



Eficiência dos taninos de cajueiro anão precoce no tratamento de efluentes

Denys Santos de Souza^{1*}, Paula Evany N. Pessoa do Nascimento¹, Kayo Lucas Batista de Paiva¹, Pedro Lucas de Andrade Silva¹, Heitor Bruno Barbosa de Azevedo¹, Tatiane Kelly Barbosa de Azevedo¹.

RESUMO: Esta pesquisa buscou extrair, cationizar e avaliar a eficácia dos coagulantes naturais das cascas do cajueiro anão precoce na clarificação da água. Cascas de árvores saudáveis foram coletadas na EAJ em Macaíba-RN, secas, moídas e classificadas para a extração de taninos. Os taninos foram cationizados pela reação de Mannich e aplicados no tratamento da água através do equipamento jar-test. A água para os testes foi coletada no açude do olho d'água na EAJ. A pesquisa incluiu análises de turbidez e pH em diferentes tempos de agitação. A espécie modificada geneticamente apresentou valores de taninos condensados distintos do esperado, demonstrando eficiência limitada na clarificação, reduzindo aproximadamente 50% da turbidez em seu melhor resultado. Entretanto, os taninos não causaram alterações significativas no pH, uma característica desejável para o tratamento de água. Embora a clarificação não tenha atingido eficácia comercial, o pH da água permaneceu dentro dos padrões estabelecidos pela resolução N° 357 de 2005. Dada a crescente plantação de cajueiros anões no Nordeste, são necessários estudos adicionais para otimizar sua aplicação na clarificação e aprimorar seu desempenho no tratamento de efluentes

Palavras-chave: coagulantes, floculantes, água, *anacardium occidentale*.

Efficiency of early dwarf cashew tannins in the treatment of effluents

ABSTRACT: This research sought to extract, cationize and evaluate the effectiveness of natural coagulants from the shells of early dwarf cashew trees in water clarification. Barks from healthy trees were collected at EAJ in Macaíba-RN, dried, ground and classified to extract tannins. Tannins were cationized by the Mannich reaction and applied to water treatment using jar-test equipment. The water for the tests was collected in the water hole reservoir at EAJ. The research included turbidity and pH analyzes at different stirring times. The genetically modified species presented condensed tannin values different from those expected, demonstrating limited efficiency in clarification, reducing approximately 50% of turbidity in its best result. However, tannins did not cause significant changes in pH, a desirable characteristic for water treatment. Although the clarification did not reach commercial effectiveness, the pH of the water remained within the standards established by resolution N° 357 of 2005. Given the growing plantation of dwarf cashew trees in the Northeast, additional studies are necessary to optimize its application in clarification and improve its performance in effluent treatment.

Keywords: coagulants, flocculants, water, *Anacardium occidentale*

INTRODUÇÃO

Cuidados com fontes hídricas são considerados uma preocupação mundial, a OMS e a Organização das Nações Unidas alertam o mundo sobre a crescente escassez hídrica e a deficiência no cuidado com poluição das fontes disponíveis (MANGRICH et al., 2013). É necessário tecnologias de tratamento de água que não coloque em risco a qualidade de vida das próximas gerações (MANGRICH et al., 2013).

O desenvolvimento de grandes centros urbanos gera uma grande pressão nos recursos hídricos, pois enquanto aumenta a demanda, ocorre diminuição da disponibilidade da água, são raras as exceções de mananciais destinados a abastecimento público que não estejam recebendo nenhum tipo de efluente, seja ele doméstico, industrial ou chorume (MANGRICH et al., 2013). Sais inorgânicos como cloreto férrico

(FeCl₃) e sulfato ferroso (FeSO₄) são comumente utilizados como coagulantes no tratamento desses efluentes (LIMA JÚNIOR, ABREU, 2018).

