

7 CONCLUSÕES

Após a apresentação e discussão dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

1. O processo de adsorção de boro em solução aquosa por MgO pode ser bastante eficiente. Obtiveram-se eficiências de remoção de 78%, para uma concentração inicial de boro de 350mg.L^{-1} , a $\text{pH}=10$, temperatura ambiente em tempo de contacto de 60 min..
2. O processo de adsorção de boro é altamente dependente do pH. O pH ótimo foi igual a 10. Este valor ótimo de pH assegura a presença de íons borato que predominam acima de $\text{pH} > 9,2$ e permite uma adequada capacidade de adsorção na superfície do MgO que se mantém carregada positivamente até o pH do seu ponto isoelétrico – $\text{pH} = 12.5$. No entanto, possivelmente devido à competição dos íons hidroxila com os íons borato,, a eficiência do processo adsorptivo reduz-se acima de valores de $\text{pH} > 10,5$.
3. A eficiência de remoção do boro aumenta com o incremento da área superficial do adsorvente, alcançando uma eficiência máxima de remoção em uma solução com concentração inicial de boro de 350mg.L^{-1} a um valor de área superficial do MgO de 1209m^2 ($\text{MgO} = 40\text{g.L}^{-1}$), valor acima do qual não há melhora significativa na eficiência do processo.
4. O estudo do processo com diferentes tamanhos de partícula de MgO, mostrou que partículas com diâmetros maiores influenciam negativamente na eficiência de remoção do boro.
As eficiências máximas de remoção de boro por adsorção com MgO a uma concentração de MgO de 40g.L^{-1} , foram de 80% - 25,7 % - 13,7 % para os tipos de MgO-500, MgO-325 e MgO-200 com diâmetros de

partícula ao 90% de 11,85 μm , 21,87 μm e 54,65 μm respectivamente.

As áreas superficiais do MgO-500, MgO-325 e MgO-200 foram de 31,7 m^2g^{-1} , 17 m^2g^{-1} , e 14 m^2g^{-1} .

5. A eficiência de adsorção incrementa-se quando a temperatura é elevada. Obtendo-se um incremento nas eficiências máximas de remoção de 78% - 85% - 89,7 % para temperaturas de 25°C, 40°C e 50°C. Este efeito influi também na constante de taxa cinética da adsorção.

6. A adsorção em soluções contendo boro com diferentes salinidades é afetada negativamente com o incremento da salinidade, devido à competição com os outros íons presentes na solução.

As eficiências máximas de remoção decaíram de 80% - 70% - 67% para salinidades de 0%, 33% e 37% respectivamente.

7. O processo de adsorção se ajusta melhor ao modelo da isoterma de Freundlich: $q = K_{ad} C_e^{1/n}$,

e foram obtidos valores de K_{ad} de 0,33; 0,51; 0,57 L.g^{-1} para temperaturas de 25°C, 40°C e 50°C, respectivamente.

Os valores da constante “n” foram de 1,392; 1,476 e 1,481, maiores que a unidade, indicando que os íons das espécies presentes são favoravelmente adsorvidos sob as condições experimentais testadas.

As capacidades máximas de adsorção (q_e) foram de 7,81 mg.g^{-1} , 8,12 mg.g^{-1} , e 8,17 mg.g^{-1} .

8. O estudo da cinética de adsorção mostra que a velocidade do processo é favorecida pelo incremento da temperatura e é melhor representada pelo modelo de pseudo segunda ordem, com uma constante cinética de $k = 0,033 \text{ g.mg.min}^{-1}$ para 25°C, de $k = 0,067 \text{ g.mg.min}^{-1}$ para 40°C e de $k = 0,141 \text{ g.mg.min}^{-1}$ para 50°C. A energia de ativação foi de 45,54 KJ.mol^{-1} , o que sugere que a etapa controladora no mecanismo do processo de adsorção de boro por MgO é de natureza química.

9. O estudo da termodinâmica do processo revelou que a adsorção de boro é espontânea devido aos valores de negativos de ΔG° encontrados a

diferentes temperaturas 25°C - 40°C - 50°C, obtendo-se valores de ΔG° que vão de -4161,43 kJ.mol⁻¹ a -5887,39 kJ.mol⁻¹ a -6260,27 kJ.mol⁻¹, respectivamente..

O valor calculado da entalpia de adsorção ($\Delta H^\circ = 21,752$ kJ.mol⁻¹. K⁻¹) revelou que o processo é de natureza endotérmica e finalmente observou-se também que o valor calculado da entropia padrão ($\Delta S^\circ = 87,331$ kJ.mol⁻¹) é positivo, o que indica uma alteração da estrutura do adsorvente, pela deposição dos íons borato na superfície do MgO.

10. Após feita a análise dos resultados pode-se sugerir que é possível que o mecanismo do processo adsorptivo passe pela formação de espécie H₃BO₃ na superfície, resultante da reação química entre o íon borato e o íon H⁺ adsorvido. E essa espécie H₃BO₃ (ads) só consiga ser estável até pH 10.5, que foi o valor de pH máximo em que se conseguiu adsorção eficiente. E possível que desde esse pH até o pH do PIE (12.5), o excesso de íons OH⁻ na solução vá tomando o lugar do íon borato nos sítios de H⁺ e simplesmente ir formando H₂O nesses sítios.
11. O processo que é representado pela equação cinética de segunda ordem, sugere uma reação do tipo:

