CHAPTER VIII

USE OF LIME AS A PRIMARY COAGULANT IN THE TREATMENT OF EFFLUENTS FROM THE MANUFACTURE OF WOOD PANELS IN AN INDUSTRY IN THE TRIÂNGULO MINEIRO REGION

USO DA CAL COMO COAGULANTE PRIMÁRIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES ORIUNDO DA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA EM UMA INDÚSTRIA NO TRIÂNGULO MINEIRO

DOI: 10.51859/amplla.sset.3225-8

Jussiê Pereira da Silva [1]
Deusmaque Carneiro Ferreira [2]
Vinícius Carvalho Rocha [3]
Geoffroy Roger Pointer Malpass [4]

[1] Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - UFTM
[2] Professor Orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – UFTM. ORCID: 0000-0001-9338-0863
[3] Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental – UFTM. ORCID: 0000-0002-4683-5738
[4] Professor Orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – UFTM. ORCID: 0000-0002-0036-5750.

ABSTRACT

Wood panel manufacturing effluents contain organic and inorganic compounds that require appropriate treatment before disposal. Although physical and chemical treatments with aluminum sulfate are effective, they have disadvantages such as high cost, generation of aluminum-containing sludge, health risks, and a strong odor. This study evaluated the effectiveness of hydrated lime ($Ca(OH)_2$) as an alternative to aluminum sulfate in treating these effluents. Coagulation tests, performed using jar tests, used lime dosages between 100 and 796 mg/L, at pH 5.8, and controlled agitation, with 30 minutes of settling. The best turbidity removal (94.2%) was achieved with 304 mg/L of lime, at pH between 6.1 and 6.4. Dosages below 300 mg/L did not form effective precipitates, and values above 550 mg/L did Keywords: Education. Health. Environment. not significantly increase efficiency and may even impair coagulation. The results demonstrate the potential of hydrated lime as a primary coagulant, notably due to its economic viability—with the potential for cost savings of up to R$32,000 per month—as well as its reduced environmental impact and health risks. Replacing aluminum sulfate with lime also reduces the presence of aluminum in the sludge generated and the associated odor problems. Therefore, the use of hydrated lime represents an efficient, safe, and sustainable alternative for effluent treatment in the wood panel industry.

Keywords: Effluents, aluminum sulfate, calcium hydroxide, coagulation, turbidity.

RESUMO

Os efluentes da fabricação de painéis de madeira contêm compostos orgânicos e inorgânicos que exigem tratamento adequado antes do descarte. Embora os tratamentos físico-químicos com sulfato de alumínio sejam eficazes, apresentam desvantagens como alto custo, geração de lodo com alumínio, riscos à saúde e odor forte. Este estudo avaliou a eficiência da cal hidratada ($Ca(OH)_2$) como alternativa ao sulfato de alumínio no tratamento desses efluentes. Os testes de coagulação,

realizados por jar-test, utilizaram dosagens de cal entre 100 e 796 mg/L, em pH 5,8 e agitações controladas, com 30 minutos de sedimentação. A melhor remoção de turbidez (94,2%) foi obtida com 304 mg/L de cal, em pH entre 6,1 e 6,4. Dosagens abaixo de 300 mg/L não formaram precipitados eficazes, e valores acima de 550 mg/L não aumentaram significativamente a eficiência, podendo até prejudicar a coagulação. Os resultados demonstram o potencial da cal hidratada como coagulante primário, destacando-se por sua viabilidade econômica — com possibilidade de redução de até R$ 32 mil por mês —, menor impacto ambiental e menor risco à saúde. A substituição do sulfato de alumínio pela cal também reduz a presença de alumínio no lodo gerado e os problemas relacionados a odores. Assim, o uso da cal hidratada representa uma alternativa eficiente, segura e sustentável para o tratamento de efluentes na indústria de painéis de madeira.

Palavras-chave: Efluentes, sulfato de alumínio, hidróxido de cálcio, coagulação, turbidez.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de painéis de madeira é economicamente relevante no Brasil, sendo destaque na produção de MDF, HDF e placas de fibra (Garcia et al., 2024; FAO, 2024). O processo produtivo envolve etapas como descascamento, cozimento e prensagem, gerando efluentes com alta carga poluente, ricos em matéria orgânica, sólidos suspensos e DQO, que devem ser tratados para atender à legislação ambiental (CONAMA nº 430/2011; Maminska, 2020).