Os floculantes tem o objetivo de promover a formação de agregados de partículas, chamados de flocos, para favorecer a remoção em etapas posteriores no processo de tratamento de efluentes, como a filtração ou sedimentação (LIMA JÚNIOR, ABREU, 2018). Existem muitos estudos apontando malefícios da exposição humana ao metal, relacionando com doenças neurodegenerativas como Parkinson e doença de Alzheimer (LIMA JÚNIOR, ABREU, 2018). Além dos riscos a saúde humana, também é constantemente discutido os impactos ambientais causados pelo uso desses coagulantes inorgânicos que tem base de alumínio e ferro,

Recebido em 22/11/2023; Aceito para publicação em 07/02/2024

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte

*email: denys.santos.souza.123@ufrn.edu.br

resíduos gerados nos processos de floculação desses produtos são ricos em metais não biodegradáveis, além do logo obtido apresentar um potencial ecotoxicológico, se configurando como uma fonte secundária de poluição (LIMA JÚNIOR, ABREU, 2018).

Os coagulantes e floculantes naturais vem ganhando mais espaços no mundo, com novas pesquisas, devido suas vantagens em relação aos coagulantes inorgânicos, já que seguem os conceitos de materiais eco friendly (projetados para causar o mínimo de dano possível) (LIMA JÚNIOR, ABREU, 2018). Os coagulantes orgânicos derivados dos taninos podem ser produzidos através de dos procedimentos da reação de Mannich (MANGRICH et al., 2013). Entre as vantagens dos coagulantes naturais em relação aos inorgânicos e sintéticos, podemos citar a baixa corrosividade, menos logo gerado, é renovável, possui alta disponibilidade de matéria prima, reduz os custos e perigos nos processos de tratamento da água, não alteram o pH da água tratada, solubilidade em água fria, estimular desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis, além de não fazer mal a saúde humana e nem animal (LIMA JÚNIOR, ABREU, 2018).

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) está entre as principais culturas perenes do Nordeste brasileiro, da família Anacardiaceae, possui de 60 a 74 gêneros e de 400 a 600 espécies (AMORIM et al., 2010). Uma espécie amplamente cultivada, de grande importância para a economia, gerando empregos e renda, existem dois grupos de cajueiro, sendo eles o cajueiro comum e o cajueiro anão-precoce, que produz bem mais e mais rápido que o cajueiro comum. (ARAÚJO et al., 2014). No ano de 2019, o estado do Ceará possuía 35% da sua área de cajucultura com o cajueiro anão precoce, e essa plantação respondeu a 56% da produção de castanha e de caju em todo estado do Ceará, mostrando a viabilidade dos plantios do cajueiro anão precoce (EMBRAPA, 2020).

Segundo o trabalho de Dos Anjos (2022), a casca do cajueiro comum apresentou bons teores de tanino e se mostrou eficaz para o tratamento de água. Devido a grande quantidade de cultivos de cajueiro anão no Nordeste e a necessidade de desenvolver novas tecnologias biodegradáveis que possam ser usadas no tratamento de efluentes, o objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade dos taninos de cajueiro anão precoce, cationizados com a reação de Mannich no tratamento de efluentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área

Foram utilizadas cinco árvores saudáveis de Cajueiro (*Anacardium occidentale*) do tipo anão precoce, obtidas em plantio florestal, localizadas na Área Experimental da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA), da

Escola Agrícola de Jundiá (EAJ), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), município de Macaíba- RN. O solo é classificado como latossolo amarelo de textura arenosa e topografia plana (BELTRÃO et al.1975). O clima local é uma transição entre os tipos As e BSw caracterizado como tropical chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen com temperatura média anual de 27,1°C, umidade relativa anual de 76% e precipitação pluviométrica variando entre 863,7 e 1.070,7 mm (IDEMA, 2013).

Para a coleta e preparo

Foram coletadas cascas de cinco árvores, onde suas cascas foram separadas do fuste com auxílio de um facão, e pesadas para determinação de sua umidade inicial. Em seguida secas ao ar, moídas em uma forrageira e utilizado para extração de taninos vegetais em grande quantidade. Uma amostra de cada indivíduo (aproximadamente 200g) foi utilizado para quantificação de taninos condensados (a nível de laboratório), reduzindo sua granulometria em moinho do tipo Willey.

