

Dr. Gustavo Henrique Denzin Tonoli

LAVRAS-MG

2014

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Sousa, Thaís Brito.

Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água
para abastecimento / Thaís Brito Sousa. – Lavras : UFLA, 2015.

96 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)—Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador(a): Fábio Akira Mori.

Bibliografia.

1. Cascas. 2. Cerrado. 3. Coagulante. 4. Extração. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

THAÍS BRITO SOUSA

**USO DE TANINOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NO TRATAMENTO
DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 09 de julho de 2015.

Dr. Luiz Fernando Coutinho de Oliveira UFLA

Dr. Natalino Calegario UFLA

Dr. Fábio Akira Mori
Orientador

Dr. Gustavo Henrique Denzin Tonoli
Coorientador

LAVRAS-MG
2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre cuidar de mim, pelas oportunidades e experiências que me foram dadas, e claro, pelas incríveis pessoas que colocou em minha vida.

À minha família, por simplesmente ser a melhor família do mundo. Meu pai, que tanto me ajudou com a coleta do material, não medindo esforços para me ajudar. Minha mãe, por todo zelo, incentivo e brincadeiras. Meu irmão Pedro, pela ajuda valiosa com a dissertação, e por todas as risadas mesmo que por telefone.

À Day, pelo companheirismo, incentivo, carinho, e principalmente por me fazer querer ser uma pessoa melhor a cada dia.

À minha madrinha, pela amizade e por sempre me transmitir sensação de paz e de segurança.

Aos meus queridos amigos da Bahia, Mateus, Anne Marrenta, Jéssica, minha prima Camila, às meninas do IST e às meninas do vôlei.

A toda minha família (avós, tios e tias, primos e primas) por toda torcida.

Aos graduandos de Engenharia Florestal e de Engenharia Ambiental da UFLA, Gabriel, Thayane, Vinícius e Magno, por toda a ajuda neste projeto.

Às meninas do Laboratório de Anatomia da Madeira, Marcela, Cassiana, Alessandra, Marina, Graciene e Carol por terem me recebido tão bem, e pela ajuda e incentivo.

Ao meu orientador, Fábio Akira Mori, por ter me dado esse projeto maravilhoso e por toda a ajuda não só com a dissertação, mas também com as disciplinas cursadas.

Ao professor, Luiz Fernando Coutinho de Oliveira, por todos os ensinamentos e preocupação.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Ciência em Tecnologia da Madeira, pela oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a minha obtenção do título de mestre.

RESUMO GERAL

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e a savana de maior biodiversidade do mundo, entretanto, é considerado um “hotspot”, principalmente pela grande exploração das madeiras destinadas à produção de carvão vegetal. Com as restrições de uso do carvão vegetal de florestas nativas, tornou-se necessária a busca por fontes alternativas para destinação socioeconômica do material lenhoso, em que se destaca o uso das cascas. Um dos principais produtos das cascas são os taninos, metabólitos secundários que podem ser destinados a diversas finalidades, como agente coagulante no tratamento da água. Apesar das vantagens de utilizar esse material biodegradável, ainda pouco se sabe sobre as melhores condições de extração e o potencial tanífero das espécies brasileiras, e menos ainda se sabe a respeito do desempenho dessas espécies no tratamento da água. O objetivo neste trabalho foi verificar a influência do tempo e da concentração do sulfito de sódio no rendimento em taninos nas cascas de duas espécies florestais do Cerrado (*Anadenanthera peregrina* e *Tachigali aurea*), propor condições adequadas de extração dessas espécies e utilizar os taninos obtidos dessas cascas como coagulante natural no tratamento de água para abastecimento. As cascas das espécies foram coletadas no município de Barreiras-BA, as mesmas foram secas, moídas e a umidade do material determinada. A extração seguiu a metodologia usada por Mori F. A. et al. (2003), variando o tempo (2, 3 e 4 horas) e a quantidade de sulfito de sódio (0, 1, 2, 3 e 4%). O tratamento da água foi realizado pelo aparelho Jarrest, onde os taninos foram misturados com sulfato de alumínio e cloreto férrico em diferentes proporções. Para praticamente todos os parâmetros analisados nas duas espécies, a influência do tempo e do sulfito de sódio foram significativas. Para a *Anadenanthera peregrina* indicou-se 02h50min e a concentração de 3,6% de sulfito de sódio para obtenção de maior rendimento em taninos condensados, e para a *Tachigali aurea* 3h03min e 5,8% de sulfito de sódio. No tratamento da água, verificou-se que quando se utilizou os taninos isoladamente ou com os coagulantes químicos, a turbidez seguiu o padrão de clarificação da água bruta, tendo eficiência muito baixa. Uma das justificativas é o fato do material não ter passado por modificação química. Em relação ao pH, verificou-se que os taninos não alteraram o mesmo, diferentemente dos reagentes químicos, sendo esta característica interessante no tratamento da água para abastecimento.

Palavras-chave: Cascas. Cerrado. Coagulante. Extração.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest biome in South America and the savanna with the greatest biodiversity in the world, however, it is considered a "hotspot" mainly by the great timber exploitation intended for charcoal production. With the use restrictions of the charcoal from native forests, it has become necessary searching for alternative sources for the timber socioeconomic destination, which highlights the use of bark. One of the main bark products are tannins, secondary metabolites that can be for several purposes, such as coagulant in water treatment. Despite the advantages of using this biodegradable material, is still little known about the best extraction conditions and the tannins potential of the Brazilian species, and even less is known about the performance of these species in water treatment. In this study the objective was to investigate the influence of time and sodium sulfite concentration in the income in tannins in the bark of two forest species of the Cerrado (*Anadenanthera pelegrina* and *Tachigali aurea*), propose appropriate conditions of extraction of these species and use the tannins obtained from these barks as a natural coagulant in treating water for supply. Barks from the species were collected in the municipality of *Barreiras-BA*, they were dried, crushed and the material moisture was determined. The extraction followed the methodology used by Mori F. et al (2003), varying the time (2, 3 and 4 hours) and the sodium sulfite amount (0, 1, 2, 3 and 4%). The water treatment was carried out by Jarrest equipment, where the tannins were mixed with aluminum sulfate and ferric chloride in different ratios. For virtually every parameter analyzed in both species, the influence of time and sodium sulfite were significant. For *Anadenanthera peregrina* indicated to 2:50 hours and the concentration of 3.6% sodium sulfite for obtaining increased yield in condensed tannins and for *Tachigali aurea* 3:03 hours and 5.8 % sodium sulfite. In water treatment, it was found that when it was used tannins separately or with chemical coagulants the turbidity followed standard of clarify the raw water, with very low efficiency. One of the reasons is because the material has not undergone chemical modification. In relation to pH it was found that tannins have not changed the same, differently from chemical reagents, this being interesting feature in treating water for supply.

Keywords: Barks. Cerrado. Coagulant. Extraction.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral.....	10
1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Cerrado.....	15
2.2	Taninos.....	20
2.2.1	Taninos Hidrolisáveis	20
2.2.2	Taninos condensáveis.....	22
2.3	Ocorrência e localização dos taninos.....	23
2.4	Fatores que influenciam os teores de taninos	25
2.5	Extração dos taninos vegetais	27
2.6	Determinação do teor de taninos	28
2.7	Usos dos taninos vegetais.....	29
2.8	Tratamento da água – Coagulação e Floculação.....	32
2.9	Utilização de taninos vegetais no tratamento da água	35
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	39
	REFERÊNCIAS	40
	CAPÍTULO 2 Influência do tempo e do sulfito de sódio na quantificação de taninos nas cascas de <i>Anadenanthera peregrina</i> e <i>Tachigali aurea</i>	46
1	INTRODUÇÃO.....	49
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	53
2.1	Coleta e preparo do material	53
2.2	Extração dos taninos.....	53
2.3	Determinação do teor de sólidos e do rendimento em sólidos.....	54
2.4	Determinação do rendimento gravimétrico em taninos condensados (%).....	54
2.5	Estatística.....	55

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1	Experimento 1: <i>Anadenanthera peregrina</i>	58
3.2	Experimento 2: <i>Tachigali aurea</i>	64
4	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS	72
	CAPÍTULO 3 Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento	74
1	INTRODUÇÃO	77
2	MATERIAL E MÉTODOS	80
2.1	Preparo do material	80
2.2	Coagulantes	80
2.3	Experimentos	80
2.4	Ensaio de coagulação	82
2.5	Análises	83
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
3.1	Análise da turbidez	84
3.2	Análise do pH	89
4	CONCLUSÃO	94
	REFERÊNCIAS	95

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, abrangendo 15 estados brasileiros. Nele se encontram as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata. (BRASIL, 2011). Esse bioma é considerado a savana de maior biodiversidade do mundo, sendo responsável pela manutenção de um terço da biodiversidade brasileira (PAIVA, 2000).

Em relação à flora do Cerrado, Mendonça et al. (1998) compilaram um total de 6671 espécies nativas, com destaque para duas espécies de gimnospermas da família Podocarpaceae e 6060 angiospermas distribuídas em 150 famílias e 1092 gêneros, valendo ressaltar que 44% da flora é endêmica (KLINK; MACHADO, 2005). No âmbito social, esses recursos florestais também desempenham um importante papel, uma vez que grande parte da população se beneficia direta ou indiretamente dos mesmos. De modo geral, os produtos oriundos das florestas mais explorados, tanto para consumo como para exportação, são as frutas, como pequi, cagaita, mangaba, entre outras, e também a madeira, muito utilizada principalmente na produção de carvão vegetal.

Apesar de toda relevância deste bioma, o Cerrado é considerado um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, ou seja, é uma área que envolve ampla concentração de espécies endêmicas, mas sofre uma excepcional perda de habitat (MYERS et al., 2000). Sobre a vegetação, essa perda é ocasionada principalmente pela abertura de fronteiras agrícolas e pela exploração desenfreada de madeira para a produção de carvão vegetal.

Com intuito de conservar as espécies nativas do Cerrado, muitas medidas têm sido tomadas, entre as quais, a restrição imposta pelo Governo de Minas Gerais às siderúrgicas deste Estado, onde a partir do ano de 2018 não poderá ser consumido carvão vegetal proveniente de fontes nativas relativas aos

processos de desmatamento para uso alternativo do solo. Esse fato tem preocupado os produtores de algumas regiões, sobretudo os produtores do oeste Baiano, que destinavam quase o total da produção de carvão vegetal às siderúrgicas mineiras, e já há alguns anos, sabendo desse impasse, buscam fontes alternativas para destinação socioeconômica do material lenhoso obtido em novas aberturas de áreas destinadas à agricultura.

Uma dessas fontes alternativas é ampliar o uso das cascas de diferentes espécies arbóreas. Por muitos anos este material foi considerado um simples resíduo da indústria de transformação da madeira, mas atualmente já se vê alguns esforços nesse sentido, em que este subproduto é utilizado para agregar valor, sendo utilizado como combustível, leitos para animais, substrato para culturas de fungos comestíveis, corretivos para o solo, entre outros. Apesar desses variados usos, infelizmente é notório que a maior parte das pesquisas sobre as cascas tem sido restrita a utilizações que implicam um mínimo de transformação, o que tem subestimado o seu potencial. A utilização do pleno potencial das cascas implica igualmente no uso de seus constituintes secundários, o que envolverá, de certa forma, o conhecimento de seus componentes químicos, sendo a maioria destes exploráveis.

As cascas das espécies vegetais do Cerrado normalmente são bastante espessas devido a sua adaptação às condições locais e principalmente à ocorrência de incêndios florestais. Entre as potencialidades das cascas, sabe-se que a população rural costuma utilizá-las como produto medicinal, o que tem despertado a atenção para estudos mais complexos a respeito da composição química das espécies.

Um dos componentes químicos das cascas que tem se destacado são os taninos. Os taninos vegetais são extrativos que podem ser destinados a diversas finalidades, tais como: curtimento de couro, indústria farmacêutica, indústria alimentícia, entre outros. Especialmente para espécies do Cerrado, Sartori (2013)

estudou as cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e comprovou a presença de taninos condensados nesta espécie; Mori, F. A. et al. (2003) estudaram os taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) verificando a enorme potencialidade da espécie para extração destes compostos, e Carvalho (2013) comprovou sua eficiência no uso como adesivo natural para painéis de madeira reconstituída.

Outra utilização dos taninos que tem ganhado destaque é a sua aplicação como coagulante natural no tratamento da água. Sabe-se que por muitos séculos a água foi considerada um bem público de quantidade infinita. Entretanto, o crescimento da população e consequente das cidades ocasionaram um aumento significativo na quantidade de esgotos lançados nos córregos, rios, represas e lagos, próximos às aglomerações (PHILIPPI JUNIOR, 2005). Aliado a este fato, o aumento dos desmatamentos também causou impactos negativos em relação ao regime hídrico, e como agravante, estima-se que em 2025 dois terços da população do planeta irão habitar regiões com escassez de água (ORGANIZAÇÃO DA NAÇÕES UNIDAS - ONU, 1998).

As consequências da escassez e da poluição dos recursos hídricos englobam os âmbitos: social, uma vez que a má qualidade ou falta da água provoca doenças ao homem; ambiental, pois comprometem o equilíbrio dos ecossistemas, dificultando a conservação da flora e da fauna; e econômico, ao prejudicar as atividades de lazer, pesca, desenvolvimento industrial, produção de alimentos, entre outros (PHILIPPI JUNIOR, 2005). Dessa forma, o uso dos taninos vegetais no tratamento da água torna-se uma alternativa muito interessante.

Uma das formas de se promover a clarificação da água é utilizar coagulantes químicos, que apesar de apresentar eficiência no tratamento gera alguns impactos negativos no ambiente. O principal deles está relacionado ao lodo gerado, que contém muitas substâncias químicas sendo muitas vezes

descartado em outros copos-d'água, prejudicando a vida nos ambientes aquáticos. A dosagem excessiva desses coagulantes pode potencializar ainda mais os malefícios, uma vez que estes coagulantes são à base de alumínio ou ferro, e podem causar doenças severas ao homem relacionadas à coordenação motora e, em alguns casos, demência (SILVA, 1999). Por serem polieletrólitos naturais, acredita-se que utilizando os taninos vegetais como coagulante pode-se tratar a água com a mesma eficiência que os coagulantes químicos. Porém, por se tratarem de um material orgânico, os impactos negativos podem ser minimizados ou até mesmo aniquilados. Entretanto, ainda são poucos os estudos nesse sentido, e menos ainda utilizando as cascas das espécies do Cerrado, sendo necessário primeiramente descobrir o potencial tanífero das espécies, definir condições ótimas de extração para que se obtenha o máximo de rendimento em taninos, e com essas informações, realizar as pesquisas para determinada finalidade.

Com base no exposto, os objetivos neste estudo foram: verificar a influência do tempo e da concentração do sulfito de sódio no rendimento em taninos nas cascas de duas espécies florestais do Cerrado (*Anadenanthera peregrina* e *Tachigali aurea*), propor condições adequadas de extração dessas espécies e usar os taninos obtidos como coagulante natural no tratamento de água para abastecimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cerrado

O Cerrado ocupa cerca de 23% do território brasileiro, possuindo um clima estacional, com estações bem definidas com um período chuvoso, que dura de outubro a março, e seguido por um período seco, de abril a setembro, apresentando uma precipitação média anual em torno de 1.500 mm (MENDONÇA et al., 1998).

A vegetação deste bioma apresenta fisionomias que se enquadram em formações florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão); savânica (cerrado *sensu stricto*, parque de cerrado, palmeiral e vereda) e campestres (campo sujo, campo rupestre e campo limpo) (RIBEIRO; WALTER, 1998 citado por ROVERATTI, 2008).

O Cerrado apresenta vegetação xeromórfica, onde as árvores e arbustos, quase sempre, têm casca espessa e galhos e troncos torcidos, especialmente onde os incêndios são frequentes. Os ramos finais de muitas espécies lenhosas normalmente são espessos, apresentando de 1 a 3 cm de diâmetro até a ponta, dando uma aparência diferente das espécies da caatinga. As folhas das árvores e arbustos são largas, geralmente bastante grandes, grossas e duras ou mais raramente, macias e peludas como na espécie *Byrsonima verbascifolia* Rich. ex Juss (EITEN, 1972)

Entre as famílias de maior representatividade no Cerrado brasileiro, pode-se citar a família Fabaceae, que é subdividida em três subfamílias: Caesalpinoideae, Mimosoideae e Faboideae (BATALHÃO; FERREIRA, 2009). Segundo Hutchinson (1964 citado por BATALHÃO; FERREIRA, 2009) as espécies das subfamílias Caesalpinoideae e Mimosoideae são

predominantemente de regiões tropicais e subtropicais do hemisfério Sul, com poucas espécies se desenvolvendo nas regiões temperadas.

Em relação aos produtos florestais não madeireiros do Cerrado, a família Fabaceae se destaca ainda mais, sua subfamília Mimosoideae possui duas espécies que são muito apreciadas quanto ao uso das cascas: *Stryphnodendron adstringens* e *Anadenanthera peregrina* (AFONSO, 2008). Segundo Almeida et al. (1998), as cascas da primeira espécie são comercializadas para fins medicinais, sendo o estado de Minas Gerais o principal produtor. Rodrigues e Carvalho (2001) completam afirmando que a casca do caule é adstringente e cicatrizante, sendo utilizada para o combate à hemorragia, úlceras e diarreia. Além do fator medicinal, Carvalho (2013) também destaca o grande potencial econômico do barbatimão em função da ocorrência da grande quantidade de taninos produzidos em suas folhas e cascas (Figuras 1 e 2).