O descarte inadequado desses efluentes pode provocar sérios danos ambientais, como eutrofização e mortandade de peixes. A Resolução CONAMA nº 430/2011 define impactos ambientais como qualquer alteração que comprometa a saúde humana, a biota e os recursos ambientais.

Diversas tecnologias têm sido aplicadas no tratamento de efluentes, como adsorção, ultrafiltração, métodos eletroquímicos e lagoas (Kishimoto et al., 2010; Ali et al., 2020; Mohamad et al., 2021). Entre elas, a coagulação/floculação é amplamente usada por sua eficiência e simplicidade operacional (Brovkina et al., 2020). Esse processo, dividido em duas etapas, visa remover turbidez e partículas por meio da neutralização de cargas e formação de flocos (Teh et al., 2016).

A eficácia da coagulação depende do potencial Zeta, que mede a repulsão eletrostática entre partículas (Pochapski et al., 2022; Maillard et al., 2021). Os mecanismos principais de coagulação são: neutralização de cargas, compressão da dupla camada elétrica, varredura e ponte entre partículas (Nharingo et al., 2015; Choy et al., 2013).

Entre os coagulantes, destacam-se os sais metálicos como sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$), cloreto férrico ($FeCl_3$) e policloreto de alumínio, embora apresentem

desvantagens como a geração de lodo tóxico e risco de resíduos na água (Teh et al., 2016; Mohamad et al., 2021; Bratby, 2016). A hidrólise desses sais gera espécies poliméricas responsáveis pela coagulação (Lawrence et al., 2005).

O hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), conhecido como cal hidratada, é uma alternativa vantajosa, atuando como coagulante auxiliar ou primário. Ele é eficaz na precipitação de fosfatos, metais e na neutralização do pH, além de ter menor custo e não aumentar a salinidade da água (Souza et al., 2014; Dowling et al., 2015; Zhang et al., 2021; Semerjian e Ayoub, 2003). Suas reações com o ácido carbônico e bicarbonatos formam carbonato de cálcio, promovendo a clarificação do efluente (Metcalf e Eddy, 2016).

2 PARTE EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido em análise univariada, com variação somente na concentração de dosagem do coagulante para encontrar o melhor resultado, em relação a remoção de turbidez, mantendo as demais variáveis constantes. Foi utilizado a metodologia da EPA 180.1 (Determinação de turbidez por nefelometria). A dosagem variou de 100 a 796 mg/L, constituindo 13 dosagens diferentes, ou seja, 13 experimentos em triplicata, totalizando 39 testes, com o efluente de entrada sem alterações significativas, conforme apresentado na Tabela 1. A variável em estudo foi analisada em função da remoção de turbidez da amostra (variável resposta).

Tabela 1: Experimentos realizados em concentrações diferentes do coagulante

Dosagem de Ca $(OH)_2$	**Nº exp.**	**pH**	**T (C°)**	**Mistura rápida/lenta**	Tempo de sedimentação
100 mg/L	1	5,47	27	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
200 mg/L	2	5,85	28	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
400 mg/L	3	6,72	33	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
700 mg/L	4	6,58	43	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
400 mg/L	5	6,11	39	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
700 mg/L	6	6,16	33	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
304 mg/L	7	6,78	32	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
796 mg/L	8	6,91	29	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
550 mg/L	9	6,58	28	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
550 mg/L	10	6,85	23	Rápida 260 rpm por 1 min	30 min

Dosagem de Ca $(OH)_2$	Nº exp.	pH	T (C°)	Mistura rápida/lenta	Tempo de sedimentação
550 mg/L	11	6,18	27	Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
550 mg/L	12	6,41	29	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min
550 mg/L	13	6,08	30	Rápida 260 rpm por 1 min Lenta 80/60/30 rpm por 15 min cada	30 min

Fonte: Autor, 2025.

Figura 1: (a) coleta de amostra na entrada do efluente no tanque de homogeneização (b) amostra no laboratório sendo preparada para experimentos

Fonte: Autor, 2025.

Inicialmente, foi coletado aproximadamente 4L de amostra a ser analisada e, quando necessário, foi diluída para valores de turbidez com faixa de 907 a 981 e média de 938 NTU . Na sequência, transferido para uma cubeta previamente ambientada com a amostra. Em seguida, realizou o teste de turbidez usando um turbidímetro (Digimed). Este processo foi realizado em triplicata para todos os testes, tanto do efluente bruto (*in natura*) quanto dos efluentes pós processos de coagulação, floculação e sedimentação. Por fim, os valores foram registrados.