Extração e quantificação das substâncias tânicas.

Para a quantificação das substâncias tânicas, o material foi classificado e foi utilizada a porção que passou pela peneira de 16 “mesh” (1,00 mm) e ficou retido na de 60 “mesh” (0,25 mm). Logo em seguida, o material foi homogeneizado e o teor de umidade (base seca) determinado, para permitir os cálculos, em base seca, do teor de taninos presentes em cada amostra. As substâncias tânicas contidas nos materiais foram extraídas em água destilada, sendo tomadas de cada material, três amostras de 25g de material seco. As amostras foram transferidas para os balões de fundo chato, com capacidade de 500 mL, e nos mesmos foi adicionado 250 mL de água destilada (relação 1:10 p/v) e submetidas à fervura, sob refluxo, por duas horas. Cada amostra foi submetida a duas sequências de extrações, a fim de se retirar à máxima quantidade de extrativos presentes. Após cada extração, o material foi passado em uma peneira de 150 “mesh” (0,105 mm) e em um tecido de flanela para a retenção das partículas de serragem. O extrato obtido foi homogeneizado e filtrado em um cadinho de vidro sintetizado de porosidade 2. Em seguida, foi concentrado para 500 mL. Após a concentração, três alíquotas de 50 mL foram retiradas de cada extrato. Duas alíquotas foram ser utilizadas para a determinação do teor de taninos condensados (TTC) e uma foi evaporada em estufa a 103 ± 2 °C por 48 horas, para a determinação da porcentagem de teor de sólidos totais (TST) foi feita a equação 1.

$$TST(\%) = TST(\%) \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \text{ (equação 1)}$$

Em que: TST = teor de sólidos totais, em porcentagem; M_i = massa inicial, em gramas; M_f = massa final, após secagem, em gramas.

Para determinar o TTC presente em cada amostra, foi utilizado o método de Stiasny, descrito por Guangcheng et al. (1991), com algumas modificações. Para tanto, aos 50 ml do extrato bruto foi adicionado 4 ml de formaldeído (37% m/m) e 1 mL de HCl concentrado. Cada mistura foi submetida à fervura sob refluxo por 30 minutos. Nessas condições, os taninos formam complexos insolúveis que podem ser separados por filtragem simples. Para isso foi empregado um filtro de papel posto em funil de Büchner de 10 cm de diâmetro e 4 cm de profundidade. O material retido no filtro foi seco em estufa a $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24hs em seguida calculado o índice de Stiasny (Equação 2).

$$I(\%) = \left(\frac{M_2}{M_1}\right) \times 100 \text{ (equação 2)}$$

Em que: $I(\%)$ = Índice de Stiasny, em porcentagem; M_1 = Massa de sólidos em 50 mL de extrato; M_2 = Massa do precipitado tanino-formaldeído.

A quantidade de taninos presente em cada amostra foi obtida ao multiplicar o índice de Stiasny pelo teor de sólidos totais (Equação 3).

$$TTC(\%) = \frac{TST \times I}{100} \text{ (equação 3)}$$

Em que: $TTC(\%)$ = Teor de taninos condensados, em porcentagem; TST = Teor de sólidos totais (Equação 1); I = Índice de Stiasny (Equação 2).

O teor de não taninos foi obtido pela diferença entre o teor de sólidos totais e o teor de taninos condensados obtido de cada amostra.