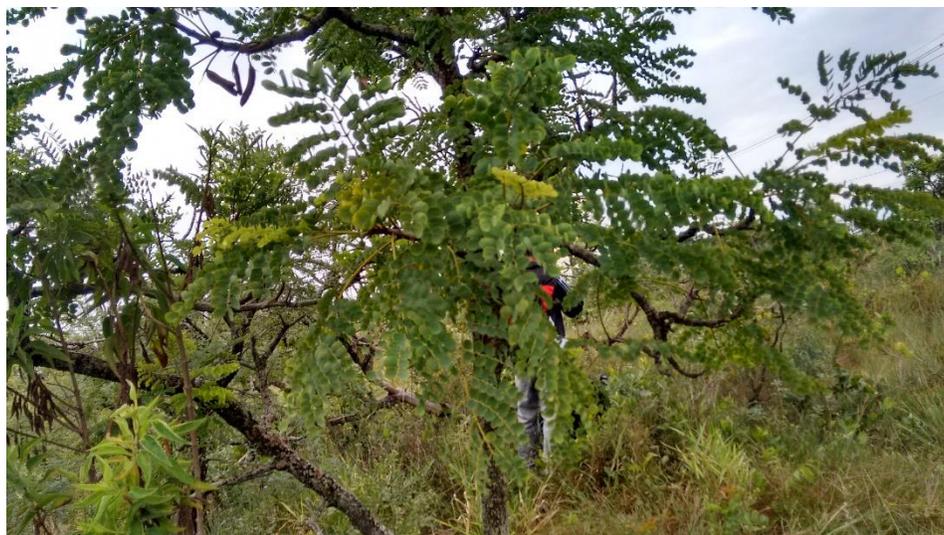


Figura 1 Folhas da espécie *Stryphnodendron adstringens*



Figura 2 Casca da espécie *Stryphnodendron adstringens*

Quanto ao angico vermelho (*Anadenanthera peregrina*), Afonso (2008), ao analisar a produção de cascas desta espécie (Figura 3), no Brasil, concluiu que mais 96% da produção são oriundas do Nordeste, com destaque para o estado da Bahia, que representa metade da produção nacional. Quanto aos principais usos, Lorenzi (2009) enfatiza seu potencial apícola, medicinal e

madeireiro, sendo este último representado principalmente na construção civil, na confecção de móveis e esquadrias, bem como para lenha e carvão. Os usos da madeira apontados por Lorenzi (2009) podem ser claramente compreendidos no trabalho de Mori, C. L. S. O. et al. (2003), em que concluíram que a madeira é pouco pesada, apresenta boa trabalhabilidade e boa aceitação de acabamentos como aceitação do verniz. Esses autores também analisaram essa madeira quimicamente, afirmando o alto teor de lignina, justificando o uso para fins energéticos e o alto teor de taninos, podendo ser utilizados para curtimento de couro ou até mesmo para adesivos.



Figura 3 Casca da espécie *Anadenanthera peregrina*

Sobre a subfamília Caesalpinoideae, algumas espécies se destacam quanto à ampla ocorrência no Cerrado brasileiro, entre elas a *Tachigali aurea*. Segundo Iglesias et al. (2011), a espécie possui folhas pinadas com 5 a 7 pares de folíolos apresentando ramos glabrescentes à esparsamente pubescentes. A madeira dessa espécie apresenta grã direita e odor desagradável, sendo um de seus principais usos a produção de lenha e carvão de ótima qualidade (CARVALHO, 2010). Sobre a casca (Figura 4), o mesmo autor revela que normalmente a espessura é de cerca de 15 mm e a casca externa tem coloração acinzentada ou castanho-claro, com fissuras e cristas sinuosas e descontínuas, formando placas mais ou menos retangulares.



Figura 4 Casca da espécie *Tachigali aurea*

2.2 Taninos

O termo tanino é proveniente da palavra francesa “tanin” e é usada para uma gama de polifenóis naturais (RÖMPP..., 1997 citado por KHANBABAE; VAM REE, 2001). Vermerris e Nicholson (2009) afirmam que este nome se refere ao processo de curtimento da pele de animais para formar o couro, sendo uma prática conhecida desde os tempos pré-históricos.

Os taninos vegetais são compostos de substâncias com uma elevada proporção de grupos fenólicos com hidroxilas livres e de diferentes graus de condensação ou polimerização (BROWNING, 1963). Pizzi (1994) salienta que a palavra tanino tem sido utilizada para definir duas diferentes classes de componentes químicos de natureza fenólica: taninos hidrolisáveis e taninos condensados.

2.2.1 Taninos Hidrolisáveis

Os taninos hidrolisáveis estão presentes em folhas, galhos, cascas, frutos e madeiras de várias árvores como, por exemplo: *Terminalia*, *Phyllanthus* e *Caesalpinia*, entre outros gêneros (BATTESTIN; MATSUDA; MACEDO, 2004). São compostos por oligômeros de tanino ligados uns aos outros por ligações de éster, que podem ser quebradas por hidrólises ácida ou alcalina dando origem a pequenas moléculas (LEWIN; GOLDSTEIN, 1991). 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) (BATTESTIN; MATSUDA; MACEDO, 2004).

Segundo Lewin e Goldstein (1991), os taninos hidrolisáveis são subdivididos em galotaninos e elagitaninos (Figura 5) conforme o produto da

hidrólise (ácido gálico, ácido elágico e materiais relacionados). Os galotaninos apresentam como núcleo a glicose, enquanto os elagitaninos são iguais ao grupo dos galotaninos, mas que se formam com mais um grupo hexahidroxidofenol (ácido gálico) e glicose (SILVA, 1999). Em outras palavras, na maioria dos galotaninos se encontram unidades D-glicose que são unidas por ligações de éster do ácido gálico, enquanto os elagitaninos podem ser considerados produtos da oxidação enzimática dos galotaninos (LEWIN; GOLDSTEIN, 1991).

Para Zucker (1983) os taninos hidrolisáveis têm a função de defesa das plantas contra os herbívoros, em que Metche (1980) relatou que estes compostos estariam relacionados ao processo digestivo desses animais, dificultando-o em decorrência da complexação dos taninos com certas proteínas ligadas à produção de enzimas digestivas.

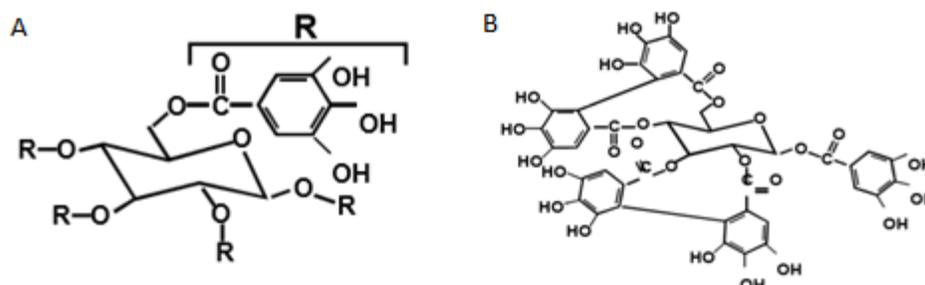


Figura 5 Estrutura do (A) galotanino e (B) elagitanino
Fonte: Battestin, Matsuda e Macedo (2004)

De acordo com Pizzi (2003), os taninos hidrolisáveis possuem certas propriedades indesejáveis, como baixa reatividade com formaldeído, baixo caráter nucleofílico e limitada produção mundial, o que os impedem de ser efetivamente utilizados para produção de adesivos fenólicos.

2.2.2 Taninos condensáveis

Os taninos condensáveis (Figura 6) são polímeros de 2 a 50 (ou mais) unidades de flavanoides, unidas por ligações carbono-carbono, que são difíceis de serem quebradas por de hidrólises (ASHOK; UPADHYAYA, 2012). Os taninos deste tipo também são chamados de proantocianidinas, provavelmente pelo fato de apresentarem pigmentos avermelhados da classe das antocianidinas, como cianidina e delphinidina. Estes taninos também apresentam uma rica diversidade estrutural, resultante de padrões de substituições entre unidades flavânicas, diversidade de posições entre suas ligações e a estereo-química de seus compostos (SANTOS; MELLO, 1999).

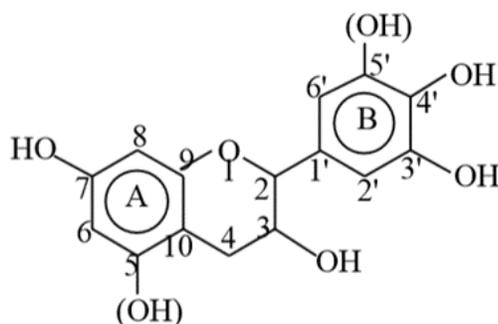


Figura 6 Estrutura do tanino condensável
Fonte: Pizzi (1983)

Os taninos condensados e seus precursores, os flavonoides, são conhecidos por possuírem uma larga distribuição na natureza e particularmente pela expressiva concentração encontrada tanto na madeira quanto na casca de várias espécies (PIZZI, 2003). A ocorrência desses compostos é comum em angiospermas e gimnospermas, principalmente em plantas lenhosas (SANTOS; MELLO, 1999).

Segundo Zucker (1983), os taninos condensáveis têm função de assegurar a defesa contra microrganismos patogênicos. Ashok e Upadhyaya (2012) salientam que os taninos também são encontrados no cerne de coníferas e podem desempenhar um papel na inibição da atividade microbiana, resultando, assim, na durabilidade natural da madeira.

Os taninos condensados consistem por unidades flavonoides em diferentes graus de condensação, estão invariavelmente associados com seus precursores, com outros flavonoides análogos, carboidratos, gomas e traços de aminoácidos (CARVALHO, 2013).

A estrutura básica dos taninos condensados, de modo geral, corresponde a copolímeros de condensação, cujas estruturas podem ser do tipo resorcinólico ou floroglucinólico no anel A e pirogalol ou catecol no anel B. O tipo resorcinólico é aquele que possui apenas uma hidroxila ligada ao carbono 7 no anel A, enquanto o tipo floroglucinólico possui hidroxilas nos carbonos 5 e 7. O anel B, tipo catecol, possui duas hidroxilas ligadas, respectivamente, aos carbonos 3' e 4', enquanto o anel B pirogalol possui hidroxilas ligadas aos carbonos 3', 4' e 5'. Em alguns taninos pode ocorrer o anel B fenólico, que possui apenas uma hidroxila ligada ao carbono 3' (PIZZI, 1983).

2.3 Ocorrência e localização dos taninos

De acordo com Zucker (1983), os taninos se encontram amplamente distribuídos nas plantas superiores, ocorrendo em aproximadamente 30% das famílias, podendo representar de 2 a 40% da massa seca da casca de várias espécies florestais (HERGERT, 1962). Sua ocorrência nas plantas está relacionada aos sistemas de proteção contra animais e microrganismos patógenos, em que deixam o material amargo ou adstringente ao paladar dos

animais e, então, menos predado, o que pode ser explicado pelo fato de os taninos se associarem às glucoproteínas salivares (SILVA, 2001).

Os taninos são encontrados com maior frequência entre as espécies de angiospermas. Contudo, nas gimnospermas, também existem alguns gêneros, como *Pinus*, *Picea* e *Tsuga*, nos quais os taninos são encontrados com frequência. Já entre as monocotiledôneas existem poucas espécies ricas em taninos; porém, a família Palmaceae representa uma exceção, já que os taninos são encontrados em algumas espécies. Entre as dicotiledôneas, há muitas famílias nas quais os taninos ocorrem em quantidades significativas, sendo as mais notáveis Leguminosae, Anacardiaceae (por exemplo, quebracho), Combretaceae, Rizoforaceae, Mirtaceae (por exemplo, eucalipto) e Polygonaceae. A família Miristicaceae é de interesse especial, por causa dos tubos taníferos distintivos que ocorrem nos raios das madeiras de todas as espécies (SILVA, 2001).

Entre as espécies tradicionalmente exploradas para a produção, destacam-se o quebracho (*Schinopsis* sp.) de ocorrência na Argentina e Paraguai, podendo conter até 25% da massa seca de sua madeira de cerne em taninos e a acácia-negra (*Acacia mollissima* e *Acacia mearnsii*), de ocorrência natural na Austrália (HASLAM, 1966; PANSHIN et al., 1962). A *Acacia mearnsii* é cultivada em várias regiões no Rio Grande do Sul e apresenta aproximadamente 28% de taninos na sua casca (TANAC, 2014). Além dessas espécies, Haslam (1966) cita como grandes produtoras o *Eucalyptus astringens* (casca contendo 40 a 50% de taninos), o mangue-vermelho *Rhizophora candelaria* e o mangue-branco *Rhizophora mangle* (casca com 20 a 30% de taninos).

Em relação às espécies produtoras de tanino no Brasil, Trugilho et al. (1997) destacam as seguintes espécies: barbatimão - *Stryphnodendron adstringens*, angico branco - *Piptadenia colubrina* Bth, angico roxo - *Piptadenia cebil griseb*, aração cagão - *Psidium ruum* M., aração piranga - *Psidium*

acutangulum, goiabeira *Psidium guajava* L., angico vermelho - *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) e angico-do-cerrado - *Anadenanthera falcata* (Benth.), sendo que Mori F. A. et al. (2003) deram maior ênfase a exploração de taninos da casca de barbatimão, uma vez que em condições ótimas de extrações o teor de taninos pode superar 30%.

A estrutura do tanino varia, dependendo da vida da planta em determinada área. Os taninos são encontrados em tecidos foliares, tecidos do broto, tecidos de sementes, tecidos da raiz e do tronco (ASHOK; UPADHYAYA, 2012). Sendo que Paes (2006) destaca que na madeira, os taninos são encontrados no cerne.

Os taninos podem ocorrer em quase todas as partes de uma planta, e podem, ainda, ocorrer em células individuais isoladas, em grupos ou cadeias de células (o mais comum) ou em cavidades especiais. Nos tecidos de planta viva os taninos estão presentes, principalmente, em soluções nos vacúolos. Com o envelhecimento da célula e a consequente perda de seu conteúdo protoplasmático, os taninos são absorvidos comumente na parede da célula.

Certas estruturas especiais da planta podem ser ricas em taninos, particularmente aquela associada com movimentos. Os taninos são encontrados frequentemente em células de glândula, nas células de pulvino (bases do ramo de folhas) e em tecidos surgidos por infecções patológicas, por exemplo, os calos de planta. Certos calos de planta constituem a fonte mais rica de taninos no reino vegetal. O tecido jovem e ativamente crescente das plantas também pode ser rico em taninos. Algumas espécies podem conter 50% de tanino em material jovem seco; porém, em geral a maior concentração de taninos em plantas saudáveis normais ocorre na casca (SILVA, 2001).

2.4 Fatores que influenciam os teores de taninos

Para Silva (2001), a idade da árvore e posição da amostra nela são fatores que influenciam os teores de taninos no vegetal. Tais fatores podem ser explicados com base nas teorias relacionadas à formação dos taninos e à anatomia da madeira. Em relação à idade da árvore, normalmente aquelas com idade mais avançada tem maior teor de taninos que aquelas mais jovens, o que pode ser explicado pelo fato de ainda não haver grande proporção de cerne na madeira jovem e as células do vegetal ainda estarem em atividade fisiológica.

Levando-se em consideração a posição da amostra na árvore, é evidente, que aquelas tiradas no cerne terão maior concentração de taninos que aquelas localizadas no alburno, da mesma forma que aquelas retiradas na casca do topo, normalmente têm menor teor de taninos que aquelas retiradas na casca da base (HILLIS, 1962), isso porque no topo há menor concentração de casca que na base.

O local de crescimento também é um fator a ser destacado. A temperatura, o solo, a pluviosidade, entre outros, são condições que podem interferir nos teores de tanino na planta (SILVA, 2001). Périco et al. (2005) concluíram em seus estudos que áreas fragmentadas com indivíduos localizados na borda e no interior de remanescentes florestais podem apresentar comportamento diferenciado em relação à produção de metabólitos secundários, como resposta às diferentes pressões ambientais. Essas mudanças, no entanto, não são permanentes e evoluem com o tempo à medida que a borda se fecha devido ao crescimento da vegetação.

Ainda em relação ao local de crescimento, Hillis (1962) afirma que a casca de árvores de *Acacia mollissima* que crescem em áreas bastante chuvosas pode conter menos taninos que a casca das que se desenvolvem em áreas menos úmidas.

As variações sazonais também é um fator influenciador importante, que segundo Monteiro et al. (2006), a síntese de substâncias tanantes possui forte

relação com a sazonalidade e a *Myracrodruon urundeuva* e *Anadenanthera colubrina* demonstram diferentes estratégias adaptativas nos períodos de estiagem e chuva, encontrando maiores produtividades em períodos secos, de agosto a novembro. Hillis (1962) afirma que a mudança de alguns taninos, para formas insolúveis em água durante o outono e inverno, podem ser responsáveis pelo decréscimo do conteúdo de taninos.

Hillis (1962) também destaca as diferenças genéticas, podendo ocasionar variações no conteúdo de polifenóis entre árvores da mesma espécie; contudo, não existem muitas informações que confirmem esta hipótese.

2.5 Extração dos taninos vegetais

A extração pode envolver diversos métodos e solventes em condições de laboratório que irão determinar a qualidade dos taninos extraídos. Assim, as condições de extração devem ser otimizadas, tendo em vista a produção de taninos com propriedades adequadas para o uso desejado (PIZZI, 1983)

Segundo o mesmo autor a extração é feita a partir de material vegetal moído à pressão atmosférica, normalmente em água quente e na presença de um sal inorgânico. O mesmo autor afirma que os sais mais utilizados são o sulfito de sódio (Na_2SO_3), o carbonato de sódio (Na_2CO_3), o hidróxido de sódio (NaOH), o dissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) e o bissulfito de sódio (NaHSO_3).

As variáveis do processo de extração consistem no sal a ser usado e em sua quantidade, na temperatura e no tempo em que ocorrerá a reação. Pizzi (1983) afirma que a temperatura de extração para mimosa varia entre 94 e 100 °C e para quebracho, pinus e noz pecan, são utilizadas temperaturas inferiores a 70 °C. Em estudos realizados por Mori, F. A. et al. (2003) foi definido que para a espécie *Stryphnodendron adstringens* a melhor condição de extração é a 70 °C

durante 3 horas utilizando 3% de sulfito de sódio em relação a massa seca do material moído.

O uso de temperaturas mais elevadas não favorece a maior retirada de materiais fenólicos, mas sim induz a uma modificação estrutural dos taninos (PIZZI, 1994).

Segundo Silva (2001) a extração aquosa de taninos condensados em presença de sulfito de sódio é chamada sulfitação, e pode ser executada com água quente ou fria. O mesmo autor ainda afirma que a sulfitação é um dos mais antigos e usuais processos de extração de taninos, sendo especialmente adequada para a produção de extratos tânicos destinados à síntese de adesivos fenólicos. Entretanto, sabe-se também que a utilização do sulfito de sódio bem como dos demais sais inorgânicos são de grande importância no processo de extração por aumentar os sítios hidrofílicos dos taninos, proporcionando assim maior extração dos mesmos.

