

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO EXTRATO DO ANGICO VERMELHO COMO COAGULANTE NATURAL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES E ÁGUA DE POÇO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.IX-027>

Maria Geysiane de Lima Nascimento (*), Anderson Vinicius de Oliveira, Pedro Luiz Barros de Holanda Melo, Renato Dantas Rocha da Silva, Sinara Cybelle Turibio e Silva Nicodemo.

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental, Técnica Ambiental, Membro da Defesa Civil e Subcoordenadora de Educação Ambiental da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de São Paulo do Potengi, geysianelimaengenharia@gmail.com.

RESUMO

Esta pesquisa foi conduzida com o intuito de avaliar a toxicidade e a aplicação de um coagulante natural obtido por meio da extração de taninos do Angico Vermelho. Paralelamente, buscou-se promover a polimerização dos polifenóis presentes no extrato utilizando aminas e aldeídos, testando diferentes condições experimentais. Os experimentos de coagulação foram conduzidos com os extratos vegetais sintetizados, aplicando variações de condições de investigação. Durante o processo, os flocos gerados foram separados da água por sistemas de decantação e flotação, em estudos laboratoriais. Os resultados indicaram que o coagulante sintetizado permitiu a formação de flocos em faixas de pH entre 6,5 e 7,5. Nos testes aplicados ao tratamento de águas de ambientes eutrofizados, observou-se uma redução de mais de 93% na turbidez da água, com relação a sua aplicação em água de poço notou-se a redução na Dureza Total, evidenciando o potencial ambiental do coagulante. Atualmente, a pesquisa segue em andamento, com novos testes voltados para a aplicação desse coagulante em água de poço.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulante Natural, Tratamento de Água, Poços, Efluentes.

INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos hídricos urbanos é um grande desafio ambiental global, causado principalmente pelo despejo não planejado de esgotos domésticos em valas e canais abertos. Esses esgotos contêm nutrientes, detergentes, matéria orgânica, microrganismos patogênicos e altos níveis de sólidos dissolvidos, causando sérios impactos na qualidade de rios, córregos e açudes, como a eutrofização. No Brasil, 80% dos esgotos são despejados sem tratamento, sendo 85% domésticos e 15% industriais, refletindo as precárias condições de saneamento em muitas cidades (Esteves, 2011; Embrapa, 2021).

No cenário contemporâneo, as águas subterrâneas, embora mais protegidas que as superficiais, continuam vulneráveis à contaminação devido a atividades antropogênicas. O lançamento de esgoto no solo, mudanças no uso do solo em áreas urbanas e rurais, além de modificações nos sistemas fluviais, são fatores críticos que comprometem a qualidade da água subterrânea (BALARAM *et al*, 2023). A profundidade dos poços, também influencia na qualidade da água. Águas de poços com profundidade inferior a 6 metros estão mais vulneráveis devido a alterações antrópicas em função da concentração de nitrato, coliformes totais e termotolerantes (DA COSTA *et al.*, 2010).

Com isso, a coagulação vem sendo uma técnica eficaz e econômica para remover contaminantes da água, com coagulantes inorgânicos, como sais de alumínio e ferro, sendo amplamente utilizados. No entanto, coagulantes naturais, como os derivados de tanino, estão ganhando destaque por serem biodegradáveis, não tóxicos e sustentáveis. Embora tenham grande potencial, sua aceitação ainda é limitada, exigindo mais estudos. Mishra *et al.* (2022) e Tomasi *et al.* (2022) destacam que esses coagulantes apresentam vantagens, como baixa acidez, eliminando a necessidade de ajuste de pH, menor produção de lodo e ausência de metais pesados, tornando-os uma alternativa sustentável aos inorgânicos.

Extratos naturais de folhas, galhos e cascas vegetais podem ser cationizados por meio da reação com aminas funcionalizadas, conhecidas como Base de Mannich. Essa base reage com taninos, formando um agente catiônico polimérico de baixo peso molecular, eficiente como coagulante, especialmente em condições ácidas. Os taninos atuam na coagulação por neutralização de cargas e formação de pontes poliméricas entre os colóides dos efluentes (TANAC, 2003; Tchobanoglous, 2016).

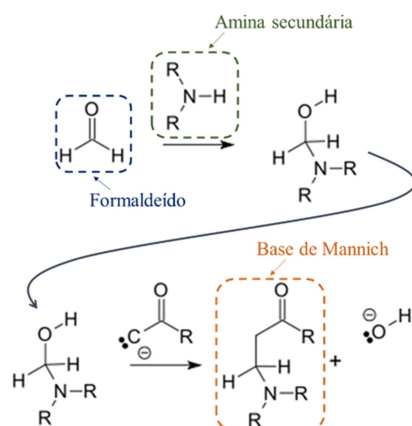


Figura 1: Reação de formação da Base de Mannich provocada pela mistura entre aldeído e amina secundária.

Fonte: TANAC, 2003; Tchobanoglous, 2016.