Foram coletadas as amostras dos pontos de efluente bruto e efluente pós-tratamento, em seguida realizado a limpeza no eletrodo do pHmetro com água destilada e adicionado nas amostras para serem realizadas as medições. As medições foram realizadas no pHmetro da GEHAKA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação visual e da turbidez (Figura 2 e Tabela 2) das amostras demonstrou que, mesmo com alta eficiência de remoção nos experimentos 5 (96,3%) e 7 (92,4%),

foi observada coloração mais intensa, possivelmente associada à presença de lignina, substância conhecida por escurecer a água (Zhang et al., 2020). A ausência de formação adequada de coágulos nos experimentos 1 e 2 indicou dosagens insuficientes de hidróxido de cálcio, elemento essencial para a formação de carbonato de cálcio e, portanto, para a coagulação por varredura (Semerjian e Ayoub, 2003). Já os experimentos 6, 8, 12 e 13 apresentaram maior volume de lodo, o que pode estar relacionado à baixa velocidade de sedimentação, reflexo da heterogeneidade na densidade dos flocos formados durante o processo de agregação (Vahedi e Gorczyca, 2014).

Figura 2: (a) 3º experimento com Jar test dosagem de 400 mg/L e (b) o Jar test após 30 min de sedimentação

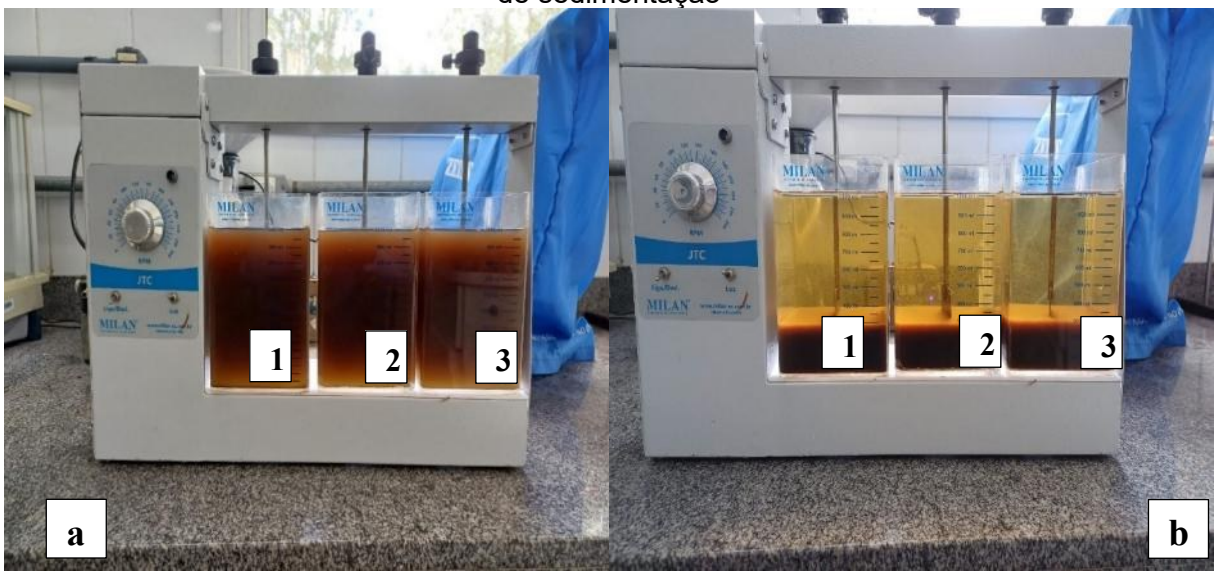
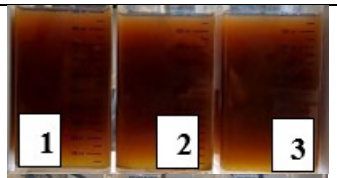
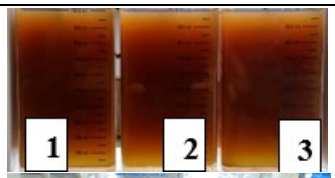
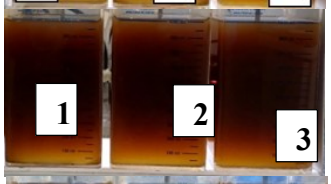
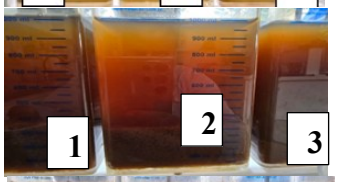
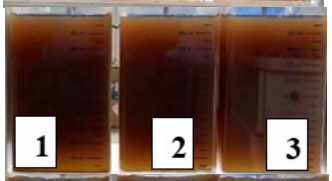
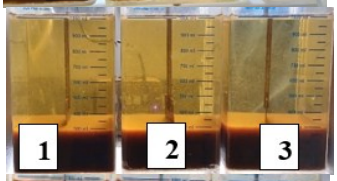
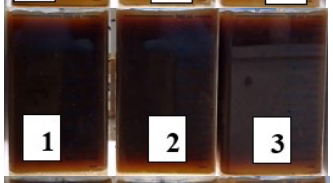
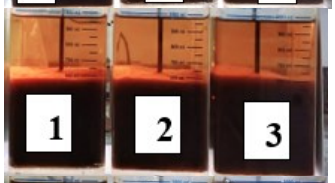
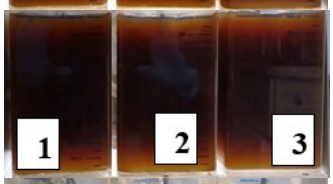
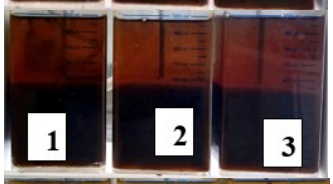
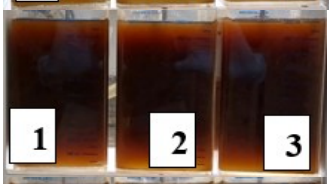
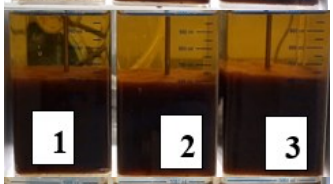
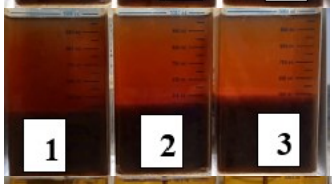
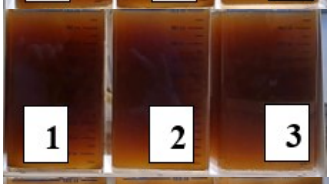
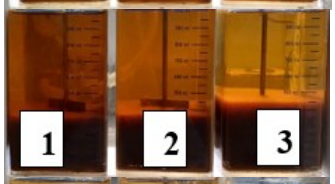
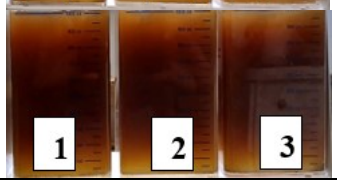
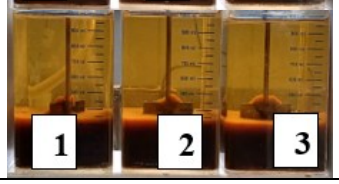
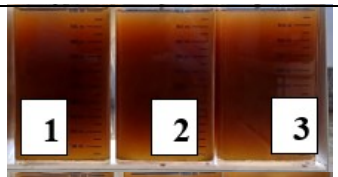
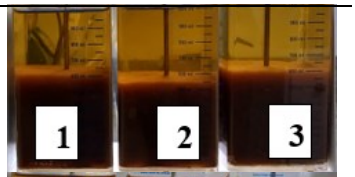
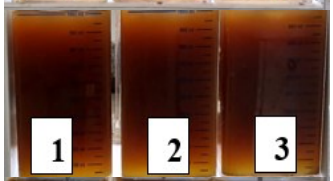
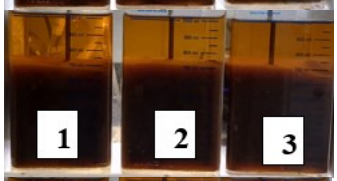
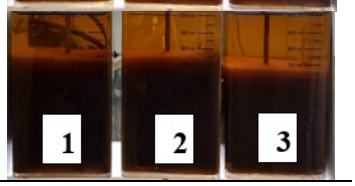


Tabela 2: Experimentos realizados com concentrações e visual antes e depois da coagulação