Cationização dos Taninos

A cationização dos taninos foi realizada com base na reação de Mannich, conforme relatada por Konrath e Fava (2006), em três etapas. Inicialmente, 5,4 g de cloreto de amônio e 24,4 g de formaldeído foram colocados em um balão volumétrico e a mistura aquecida a 80°C por 2 horas. Para verificar a eficácia da reação entre formaldeído e cloreto de amônio, uma avaliação visual foi realizada pelo aparecimento da cor amarelo claro a incolor. Em seguida, o produto obtido na primeira etapa foi misturado com 28,0 g de uma solução aquosa de tanino (50%) durante 30 minutos a 60°C . Após a segunda etapa, o estágio pós-reação foi realizado, consistindo na adição de 0,2 g de monoetanolamina e deixando reagir por 3 horas a uma temperatura de 50°C .

Ensaio de Coagulação

As amostras de água turva foram coletadas no açude olho d'água, localizado na Unidade Acadêmica

Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA), da Escola Agrícola de Jundiá, visto na Figura 1.



Figura 1 – Açude do olho d'água.

As amostras foram conduzidas ao laboratório de produção de alimentos vivos para realização dos ensaios de coagulação. Os taninos da casca do Angico vermelho, após a cationização com formaldeído pela reação de Mannich, foram avaliados como agente coagulante. Utilizando o aparelho Jar-test, foram realizados ensaios de floculação utilizando 1L de água com turbidez de 150 e 200 mg.L⁻¹ de solução coagulante, como visto na Figura 2.

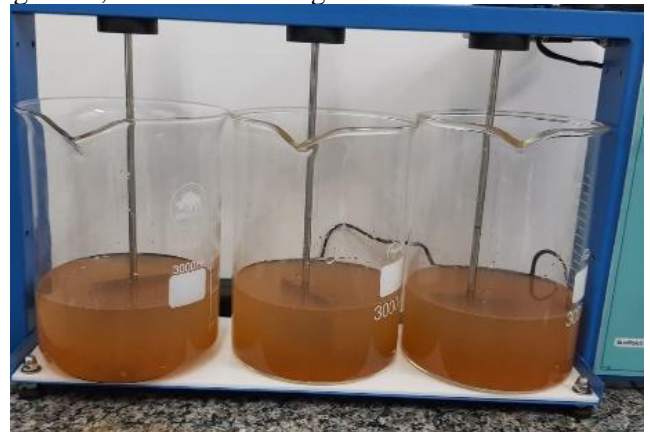


Figura 2 – béqueres com água do açude, pronta para os ensaios de coagulação.

Os ensaios foram conduzidos em béqueres, onde foram aplicados dois períodos de agitação, sendo um a 130 rpm por 2 minutos e outro a 35 rpm por 60 minutos. A turbidez e o pH da água tratada foram avaliados em intervalos de 10, 35 e 60 minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final da quantificação, os valores de teor de sólidos totais (TST), índice de Stiasny (IS), teores de taninos condensados (TTC) do cajueiro anão foram de 10,90%, 19,01% e 2,07%, respectivamente. Pode-se considerar o TST como um rendimento bruto da amostra, enquanto o IS, se refere a quantidade de polifenóis no tanino, o que indica a pureza desses taninos, enquanto o TTC a proporcionalidade de

taninos nos materiais que foram testados (MEDEIROS, et al 2019). Os mesmos procedimentos de quantificação foram feitos no trabalho de Dos Anjos (2021) com o cajueiro comum e os valores obtidos foram 33,33% de TST, 59,45 para o IS e 19,83 para o TTC. Com isso, pode-se observar que o cajueiro anão precoce possui menores índices de taninos em sua casca, em relação ao cajueiro comum.

Observa-se na tabela 1 que os taninos do cajueiro anão precoce não conseguiram atingir níveis satisfatórios na limpeza da água, porém, não fizeram grandes alterações no pH da água, diferente dos coagulantes inorgânicos, relatados por Mangrich et al (2013).

TABELA 1: Resultados (turbidez e pH) dos testes com os taninos de cajueiro anão precoce como agente coagulante no jar-test, todos com turbidez inicial de 150, os testes de turbidez e pH foram feitos nos intervalos de 10, 35 e 60 minutos. Foram feitas três repetições, sendo elas, Amostra 1 = repetição 1, Amostra 2 = repetição 2 e Amostra 3 = repetição 3.