O processo de coagulação envolve a adição de produtos químicos para precipitar compostos que não seriam removidos por decantação ou filtração simples (Richter 2009 *apud* Lopes, 2014). Este estudo utilizou taninos do Angico Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), planta da Caatinga, experimentos foram planejados para polimerizar esses extratos usando sais de amina e aldeídos (produto de Mannich). O coagulante resultante foi testado em efluentes e água de poço para avaliar sua eficácia, e a toxicidade do tanino foi analisada usando *Ceriodaphnia dubia* em uma abordagem ecotoxicológica, essencial para garantir a segurança ambiental de novos compostos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar o coagulante natural a partir da extração de taninos do Angico Vermelho para aplicações em tratamento de efluentes e água de poço, acrescida de uma abordagem toxicológica para análise de toxicidade do tanino.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conduzir estudos toxicológicos para identificar possíveis impactos do coagulante sobre o meio ambiente e a saúde humana;
- Investigar a eficiência dos sistemas de decantação e flotação em laboratório aplicados para a remoção de flocos gerados com o uso de tanino;
- Aplicar o coagulante obtido no tratamento de águas oriundas de ambientes eutrofizados e água de poço com a perspectiva de avaliar a eficiência do uso do coagulante.

METODOLOGIA

A seguir são detalhados os procedimentos adotados para preparo dos extratos vegetais e suas aplicações na água de poço e efluentes a partir da planta Angico vermelho.

• ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS

As amostras da água dos três poços destinadas para as análises físico-químicas foram coletadas em recipiente de plástico de 2 litros em três poços artesiano localizado na zona urbana da cidade de São Paulo do Potengi/RN e foi encaminhada ao laboratório de Análise de Águas e Solos do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus São Paulo do Potengi, para a realização das análises (Mapa 1).

Mapa 01. Localização dos poços. Fonte: Anderson Oliveira, 2024.



Os valores foram avaliados conforme as recomendações da portaria de consolidação GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 e a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os parâmetros analisados e os métodos de análises foram os seguintes:

- **CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS, TEMPERATURA E PH**

A Condutividade Elétrica, os Sólidos Totais Dissolvidos, temperatura e pH foram determinados através do Multiparametro portátil da Hanna, modelo HI98194, com resultados expressos na escala de $\mu\text{S}/\text{cm}$, mg/L , e $^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

- **DUREZA TOTAL**

Pipetou-se 3 alíquotas de 50 mL de água de poço em Proveta Graduada, sendo 5 mL da amostra com 45 mL de água destilada e transferiu para erlenmeyer de 250 mL; adicionou-se 1mL de tampão amoniacal pH 10; foi titulado com a solução de EDTA 0,02 N até mudança de cor (rosa \Rightarrow azul), por fim os resultados foram expressos em mg de CaCO_3/L . O mesmo procedimento foi adotado para realização da Dureza Total após aplicação do Coagulante Natural (Figura 2).



Figura 2. Material utilizado para análise de Dureza Total em água de Poço. Fonte: Autoral dos pesquisadores.

• PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE CASCAS DE ANGICO VERMELHO

As amostras de cascas de Angico (*Anadenanthera colubrina*) foram coletadas de uma planta de aproximadamente oito anos em uma fazenda na zona rural de São Paulo do Potengi. O material foi classificado em duas categorias: cascas do caule e galhos (Figura 3A). Em seguida, foi seco a 60°C por 24 horas e moído em um moinho de facas (Figura 3B), resultando em um pó com granulometria inferior a 500 µm, o que proporciona uma elevada área superficial ideal para a extração de tanino.

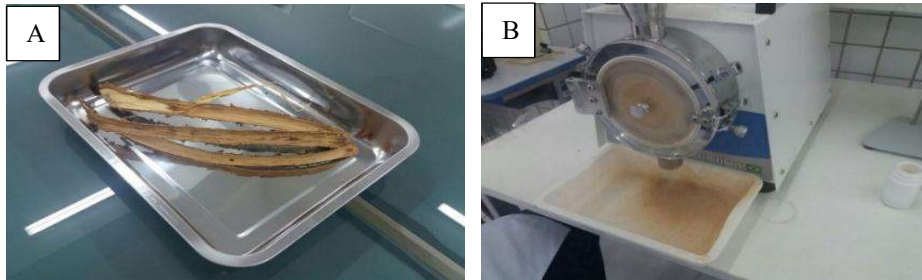


Figura 3 – A. Biomassa vegetal retirada do caule do Angico Vermelho e utilizada nos testes de extração; 3 -B.

Material vegetal pulverizado para aplicações. Fonte: fotografada pelo autor

A síntese do coagulante a partir do extrato vegetal do Angico vermelho foi realizada em três etapas, seguindo os procedimentos de AcquaQuímica (2005). A proporção entre a massa da biomassa seca e a solução alcoólica foi de 1 g/10 mL, com um período de extração superior a uma hora em temperatura ambiente. Essa escolha foi justificada por experimentos anteriores, que indicaram que temperaturas mais altas comprometeriam a qualidade do coagulante final.

Concomitantemente à preparação do extrato, foi elaborada uma solução base de Mannich, misturando 80 mL de solução aquosa de cloreto de amônia (50 g de $\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{L}^{-1}$) com 40 mL de formaldeído em temperatura controlada a 70°C por, no mínimo, uma hora. Após o resfriamento, 100 mL da solução de Mannich foi misturada com 100 mL do extrato vegetal filtrado e mantida em contato por mais de uma hora.

Na última etapa, diferentes dosagens de dietanolamina (0,5, 2,0 e 6,0 mL) foram adicionadas à mistura para promover a polimerização dos complexos extraídos. A reação entre a amina secundária e a mistura foi conduzida a 50°C por 90 minutos. Os extratos finais de coagulante resultantes foram denominados estrato 1, estrato 2 e estrato 3, conforme a dosagem de dietanolamina utilizada.