A extração industrial consiste em uma mistura de poli e monoflavonoides, com quantidade considerável de materiais não fenólicos, principalmente açúcares e carboidratos poliméricos (PIZZI, 1983).

2.6 Determinação do teor de taninos

Para Pizzi e Mital (1994), existem vários métodos para determinação do teor de taninos, podendo ser agrupados em duas classes: métodos que determinam o conteúdo de taninos no extrato e métodos que determinam o conteúdo de material fenólico, no extrato, que reage com o formaldeído.

Entre todos os métodos, o que mais se destaca é o chamado Índice de Stiasny, pertencente à classe dos métodos que utilizam o formaldeído. Este método consiste na determinação gravimétrica dos produtos precipitados durante a reação do extrato tânico com o formaldeído em meio ácido. A reação envolve

a presença do extrato tânico tratado sob refluxo na presença de ácido clorídrico (HCl) e formaldeído, proporcionando a precipitação da fração tânica que reage com o formaldeído. Então, a mistura é filtrada, pesada e seca, expressando-se o resultado como quantidade de precipitação com formaldeído.

2.7 Usos dos taninos vegetais

a) Curtimento de couro

Há muitos séculos, os taninos vegetais são utilizados no curtimento de couro por conta de sua capacidade de se combinar com proteínas da pele animal, ou seja, a associação dos taninos com a proteína do colágeno do animal causa inibição do processo de putrefação da pele (MELO, 2008). Jorge et al. (2001) acrescentam, afirmando que capacidade de complexação e polimerização dos taninos com proteínas confere resistência e impermeabiliza a pele animal, de forma a obter couro.

b) Indústria farmacêutica

Para Haslam (1966) as atividades farmacológicas dos taninos ocorrem devido a sua capacidade de complexação com íons metálicos (ferro, manganês, vanádio, cobre, alumínio, cálcio, entre outros), a sua atividade antioxidante e sequestradora de radicais livres e a habilidade de complexar com outras moléculas incluindo macromoléculas, tais como proteínas e polissacarídeos. O mesmo autor ainda cita que plantas ricas em taninos são empregadas na medicina tradicional como remédios para o tratamento de diarreia, hipertensão arterial, reumatismo, hemorragias, feridas, queimaduras, problemas estomacais (azia, náusea, gastrite e úlcera gástrica), problemas renais e do sistema urinário e processos inflamatórios em geral.

c) Indústria alimentícia

Os taninos podem ser utilizados na fabricação de diversos produtos da indústria alimentícia. Ashok e Upadhyaya (2012) abordam sobre o uso de plantas contendo taninos na produção de chá, cerveja e de vinho, em que os mesmos autores afirmam que os taninos encontrados no vinho podem vir de diferentes fontes, como das sementes, caule e pele das uvas ou mesmo dos barris utilizados no envelhecimento do vinho. Marquette (1999) afirma que os taninos são empregados com frequência, devido ao grande impacto gustativo causado após o envelhecimento de bebidas alcoólicas. Sua principal propriedade palatável é a adstringência e o amargor (DOUSSOT, 2000 citado por SARTORI, 2013).

d) Indústria de adesivos para madeira

Segundo Pizzi (1983) os taninos hidrolisáveis podem ser utilizados na produção de adesivos para madeira por apresentarem propriedades de adesão, entretanto, por ser semelhante aos fenóis simples, possuem baixa reatividade com formaldeído. Para o mesmo autor, os taninos condensados são muito mais interessantes que os hidrolisáveis neste tipo de aplicações, por dois motivos: porque tem maior reatividade, resultante do carácter fortemente núcleo-fílico do anel A, conferindo-lhes capacidades de policondensação com formaldeído ou mesmo de autocondensação sem a presença de qualquer agente reticulador externo; e por conta de sua maior abundância na natureza, fazendo com que exista uma elevada disponibilidade desse extrativo.

e) Preservativos para a madeira

Recentemente, pesquisas têm sido desenvolvidas para determinar a viabilidade do uso de taninos em formulações de preservativos para madeira (SILVA, 2001), pois acredita-se que sejam grandes responsáveis pela

durabilidade natural de algumas madeiras. Porém, para a mesma autora, a sua baixa toxicidade relativa impede seu uso como preservativo na própria madeira, podendo ser usado como fixante de biocidas devido a suas excelentes propriedades de adesão.

f) Tratamento da água e efluentes

Para Özacar e Sengil (2003) os taninos são coagulantes naturais efetivos numa ampla faixa de pH, que elimina o uso de alcalinizantes como soda ou cal, não acrescenta metais ao processo e proporciona uma redução no volume de lodo a ser descartado. Ainda, devido a sua composição orgânica, pode ser biologicamente degradado ou eliminado termicamente.

Tais características são essenciais no tratamento da água e de efluentes, pois possibilitam que os taninos sejam desejáveis nas etapas de coagulação e floculação, minimizando alguns impactos negativos quando se utiliza coagulantes químicos, como o odor desagradável, geração de lodo orgânico e em menor quantidade, além de dispensar o uso de substâncias básicas para correção do pH. Entre os tratamentos de efluentes, a maioria dos estudos se concentra nos efluentes provenientes da indústria têxtil, já que o efluente líquido gerado é muito volumoso, requerendo maior atenção por apresentar grande potencial de danos ao meio ambiente (COLLINS; GRASSO; FARVARDIN, 1989). Os taninos utilizados para tratar esse tipo de efluente ainda estão sendo estudados a fim de se obter condições ótimas para o tratamento, o estudo feito por Couto Junior et al. (2012) apontou que para uma concentração de 400 mg.L^{-1} do coagulante natural, apenas os valores de arsênio e mercúrio apresentaram-se pouco superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA no 430/11 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2011).

2.8 Tratamento da água – Coagulação e Floculação

Na natureza existem fontes de águas tanto superficiais como subterrâneas que dispõem de água de boa qualidade para diversas atividades incluindo o consumo humano, a irrigação, processos industriais, entre outros. Porém, essas fontes de água limpa não são muito comuns, sendo necessário, na maioria das vezes, realizar diferentes níveis de tratamento antes de encaminhar a água para o consumo humano (VESILIND; MORGAN, 2011).

Em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) convencional, as operações realizadas consistem basicamente em: mistura rápida do agente coagulante, floculação, decantação, filtração rápida, desinfecção, uso do cloro para controle do pH e fluoretação (PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

As etapas de coagulação e floculação ocorrem no compartimento representado pelo item 3 na Figura 7. Na etapa de coagulação, há a necessidade da mistura rápida, em que há a dispersão do coagulante na água de forma homogênea e o mais rapidamente possível, uma vez que as reações de desestabilização dos coloides por neutralização de carga ocorrem em frações de segundo e são irreversíveis (RICHTER, 2009). Os coloides, por sua vez, são descritos por Pelegrino (2011) como partículas sólidas caracterizadas pela presença de cargas elétricas em sua superfície, as quais são responsáveis pela formação da camada de solvatação devido à atração de uma dupla camada de íons com cargas opostas. O mesmo autor afirma que essa camada adquire grande potencial elétrico na superfície de cisalhamento (potencial zeta), tornando o sistema estável, impedindo a aproximação e agregação entre os coloides (Figura 8).

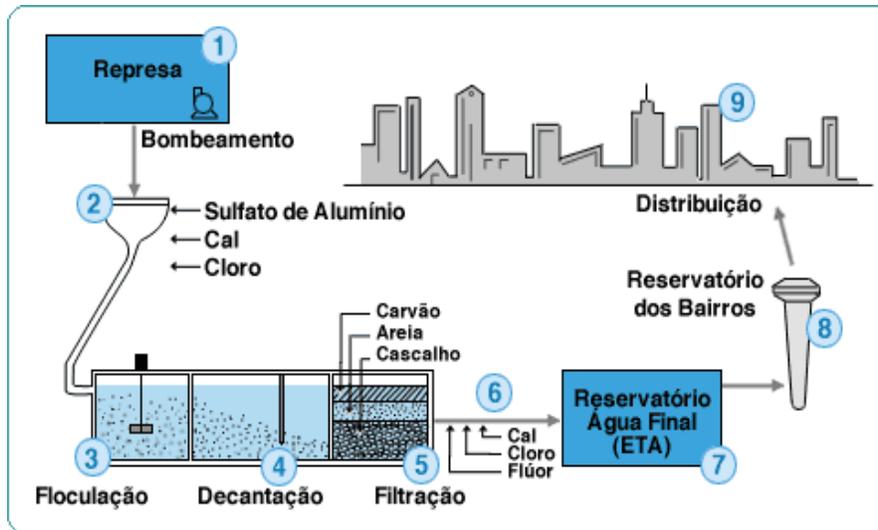


Figura 7 ETA convencional
Fonte: Águabio (2014)

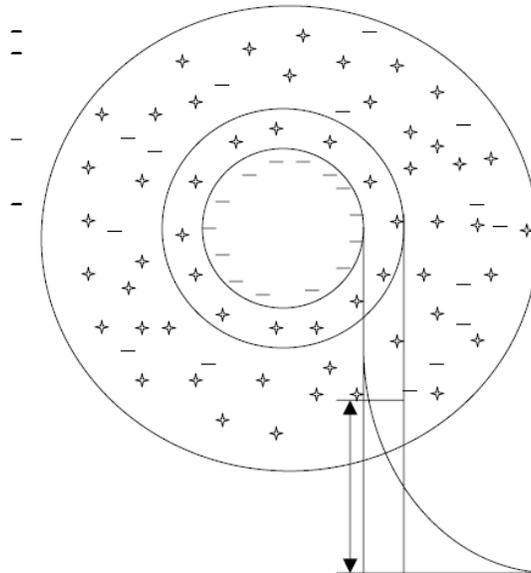


Figura 8 Esquema de um coloide
Fonte: Silva (1999)

No processo de tratamento da água a etapa de coagulação tem objetivo de desestabilizar as forças elétricas de repulsão e atração que interagem entre as partículas da solução (coloides) (Figura 9), permitindo sua agregação (CARDOSO, 2003). Após a aplicação dos produtos, ou seja, após a coagulação, ocorre a etapa de floculação (mistura lenta). Essa etapa tem como objetivo aglutinar as impurezas contidas na água (elementos e compostos químicos, bactérias, protozoários e plânctons) em partículas maiores (PHILIPPI JÚNIOR, 2005). Em resumo, a coagulação caracteriza-se pela união química das partículas coloidais formando flocos, e a floculação caracteriza-se pelo agrupamento dos flocos passando a ter densidade maior que a da água, logo, possibilitando a sua sedimentação e posterior remoção.

Entre os coagulantes mais utilizados, segundo Silva (1999) estão os de caráter ácido: sulfato de alumínio - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, sulfato ferroso - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, cloreto férrico $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; e de caráter básico: aluminato de sódio - NaAlO_2 . O autor dá maior ênfase ao sulfato de alumínio por ser o mais utilizado pelo fato de ser relativamente barato em comparação aos demais, de fácil manuseio e transporte, e por exercer efeitos desejáveis no tratamento da água como uma excelente formação dos flocos e eficiente na redução da turbidez e outros quesitos. Entretanto, afirma que este coagulante, dependendo da dosagem, é altamente tóxico e pode provocar doenças de demência e coordenação motora, devido à deficiência renal em filtrar os metais do sangue que é levado ao cérebro como o Alzheimer, mal de Parkinson e Síndrome de Down. Vale também ressaltar que todos os agentes químicos de coagulação consomem alcalinidade, logo, o tratamento deve ser feito também utilizando cal ou outro químico de caráter básico para corrigir o pH da água, que deve ficar entre 6,0 a 9,5 segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04 (BRASIL, 2004).

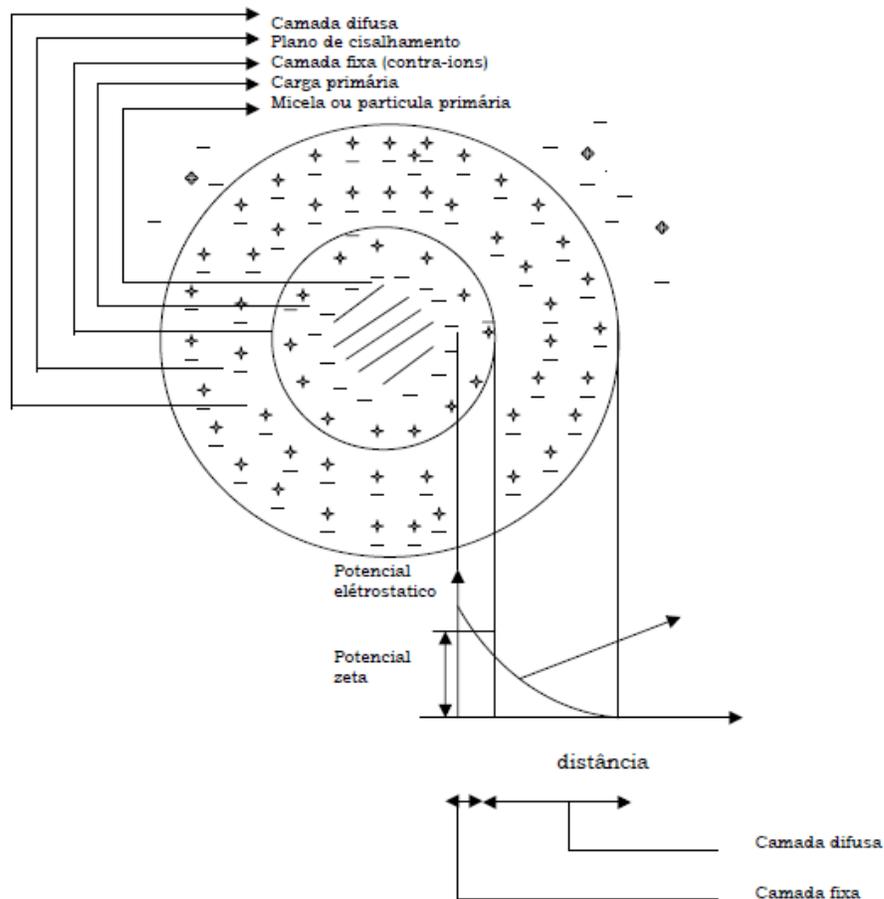


Figura 9 Esquema de um colóide após aplicação de um coagulante químico ou natural
 Fonte: Silva (1999)

2.9 Utilização de taninos vegetais no tratamento da água

Uma das alternativas no tratamento da água para abastecimento é a utilização de taninos vegetais, que são considerados coagulantes naturais. Os taninos atuam como polieletrólito, que quando combinado com sais metálicos obtém a propriedade de coagulante, desestabilizando os colóides com a

destruição da camada de solvatação, diminuindo assim o potencial de cisalhamento, isto é, o potencial zeta do processo de coagulação e floculação. Dessa forma, é possível retirar as partículas coloidais suspensas na água por sedimentação após a formação dos flocos, proporcionando uma clarificação e redução de muitos microrganismos capazes de ocasionar doenças (SILVA, 1999).

Além de ser um produto orgânico, a mesma autora destaca outra vantagem apresentada pelos taninos, que é o fato deles não alterarem o pH da água tratada, por não consumir alcalinidade do meio, ao mesmo tempo que é efetivo em uma faixa de pH's de 4,5 a 8,0.

Os taninos podem ser aplicados diretamente ou sob a forma de uma solução diluída, isolado ou em combinação com outros agentes como sulfato de alumínio, cloreto férrico, etc., em efluentes de metalurgia, papel, papelão, curtumes; indústrias alimentícias e químicas em tratamento primário e secundário; efluentes petroquímicos, nos tratamentos secundários de sistemas integrados; indústria cerâmica, na recuperação de esmaltes e separação de argilas, tratamento de água de abastecimento em estações convencionais (SILVA, 1999).

Em estudos realizados por Coral, Bergamasco e Bassetti (2009), os autores apontaram que o desempenho do tanino foi semelhante ao do sulfato de alumínio quando analisada a turbidez. Para os sólidos sedimentáveis, observou-se que a água tratada com taninos apresentou uma maior formação de sólidos em relação ao sulfato de alumínio, em que afirmam que os flocos formados pelos taninos se apresentaram mais definidos e aglutinados que os flocos formados pelo sulfato de alumínio. Para os parâmetros pH e alcalinidade, verificou-se que a água tratada com taninos apresentou resultados mais desejáveis, uma vez que este coagulante pouco alterou nesses quesitos, não sendo então necessário o uso de um outro produto para a correção do pH do meio. Os autores ressaltam que

este tipo de coagulante apresenta vantagens a serem consideradas, e que muitos estudos ainda devem ser realizados de forma a caracterizar por completo este coagulante e seu desempenho no tratamento de águas para consumo humano.

Silva (1999), em seu estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água para abastecimento e de esgoto, apresentou resultados que permitiram concluir que o coagulante à base de tanino foi mais efetivo que o sulfato de alumínio no tratamento de água bruta, pois diminuiu os teores de ferro em 90%, alumínio em 65%, zinco em 80% e não alterou teores de cloreto, dureza e condutividade elétrica, enquanto o tratamento à base de sulfato de alumínio diminuiu os teores de ferro em 70%, alumínio em 43% e o zinco em 60%. Segundo o experimento do mesmo autor, a necessidade de sulfato de alumínio ficou reduzida em 95% quando aplicado junto ao tanino.

Segundo Pelegrino (2011), os sais metálicos apesar de serem empregados para desestabilização química dos efluentes, caracterizados como agentes inorgânicos não biodegradáveis, acrescentam elementos químicos ao efluente final ou ao lodo, sendo ambientalmente menos desejáveis que os coagulantes naturais. Logo, o autor estudou o emprego do coagulante natural tanino no pós-tratamento físico-químico por coagulação e flotação do efluente de reator anaeróbio de manto de lodo de escoamento ascendente, buscando aperfeiçoar esta etapa do sistema de tratamento de esgoto. Pelegrino (2011) utilizou os taninos extraídos da casca da Acácia negra (*Acacia mearnsii*) e justificou a utilização desse composto fenólico sobre a capacidade do produto de neutralizar as cargas dos coloides pela formação de ligações em pontes e pelo fato do produto ser responsável pela formação dos flocos e conseqüentemente a sua decantação/flotação.