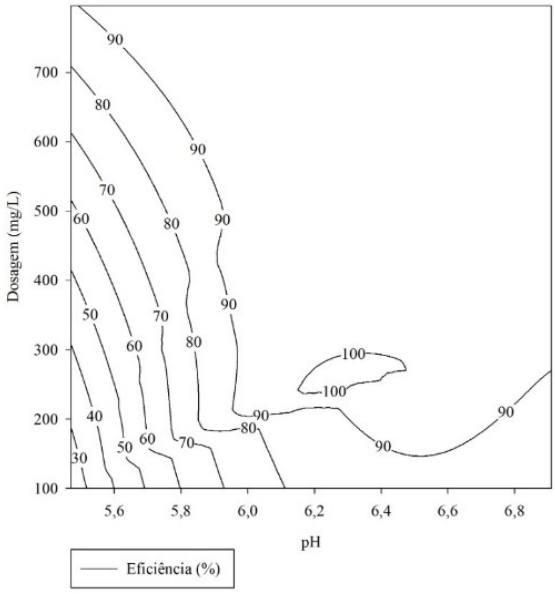
Dosagem de $Ca(OH)_2$	Nº exp.	pH	T (°C)	Antes	Depois
100 mg/L	1	5,47	27		
200 mg/L	2	5,85	28		
400 mg/L	3	6,72	33		
700 mg/L	4	6,58	43		
400 mg/L	5	6,11	39		
700 mg/L	6	6,16	33		
304 mg/L	7	6,78	32		
796 mg/L	8	6,91	29		
550 mg/L	9	6,58	28		
550 mg/L	10	6,85	23		

Dosagem de $Ca(OH)_2$	Nº exp.	pH	T (°C)	Antes	Depois
550 mg/L	11	6,18	27		
550 mg/L	12	6,41	29		
550 mg/L	13	6,08	30		

Fonte: Autor, 2025.

A coagulação é um processo amplamente utilizado para remoção de partículas em suspensão e turbidez em tratamentos de água e efluentes. A eficiência depende muito da dosagem do coagulante, que deve ser suficiente para neutralizar as cargas das partículas, promovendo a formação de flocos estáveis que se sedimentam facilmente (Bratby, 2016). A literatura mostra que há uma faixa ótima de dosagem, abaixo da qual a coagulação é insuficiente e acima da qual pode haver excesso de coagulante, levando à reversão da carga das partículas e aumento da turbidez (Karam et al., 2020; Mohamad et al., 2021; Mcyotto et al., 2021; Sheng et al., 2023). Portanto, os resultados estão alinhados com essa observação clássica.

Figura 3: Eficiência, em porcentagem, na dosagem de coagulante (hidróxido de cálcio) com relação ao pH em uma faixa de 5 a 7 e dosagem de coagulante de 100 a 796 mg/L.



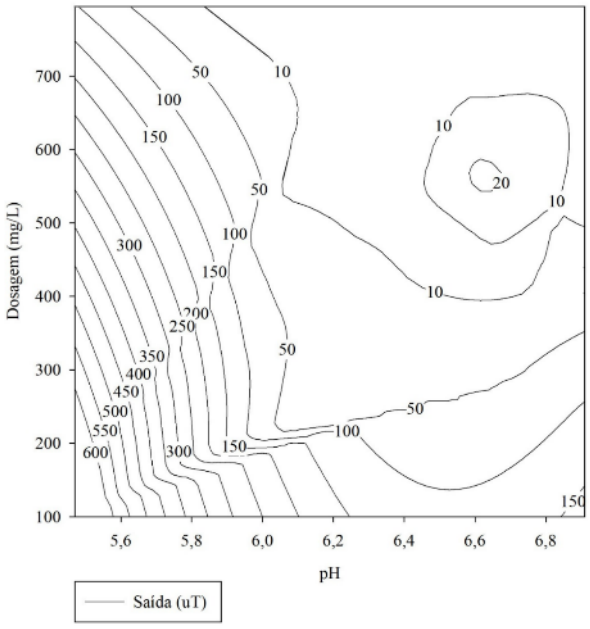
Fonte: Autor, 2025.

O pH inicial do efluente variou entre 5 e 7, sendo mantido constante durante os experimentos para simular as condições reais do processo. Observou-se que a eficiência da remoção de turbidez é diretamente influenciada pelo pH, especialmente quando a dosagem de hidróxido de cálcio é fixa. Para a dosagem de 300 mg/L, a faixa de pH ideal foi entre 6,1 e 6,4, enquanto valores inferiores resultaram em menor eficiência.