• TESTES DE TOXICIDADE CRÔNICA COM *C. DUBIA* (CRUSTACEA, CLADOCERA)

O teste ecotoxicológico consistiu na exposição individual de neonatos de *Ceriodaphnia dubia* (figura 4), com idades entre 6 e 24 horas, durante um período de 7 dias, avaliando a sobrevivência e a fecundidade dos organismos, conforme as diretrizes da ABNT NBR 13373/2017.



Figura 4 - *Ceriodaphnia dubia*. Fonte: Environmental Protection Agency cultures, 1986.

As análises foram realizadas em tubos plásticos, devidamente identificados com marcador preto, de acordo com a diluição correspondente. Ao todo foram utilizados 50 tubos plásticos para a análise ecotoxicológica, distribuídos da seguinte forma: 10 tubos para o controle, identificados pela letra “C” seguida de sua respectiva numeração; 10 tubos para a diluição de 5% contendo tanino, identificados pela letra “T” e sua numeração correspondente; 10 tubos para a diluição de 2,5%, identificados pela letra “U”; 10 tubos para a diluição de 1,125%, identificados pela letra “V”; e, finalmente, 10 tubos para a diluição de 0,625%, identificados pela letra “W”, todos com suas numerações respectivas (Figura 5).



Figura 5. Tubos para análise ecotoxicológica do tanino extraído do Angico Vermelho. Fonte: Autores, 2024.

Após isso, foi contabilizada diariamente a taxa de sobrevivência e a natalidade de filhotes, registrado em uma planilha no Excel para um melhor controle da análise, assim realizando gráficos em porcentagem da taxa de natalidade diária e de sobrevivência. Vale salientar que na amostra controle foi colocado um neonato em 15 mL de água de diluição, e nos outros 40 tubos foi colocado 15 mL de sua respectiva diluição.

O cultivo da *Ceriodaphnia dubia* é realizado no Laboratório de Ecotoxicologia da Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais (DIAREN) do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, *campus* Natal - Central, tendo como referência a norma da ABNT NBR 13373/2017. Os microrganismos são mantidos sob temperatura controlada (25 +/- 2° C) e alimentados diariamente com a microalga *Scenedesmus spp.*, que também são cultivadas em laboratório, de acordo com a ABNT NBR 12648/2023 (em meio Oligo).

Além da microalga, o cultivo também é alimentado diariamente com solução de ração de peixe (Tetramin®) e suplementada a cada renovação com solução de Spirulina (Fazenda Tamanduá®). A água de cultivo é oriunda de poço de água sem contaminação, com verificação frequente dos parâmetros de dureza total e pH. Antes da sua utilização, a água é aerada por 12h (com período de descanso após a aeração) e é realizada a aferição de OD. As renovações da água ocorrem 2x na semana.

Para a interpretação dos resultados, foi feito a análise de toxicidade aguda e crônica, as quais respectivamente analisam a taxa de sobrevivência após 48h, na qual considera-se toxicidade aguda quando a taxa de sobrevivência fica menor que 50% e a crônica avalia o experimento ao longo dos 7 dias, quando tiver diferença abaixo de 79% entre a taxa de natalidade do controle e do ensaio, o teste foi considerado como tóxico (Alves; Cobo, 2013).

• SISTEMA DE FILTRAÇÃO A VÁCUO COM APLICAÇÃO DO TANINO EM ÁGUA DE POÇO

O método de filtração a vácuo é comumente utilizado em laboratórios para separar sólidos de líquidos ou gases de maneira eficiente. No experimento descrito, foram utilizados dois Becker de vidro de 250 mL contendo água do Poço 1 com 0,2 mL e 0,5 mL de tanino, dois agitadores magnéticos, uma bomba a vácuo, um funil Büchner, um Kitasato, mangueira de vácuo, uma membrana filtrante e uma proveta graduada. As amostras de tanino foram adicionadas à água e misturadas em um agitador magnético (Figura 6-A).

Em seguida, o líquido foi vertido no funil Büchner, onde o vácuo acelerou a separação dos sólidos. O líquido filtrado foi coletado no Kitasato, enquanto os sólidos permaneceram na membrana filtrante (Figura 6-B). Após a filtração, 5 mL do líquido filtrado foram medidos e diluídos com 45 mL de água destilada para análise da Dureza Total da água após a aplicação do coagulante.

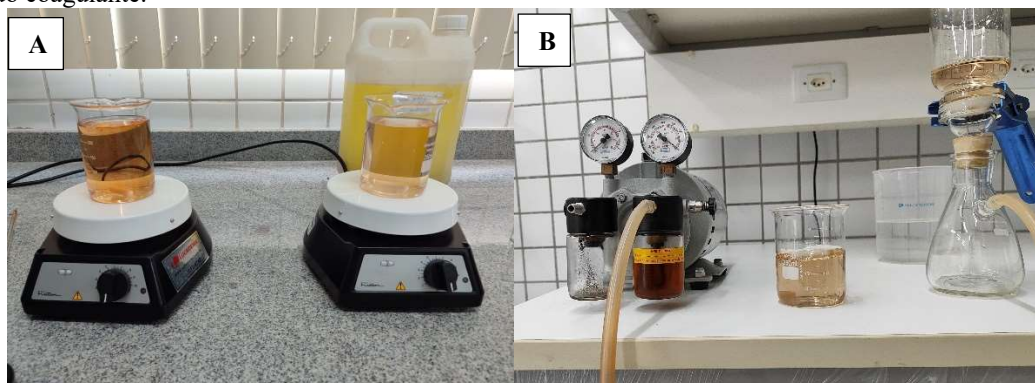


Figura 6-A. Aplicação do Coagulante Natural Tanino na água do Poço; 6-B. Sistema de Filtração a vácuo por meio de membrana filtrante. Fonte: Autoral dos pesquisadores