Cruz (2004) citou também como importante fator no emprego dos coagulantes biodegradáveis a questão do odor desagradável das estações de tratamento de efluentes, originados pela ação dos microrganismos associados

aos sulfatos reduzidos a sulfetos no processo de coagulação/floculação. Em seu trabalho este autor afirmou que em comparação com o sulfato de alumínio, o tanino catiônico, apresentou resultados muito parecidos em relação à qualidade do efluente final. Entretanto, além da vantagem em relação ao odor, a utilização do tanino também é vantajosa por apresentar menor custo, por usar uma matéria-prima renovável, pela menor contribuição de ânions sulfatos ao efluente final, menor geração de massa de lodo e obtenção de um lodo orgânico com maior facilidade de eliminação.

No entanto, vale ressaltar que o grande poder de floculação dos taninos se dá por meio da modificação dos mesmos. Beltrán-Heredia, Sanchez-Martín e Frutos-Blanco (2009) salientam que muitas pesquisas já foram encontradas a respeito de alterações químicas na estrutura dos taninos, porém, a maioria delas é patente, incluindo o processo específico utilizado pela empresa brasileira TANAC, empresa de grande destaque internacional, sobretudo na produção de taninos extraídos da árvore *Acacia mearnsii* (acácia negra) destinados principalmente para tratamento da água e curtimento de couro.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Por muitas décadas o potencial das cascas de espécies florestais do Cerrado foi ignorado, sendo estas tidas como resíduo. Entretanto, em busca de meios de agregação de valor, as cascas podem se tornar uma fonte de renda muito interessante, principalmente pelo fato de muitas delas conterem taninos em grande quantidade.

Os taninos vegetais são metabólitos secundários que podem ocorrer em várias partes da árvore, sobretudo na casca. Sendo primordial para seu uso, determinar as condições de extração que permitam a obtenção do máximo teor desses compostos fenólicos, que por sua vez, podem exercer diversas funções, entre elas, a de coagulante natural no tratamento da água.

Apesar de existirem trabalhos relevantes nesta área, pouco se sabe sobre o desempenho dos taninos de espécies florestais brasileiras no tratamento da água. Os trabalhos desenvolvidos tanto para tratamento de água para abastecimento como para tratamento de esgotos, utilizam taninos produzidos por grandes empresas a partir de espécies exóticas como a *Acacia mearnsii* (acácia negra) e *Schinopsis balansae* (quebracho).

Logo, pelo fato do Brasil ser detentor de uma das floras mais exuberantes do planeta e em meio à grande crise hídrica que tem atingido o País nos últimos anos, é fundamental que estudos busquem maior conhecimento dos taninos das espécies florestais brasileiras, a fim de caracterizar esse produto, determinar o sistema mais adequado de extração e explorar seu uso em diversas atividades, principalmente no tratamento da água.

REFERÊNCIAS

AFONSO, S. R. **Análise sócio-econômica da produção de não-madeireiros no cerrado brasileiro e o caso da cooperativa de pequi em Japonvar, MG.** 2008. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ÁGUABIO. **Tratamento de água.** Disponível em: <http://www.agua.bio.br/botao_d_1.htm>. Acesso em: 13 nov. 2014.

ALMEIDA, S. P. et al. **Cerrado: espécies úteis.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.

ASHOK, P. K.; UPADHYAYA, K. Tannins are Astringent. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, Ivano-Frankivsk, v. 1 n. 3, 2012. Disponível em: <www.phytojournal.com>. Acesso em: 1 jun. 2014.

BATALHÃO, I. G.; FERREIRA, M. A. M. M. Caracterização cariotípica de espécies de fabaceae nativas do cerrado através de bandamento c-cma3/dapi e localização de sequencias de dnr 405s e 5s através de hibridação in situ com fluorescente (fish). In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFMS, 10., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2009.

BATTESTIN, V.; MATSUDA, K. L.; MACEDO, A. G. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 1, p. 63-72, 2004.

BELTRAN-HEREDIA, J.; SANCHEZ-MARTÍN, J.; FRUTOS-BLANCO, G. *Schinopsis balansae* tannin-based flocculant in removing sodium dodecyl benzene sulfonate. **Separation and Purification Technology**, Oxford, v. 67, n. 3, p. 292-303, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS n.º 518/2004.** Brasília, 2005. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Guia de campo.** 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_df/_publicacao/148_publicacao14022012101832.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2014.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood.** New York: J. Wiley, 1963. 689 p.

CARDOSO, M. **Efeito do tipo de coagulante na produção de lodo de estação de tratamento de água**. 2003. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CARVALHO, A. G. **Utilização de adesivos tânicos de *Stryphnodendron adstringens* (mart.) coville em painéis de madeira reconstituída**. 2013. 95 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 644 p.

COLLINS, A. G.; GRASSO, D.; FARVARDIN, M. R. Evaluating preozonation as an aid to coagulation flocculation processes. In: OZONE WORLD CONGRESS, 9., 1989, New York. **Proceedings...** New York: [s. n], 1989.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 430/11**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi =646>>. Acesso em: 23 jan. 2014.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao Sulfato de Alumínio no tratamento de Águas para Consumo. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Advances in Cleaner Production, 2009.

COUTO JUNIOR, O. M. et al. Caracterização e otimização do tratamento de efluente têxtil por coagulação-floculação, utilizando coagulante natural tanino. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 14, n. 1, p. 79-90, 2012.

CRUZ, J. G. H. **Alternativas para a aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no tratamento do efluente de uma lavanderia industrial**. 2004. 62 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DOUSSOT, F. **Variabilité des teneurs en extractibles des chênes sessile (*Quercus petraea* Liebl.) et pédonculé (*Quercus robur* L.) - influence sur l'élevage des vins en barriques**. 2000. 359 p. Thèse (Doctorat) - Université du Bordeaux II, Bordeaux, 2000.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, Bronx, v. 38, p. 201-341, 1972.

HASLAM, E. **Chemistry of vegetable tannins**. London: Academic, 1966. 170 p.

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

HILLIS, W. E. **Wood extractives**. London:: Academic, 1962. 513 p.

HUTCHINSON, J. **The genera of flowering plants: dicotyledones**. Oxford: Clarendon, 1964. v. 1, 516 p.

IGLESIAS, J. O. V. et al. Listagem das Leguminosae - Caesalpinioideae no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 421-427, 2011.

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

KHANBABAEE, K.; VAN REE, T. Tannins: classification e definition. **Natural Product Reports**, London, v. 18, p. 641-649, 2001.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A Conservação do Cerrado Brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 148-155, jul. 2005.

LEWIN, M.; GOLDSTEINS. I. S. **Wood structure and composition**. New York: M. Dekke, 1991. 488 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2009. 384 p. v. 2.

MARQUETTE, B. Usage des tanins em enologie. **Revue Française d'Enologie**, Paris, n. 174, p. 26-28, 1999.

MELO, A. F. **Desenvolvimento preliminar de um biossensor enzimático para determinação de taninos hidrolisáveis**. 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MENDONÇA, R. et al. Flora vascular do cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998. p. 288-556.

METCHE, M. Tanins, nature et propriétés, Groupe Polyphénols. **Nancy**, Paris, v. 10, p. 11-32, 1980.

MONTEIRO, J. M. et al. The effects of seasonal climate changes in the Caatinga on tannin levels in *Myracrodruon urundeuva* (Engl.) Fr. All. And *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 338-344, 2006.

MORI, C. L. S. O. et al. Caracterização da madeira de Angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (Benth) speng) para confecção de móveis. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 22, p. 29-36, 2003.

MORI, F. A. et al. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n.1, p. 86-92, 2003.

MYERS, N. et al. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Economic and social council: strategic approaches to freshwater management**. 1998. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/documents/ecosoc/cn17/1998/ecn171998-2.htm>>. Acesso em: 5 dez. 2014.

ÖZACAR, M.; SENGIL, I. A. Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and engineering aspects**, Amsterdam, v. 229, p. 85-96, 2003.

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

PAIVA, P. H. V. A reserva da biosfera Cerrado: fase II. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. **Palestras...** Embrapa Brasília: Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. p. 332-334.

PANSHIN, A. J. et al. **Forest products: their sources, production, and utilization**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1962. 538 p.

PELEGRINO, E. C. F. **Emprego de coagulante à base de tanino em sistema de pós-tratamento de efluente de reator UASB por flotação**. 2011. 161 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011.

PÉRICO, E. et al. Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de métricas de paisagem para seleção de áreas adequadas a testes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 2339-2346.

PHILIPPI JÚNIOR, A. (Ed.). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, 1994. 289 p.

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

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

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

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009. 340 p.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, D. A. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais dos Cerrados na região do Alto Grande/MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 1, p. 21-28, 2001.

RÖMPP, lexikon der chemie. Stuttgart: Verlag, 1997. 1 CD ROM.

ROVERATTI, J. **Flora vascular do Cerrado sensu stricto do parquet nacional de Brasília, Distrito Federal, Brasil e chave para identificação das espécies**. 2008. 93 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

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

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

SILVA, R. V. **Uso de taninos da casca de três espécies de eucalipto na produção de adesivos para madeira**. 2001. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto**. 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo, 1999.

TANAC. **Construindo o futuro todos os dias**. Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/PT/institucional.php?codCategoriaMenu=148&nomArea=Hist%C3%B3rico&codDado=2&menu=138>>. Acesso em: 9 jun. 2014.

TRUGILHO, P. F. et al. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. **Revista Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 1–13, 1997.

VERMERRIS, W.; NICHOLSON, R. **Phenolic compounds biochemistry**. Heidelberg: Springer, 2009.

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

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

CAPÍTULO 2 Influência do tempo e do sulfito de sódio na quantificação de taninos nas cascas de *Anadenanthera peregrina* e *Tachigali aurea*

RESUMO

Atualmente, o uso de taninos vegetais tem ganhado destaque por estes serem um material renovável e porque podem ser obtidos de resíduos, como as cascas oriundas do desdobro da madeira. Os taninos podem ser empregados em diversas atividades, por exemplo, nas indústrias farmacêutica e alimentícia, na produção de adesivos para madeira, no tratamento da água e no curtimento de couro. Entretanto, ainda é desconhecido o rendimento gravimétrico em taninos na maioria das espécies brasileiras, tampouco o melhor sistema de extração que proporcione o rendimento máximo. O objetivo neste trabalho foi avaliar a influência do tempo e da concentração do sulfito de sódio no rendimento em taninos nas cascas das espécies *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho) e *Tachigali aurea* (veludo), e propor condições ótimas de extração. A metodologia de extração seguiu a mesma utilizada por Mori et al. (2003), com variação do tempo de extração (2, 3 e 4 horas) e da quantidade do sal extrator (0, 1, 2, 3 e 4%). Os parâmetros avaliados foram: teor de sólidos totais, rendimento em sólidos totais, índice de Stiasny, teor de tanino condensado e teor de não taninos. Para praticamente todos os parâmetros analisados nas duas espécies, a influência do tempo e do sulfito de sódio foram significativas, apenas o índice de Stiasny da *Tachigali aurea* não foi afetado por nenhum fator. Verificou-se que quanto maior a concentração de sulfito de sódio, maior foi o teor e rendimento em sólidos, porém, também maior foi a extração de compostos não tânicos. Para a *Anadenanthera peregrina* indicou-se 02h50min e a concentração de 3,6% de sulfito de sódio para obtenção de maior rendimento em taninos condensados, e para a *Tachigali aurea* 03h03min e 5,8% de sulfito de sódio.

Palavras-chave: Angico-vermelho. Veludo. Extração. Taninos.

ABSTRACT

Currently, the vegetable tannins use has gained prominence because they are renewable material and because they can be obtained from residue, as the barks coming from the sawing wood. Tannins can be used in various activities, for example in the pharmaceutical and food industries, in the adhesives production for wood, in water treatment and in leather tanning. However, it is still unknown the gravimetric yield in tannins in most Brazilian species, nor the best extraction system that provides maximum yield. In this study the objective was to evaluate the influence of time and sodium sulfite concentration in the income in tannins in the bark of the species *Anadenanthera peregrina* (angico-red) and *Tachigali aurea* (velvet), and propose optimum extraction conditions. The extraction methodology followed the same used by Mori F. et al (2003) with variation in the extraction time (2, 3 and 4 hours) and the extractor salt amount (0, 1, 2, 3 and 4%). The parameters evaluated were: total solids content, total solids yield, Stiasny index, condensed tannin and non-tannin content. For virtually every parameter analyzed in both species, the influence of time and sodium sulfite were significant, only the Stiasny index of *Tachigali aurea* was not affected by any factor. It was found that higher the concentration of sodium sulfite, higher was the content and yield in solids, but also higher was the extraction of non-tannin compound. For *Anadenanthera peregrina* indicated to 2:50 hours and the concentration of 3.6% sodium sulfite for obtaining increased yield in condensed tannins and for *Tachigali aurea* 3:03 hours and 5.8 % sodium sulfite.

Keywords: Red-angico. Velvet. Extraction. Tannins.

1 INTRODUÇÃO

O grande desenvolvimento tecnológico e industrial das últimas décadas, impulsionados pela ideologia capitalista, foram responsáveis por uma mudança significativa na vida do homem. Porém, para que tal fato ocorresse, se fez necessária uma grande exploração de matérias-primas e fontes energéticas, gerando assim diversos impactos negativos, principalmente aos recursos naturais. A partir desses impactos, várias consequências atingiram diretamente a economia e a sociedade, por exemplo, as mudanças climáticas, escassez de água, empobrecimento de solos, maior risco de doenças, entre outros. E foi dessa forma que o termo sustentabilidade passou a se difundir amplamente e as pressões para ser colocado em prática são grandes nos dias atuais.

Para isso, algumas medidas relevantes vêm sendo tomadas, em que duas vertentes se destacam: uso de produtos biodegradáveis e o aproveitamento de resíduos. A busca por produtos biodegradáveis oriundos de fontes renováveis tornou-se prioridade para o desenvolvimento industrial atual, uma vez que estes têm como função manter o acelerado ritmo de desenvolvimento de produção e de tecnologias sem comprometer os índices econômicos e valorizando o lado socioambiental.

O uso de resíduos também é muito vantajoso, uma vez que o material que seria destinado ao lixo se transforma numa nova fonte de renda além de contribuir para o desenvolvimento sustentável do planeta. Na área florestal, por exemplo, o desdobro de toras é responsável por gerar uma enorme quantidade de resíduos, uma vez que segundo Ferreira, Carrasco e Helmeister (1989), o aproveitamento quantitativo de uma tora se dá na ordem de aproximadamente 40%, os 60% restantes equivalem a: 26% aparas de corte, 13% pó de serra, 10% aparas de plaina e 10% cascas.

As alternativas para utilizar esses resíduos têm sido na produção de celulose, geração de energia, produção de painéis e vigas de madeira reconstituída ou madeira sólida (FAGUNDES, 2003). Entretanto, para o resíduo casca, os usos ainda são bastante limitados quanto à transformação do mesmo, desprezando-se assim um uso mais nobre através da extração de compostos de alto valor como os taninos, que apesar de poderem estar presentes em qualquer parte da árvore têm uma tendência em se concentrar mais nas cascas.

Os taninos são compostos químicos de natureza fenólica, representando o segundo maior grupo de compostos fenólicos presentes nos vegetais, ficando atrás apenas da lignina (PIZZI, 2003). Sua ocorrência nas plantas está relacionada aos sistemas de proteção contra animais e microrganismos patógenos, em que deixam o material amargo ou adstringente ao paladar dos animais e, então, menos predado (SILVA, 2001).

Quando extraídos das plantas, os taninos podem exercer diversas funções, sendo a mais conhecida o curtimento da pele animal, atividade realizada há séculos, a qual segundo Vermerris e Nicholson (2009), foi responsável pela origem do nome desse composto. Além do curtimento, o tanino também é muito útil na indústria farmacêutica, em que se destaca sua atividade antioxidante (HASLAM, 1966); na indústria alimentícia, em que se fazem presentes na produção de vinhos através dos barris de madeira e diferentes partes da uva (ASHOK; UPADHYAYA, 2012); na indústria de adesivos para madeira, em que Pizzi (1983) destaca sua reatividade com o formaldeído; e também no tratamento da água, desempenhando a função de coagulante.

Apesar de ser um produto biodegradável e possível ser obtido de resíduos da indústria madeireira a baixo custo, um dos grandes problemas em se utilizar os taninos vegetais é justamente a falta de conhecimento dos mesmos. Poucos são os estudos sobre sua estrutura e sobre os meios de obtê-los, sendo

que Sartori (2013) enfatiza que um dos grandes dilemas é a escolha do solvente e do sistema adequado para fazer a extração.

Para se extrair os taninos, vários pontos primordiais devem ser considerados, como: o solvente, em que Mori et al. (2003) destacam o uso da água, por ser eficiente e econômico; a temperatura, bastante variável de espécie para espécie, normalmente ficando numa faixa entre 60 a 100 °C; o sal a ser utilizado, uma vez que este terá a função importantíssima de aumentar a superfície de contato dos taninos com o solvente, aumentando a eficiência da extração; e o tempo em que todas essas variáveis irão influenciar no processo.

As condições de extração de taninos são bastante variáveis de uma espécie para outra como já foi dito, sendo que para a acácia-negra a temperatura deve ser em torno de 94 a 100 °C, já para o gênero *Pinus* não deve ultrapassar 70 °C (PIZZI; CONRADIE; JANSEN, 1986). Em relação ao sal a ser utilizado, Mori et al. (2003) afirmaram maior eficiência em se utilizar o sulfito de sódio que o hidróxido de sódio para a espécie barbatimão.

Estudos com a espécie barbatimão, por sua vez, incentivaram a realização de pesquisas relacionadas aos taninos de espécies brasileiras, já que a mesma apresenta quantidade apreciável dos mesmos. O angico-vermelho é uma das espécies que também tem se sobressaído, apresentando resultados interessantes, o que valoriza ainda mais os recursos florestais do Cerrado, principalmente da família Fabaceae.

O Cerrado é uma formação do tipo savana tropical de importância fundamental para a conservação da biodiversidade. É o bioma de maior biodiversidade do planeta e cobre 25% do território nacional. Estima-se a existência de mais de 6000 espécies de árvore, sendo que mais de 40% das espécies de plantas lenhosas são endêmicas, isto é, só ocorrem nas savanas brasileiras (BRASIL, 1998).

Entre essas espécies pode-se citar a *Tachigali aurea* e a *Anadenanthera peregrina*, espécies de ampla ocorrência no Cerrado, ambas da família Fabaceae, porém a primeira pertencente à subfamília Caesalpinioidea e a segunda à subfamília Mimosoideae.