Teste lento, com 35 RPM e pH inicial de 8,16						
	Turbidez (NTU)			pH		
Tempo de agitação(min)	Amostr a 1	Amostr a 2	Amostr a 3	Amostr a 1	Amostr a 2	Amostr a 3
10	90	90	95	8,08	7,5	7,9
35	80	80	80	8,1	7,8	7,95
60	70	70	75	7,9	8,05	7,9
Teste rápido, com 150 RPM e pH inicial de 8,80						
	Turbid ez (NTU)			pH		
Tempo de agitação(min)	Amostr a 1	Amostr a 2	Amostr a 3	Amostr a 1	Amostr a 2	Amostr a 3
2	85	90	90	7,75	7,26	7,5

Fonte: Autoria própria, 2023.

No melhor resultado dos ensaios de coagulação com os taninos do cajueiro anão, foi atingido cerca de 70 NTU (Tabela 1), uma remoção de 50% da turbidez, já o pH, em todos os ensaios apresentou pouca variação, o que se configura como um resultado satisfatório. Essa constatação é relevante, uma vez que além da eficácia do processo de coagulação, a manutenção do pH da água dentro de parâmetros aceitáveis é observada. Essa conformidade com os valores recomendados para potabilidade torna a água tratada adequada tanto para uso industrial quanto residencial segundo o CONAMA (2005).

Em comparação com um agente coagulante inorgânico, no trabalho de Higashi et al (2016), foi realizado ensaios de coagulação com cloreto férrico, onde foi atingido pico de 95% de remoção de turbidez. Embora a clarificação dos taninos de cajueiro anão precoce não tenha sido tão eficiente, é possível citar algumas vantagens desses floculantes naturais com relação ao cloreto férrico, por exemplo, segundo Ioshimura (2016), o cloreto férrico é corrosivo e ácido, podendo gerar problemas ambientais e na saúde humana, por ter uma alta corrosividade, encurta a vida útil de equipamentos e também tubulações das estações de tratamento,

podendo causar até a corrosão do tipo pitting, que é considerada a forma mais destrutiva de corrosão.

Em comparação com os de cajueiro comum, os taninos do cajueiro anão precoce também tiveram menor eficiência na clarificação da água, os taninos do cajueiro comum, mesmo em menor concentração, removeram cerca de 99% da turbidez da água (Dos Anjos, 2021), com isso, é possível observar que mesmo sendo da mesma espécie, porém, com modificação genética, os tipos de cajueiro apresentaram diferentes resultados na clarificação da água, mas em ambos os trabalhos o pH foi pouco alterado. Como foi relatado por Barros (1991), existem muitas diferenças entre o cajueiro comum e o anão precoce, além do seu tamanho, a produção florescência, entre outros, e nesta pesquisa observa-se também a diferença no teor de taninos condensados presente nas cascas da espécie. Tendo em vista os resultados desse trabalhado, comparado com os resultados obtidos por Dos Anjos (2021), observa-se também essa diferença na eficiência para uso deste tanino como coagulante, no tratamento de água.

A empresa Tanfloc utiliza taninos de Acacia negra (*Acacia mearnsii*) combinado com dietonolamina, cloreto de glicidiltrimetilamônio ou cloreto de amônio na produção de coagulantes eficientes que são comercializados pelo mundo, que conseguem

diminuir cor da água, removendo corantes e partículas da água (MANGRICH et al., 2013), mais estudos com os taninos do cajueiro anão precoce podem torna-lo viável para a clarificação da água como os taninos comercializados da Tanfloc.