Segundo Metcalf e Eddy (2016), o hidróxido de cálcio reage com o ácido carbônico e com bicarbonatos, formando carbonato de cálcio, que precipita e promove a clarificação do efluente. A coagulação por varredura, segundo Semerjian e Ayoub (2001), é mais eficiente em pH entre 9,1 e 9,5, faixa que favorece a precipitação de $CaCO_3$. No entanto, no presente experimento, a não elevação significativa do pH pode ter impedido essa formação ideal, possivelmente também pela baixa concentração de ácido carbônico, não medida.

Os resultados indicam que o melhor desempenho ocorreu com 304 mg/L de coagulante e pH de 6,78, alcançando 94,2% de remoção. Essa dosagem se destacou pela alta eficiência aliada à viabilidade econômica, mesmo quando outros 11 experimentos apresentaram eficiências superiores a 94%.

Figura 4: Turbidez da saída com dosagem de coagulante (hidróxido de cálcio) de 100 a 796 mg/L e pH na faixa de 5 a 7.



Fonte: Autor, 2025.

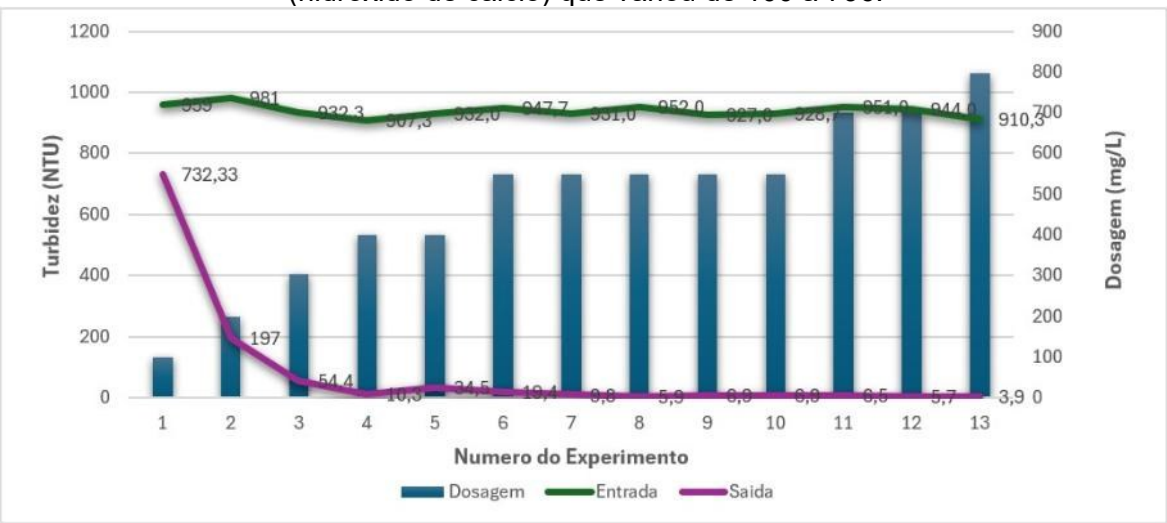
A Figura 4 demonstra que a turbidez do efluente tratado é diretamente influenciada pela dosagem de coagulante em função do pH. Observa-se uma redução

consistente da turbidez com o aumento da dosagem, até atingir uma faixa ideal que depende do pH da amostra. Essa tendência confirma resultados de estudos anteriores que também identificaram faixas ótimas de dosagem associadas ao pH ao empregar diferentes coagulantes, inclusive o hidróxido de cálcio como agente auxiliar (Guida et al., 2007; Merzouki et al., 2016; Mohamad et al., 2021).

Segundo Abujazar et al. (2022), os efeitos do pH no processo de coagulação são amplamente compreendidos, especialmente na remoção de matéria orgânica natural. Embora o presente estudo não tenha utilizado coagulantes à base de alumínio, é plausível que o comportamento observado seja semelhante, visto que a eficiência de tais coagulantes é altamente dependente do pH.

Os melhores resultados foram obtidos com dosagem de 400 mg/L a pH 6,5–6,6, atingindo alta eficiência. No entanto, para alinhar desempenho e economia, a combinação de 304 mg/L com pH entre 6,1 e 6,4 foi considerada a ideal, alcançando turbidez residual de 54,4 NTU (eficiência de 94,2%), satisfazendo o objetivo do estudo de obter remoção acima de 70% com a menor dosagem possível.