A *Tachigali aurea*, conhecida popularmente no oeste baiano como veludo, é uma planta heliófila e não tolera baixas temperaturas. Ocorre normalmente no chamado Cerradão de solos arenosos, ácidos, com baixa fertilidade e bem drenados. As árvores maiores atingem dimensões próximas a 15 m de altura e 25 cm de DAP na idade adulta, apresentando tronco reto à levemente tortuoso, casca externa na coloração cinza ou castanho-claro com fissuras e cristas sinuosas e descontínuas (CARVALHO, 2010)

A *Anadenanthera peregrina* é uma espécie pioneira, sendo a sua madeira muito pesada, dura e de textura média (LORENZI, 1998). Segundo Afonso (2008), a casca de Angico é um dos principais produtos não madeireiros ocorrentes no Cerrado, e Sartori (2013) completa que a utilização da *Anadenanthera peregrina* para extração de taninos é economicamente viável, já que os mesmos podem ser destinados a vários usos, e também porque promove maior valor agregado às cascas e maior aproveitamento dos resíduos.

Diante disto, o objetivo com este trabalho foi avaliar a influência do tempo e da concentração do sulfito de sódio no rendimento em taninos nas cascas das espécies *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho) e *Tachigali aurea* (veludo), e propor condições ótimas de extração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e preparo do material

Utilizou-se neste trabalho como matéria-prima para a extração dos taninos, as cascas de duas espécies florestais nativas do Cerrado: *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho) e *Tachigali aurea* (veludo). As cascas foram obtidas de árvores já abatidas oriundas de floresta nativa no município de Barreiras-BA.

As cascas foram coletadas com auxílio de facões, e reduzidas a dimensões em torno de 30 a 40 cm para facilitar o transporte e manuseio. Posteriormente, foram secas ao ar livre por um período de três semanas e então moídas em moinho martelo para obtenção de um material mais fino e uniforme.

Para a obtenção da umidade do material foram retiradas 20g de casca moída de cada espécie, utilizando-se cinco repetições, e levando-as à estufa de esterilização e secagem por 24 horas à temperatura de 103 ± 2 °C. O cálculo da umidade foi feito pela relação entre massa úmida e massa seca da casca moída.

2.2 Extração dos taninos

A extração dos taninos foi realizada adaptando-se a metodologia utilizada por Mori et al. (2003). As extrações foram feitas utilizando 100 g de casca e 1500 mL de água (relação licor/casca 15:1) a 70 °C, submetidas a variadas condições de tempo e quantidade de sulfito de sódio (Na_2SO_3). As variáveis das extrações foram: tempo, 2, 3 e 4 horas; e quantidade de sulfito de sódio a ser usada 0, 1, 2, 3 e 4% em relação à massa da casca seca.

Encerrada a extração, o material foi peneirado primeiramente empregando-se uma peneira de malha de 1mm², sendo descartada a parte retida

na peneira, e depois peneirado empregando-se uma peneira de 200 mesh. Posteriormente, o líquido que continha os taninos foi filtrado utilizando-se uma bomba a vácuo e cadinhos de vidro forrados com lã de vidro de porosidade dois.

O filtrado foi concentrado por evaporação até o volume de 150 mL utilizando-se uma chapa de aquecimento.

2.3 Determinação do teor de sólidos e do rendimento em sólidos

Após a concentração do filtrado foi obtida a massa do extrato e retirada duas amostras de 10 g. As amostras foram levadas à estufa de esterilização e secagem por 24 horas à temperatura de 103 ± 2 °C, e depois foi obtida a massa seca. O teor de sólidos em porcentagem foi obtido pela da seguinte equação:

$$\text{TST (\%)} = \left(\frac{M_s}{M_u} \right) \times 100$$

Em que:

TST (%) = teor de sólidos em porcentagem;

Ms = massa da amostra seca (g);

Mu = massa úmida da amostra (g).

Multiplicando-se o teor de sólidos (g) pela massa de cada extrato, obteve-se o rendimento em sólidos.

2.4 Determinação do rendimento gravimétrico em taninos condensados (%)

A partir do líquido concentrado, retirou-se do mesmo duas amostras de 20 g para a determinação do Índice de Stiasny.

Segundo Guangcheng, Yunlu e Yazaki (1991), o Índice de Stiasny é obtido pela reação entre 20 g do extrato do concentrado, 10 mL de água

destilada, 4 mL de formaldeído (37 %, m/m) e 2 mL de HCl 10 N. Essa mistura foi aquecida durante 35 minutos sob refluxo, e após o término da reação, o extrato foi filtrado em cadinho de vidro sintetizado de porosidade n° 2 e colocado na estufa a uma temperatura de 103 ± 3 °C, até a massa constante. Obtendo-se a massa seca do precipitado foi calculado o Índice de Stiasny pela seguinte equação:

$$IS = \left(\frac{m2}{m1} \right) \times 100$$

Em que:

IS = índice de Stiasny;

m1 = massa seca do precipitado tanino-formaldeído;

m2 = massa total de sólidos em 20 g de extrato.

O rendimento gravimétrico em taninos (%) foi obtido pela multiplicação do rendimento em sólidos pelo respectivo índice de Stiasny de cada tratamento. O rendimento em componentes não tânicos foi determinado pela diferença entre o rendimento em sólidos e o rendimento em taninos.

2.5 Estatística

Este trabalho constou de dois experimentos semelhantes, alterando-se apenas a espécie florestal utilizada. Para cada espécie foram 15 tratamentos realizados em três repetições, perfazendo um total de 45 extrações.

Os experimentos foram instalados obedecendo a um delineamento experimental inteiramente casualizado, cujos tratamentos constaram de um arranjo fatorial 3 x 5, sendo três condições de tempo (2, 3 e 4 horas) e cinco dosagens de sulfito de sódio (0, 1, 2, 3 e 4% em relação à massa seca das cascas), conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = variável aleatória, representa o valor da variável resposta (variável dependente);

μ = média geral;

α_i = efeito do tempo;

β_j = efeito das dosagens de sulfito de sódio;

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito da interação entre tempo e dosagens de sulfito de sódio;

ε_{ijk} = erro aleatório.

Foi utilizado o teste F a 5% de probabilidade para identificar variação nos tratamentos e o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos. A análise de regressão foi efetuada usando-se os modelos linear e quadrático para as doses de sulfito de sódio testadas e tempo, conforme os modelos estatísticos:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon_i$$

Em que:

Y_i = variável aleatória, representa o valor da variável resposta (variável dependente);

β_0 = constante de regressão;

β_1 = coeficiente de regressão;

β_2 = coeficiente de regressão;

X_i = i-ésimo nível da variável independente X;

X_i^2 = i-ésimo nível da variável independente X elevado ao quadrado;

ε_i = erro aleatório.

Todas as análises foram efetuadas com o auxílio do programa computacional Sisvar 5.1 Build 72.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento 1: *Anadenanthera peregrina*

A partir da Tabela 1 é possível observar as médias de todos os parâmetros analisados para todos os tratamentos.

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

Na ₂ SO ₃ (%)	Tempo (h)	TST (%)	RST (%)	IS (%)	TTC (%)	TNT (%)
0	2	7,31	10,86	93,04	9,93	0,75
0	3	8,40	13,39	94,52	11,23	0,65
0	4	6,78	11,29	93,76	11,19	0,74
1	2	9,94	15,46	94,40	14,61	0,87
1	3	9,40	14,54	90,84	14,07	1,41
1	4	10,22	14,72	91,84	11,31	1,00
2	2	11,39	18,42	91,93	16,69	1,47
2	3	10,76	18,99	89,87	15,43	1,75
2	4	11,74	17,50	91,06	15,92	1,56
3	2	12,18	20,36	90,30	18,36	1,98
3	3	14,79	23,52	86,74	20,46	3,13
3	4	12,27	20,67	88,13	17,94	2,42
4	2	13,19	21,77	75,58	17,06	5,51
4	3	14,92	24,58	72,90	18,22	6,77
4	4	14,41	21,48	80,74	17,33	2,94

TST: Teor de sólidos totais; RST: Rendimento em sólidos totais; IS: Índice de Stiasny; TTC: Teor de tanino condensado; TNT: Teor de não taninos.

Para o teor de sólidos totais a interação entre os fatores tempo e quantidade de sulfito de sódio foi significativa, podendo-se inferir que todos os tratamentos realizados com 4 horas de extração e o tratamento realizado com 3 horas e 3% de sulfito de sódio apresentaram as maiores médias (Tabela 2). Sartori (2013), ao estudar o rendimento gravimétrico em taninos condensados de *Anadenanthera peregrina*, obteve uma média em teor de sólidos de 11,34%, realizando a extração com 3% de sulfito de sódio por 4 horas.

A partir da mesma tabela também verificou-se que os tratamentos que não utilizaram sulfito de sódio e o tratamento realizado com 3 horas e 1% de sulfito de sódio apresentaram as menores médias.

Tabela 2 Valores médios do teor de sólidos totais em porcentagem

Tempo (h)	Sulfito de Sódio (%)				
	0	1	2	3	4
2	7,31 aA	9,94 bA	11,39 cA	12,18 cA	13,19 cA
3	8,40 aA	9,40 aA	10,76 bA	14,79 cB	14,92 cA
4	6,78 aA	10,22 bA	11,74 bA	12,27 bA	14,41 cA

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o rendimento em sólidos totais, a interação também foi significativa (Tabela 3). No desdobramento do fator tempo dentro de cada nível de sulfito de sódio, observou-se que quando não se utilizou o sal e quando o utilizou nas concentrações de 3 e 4%, as médias para 3 horas de extração foram superiores às médias relacionadas a 2 e 4 horas. Destaca-se também que no geral, as extrações realizadas com 3 e 4% de sulfito de sódio por 3 horas apresentaram as maiores médias, e as extrações realizadas sem sulfito de sódio por 2 e 4 horas apresentaram as menores médias. Andrade et al. (2013) estudando o potencial

tanífero em um povoamento de *Anadenanthera peregrina* em Viçosa-MG, apresentaram uma média para rendimentos em sólidos totais de 15,45%, sendo a extração feita sem o uso de sulfito de sódio por 3 horas, enquanto que neste trabalho, para essas condições, a média foi de 13,39%.

Tabela 3 Valores médios do rendimento em sólidos totais em porcentagem

Tempo (h)	Sulfito de Sódio (%)				
	0	1	2	3	4
2	10,86 aA	15,46 bA	18,42 cA	20,36 dA	21,77 dA
3	13,39 aB	14,54 aA	18,99 bA	23,52 cB	24,58 cB
4	11,29 aA	14,72 bA	17,50 cA	20,67 dA	21,48 dA

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O Índice de Stiasny foi o único parâmetro em que não houve significância da interação entre os dois fatores estudados, entretanto, para o fator sulfito de sódio o resultado foi significativo. Pode-se observar que as maiores médias foram obtidas nos tratamentos que não utilizaram sulfito de sódio e que utilizaram as menores concentrações do sal extrator (1 e 2%) (Gráfico 1). A partir disso, à medida que aumentou a quantidade de sulfito de sódio notou-se uma queda no índice, o que pode ser justificado pela maior extração de compostos não tânicos, fazendo com que a reação do extrato que continha os taninos com os reagentes químicos utilizados na determinação do índice fosse menor. Essa mesma tendência de redução do Índice de Stiasny com o aumento do sulfito de sódio também foi verificada por Carneiro et al. (2007) ao estudarem o efeito do sulfito de sódio na extração de taninos da casca de *Anadenanthera peregrina*.

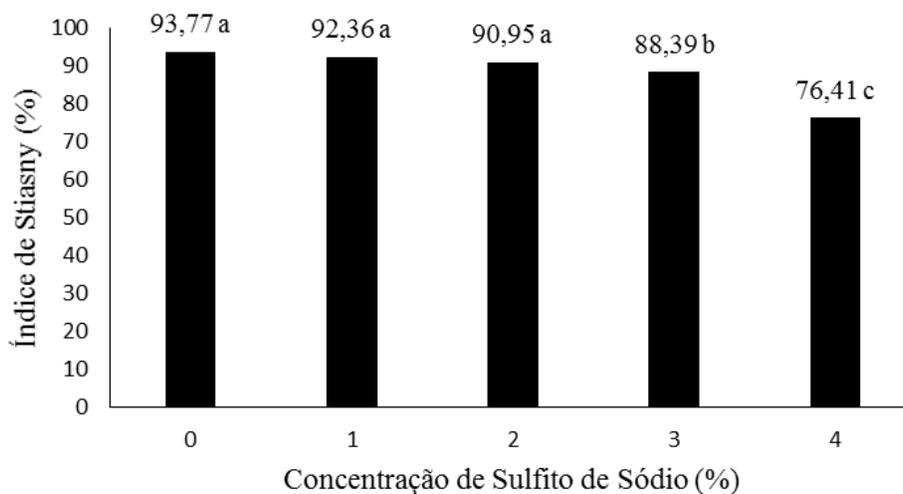


Gráfico 1 Índice de Stiasny

Em relação ao rendimento gravimétrico em taninos condensados (teor de taninos condensados), pode-se observar na Tabela 4 o desdobramento da interação. Destaca-se o tratamento cujas condições foram 3% de sulfito de sódio e 3 horas por apresentar a maior média. Carneiro et al. (2007), para as mesmas condições, encontraram um valor próximo do que foi observado neste trabalho (20,46%), uma média de 22,63%. Mori et al. (2003) estudando *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão), espécie da mesma família e subfamília da *Anadenanthera peregrina*, concluíram que 3% de sulfito de sódio, 3 horas e 70 °C formam o melhor sistema de extração para obter maior quantidade de taninos condensados na casca.

Tabela 4 Valores médios do teor de taninos condensados em porcentagem

Tempo (h)	Sulfito de Sódio (%)				
	0	1	2	3	4
2	9,93 aA	14,61 bA	16,69 cA	18,36 cA	17,06 cA
3	11,23 aA	14,07 bA	15,43 bA	20,46 cB	18,22 dA
4	11,19 aA	11,31 aB	15,92 bA	17,94 cA	17,33 cA

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com base nos Gráficos 2 e 3 é possível observar comportamento polinomial quadrático para os dois fatores analisados, em que para maior obtenção de taninos condensados indica-se a dosagem de 3,6% de sulfito de sódio e o tempo de 2 horas e 50 minutos.

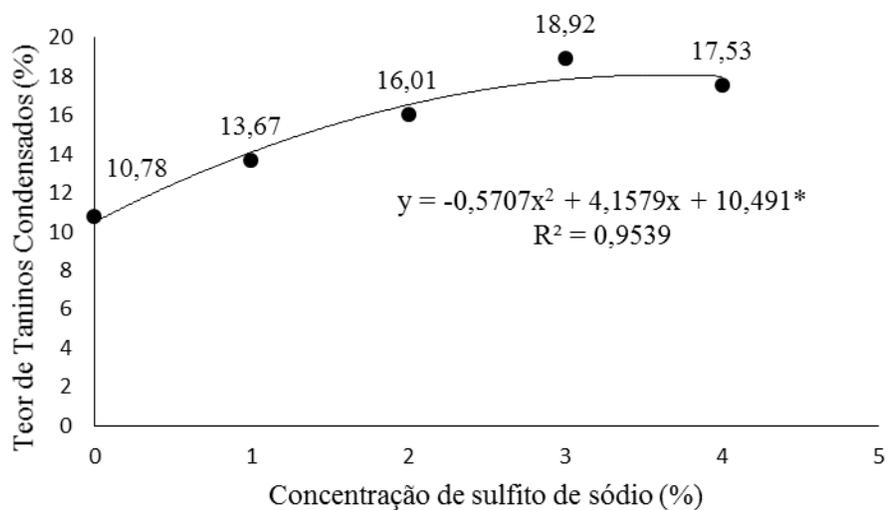


Gráfico 2 Teor de taninos condensados em função da concentração de sulfito de sódio
 *significativo a 5% de probabilidade

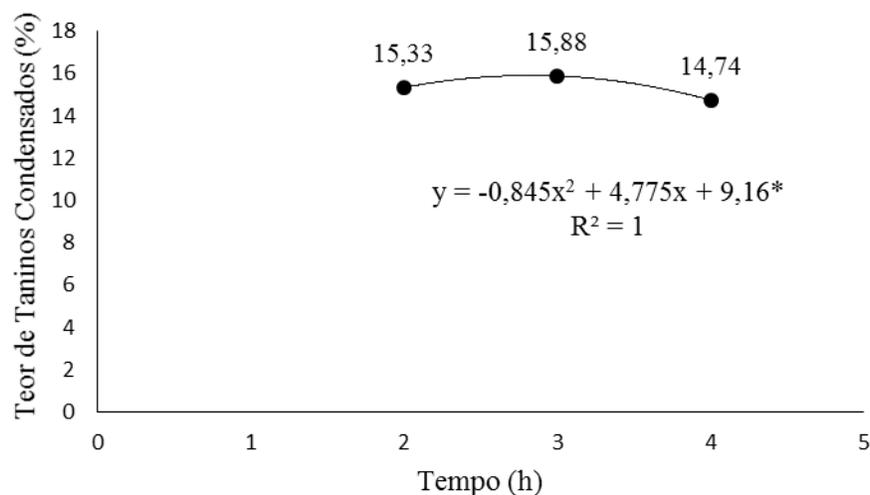


Gráfico 3 Teor de taninos condensados em função do tempo

*significativo a 5% de probabilidade

A Tabela 5 representa o desdobramento da interação entre tempo e sulfito de sódio para o teor de não taninos. Pode-se observar que para qualquer período de tempo de extração existe uma tendência em aumentar o teor de compostos não tânicos com o aumento da quantidade de sulfito de sódio, logo, os resultados que apresentaram menores valores foram o que não utilizaram o sal e os que utilizaram 1 e 2 % do mesmo, bem como o tratamento de 2 horas com 3% de sulfito de sódio. Para os tratamentos utilizando 3% de sulfito de sódio verificou-se que para os tempos de 3 e 4 horas os tratamentos não diferiram entre si estatisticamente e apresentaram valores menores que os tratamentos com 4% de sulfito de sódio. Paes et al. (2013) encontraram um valor alto de 10,62% para 3% de sulfito de sódio e 2 horas de extração, já Sartori, Castro e Mori (2014) encontraram um valor de 4,07% usando 3% de sulfito de sódio e 4 horas de extração. Apesar dos tratamentos que utilizaram 4% de sulfito de sódio apresentarem elevadas médias em teor e rendimento em sólidos totais, o baixo Índice de Stiasny comparado com os demais tratamentos fez com que esse

método de extração apresentasse, no geral, menor teor de taninos condensados e maior teor de não taninos quando comparado com os tratamentos feitos com 3% de sulfito de sódio.