CONCLUSÃO

Conclui-se que, por se tratar de uma espécie com modificação genética, apresentou valores de taninos condensados diferentes do esperado. Seu uso na clarificação da água se mostrou pouco eficiente, porém pouco alterou o pH da água, sendo necessário desenvolver mais pesquisas, afim de avaliar melhores formas, concentrações ou combinações que possam aumentar a sua potencialidade na clarificação da água, tendo em vista a crescente abundância dessa espécie no nordeste brasileiro e a necessidade de utilização de novas tecnologias sustentáveis que não causem danos à saúde humana ou ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, A.V; GOMES FILHO, E; BEZERRA, M.A; PRISCO, J.T; LACERDA, C.F. Physiologic responses of precocious dwarf cashew at different levels of salinity. *Revista Ciência Agrônômica*, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 113-121, mar. 2010. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20100016>.
- ARAÚJO, L.F. de; LIMA, R.E. M.; COSTA, L.O. da; SILVEIRA, Ê.M.C.; BEZERRA, M.A. Alocação de íons e crescimento de plantas de cajueiro anão-precoce irrigadas com água salina no campo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 18, n. , p. 34-38, abr. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsupps34-s38>.
- BELTRÃO, V. A.; FREIRE, L. C. M.; SANTOS, M. F. **Levantamento Semidetalhado da Área do Colégio 379 Agrícola de Jundiá – Macaíba/RN**. Recife: SUDENE – Recursos de Solos, Divisão de Reprodução, 380 p. 1975.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE(CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747#:~:text=MMA%20%2D%20Minist%C3%A9rio%20do%20Meio%20Ambiente,efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias>.
- DOS ANJOS, B.F. **Produção de agentes coagulantes para clarificação da água a partir de taninos de espécies florestais da Caatinga** (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrária - UAECIA Escola Agrícola de Jundiá-EAJ, Macaíba, 2021.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Plantio superadensado de cajueiro-anão triplica a produtividade**. Embrapa Agroindústria Ambiental, Ceará, Agos-2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55860388/plantio-superadensado-de-cajueiro-anao-triplica-a-productividade>.
- GUANGCHENG, Z., YUNLU, L., YAZAKI, Y, 1991. Extractives yields, Stiasny values and polyflavanoid contents in barks from six Acacia species in **Australian. Australian Forestry**, Queen Victoria. 3, 3154-156.
- HIGASHI, V.Y; THEODORO, J.D.P; PEREIRA, E. R; THEODORO, Paulo Sergio. USO DE COAGULANTES QUÍMICO (CLORETO FERRICO) E ORGÂNICO (Moringa Oleifera) NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PROVENIENTES DE SISTEMA LÊNTICO. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia Contec 2016**, Foz do Iguaçu, set. 2016. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br>. <Uso-de-coagulantes-químico-cloreto-ferrico-e-orgânico-moringa-oleifera-no-tratamento-de-águas-provenientes-de-sistema-lêntico.pdf (tratamentodeagua.com.br)>.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). **Perfil do seu município: Macaíba**. IDEMA: Natal, 2013. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000016679.PDF>
- IOSHIMURA, R. A. **Estudo da Eficiência Granulométrica no Processo de Filtração direta Com Aplicação de Coagulantes no Tratamento de Água**. 2016, Monografia (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.2016.
- LIMA JÚNIOR, R.N.; ABREU, F.O. M.S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: uma revisão sobre benefícios e potencialidades. *Revista Virtual de Química*, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 709-735, jun. 2018. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20180052>.
- MANGRICH, A.S.; DOUMER, M.E; MALLMANN, A.S.; WOLF, C.R. Green Chemistry in Water Treatment: use of coagulant derived from acacia mearnsii tannin extracts. *Revista Virtual de Química*, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 2-15, fev. 2014. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140002>.
- MEDEIROS, J. X.; CALEGARI, L.; SILVA, G. H.; TANAJURA, J. A.; BRAZ, R. L. Bark and Fruit Extracts Anadenanthera colubrina (Vell.), Mimosa tenuiflora (Willd.) and Acacia mearnsii (Wild.) Species. *Journal Of Experimental Agriculture International*, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 1-7, 22 jan. 2019. Sciencedomain International. <http://dx.doi.org/10.9734/jeai/2019/46500>.