Figura 5: comparação da turbidez de entrada e saída após as dosagens de coagulante (hidróxido de cálcio) que variou de 100 a 796.



Fonte: Autor, 2025.

A análise dos dados apresentados na Figura 5 indica que o aumento da dosagem de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) promove redução da turbidez do efluente tratado, melhorando a eficiência do processo de coagulação. Dosagens baixas, como 100 mg/L e 200 mg/L, resultaram em eficiências de remoção de 23,6% e 79,9%, respectivamente, devido à quantidade insuficiente de $Ca(OH)_2$ para reagir completamente com o ácido carbônico (H_2CO_3) e bicarbonatos ($Ca(HCO_3)_2$),

essenciais para a formação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$), principal agente de coagulação por varredura (Semerjian & Ayoub, 2001; Metcalf & Eddy, 2016).

Em dosagens superiores, a eficiência não aumentou proporcionalmente, sugerindo que a superdosagem pode causar inversão de cargas das partículas, reduzindo a eficácia do processo devido à restauração da estabilidade coloidal (You et al., 2019; Mcyotto et al., 2021). Assim, a dosagem ótima de 304 mg/L foi identificada, proporcionando 94,2% de remoção, combinando eficiência técnica e viabilidade econômica.

Além dos resultados técnicos, o estudo está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. A substituição do sulfato de alumínio pelo hidróxido de cálcio contribui para o ODS 6 (Água Potável e Saneamento), especialmente a meta 6.3, ao melhorar a qualidade da água e reduzir poluentes químicos nocivos. Também apoia o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), meta 12.4, por promover a gestão adequada de produtos químicos. Por fim, reforça o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), meta 9.4, ao incentivar a adoção de tecnologias limpas e sustentáveis nos processos industriais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram realizados 13 experimentos com diferentes dosagens de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), variando entre 100 e 796 mg/L. A análise visual e de turbidez mostrou que dosagens inadequadas, como nos experimentos 1 e 2, resultaram em baixa formação de coágulos devido à insuficiência de $Ca(OH)_2$ para formar carbonato de cálcio, essencial na coagulação por varredura.

Apesar de alguns experimentos com alta eficiência (acima de 90%), como o 5º e o 7º, apresentarem coloração mais intensa, isso pode estar relacionado à presença de lignina. Observou-se também maior volume de lodo em alguns testes, atribuível à baixa densidade dos flocos formados.

A eficiência do processo depende diretamente da dosagem do coagulante e do pH do meio. A faixa de pH entre 6,1 e 6,4, combinada com uma dosagem de 304 mg/L, foi considerada ideal, atingindo 94,2% de remoção de turbidez e resultando em 54,4 NTU no efluente tratado.

Dosagens abaixo de 200 mg/L foram insuficientes para promover a coagulação eficaz, enquanto dosagens muito altas não melhoraram significativamente os

resultados, podendo até causar reversão de cargas e perda de eficiência. O comportamento observado está em conformidade com a literatura técnica.

Além do bom desempenho técnico, o uso do hidróxido de cálcio como alternativa ao sulfato de alumínio mostra-se mais sustentável, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU: ODS 6 (Água e Saneamento); ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis); ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento CAPES, CNPq e FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

BIAZUS, André; HORA, André Barros da; LEITE, Bruno Gomes Pereira. Panorama de mercado: painéis de madeira. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 49-89, 2010.

BRATBY, J. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. 3. ed. Londres, England: IWA Publishing, 2016.

BROVKINA, J. et al. The advanced application of the wood-originated wastewater sludge. 2020.

CHAWALOESPHONSIYA, Nattawin; GUIRAUD, Pascal; PAINMANAKUL, Pisut. Analysis of cutting-oil emulsion destabilization by aluminum sulfate. Environmental Technology, v. 39, n. 11, p. 1450-1460, 2018.

CHOY, Sook Yan et al. Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. Journal of environmental sciences, v. 26, n. 11, p. 2178-2189, 2014.

DOWLING, Aideen; O'DWYER, Jean; ADLEY, Catherine C. Lime in the limelight. Journal of cleaner production, v. 92, p. 13-22, 2015.

DUAN, Jinming et al. Effects of Ca (OH) 2 assisted aluminum sulfate coagulation on the removal of humic acid and the formation potentials of tri-halomethanes and haloacetic acids in chlorination. Journal of Environmental Sciences, v. 24, n. 9, p. 1609-1615, 2012.