• ESTUDOS APLICADOS DE COAGULAÇÃO, DECANTAÇÃO E FLOTAÇÃO PARA EFLUENTE

O coagulante sintetizado foi testado em experimentos de precipitação química sob diferentes condições de pH (5,5, 6,5 e 7,5) e concentração de 0,3 ml.L⁻¹ de água. A precipitação ocorreu em um teste de jarros com tempos de agitação rápida de 1 minuto, agitação lenta de 5 minutos e decantação de 5 minutos. Após esses períodos, alíquotas de água foram coletadas para análises de turbidez e oxigênio dissolvido, avaliando a eficiência do sistema com base na formação e sedimentação dos flocos.

Para o tratamento de águas eutrofizadas, foi utilizado um sistema de coagulação e flotação com um vaso saturador de ar de 3 litros, operando a pressões acima de 4 kgf.cm⁻², e uma célula de acrílico de 2 litros para coagulação-floculação e separação da fase sólida através de microbolhas (Figura 7). O sistema também contava com um vaso saturador e agitação magnética, além de um constritor de fluxo tipo válvula agulha no sistema de depressurização.



Figura 7. Sistema de flotação por ar dissolvido (FAD) de bancada utilizado nos experimentos de flotação de águas eutrofizadas. Fonte: Autoral dos pesquisadores.

A taxa de reciclo foi mantida em 10% e foi controlada a partir do volume de água deslocado dentro da célula de acrílico onde a água eutrofizada foi condicionada. Os níveis experimentais da dosagem de Tanino planejada para os experimentos foram de 1, 3 e 5 ml.L⁻¹ de água eutrofizada. O tempo de condicionamento do Tanino na célula de acrílico contendo 1 litro de água eutrofizada foi de 1 minuto de agitação rápida (dispersão do coagulante) e 10 minutos de agitação lenta (crescimento dos flocos). Após a flotação, as alíquotas de água foram coletadas pela base da coluna de flotação e submetidas às análises físico-químicas.

RESULTADOS PRELIMINARES E ESPERADOS

• COAGULANTES OBTIDOS A BASE DE TANINO

Os extratos obtidos inicialmente nas soluções aquosas e alcoólicas representou mais conformidade com os extratos tânicos descritos na literatura para preparo de coagulantes (Fonseca e Silva, 2016). Contudo, os testes com as cascas e o caule do angico vermelho para a aplicação de taninos hidrolisáveis e condensados foram determinantes para o tratamento de águas e efluentes, mas em estudos posteriores de síntese do coagulante a presente pesquisa testará o coagulante em águas de poços.



Figura 8. Coagulantes sintetizados a partir da reação de extratos vegetais com base de Mannich. Direita: Extrato 1 pelo uso de 0,5 ml de dietanolamina; Meio: Extrato 2 pelo uso de 2,0 ml de dietanolamina; Esquerda: Extrato 3 pelo uso de 6,0 ml de dietanolamina. Fonte: Autoral dos pesquisadores

A Figura 8 destaca o aspecto dos coagulantes sintetizados a partir de diferentes dosagens de dietanolamina na mistura com a Base de Mannich e o extrato vegetal. O aumento da dosagem da amina resultou em coloração mais escura no extrato final e, também, foi identificado um aumento da alcalinidade do reagente final. Após a dosagem desses extratos em água nas concentrações de 0,3 ml.L-1 o pH da água alcançou níveis de 4, 8 e 10, para os extratos 1, 2 e 3, respectivamente.

• ANÁLISE DE TOXICIDADE DO COAGULANTE NATURAL TANINO

De acordo com a evolução do experimento, foi identificada uma toxicidade crônica, como mostrado nas figuras 9 e 10. No entanto, em relação a toxicidade aguda, apenas a diluição de 5% comparada as demais que apresentou um índice alto de toxicidade agudo. Os resultados preliminares da diluição do tanino estão expressos nas figuras 9, 10 e 11.