Tabela 5 Valores médios do teor de não taninos condensados em porcentagem

Tempo (h)	Sulfito de Sódio (%)				
	0	1	2	3	4
2	0,75 aA	0,87 aA	1,47 aA	1,98 aA	5,51 bA
3	0,65 aA	1,41 aA	1,75 aA	3,13 bA	6,77 cB
4	0,74 aA	1,00 aA	1,56 aA	2,42 bA	4,14 cC

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.2 Experimento 2: *Tachigali aurea*

A Tabela 6 representa as médias de todos os parâmetros observados para todos os tratamentos.

Analisando-se o teor de sólidos totais foi possível notar que o resultado somente foi significativo para o fator sulfito de sódio. Com base no Gráfico 4, pode-se afirmar que, estatisticamente, os teores de sólidos totais obtidos com 3 e 4% de sulfito de sódio não diferiram entre si, e foram os maiores valores. Enquanto sem sulfito de sódio os resultados foram inferiores aos demais, e com 1 e 2% os valores apresentados foram iguais estatisticamente e intermediários aos demais tratamentos. Mori et al. (2003) ao estudarem a influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos na casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), afirmaram que o teor de sólidos para esta espécie quando não utilizou o sulfito de sódio foi de 24,11% e quando utilizou-

se 3% de sulfito de sódio em relação à massa seca da casca, o TST foi de 30,48%. Fazendo essa mesma comparação, pode-se observar o mesmo comportamento para a espécie *Tachigali aurea*, apresentando um valor baixo quando não utilizou o sulfito de sódio (4,19%), e um valor mais alto utilizando 3% do mesmo sal, cerca de 9%.

Tabela 6 Valores médios do teor de sólidos totais, rendimento em sólidos totais, índice de Stiasny, teor de taninos condensados e teor de não taninos

Na ₂ SO ₃ (%)	Tempo (h)	TST (%)	RST (%)	IS (%)	TTC (%)	TNT (%)
0	2	4,34	6,13	87,94	6,35	0,86
0	3	3,74	6,16	91,79	5,73	0,51
0	4	4,49	6,56	80,43	5,01	1,48
1	2	5,43	9,11	88,94	7,55	0,94
1	3	6,08	9,90	87,68	8,70	1,21
1	4	5,62	9,03	82,31	8,05	1,27
2	2	6,82	9,85	88,93	8,65	1,08
2	3	6,62	11,15	87,01	9,77	1,45
2	4	6,70	10,49	87,64	9,20	1,30
3	2	9,03	11,32	84,57	9,58	1,75
3	3	9,42	13,93	87,18	12,01	1,82
3	4	8,32	11,77	86,03	9,82	1,60
4	2	9,69	12,92	84,44	10,79	1,99
4	3	10,47	14,03	84,45	12,35	2,22
4	4	10,52	14,08	84,11	11,84	2,24

TST: Teor de sólidos totais; RST: Rendimento em sólidos totais; IS: Índice de Stiasny; TTC: Teor de tanino condensado; TNT: Teor de não taninos.

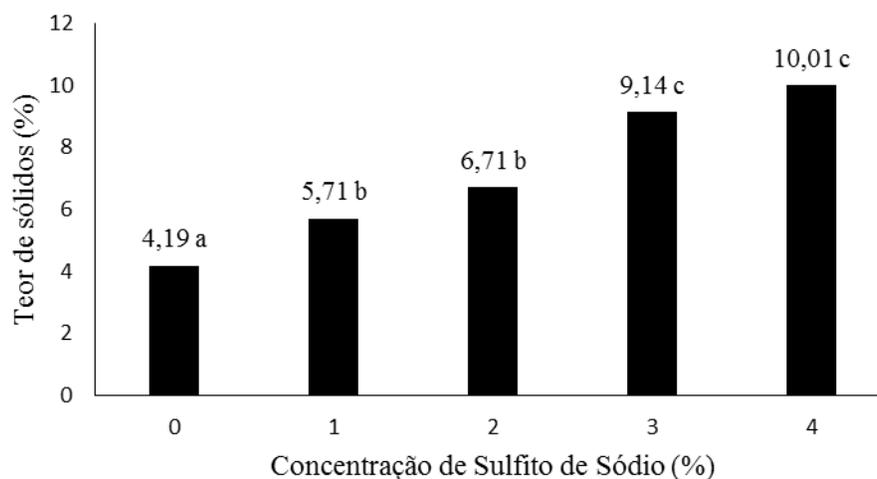


Gráfico 4 Teor de sólidos totais

Para o rendimento em sólidos totais, a interação dos fatores de variação do experimento foi significativa (Tabela 7), podendo-se destacar que as médias obtidas com os tratamentos de 4% de sulfito de sódio com 3 e 4 horas, e 3% de sulfito de sódio com 3 horas, apresentaram as maiores médias. Enquanto isso, os tratamentos que não receberam sulfito de sódio, assim como ocorreu com a *Anadenanthera peregrina*, apresentaram as menores médias.

Tabela 7 Valores médios do rendimento em sólidos totais

Tempo (h)	Sulfito de Sódio (%)				
	0	1	2	3	4
2	6,13 aA	9,11 bA	9,85 b A	11,32 cA	12,92 dA
3	6,16 aA	9,90 bA	11,15 cB	13,93 dB	14,03 dB
4	6,56 aA	9,03 bA	10,49 cA	11,77 dA	14,08 eB

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O Índice de Stiasny, por sua vez, não foi influenciado por nenhum dos fatores estudados, sendo que o resultado não foi significativo nem para a interação e nem para os fatores isoladamente. Entretanto, os teores de taninos condensados e de não taninos sofreram a influência de pelo menos um dos fatores.

O teor de taninos condensados dessa espécie foi influenciado tanto pelo sulfito de sódio, como pelo tempo, porém, de forma independente. A partir do Gráfico 5 é notório que os tratamentos que receberam maior dosagem de sulfito de sódio implicaram numa maior obtenção de TTC, o que também foi comprovado por Carneiro (2002) ao estudar a influência do sulfito de sódio em espécies de *Eucalyptus*. Entretanto, com base no Gráfico 6, pode-se verificar que essa tendência de aumentar o rendimento em TTC com o aumento da quantidade utilizada do sal extrator, atinge um limite máximo de 5,8%, até a resposta dessa variável passar a negativa com o aumento da quantidade de sulfito de sódio.

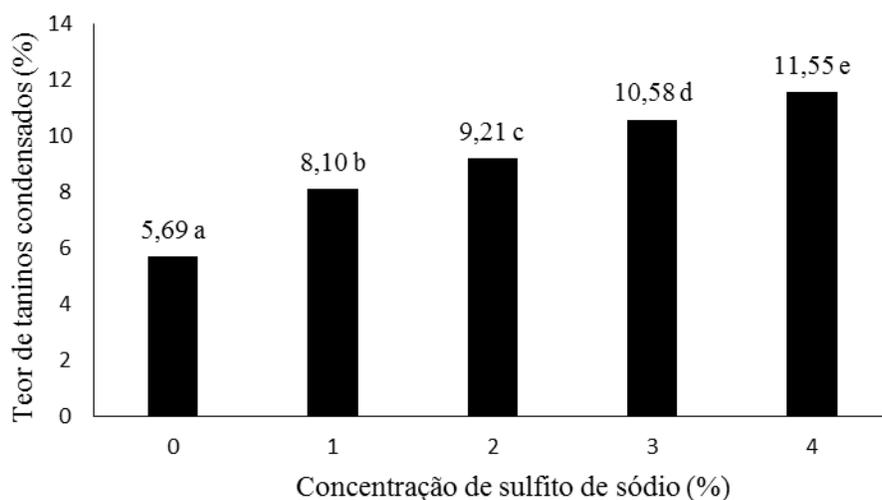


Gráfico 5 Teor de taninos condensados em função da concentração de sulfito de sódio

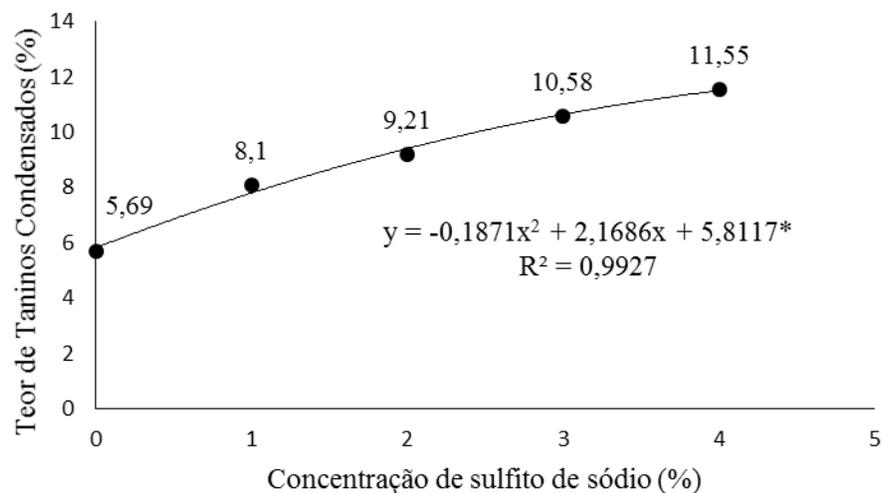


Gráfico 6 Teor de taninos condensados em função da concentração de sulfito de sódio
*significativo a 5% de probabilidade

Em relação ao fator tempo, observa-se no Gráfico 7 que os tratamentos realizados com 3 horas obtiveram as maiores médias, enquanto os demais não diferiram entre si estatisticamente.

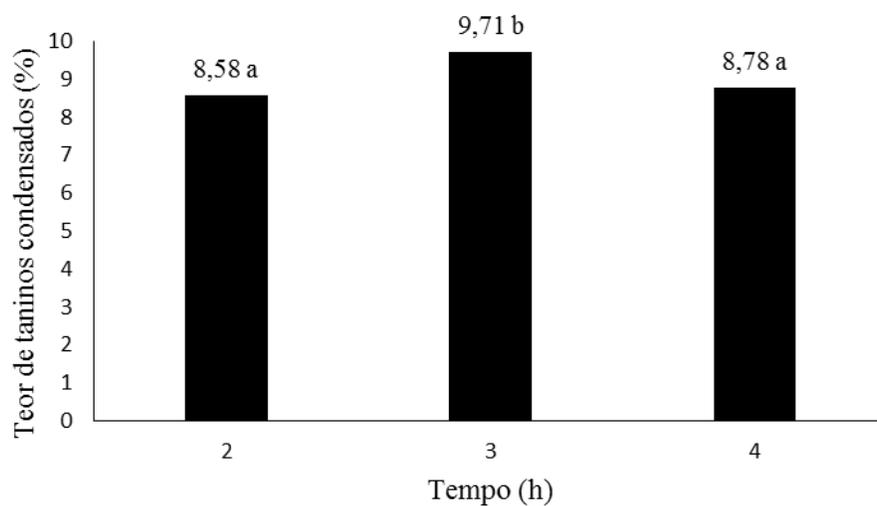


Gráfico 7 Teor de taninos condensados em função do tempo

Com base no Gráfico 8, também é possível notar um comportamento polinomial quadrático, em que o rendimento máximo em taninos condensados é alcançado com 3 horas e 3 minutos.

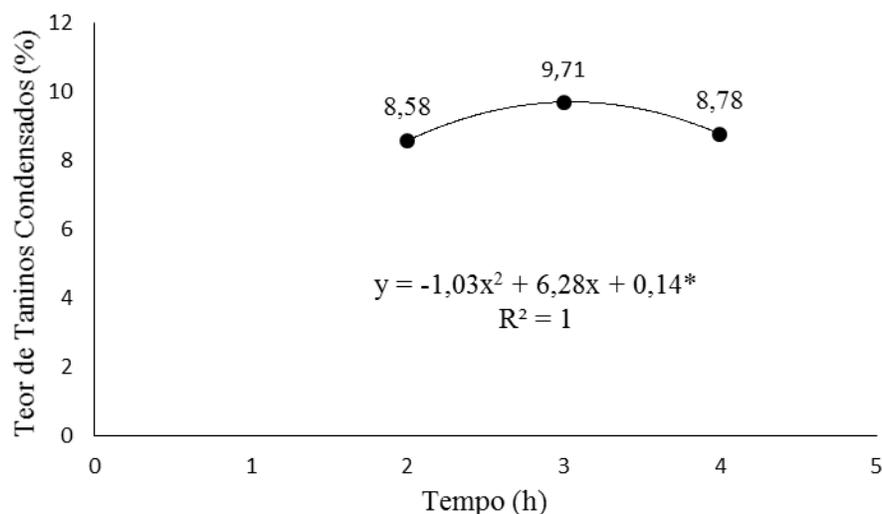


Gráfico 8 Teor de taninos condensados em função do tempo
 *significativo a 5% de probabilidade

Quanto ao teor de não taninos (Tabela 8), observou-se que a interação entre tempo e sulfito de sódio foi significativa, em que se desdobrando o fator tempo dentro de cada nível de sulfito, foi possível constatar que apenas para a extração realizada sem sulfito de sódio houve diferença significativa entre o tempo de 4 horas e os outros dois horários que não diferiram entre si. Já desdobrando o fator sulfito dentro do fator tempo, observou-se que as maiores médias de TNT corresponderam aos tratamentos que utilizaram 4% de sulfito de sódio, ficando em torno de 2,10%. Carneiro (2002), em seu trabalho com *Eucalyptus*, encontrou médias variadas para condições parecidas (4,5% de sulfito de sódio e 3 horas), sendo que para a espécie *E. grandis* o TNT foi de 7,49% e *E. pellita* 2,97%. Para o barbatimão, Mori et al. (2003) encontraram

TNT de 1,85% e para angico-vermelho, Carneiro et al. (2007) encontraram TNT de 7,18%. Esses dados comprovam a grande variabilidade existente entre espécies florestais, mesmo sendo da mesma família ou do mesmo gênero.

Tabela 8 Valores médios do teor de não taninos

Tempo (h)	Sulfito de Sódio (%)				
	0	1	2	3	4
2	0,86 aA	0,94 aA	1,08 aA	1,75 bA	1,99 bA
3	0,51 aA	1,21 bA	1,45 cA	1,82 cA	2,21 dA
4	1,27 aB	1,30 aA	1,48 aA	1,60 aA	2,24 bA

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÃO

A utilização do sulfito de sódio e a variação do tempo de extração influenciaram significativamente no rendimento gravimétrico em taninos condensados nas duas espécies estudadas. Sendo que para a *Anadenanthera peregrina* indica-se 02h50min e a concentração de 3,6% de sulfito de sódio para obtenção de maior rendimento em taninos condensados, e para a *Tachigali aurea* 3h03min e 5,8% de sulfito de sódio.

A espécie *Anadenanthera peregrina* apresentou rendimento em taninos condensados superior à espécie *Tachigali aurea*.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. G. et al. Determinação do potencial tanífero em povoamentos de angico. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 2, p. 139-151, 2013.

AFONSO, S. R. **Análise sócio-econômica da produção de não-madeireiros no cerrado brasileiro e o caso da cooperativa de pequi em Japonvar, MG**. 2008. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ASHOK, P. K.; UPADHYAYA, K. Tannins are Astringent. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, Ivano-Frankivsk, v. 1, n. 3, 2012. Disponível em: <www.phytojournal.com>. Acesso em: 1 jun. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Biodiversidade Biológica – Brasil**. Brasília, 1998.

CARNEIRO, A. C. O. **Efeito da sulfitação dos taninos de *E. grandis* e *E. pellita* para produção de chapas de flocos**. 2002. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

CARNEIRO, A. C. O. et al. Efeito do sulfito de sódio na extração de tanino da casca de *Anadenanthera peregrina*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 14, n. 1, p. 65-69, 2007.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 644 p.

FAGUNDES, H. A. V. **Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 173 p. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, C. E. M.; CARRASCO, E. V. M.; HELMEISTER, J. C. Tecnologia de adesivos poliuretanos: propriedades e aplicações em madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 3., São Carlos. **Anais...** São Carlos: LaMEM/EESC-USP, 1989. p. 39-74.

GUANGCHENG, Z.; YUNLU L.; YAZAKI, Y. Extractives yields, Stiasny values and polyflavanoid contents in barks from six *Acacia* species in Australian. **Australian Forestry**, Queen Victoria, v. 3, n. 54, p. 154-156, 1991.

HASLAM, E. **Chemistry of vegetable tannins**. London: Academic, 1966. 170 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1998. 352 p.

MORI, F. A. et al. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n. 1, p. 86-92, 2003.

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

PIZZI, A.; CONRADIE, W. E.; JANSEN, A. Polyflavonoid tannis: a main cause of soft-rot failure in CCA: treated timber. **Wood Science and Technology**, New York, v. 20, n. 1, p. 71-81, 1986.

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

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

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

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

SILVA, R. V. **Uso de taninos da casca de três espécies de eucalipto na produção de adesivos para madeira**. 2001. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

VERMERRIS, W.; NICHOLSON, R. **Phenolic compounds biochemistry**. Heidelberg: Springer, 2009.

CAPÍTULO 3 Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento

RESUMO

A preocupação com os recursos naturais tem crescido bastante nas últimas décadas, sobretudo com os recursos hídricos. Uma das fontes de poluição da água está justamente no tratamento da mesma, pelo uso de coagulantes químicos, que acabam gerando lodo altamente agressivo ao ambiente e ao homem. Uma das formas de solucionar esse problema é utilizar os taninos vegetais para esta finalidade, já que é um biodegradável que não agride a natureza. O objetivo neste trabalho foi comparar o efeito do uso de taninos vegetais de espécies do Cerrado que não passaram por modificação química, com o uso dos coagulantes químicos cloreto férrico e sulfato de alumínio, na etapa de coagulação no tratamento de água para abastecimento. Foram utilizados os taninos das espécies *Tachigali aurea*, *Anadenanthera peregrina* e *Stryphnodendron adstringens*. Os ensaios de coagulação foram feitos no Jarrest e as soluções utilizadas constaram da mistura dos taninos com o cloreto férrico e sulfato de alumínio em diferentes proporções. Foram analisados a turbidez e o pH. Todos os tratamentos que utilizaram taninos apresentaram valores de turbidez próximos ao tratamento que não recebeu coagulante algum. Os taninos praticamente não alteraram o pH da água bruta, o que é uma característica interessante no tratamento da água para abastecimento. Estudos devem ser feitos a fim de melhorar o desempenho dos taninos da clarificação da água e manter seu desempenho quanto ao pH.