FARHAD, Alireza; MOHAMMADI, Zahed. Calcium hydroxide: a review. International dental journal, v. 55, n. 5, p. 293-301, 2005.

GARCIA, Rosilei et al. Sustainability, Circularity, and Innovation in Wood-based Panel Manufacturing in the 2020s: Opportunities and Challenges. Current Forestry Reports, v. 10, n. 6, p. 420-441, 2024.

KISHIMOTO, Naoyuki et al. Treatment of paper and pulp mill wastewater by ozonation combined with electrolysis. Journal of Water and Environment Technology, v. 8, n. 2, p. 99-109, 2010.

KLAUSON, D. et al. Combined methods for the treatment of a typical hardwood soaking basin wastewater from plywood industry. International journal of environmental science and technology, v. 12, p. 3575-3586, 2015.

LOWRY, Gregory V. et al. Guidance to improve the scientific value of zeta-potential measurements in nanoEHS. Environmental Science: Nano, v. 3, n. 5, p. 953-965, 2016.

MAILLARD, Anike PV Ferreyra et al. Zeta potential beyond materials science: Applications to bacterial systems and to the development of novel antimicrobials. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes, v. 1863, n. 6, p. 183597, 2021.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. McGraw Hill Brasil, 2015.

MOHAMAD, N. A. et al. Integration of copperas and calcium hydroxide as a chemical coagulant and coagulant aid for efficient treatment of palm oil mill effluent. Chemosphere, v. 281, n. 130873, p. 130873, 2021.

NHARINGO, T.; ZIVURAWA, M. T.; GUYO, U. Erratum to: Exploring the use of cactus Opuntia ficus indica in the biocoagulation–flocculation of Pb(II) ions from wastewaters. International journal of environmental science and technology: IJEST, v. 12, n. 12, p. 3803–3803, 2015.

PHILIPPE, Allan; SCHAUMANN, Gabriele E. Interactions of dissolved organic matter with natural and engineered inorganic colloids: a review. Environmental science & technology, v. 48, n. 16, p. 8946-8962, 2014.

POCHAPSKI, Daniel José et al. Zeta potential and colloidal stability predictions for inorganic nanoparticle dispersions: Effects of experimental conditions and electrokinetic models on the interpretation of results. Langmuir, v. 37, n. 45, p. 13379-13389, 2021.

Richter, C. A. (2009). *Água: métodos e tecnologia de tratamento*. São Paulo: Blucher.

SEMERJIAN, L.; AYOUB, G. M. High-pH–magnesium coagulation–flocculation in wastewater treatment. Advances in Environmental Research, v. 7, n. 2, p. 389-403, 2003.

SEVERO, Elias Taylor Durgante; CALONEGO, Fred Willians; SANSÍGOLO, Cláudio Angéli. Composição química da madeira de Eucalyptus citriodora em função das direcções estruturais. 2006.

SHERIEF, Mohsina; ALY HASSAN, Ashraf. The impact of wastewater quality and flow characteristics on H2S emissions generation: Statistical correlations and an artificial neural network model. Water, v. 14, n. 5, p. 791, 2022.

SOUZA, A. L. DE et al. EFEITO DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA ETAPA DE AGLOMERAÇÃO DAS PELOTAS DE MINÉRIO DE FERRO PRODUZIDAS PELA SAMARCO. ABM Proceedings. Anais...São Paulo: Editora Blucher, 2014

TARAFDAR, J. C.; ADHIKARI, TAPAN. Nanotechnology in soil science. Soil Science: An Introduction., Chapter: Nanotechnology in Soil Science, p. 775-807, 2015.

TEH, Chee Yang et al. Recent advancement of coagulation–flocculation and its application in wastewater treatment. Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 55, n. 16, p. 4363- 4389, 2016.

TOCZYŁOWSKA-MAMIŃSKA, Renata. Wood-based panel industry wastewater meets microbial fuel cell technology. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 17, n. 7, p. 2369, 2020.

WANG, L. K.; HUNG, Y.-T.; SHAMMAS, N. K. (Ed.). *Physicochemical Treatment Processes*. Vol. 3. Totowa (NJ): Humana Press, 2005.

ZHANG, L. et al. Impact of influent deviations on polymer coagulant dose in warm lime softening of synthetic SAGD produced water. Water research, v. 200, n. 117202, p. 117202, 2021.