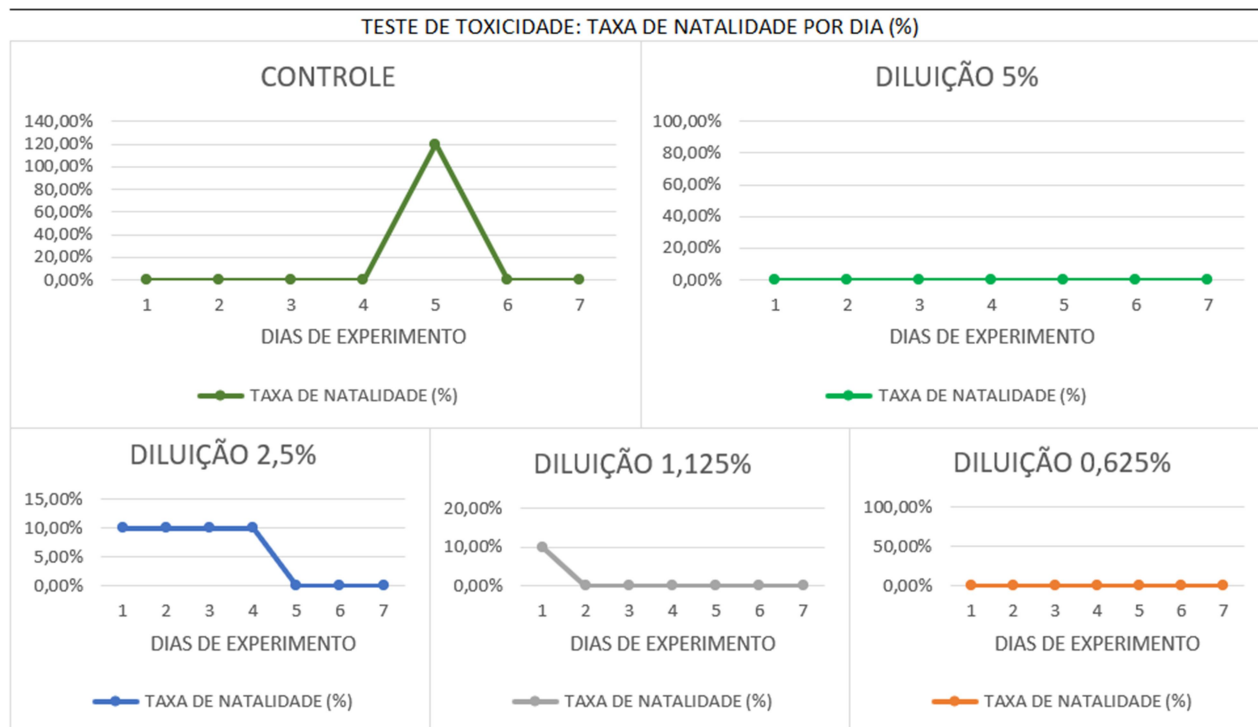


Figura 9: Gráficos das taxas de natalidade de cada diluição e do controle. Fonte: Autoral dos pesquisadores.

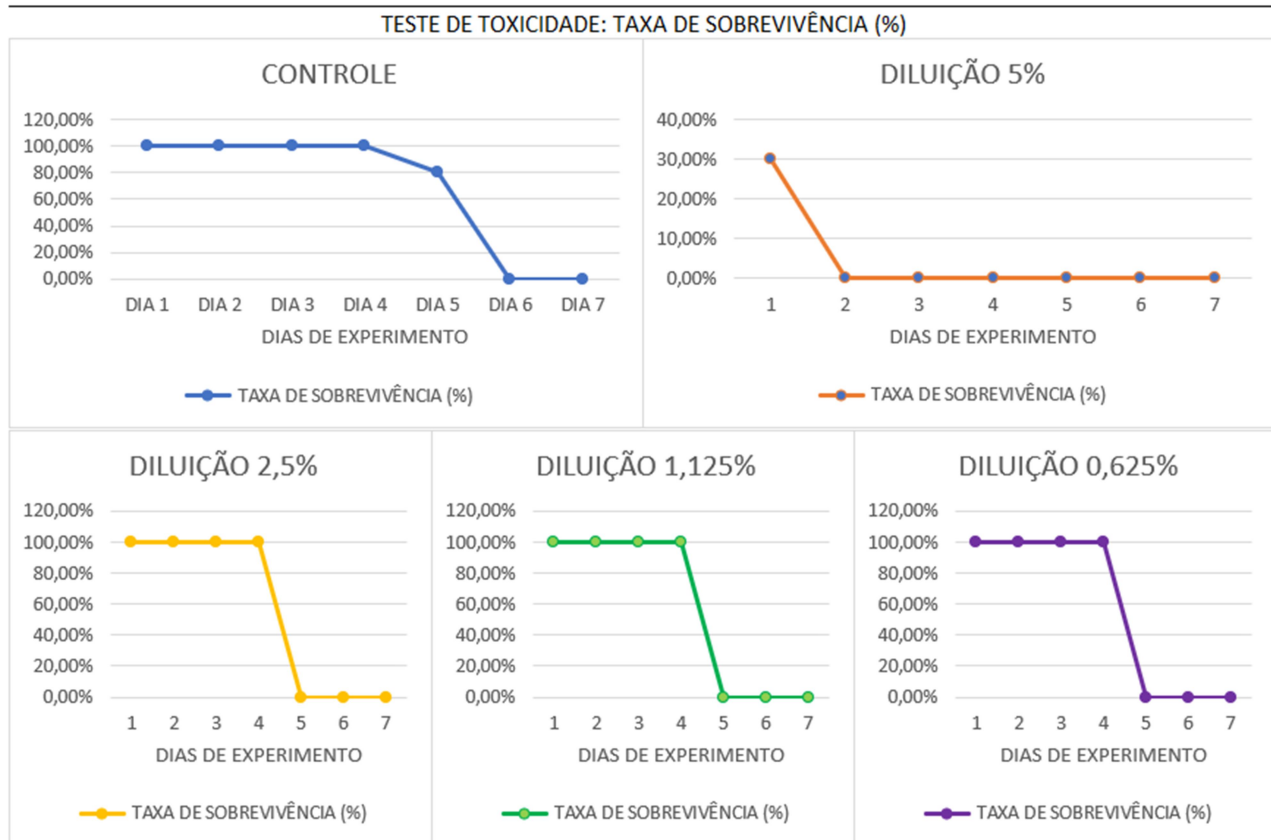


Figura 10: Gráficos das taxas de sobrevivência de cada diluição e do controle. Fonte: Autoral dos pesquisadores.