Palavras-chave: Coagulante. *Anadenanthera peregrina*. *Tachigali aurea*. *Stryphnodendron adstringens*.

ABSTRACT

Concern for natural resources has grown considerably in recent decades, especially to water resources. One of the water pollution sources is just to treat it, through the use of chemical coagulants, which end up generating highly aggressive sludge to the environment and man. One way to solve this problem is using vegetable tannins for this purpose, since it is a biodegradable that does not harm the nature. In this study the objective was to compare the effect of using vegetable tannins of the Cerrado species that have not undergone by chemical modification with the use of chemical coagulants as ferric chloride and aluminum sulphate in the coagulation step in treating water for supply. Tannins from the species *Tachigali aurea*, *Anadenanthera peregrina* and *Stryphnodendron adstringens* were used. Coagulation assays were made on Jarrest, and solutions used consisted of a tannins mixture with ferric chloride and aluminum sulfate in different proportions. Turbidity and pH were analyzed. All treatments with tannin showed turbidity values near to the treatment that did not receive any coagulant. The tannins practically did not alter the raw water pH that is an interesting feature in treating water for supply. Studies should be done to improve the tannins performance of water clarifying and maintain their performance for pH.

Keywords: Coagulant. *Anadenanthera peregrina*. *Tachigali aurea*. *Stryphnodendron adstringens*.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com os recursos naturais tem crescido bastante nas últimas décadas, sobretudo com os recursos hídricos. A poluição dos mesmos e o desperdício têm se tornado um grande problema ao desenvolvimento econômico e até mesmo humano, visto a inúmera ocorrência de doenças causadas diretamente ou indiretamente, seja pela escassez ou pela ingestão da água poluída ou de frutos do mar “modificados”.

Uma das fontes de poluição da água está justamente no tratamento da mesma. As etapas de coagulação e floculação, que visam à clarificação da água, são realizadas mediante o uso de produtos químicos como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico, estes por sua vez, quando utilizados em excesso, permanecem na água em grande concentração, ocasionando sérios problemas de saúde ao homem. Porém, o principal malefício em usá-los é a formação do lodo após a decantação. Esse lodo, além de conter os flocos de coloides, contém também resíduos desses produtos químicos, que por sua vez são descartados em rios e lagos sem passar por qualquer tratamento.

Dessa forma, o uso de produtos biodegradáveis com características de coagulante torna-se extremamente desejável no tratamento da água, e uma dessas alternativas são os taninos vegetais.

Os taninos são compostos secundários presentes nos vegetais que têm vasta aplicação nas atividades humanas, como na indústria farmacêutica, alimentícia, curtimento de couro, adesivos para madeira e no tratamento da água. Segundo Pizzi (1994), existem duas diferentes classes de taninos, ambas de natureza fenólica: hidrolisáveis e condensados, sendo esta última classe de maior importância por ter ampla ocorrência na natureza, e por sua grande presença nos vegetais superiores, principalmente nas cascas. A estrutura básica dos taninos condensados, de modo geral, corresponde a copolímeros de condensação, cujas

estruturas podem ser do tipo resorcinólico ou floroglucinólico no anel A e pirogalol ou catecol no anel B. O tipo resorcinólico é aquele que possui apenas uma hidroxila ligada ao carbono 7 no anel A, enquanto o tipo floroglucinólico possui hidroxilas nos carbonos 5 e 7. O anel B, tipo catecol, possui duas hidroxilas ligadas, respectivamente, aos carbonos 3' e 4', enquanto o anel B pirogalol possui hidroxilas ligadas aos carbonos 3', 4' e 5'. Em alguns taninos pode ocorrer o anel B fenólico, que possui apenas uma hidroxila ligada ao carbono 3' (PIZZI, 1983).

Sabendo dessa estrutura, algumas empresas já fabricam produtos à base de taninos visando ao tratamento da água, como é o caso da TANAC, que obtém os taninos da espécie *Acacia mearnsii* (acácia negra) para produzir o TANFLOC. Este produto, segundo Beltrán-Heredia, Sanchez-Martín e Frutos-Blanco (2009), é produzido por um processo específico protegido por patente, assim como a maioria dos produtos destinados à essa finalidade. Segundo os mesmos autores, a reação que torna os taninos eficientes nesse sentido, envolve três reagentes: os taninos, principalmente taninos polifenóis cuja estrutura pode ser semelhante ao de um flavonoide, estruturas tais como o resorcinol e pirogalol; um aldeído, tal como formaldeído; e um composto de amino, tal como amoníaco ou uma amina primária ou secundária. Esses três reagentes, sob certas condições de pH e temperatura (80 °C), produzem os agentes coagulantes, sendo esse processo químico chamado de Reação de Mannich.

As vantagens do uso dos taninos como coagulante natural: além de serem biodegradáveis e obtidos de fonte renovável, é que estes, segundo muitos estudos, possuem mesma eficiência na remoção da turbidez que os coagulantes químicos, sendo que também têm como características apreciáveis o fato de não alterar o pH da água e formar um lodo orgânico que não traz prejuízos aos ambientes aquáticos.

Apesar de todos os benefícios apresentados, poucos são os estudos direcionados ao potencial do uso de taninos de espécies brasileiras para o tratamento da água, principalmente espécies do cerrado que têm como característica a grande produção de cascas. Algumas espécies desse bioma têm ganhado destaque pela grande quantidade de taninos existente, como é o caso do *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) e do *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho), ambas da família Fabaceae. Sendo que a primeira, segundo Mori et al. (2003), apresenta um rendimento em taninos na casca de cerca de 30%, média pouco superior à da acácia negra, cerca de 28%, segundo Tanac (2014).

A família Fabaceae tem se mostrado como indicativo à ocorrência de taninos, uma vez que grande parte das espécies que se destacam na produção desses extrativos pertence a essa família, o que torna interessante estudar mais as espécies leguminosas, principalmente as de grande ocorrência no território nacional como a *Tachigali aurea* (veludo, na Bahia).

Outro atrativo em explorar a extração dos taninos de espécies florestais é a possibilidade de agregação de valor, uma vez que na maioria das vezes as cascas são consideradas resíduos. Com isso, os taninos que não teriam utilidade alguma serão destinados a uma finalidade nobre como o tratamento da água.

Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi comparar o efeito do uso de taninos vegetais de espécies do Cerrado que não passaram por modificação química, com o uso dos coagulantes químicos cloreto férrico e sulfato de alumínio na etapa de coagulação no tratamento de água para abastecimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo do material

As amostras de água foram coletadas no lago da represa utilizada para a captação de água de abastecimento da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos de 20,0 L e encaminhadas ao Laboratório de Qualidade de Água, do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da UFLA. As amostras foram armazenadas à temperatura ambiente.

Foi medida a turbidez inicial da água com turbidímetro para ajustar as concentrações a serem utilizadas no experimento.

2.2 Coagulantes

Foram utilizados como coagulantes naturais para o tratamento da água, taninos vegetais provenientes das espécies veludo (*Tachigali aurea*), angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), extraídos conforme a melhor condição determinada em estudos e extraídos no Laboratório de Anatomia da Madeira da UFLA, sem passar por nenhuma modificação química.

Também foram utilizados os coagulantes químicos cloreto férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) e sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$).

2.3 Experimentos

O trabalho foi dividido em três experimentos semelhantes, alterando apenas a espécie de taninos utilizada. Constaram-se do uso de taninos vegetais e

dos coagulantes químicos individualmente, bem como da mistura dos mesmos em diferentes proporções, além do branco, conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 Descrição dos tratamentos com cloreto férrico e taninos

Tratamento	Concentração de	Concentração de
	FeCl ₃ .6 H ₂ O (mg.L ⁻¹)	Taninos (mg.L ⁻¹)
1	0,0	0,0
2	90,0	0,0
3	67,5	22,5
4	45,0	45,0
5	22,5	67,5
6	0,0	90,0

Tabela 2 Descrição dos tratamentos com sulfato de alumínio e taninos

Tratamento	Concentração de	Concentração de
	Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O (mg.L ⁻¹)	Taninos (mg.L ⁻¹)
7	0,0	0,0
8	90,0	0,0
9	67,5	22,5
10	45,0	45,0
11	22,5	67,5
12	0,0	90,0

Ou seja, foram acrescentados à solução dos coagulantes químicos 25%, 50% e 75%.

2.4 Ensaios de coagulação

Os ensaios de coagulação foram realizados no Laboratório de Qualidade de Água, do Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da UFLA, empregando um aparelho de Jarrest (Figura 1), em que foram simuladas as etapas de coagulação/floculação do tratamento da água.



Figura 1 Aparelho Jarrest

Para o ensaio, foram transferidos 1,8 L de água bruta para cada um dos 6 jarros e adicionou-se 100 mL das soluções coagulantes. Utilizou-se para a mistura rápida a velocidade de 120 rpm por 2 minutos e logo após, foi ajustada a velocidade de mistura lenta em 40 rpm, mantida pelo período de 20 min. Posteriormente, esperou-se o período de 60 min para sedimentação, para a coleta de amostras da solução sobrenadante para análises.

2.5 Análises

Foram medidas a turbidez com o turbidímetro Policontrol AP2000 e o pH com pHmetro da marca Kasvi.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da turbidez

A partir dos Gráficos 1, 2, 3 e da Figura 2, foi possível observar que o uso dos taninos das três espécies no tratamento da água teve eficiência muito baixa na remoção da turbidez, mesmo quando misturados com o cloreto férrico em qualquer concentração. Certamente, o motivo está relacionado à falta de tratamento químico nos taninos, já que estudos utilizando o TANFLOC como o de Coral, Bergamasco e Bassetti (2009), apontaram remoção de turbidez de aproximadamente 82%. Entretanto, para as três espécies utilizadas, notou-se uma leve tendência na clarificação da água, comprovando assim aptidão do produto como coagulante, porém não o satisfatório para os objetivos do tratamento ao fim do período de decantação.

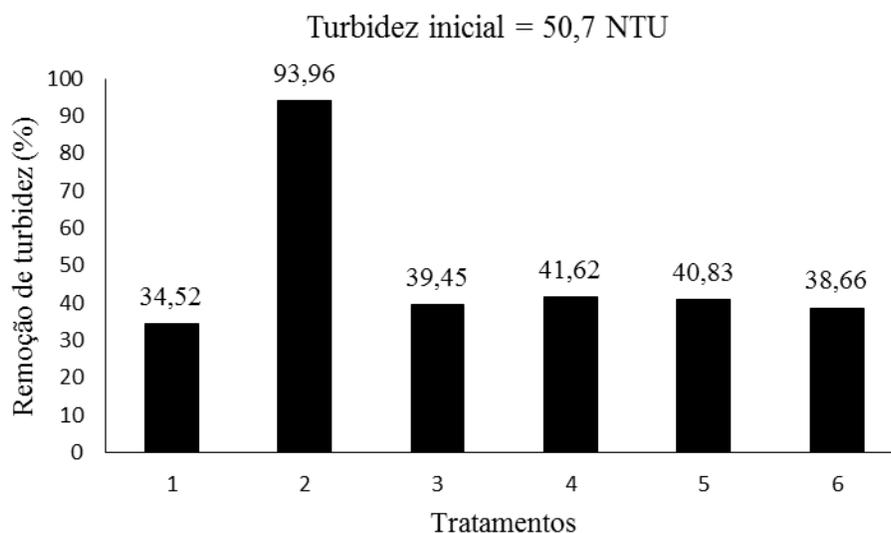


Gráfico 1 Experimento com Barbatimão

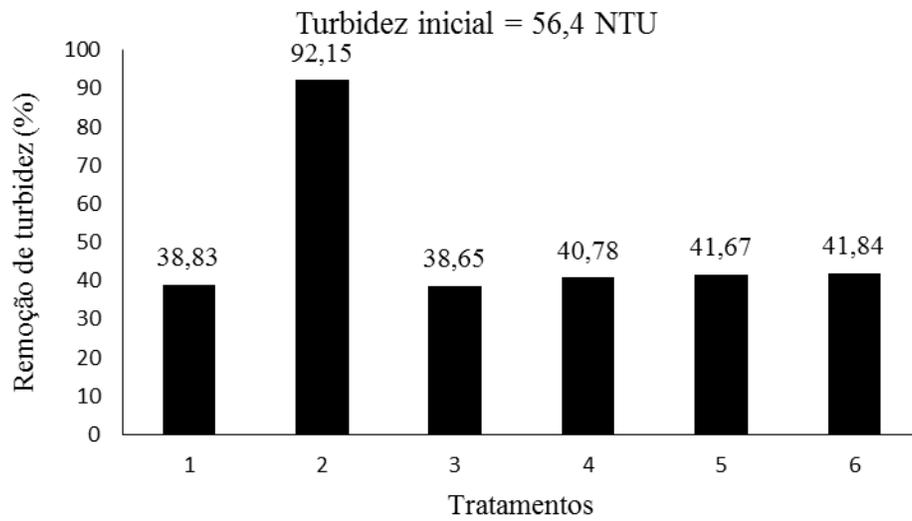


Gráfico 2 Experimento com Angico-Vermelho

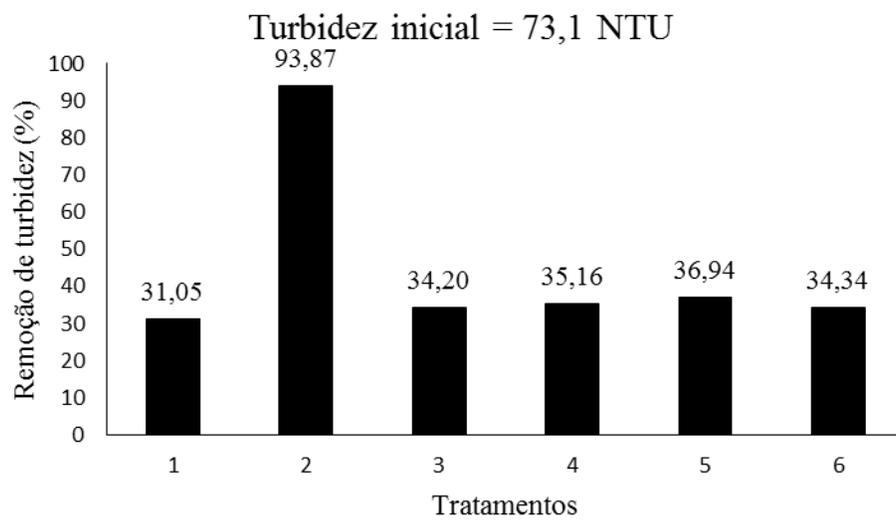


Gráfico 3 Experimento com Veludo

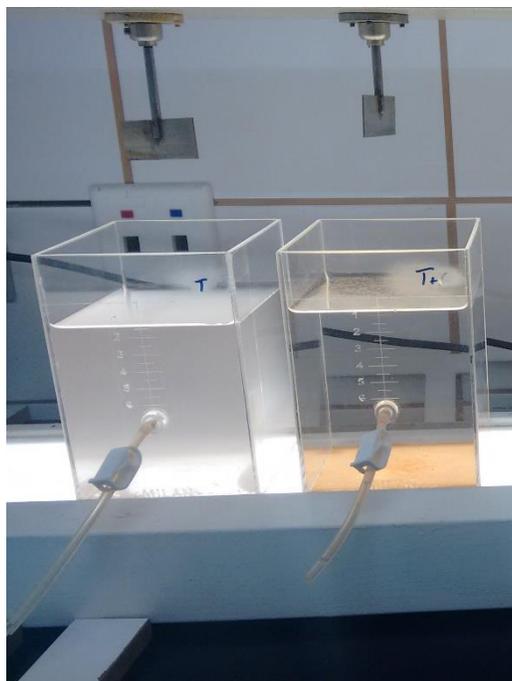


Figura 2 Água tratada somente com taninos à esquerda e água tratada somente com cloreto férrico à direita, após 1 hora de decantação

Com base nos Gráficos 4, 5, 6 e a Figura 3, foi possível observar um comportamento semelhante das espécies com o uso do sulfato de alumínio quando comparado com o uso de cloreto férrico. Todos os tratamentos que utilizaram taninos apresentaram valores de turbidez próximos ao tratamento que não recebeu coagulante algum. Costa (2013) realizou trabalho semelhante a este analisando a coagulação mediante o uso dos taninos associado ao sulfato de alumínio nas proporções, valendo ressaltar que os taninos utilizados foram do tipo Tanfloc SL da empresa TANAC. O autor destacou que a associação do coagulante químico com o coagulante natural nas proporções 25% / 75% e 75% / 25% (v/v), resultou em maiores remoções de cor e turbidez que os obtidos pela ação isolada do sulfato de alumínio e do Tanfloc SL, apresentando valores de remoção acima de 90%.

Vale ressaltar que neste estudo os valores de turbidez inicial foram inferiores a 100 NTU em função da época do ano que os experimentos foram feitos, caracterizada pela escassez de chuvas na região de Lavras-MG, sendo que na mesma região em época chuvosa, ou seja, no verão, os valores de turbidez chegam a 300 NTU.