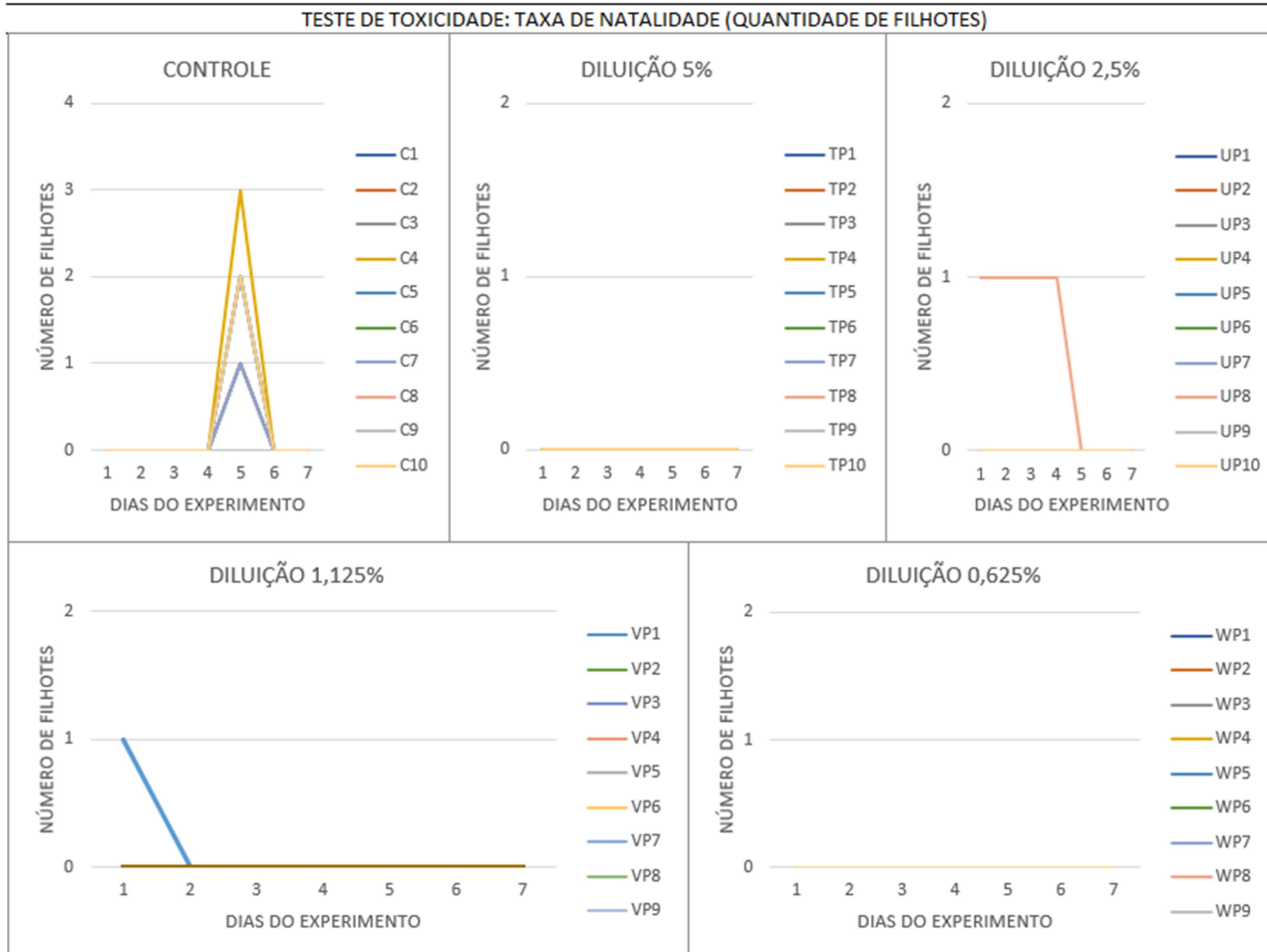


Figura 11: Gráficos dos números de filhotes nascidos ao longo do teste. Fonte: Autoral dos pesquisadores.

• ESTUDOS DE COAGULAÇÃO E DECANTAÇÃO EM EFLUENTE (EFEITO PH)




Nos experimentos de coagulação-decantação com três extratos de tanino em água da torneira (0,3 ml.L⁻¹), alíquotas sobrenadantes foram coletadas para análise de sólidos totais. Os resultados mostraram que o menor teor de sólidos totais ocorreu em pH 6,5 e 7,5 com o uso do Extrato 1, evidenciando a influência do pH na formação de flocos. Cruz (2004) também observou os melhores resultados de coagulação com taninos em pH 7,2, corroborando os achados deste trabalho.

A qualidade ambiental das alíquotas sobrenadantes dos ensaios de coagulação-decantação é ilustrada no Quadro 1, que reforça os índices de sólidos totais apresentados na Tabela 2. Os experimentos em pH 6,5 e 7,5 com o Extrato 1 se destacam como os mais bem-sucedidos, evidenciando a eficácia dos extratos vegetais à base de tanino na remoção de sólidos totais da água.

Tabela 2. Sólidos totais residuais após coagulação. Sólidos Totais para água bruta (antes da adição do coagulante): 2300 mg.L⁻¹. Fonte: tabela elaborada pelo autor.

Sólidos totais em função do pH de coagulação, mg.L ⁻¹			
pH →	5,5	6,5	7,5

Quadro 1. Aspecto da qualidade da água sobrenadante a partir de alíquotas coletadas dos experimentos de coagulação-decantação pelo uso de extratos vegetais. Fonte: quadro elaborado pelo autor

Extrato 1			Extrato 2			Extrato 3		
pH 5,5	pH 6,5	pH 7,5	pH 5,5	pH 6,5	pH 7,5	pH 5,5	pH 6,5	pH 7,5
								

• ESTUDOS DE COAGULAÇÃO E FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO EM EFLUENTE

As Tabelas 3 e 4 apresentam os resultados do tratamento utilizando Tanino com taxa de reciclo de 10%, que define a relação de água saturada com ar e o volume de água a ser tratado pelo sistema de flotação. Para identificar a concentração ideal do coagulante, foram realizados testes com diferentes volumes (ml). Os dados da Tabela 2 indicam que o volume de 3 ml em pH 6 foi o mais eficaz na redução da turbidez da água, corroborando estudos que mostram que os melhores resultados de coagulação com extratos de tanino ocorrem entre os pH 6 e 7 (CRUZ, 2004).

Tabela 3. Análises feitas para escolha da melhor concentração e eficiência do tanino com taxa de 10% de reciclo. Fonte: tabela elaborada pelos autores.

Dosagem de Tanino, 1ml		Água bruta			Água tratada		
		pH	OD, mg.L ⁻¹	Turb., UNT	pH	OD, mg.L ⁻¹	Turb., UNT
1	Experimento 1	8,4	7,8	26,4	6,01	7,94	3,94
3	Experimento 2	8,41	7,8	22,1	6,08	6,5	1,5
5	Experimento 3	8,46	6,8	27,7	6,25	7,6	3,77

Tabela 4. Resultados da caracterização físico-química da água bruta e tratada por coagulação-flotação com Tanino (dosagem de 3ml) com variações de pH 6, 6,5 e 7, com taxa de reciclo 10%. Fonte: tabela elaborada pelos autores.

Dosagem de 3 ml de Tanino		Água bruta			Água tratada		
		pH	OD, mg.L ⁻¹	Turb., UNT	pH	OD, mg.L ⁻¹	Turb., UNT
pH6	Experimento 1	8,41	7,8	22,1	6,08	6,5	1,5
pH6,5	Experimento 2	8,32	7,0	21,4	6,59	7,4	4,41
pH7	Experimento 3	8,4	8,2	22,7	7,04	8,9	3,57

A análise dos resultados das Tabelas 2 e 3 mostrou que o oxigênio dissolvido permaneceu em níveis próximos à saturação (85 a 93%) em todos os experimentos. Embora a turbidez das amostras brutas já fosse baixa, foi possível uma remoção superior a 93% nas melhores condições, evidenciando o potencial do uso de técnicas de coagulação com extrato de Angico Vermelho no tratamento de águas em ambientes eutrofizados. Nesses locais, a água apresenta alto

potencial patogênico, e a elevada turbidez representa riscos iminentes devido ao manejo humano. Além disso, os flocos formados na coagulação mostraram alta capacidade de flotabilidade, resultando em uma significativa remoção de sólidos pelo sistema investigado.

• **APLICAÇÃO DO EXTRATO VEGETAL TANINO EM ÁGUA DE POÇO POR SISTEMA DE FILTRAÇÃO A VÁCUO (EFEITO DUREZA TOTAL).**

De acordo com a CETESB (2017), o monitoramento da qualidade da água subterrânea é fundamental para o conhecimento da hidrogeoquímica e da condição dos parâmetros de qualidade. A avaliação da qualidade da água se dá através do monitoramento de parâmetros como temperatura, pH, condutividade elétrica, alumínio, oxigênio dissolvido, turbidez, ferro, nitrito, nitrato, sulfato, sulfeto, cobre, zinco, manganês, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

No Brasil, têm-se a Portaria nº 888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Essa lei define as concentrações limites para cada substância em águas para consumo humano, aplicando-se às águas provenientes de sistema e solução alternativa de abastecimento de água. O valor máximo de dureza na água permitido para consumo humano é determinado pela mesma Portaria, sendo de 300 mg/l CaCO₃.

De acordo com a UFV (2008) a classificação das águas em termo de dureza é de: menor que 50 mg/l CaCO₃ água mole, entre 50 e 150 mg/l CaCO₃ água com dureza moderada, entre 150 e 300 mg/l CaCO₃ água dura e maior que 300 mg/l CaCO₃ água muito dura.

As análises indicaram que nos poços 2 e 3 estão com dureza maior que 150,00 mg/l CaCO₃ sendo classificadas como água dura, enquanto a amostra do poço 1, está com 640 mg/l, sendo classificada como água muito dura (Tabela 5).

Os resultados das análises das amostras de água coletadas dos três poços artesanais da cidade de São Paulo do Potengi – RN, apresentaram dureza variando de água dura para água muito dura, atendendo os padrões de potabilidade para consumo humano estabelecido pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Sendo assim, o Poço 1 foi o que apresentou uma água muito dura no valor de 640 mg/L.

Tabela 5. Resultados da caracterização físico-química da água de três poços da Cidade de São Paulo do Potengi/RN. Fonte: tabela elaborada pelos autores.

Paramentos	pH	Condutividade (µS/cm)	Sólidos Dissolvidos Totais	Dureza Total (mg/L de CaCO ₃)	Temperatura (°C)
Poço 1 – Consumo Doméstico	7.58	2520	1415	640	29.9
Poço 2 - Desativado	7.74	2400	1330	260	28.5
Poço 3 – Irrigação de Praças	6.53	1980	1070	300	29.5

Estudos da UFV (2008) e Roloff (2006) indicam que a dureza da água causa sabor desagradável, efeitos laxativos e reduz a formação da espuma do sabão, já Alvarado (1999) complementa que pode provocar incrustações nas tubulações de caldeiras e em tubulações para abastecimento de águas domésticas, já estudos de Silva et al., (1986), indicam que a água dura pode causar náuseas, vômitos, letargia, fraqueza muscular intensa e hipertensão arterial em sessões de hemodiálise.