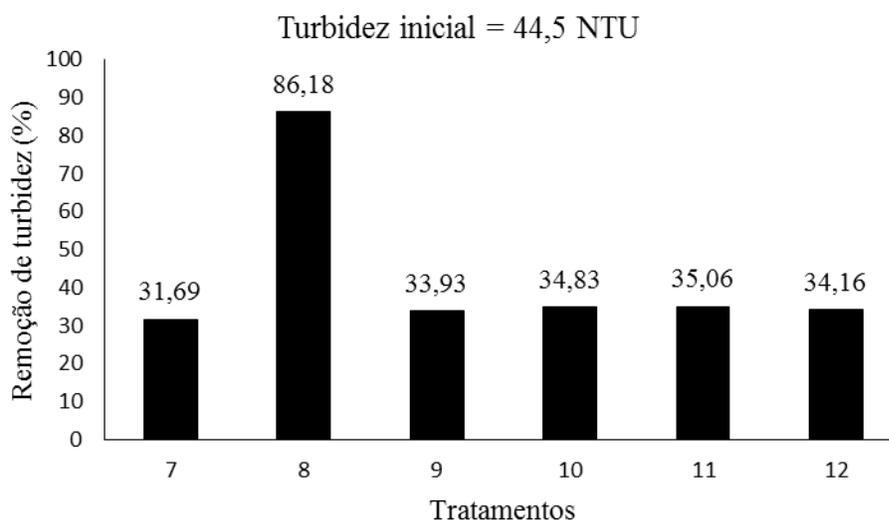


Gráfico 4 Experimento com Barbatimão

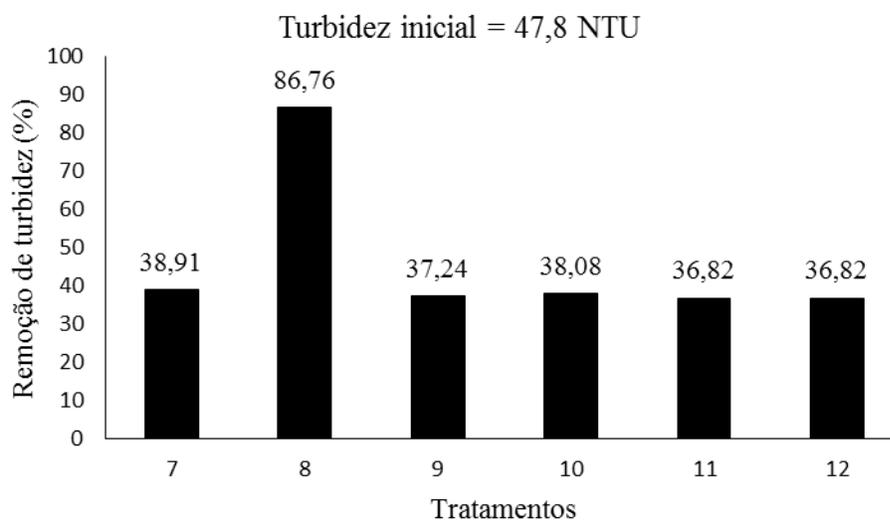


Gráfico 5 Experimento com Angico-Vermelho

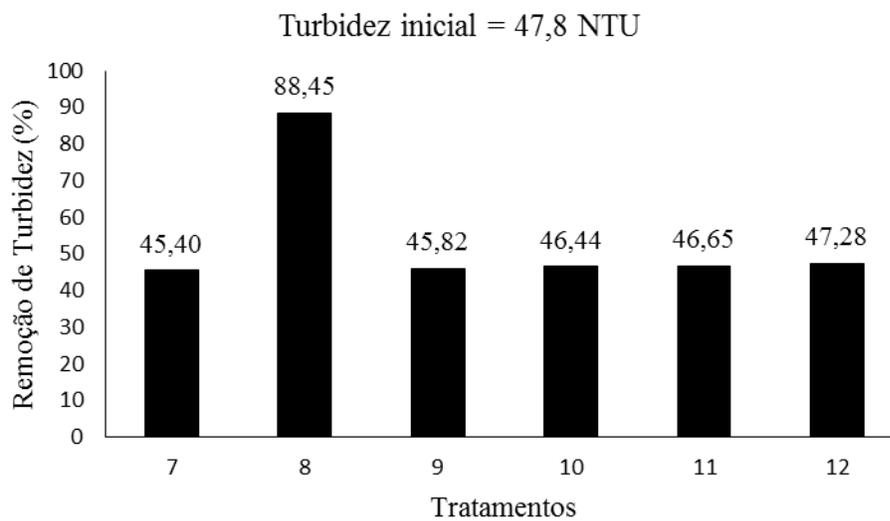


Gráfico 6 Experimento com Veludo

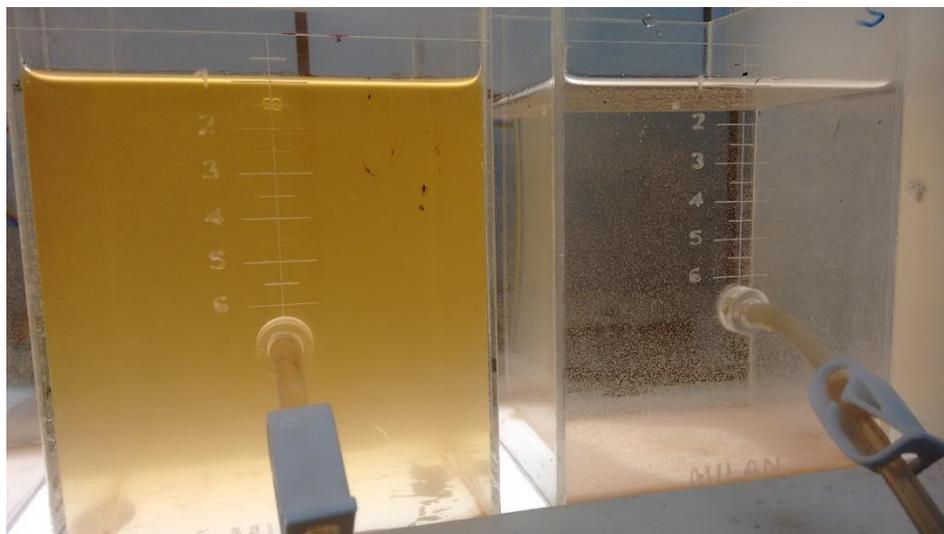


Figura 3 Água tratada somente com taninos à esquerda e água tratada somente com sulfato de alumínio à direita, logo após a mistura lenta

Quanto ao uso isolado do cloreto férrico representado pelo tratamento 2, a remoção da turbidez foi bastante elevada, apresentando média geral nos três experimentos de 93,3%. E em relação ao uso somente do sulfato de alumínio identificado pelo tratamento 8, observou-se uma média geral um pouco menor, cerca de 87,2%. Libânio et al. (1997) ao analisarem o emprego de sulfato de alumínio e do cloreto férrico na coagulação de águas naturais, também encontraram valores próximos de remoção de turbidez usando os mesmos coagulantes químicos, sendo para água com turbidez inicial de 25 uT, a remoção usando cloreto férrico foi de 88% e usando sulfato de alumínio foi de 83%.

3.2 Análise do pH

Os resultados apresentados para o pH foram dentro do esperado conforme visto na literatura. Para todas as espécies, quando apenas os taninos

foram utilizados, o pH sofreu pouca ou nenhuma alteração, apesar dos mesmos não terem passado por nenhuma modificação química (Gráfico 7, 8 e 9).

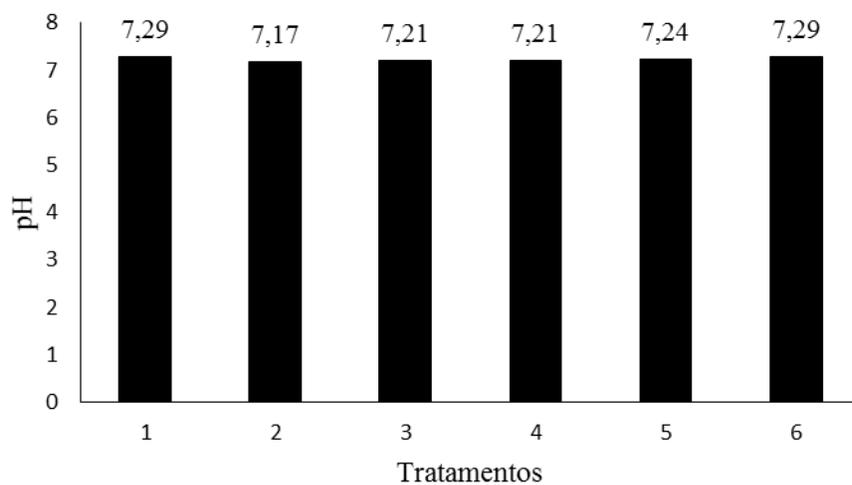


Gráfico 7 Experimento com Barbatimão

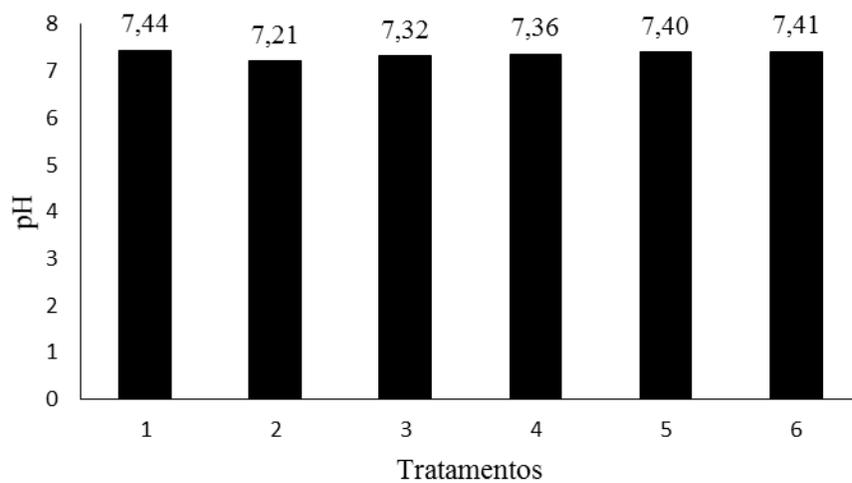


Gráfico 8 Experimento com Angico-Vermelho

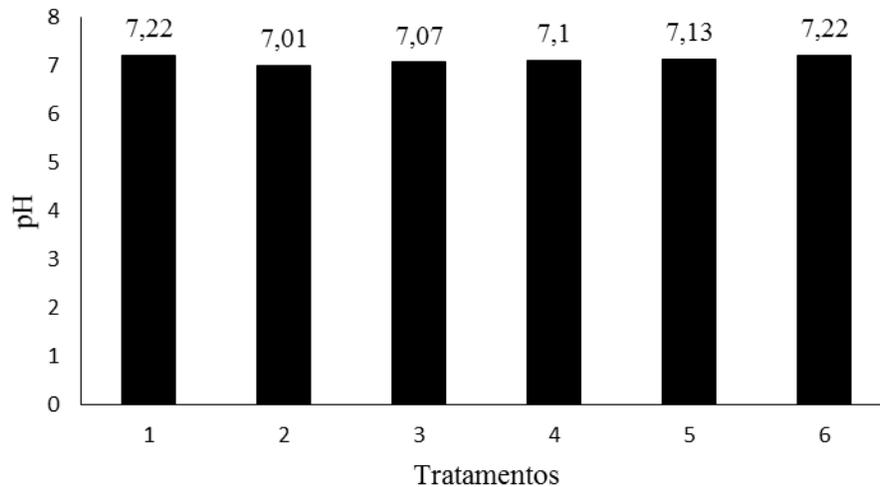


Gráfico 9 Experimento com Veludo

É possível observar também que em todos os experimentos o cloreto férrico reduziu um pouco o pH, e à medida que se acrescentou os taninos junto a esse coagulante o pH elevou-se até se aproximar do pH da água bruta com 100% de taninos. Couto Junior et al. (2012) ressaltaram a importância do uso dos taninos no tratamento de água para abastecimento que possuem pH entre 6,0 e 8,0.

Nos tratamentos envolvendo sulfato de alumínio (Gráficos 10, 11 e 12), observou-se uma queda um pouco mais acentuada do pH, sendo que no experimento com angico-vermelho notou-se uma redução de 0,35. Cruz (2004), na caracterização do efluente a ser tratado determinou que o pH antes do tratamento foi de 7,4, e após o uso do sulfato de sódio baixou para 6,8.

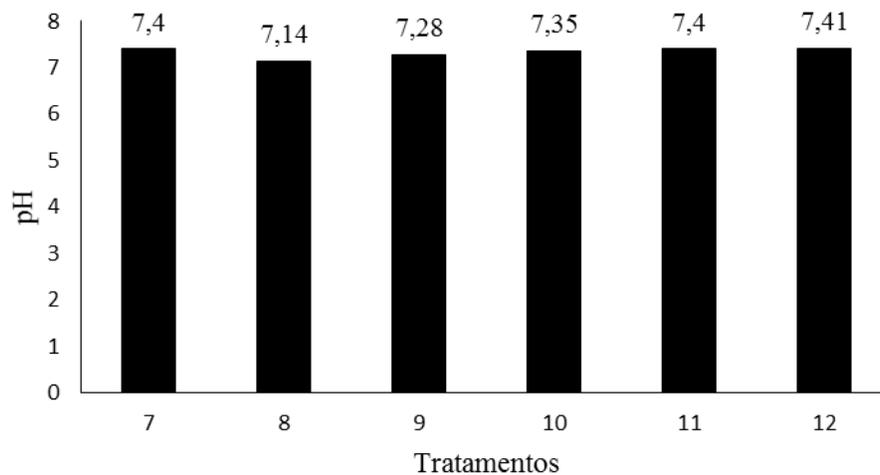


Gráfico 10 Experimento com Barbatimão

No que se refere aos taninos, observou-se comportamento semelhante ao que aconteceu com os tratamentos utilizando o cloreto férrico, ficando muito claro a aproximação ao pH da água bruta a medida que os tratamentos continham maior quantidade de taninos. Esse desempenho no tratamento da água para abastecimento é bastante interessante, uma vez que dispensa o uso de reagente controladores de pH e por consequência, reduz o custo com produtos químicos, e também contribui na qualidade do lodo formado, ou seja, este contém menos reagentes químicos.

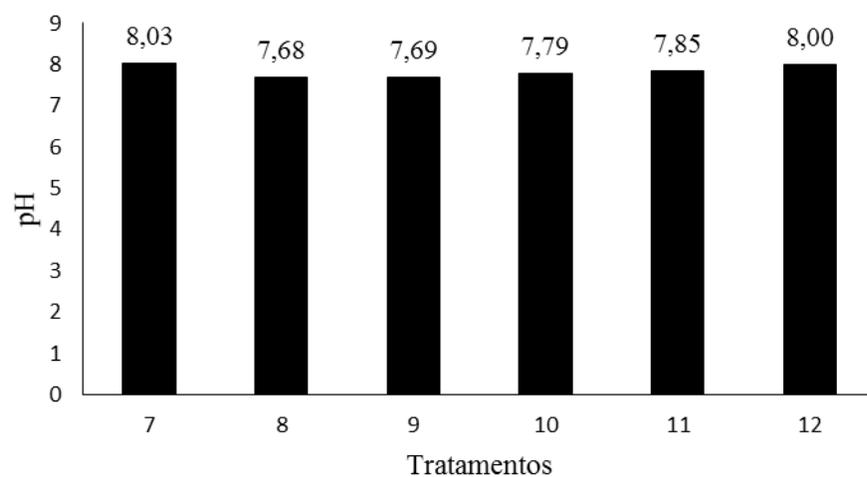


Gráfico 11 Experimento com Angico-Vermelho

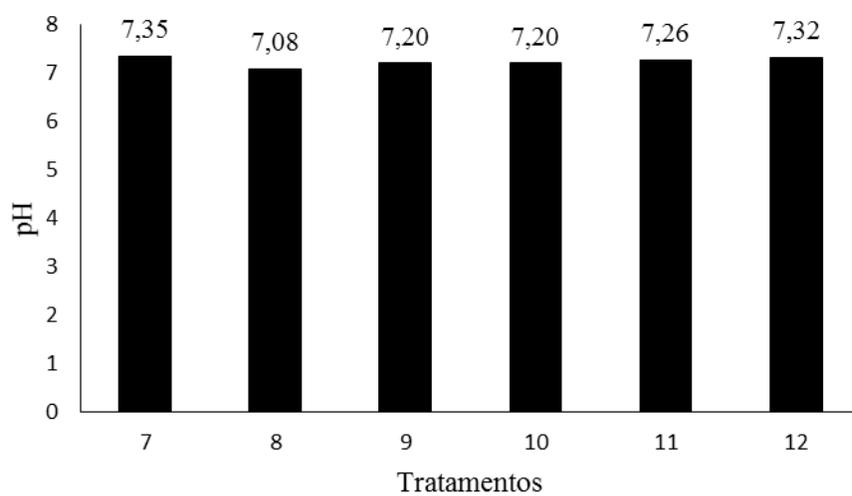


Gráfico 12 Experimento com Veludo

4 CONCLUSÃO

Os taninos vegetais sem modificação química apresentaram remoção de turbidez muito baixa no tratamento da água mesmo quando associados aos coagulantes químicos. Apesar de não removerem a turbidez a níveis desejáveis, foi comprovado que estes compostos fenólicos possuem aptidão a coagular.

Quanto ao pH, os taninos apresentaram ótimo desempenho, uma vez que não alteraram o valor deste parâmetro e contribuíram para que a redução, quando utilizados os coagulantes químicos, não fosse acentuada.

Com isso, é importante a realização de pesquisas que visem melhorar o desempenho dos taninos na clarificação da água e manter as qualidades relacionadas ao pH.

REFERÊNCIAS

- BELTRAN-HEREDIA, J.; SANCHEZ-MARTÍN, J.; FRUTOS-BLANCO, G. *Schinopsis balansae* tannin-based flocculant in removing sodium dodecyl benzene sulfonate. **Separation and Purification Technology**, Oxford, v. 67, n. 3, p. 292–303, 2009.
- CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao Sulfato de Alumínio no tratamento de Águas para Consumo. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Advances in Cleaner Production, 2009. 1 CD ROM.
- COSTA, T. F. R. **Investigação de diagramas de coagulação utilizando coagulantes e auxiliares de coagulação de fontes renováveis**. 2013. 110 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2013.
- COUTO JUNIOR, O. M. et al. Caracterização e otimização do tratamento de efluente têxtil por coagulação-floculação, utilizando coagulante natural tanino. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 14, n. 1, p. 79-90, 2012.
- CRUZ, J. G. H. **Alternativas para a aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no tratamento do efluente de uma lavanderia industrial**. 2004. 62 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- LIBÂNIO, M. et al. Avaliação do emprego de sulfato de alumínio e do cloreto férrico na coagulação de águas naturais de turbidez média e cor elevada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: [s. n.], 1997. 1 CD ROM.
- MORI, F. A. et al. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n. 1, p. 86-92, 2003.
- PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, 1994. 289 p.
- PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: M. Dekker, 1983. 364 p.

TANAC. **Construindo o futuro todos os dias.** Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/PT/institucional.php?codCategoriaMenu=148&nomArea=Hist%C3%B3rico&codDado=2&menu=138>>. Acesso em: 9 jun. 2014.