Tabela 6. Resultados da caracterização físico-química da água do poço 1 após aplicação do Tanino (dosagem de 0,2mL e 0,5 mL). Fonte: Tabela elaborada pelos autores.

Parâmetros	Concentração do Tanino	pH	Dureza Total (mg/L de CaCO ₃)
Poço 1 – Consumo Doméstico	0,2 mL	8.34	540
Poço 1 – Consumo Doméstico	0,5 mL	8.20	520

Quando se obtém uma dureza total de 640 mg/L, isso indica uma concentração relativamente alta desses íons, o que é comum em águas subterrâneas, como as de poços, que frequentemente passam por rochas ricas em minerais, sendo assim na (Tabela 6) descreve o poço com maior dureza total e a aplicação do coagulante natural Tanino em concentrações diferentes. Observou-se que ao aplicar o Tanino na água do poço ouvi diminuição da Dureza Total, saindo de 640 mg/L para 540 mg/L e 520 mg/L respectivamente. Os taninos podem reagir quimicamente com o cálcio e o magnésio, formando precipitados que podem ser removidos da água.

CONCLUSÃO

Os coagulantes a base de taninos já representam uma alternativa aos coagulantes inorgânicos metálicos para diversas aplicações no tratamento de águas e efluentes. Este trabalho permite avançar na discussão da síntese desta classe de coagulantes, pelo uso de plantas que ocorrem no bioma Caatinga como o angico vermelho, uma investigação de caráter inovador. Os primeiros experimentos permitiram identificar a ocorrência de extratos com características que indicam o potencial do cenário investigado na obtenção de um coagulante inédito. O estudo toxicológico relacionado ao uso do tanino, será inovador, devido a análise toxicológica. Portanto, os estudos experimentais seguirão para que a aplicação dos coagulantes sintetizados seja investigada em sistemas reais de água de poço, realizando posteriormente uma abordagem ecotoxicológica uma vez que o tanino seja descoberto como não tóxico. Em virtude dos experimentos desenvolvidos neste trabalho ainda se apresentarem em estágios iniciais, e com resultados apenas em águas e efluentes, os estudos aplicados ainda não foram sistematizados. Contudo, dentro dos próximos meses de análises mais detalhadas permitirão a consolidação dessa pesquisa em aplicações em água de poços com análise de possíveis toxicidade. O planejamento experimental de estudos futuros para dar sequência desse trabalho está sendo planejada para que os 4 extratos obtidos da biomassa do Angico Vermelho sejam investigados para aplicações na coagulação de águas de poços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves, Tatiane; Cobo, Valter José. **Bioindicador Ceriodaphnia dubia aplicado na avaliação ecotoxicológica da água da bacia hidrográfica do rio Una.** Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 8, p. 168-182, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92852597014.pdf>. Acesso: 30 de setembro de 2024.
2. Balaram, V.; Copia, L.; Kumar, U. S.; et al. **Pollution of water resources and application of ICP-MS techniques for monitoring and management—A comprehensive review.** *Geosystems and Geoenvironment*, v. 2, p. 100210, 2023. DOI: 10.1016/J.GEOGEO.2023.100210.
3. Berner, D.B. 1986. **Taxonomy of Ceriodaphnia (Crustacea: Cladocera)** in U.S. Environmental Protection Agency cultures. EPA/600/4-86/032.
4. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Variáveis de Qualidade da Água e Objetivos do Diagnóstico de Qualidade da Água.** Escola Superior da CETESB. São Paulo: CETESB, 62P, 2017.
5. Da Costa, A. B. et al. **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em áreas de preservação permanente (sistema aquífero guarani-sag), bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil.** *Tecno-Lógica*, v. 14, n. 1, p. 26-38, 2010.
6. Esteves, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 3ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
7. Fonseca, A. L. S.; Silva, R. D. R. **Síntese de coagulantes a partir de extratos vegetais de plantas da Caatinga.** III EXPOTEC – IFRN Campus Ipanguaçu. Ipanguaçu, 2016.
8. Metcalf E Eddy. **Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications.** McGraw-Hill, 2006.
9. Portaria GM/MS N° 888, DE 4 DE MAIO DE 2021.
10. Mishra, M.; Arukha, A. P.; Yadav, D. **Application of Natural Coagulants in Water Treatment: A Sustainable Alternative to Chemicals.** *Water*, v. 14, n. 22, p. 3751, 2022. DOI: 10.3390/w14223751.
11. Tomasi, I. T. et al. **Tannin-based coagulants: Current development and prospects on synthesis and uses.** *Science of the Total Environment*, v. 822, p. 153517, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.153517.
12. UFV, 2008; Roloff, 2006, WHO, 2006, SPERLING, 2005; BACCAN, et al. 2004; MENDHAM, et al., 2002; AGRESTE ,et al., 2001; SHEREVE e BRINK, 1997; RUSSELL, 1994).
13. Silva, A. L.; Souza, J. R.; Santos, M. C. (1996). **Impactos da dureza da água na saúde de pacientes em hemodiálise.** *Revista Brasileira de Nefrologia*, 18(2), 57-63.