

# **Aplicação da Lama Vermelha na Captura de Carbono**

**Tháise Nunes Lima**

Bolsista de Iniciação Científica, Tecnologia em gestão ambiental, IFRJ

**Christine Rabello Nascimento**

Orientadora, Engenheira Química, D. Sc.

**Flávio de Almeida Lemos**

Co-orientador, Engenheiro Químico, D. Sc.

## **Resumo**

Um meio alternativo para a utilização da lama vermelha, resíduo alcalino proveniente do processo Bayer, é a sua aplicação na captura de carbono. Neste trabalho foi estudada a capacidade de absorção do CO<sub>2</sub> originado de misturas gasosas sintéticas por amostras de lama vermelha (suspensões aquosas) com diversas concentrações, sendo monitorada a variação do pH das suspensões após a absorção. Os melhores resultados de eficiência de absorção foram obtidos com suspensões mais diluídas, sendo que a adição de CaSO<sub>4</sub> promoveu o aumento da capacidade de absorção. O pH das suspensões tende a subir lentamente após a absorção com CO<sub>2</sub>.

## **Introdução**

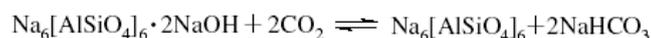
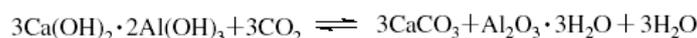
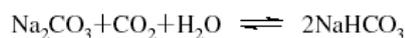
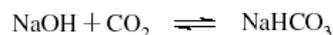
Atualmente uma das problemáticas ambientais mais discutidas no cenário mundial é o aquecimento global e suas implicações. O aquecimento tem sido atribuído à intensificação do efeito estufa em virtude de atividades poluentes como, em particular, a queima de combustíveis fósseis. Apesar de o efeito estufa ser um fenômeno natural, o aumento nas emissões de gases como o CO<sub>2</sub> pode favorecer o seu agravamento. Desta forma, existe o interesse na realização de pesquisas que tratem do abatimento do CO<sub>2</sub> residual do processo de combustão para, assim, minimizar a liberação deste gás na atmosfera.

Uma alternativa mostrada no presente trabalho para o abatimento de CO<sub>2</sub> é o processo de absorção gasosa pela lama vermelha. A lama vermelha é um resíduo alcalino da indústria de alumínio, sendo gerada durante o refino da bauxita para a produção de alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) através do processo Bayer. A neutralização da lama vermelha utilizada no abatimento consistiria num benefício secundário do processo, já que pode eliminar a necessidade de neutralização para o descarte ou a reutilização da lama numa outra aplicação.

A lama vermelha é composta geralmente por óxidos de ferro, quartzo, aluminossilicatos de sódio, carbonatos e aluminatos de cálcio e dióxido de titânio (presente em traços). Segundo Bonenfant e colaboradores (2008) características como a alcalinidade e a composição favorecem a lama vermelha no sequestro de carbono via carbonatação. A neutralização da lama ocorre como consequência da carbonatação.

Na absorção do CO<sub>2</sub> em água pura é formado o ácido carbônico, um ácido fraco que tem como produtos de dissociação os íons carbonato e bicarbonato. A absorção de CO<sub>2</sub> em meio aquoso pode ser favorecida pela adição de compostos capazes de consumir o ácido ou que reajam com os íons carbonato ou bicarbonato. No caso da absorção ser realizada num meio contendo lama vermelha, a existência de compostos insolúveis e íons

solubilizados capazes de reagir com o CO<sub>2</sub> tendem a aumentar a capacidade de captura de carbono. As principais reações que ocorrem na carbonatação da lama vermelha são as seguintes (Bonenfant et al., 2008):



Num estudo desenvolvido por Dilmore e colaboradores (2009) foram realizados experimentos com suspensões de lama vermelha preparadas com salmoura. A alta concentração dos íons Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Fe<sup>2+</sup>, proveniente da salmoura, somado ao pH elevado da lama vermelha propiciam um meio reacional adequado ao abatimento do CO<sub>2</sub>, através da formação dos carbonatos insolúveis desses metais. A capacidade das soluções salinas para a captura de CO<sub>2</sub> aumenta com o aumento do pH já que os carbonatos reagem em meio ácido, tornando a liberar o CO<sub>2</sub>.

## Materiais e métodos

Os ensaios de absorção foram feitos em reator de vidro, no qual uma corrente da mistura gasosa de ar e CO<sub>2</sub> era borbulhada no interior da suspensão através de um dispositivo de vidro poroso. Os experimentos foram realizados com suspensões nas concentrações de 5, 10, 20, 30 e 35% (p/p), sendo utilizadas as vazões e composições gasosas mostradas na Tabela 1. A quantidade de CO<sub>2</sub> presente no ar era de 0,056% e foi considerada desprezível. A variação do pH foi acompanhada durante todo o período dos experimentos, mediante a utilização de um eletrodo imerso na suspensão.

Tabela 1. Vazões e composições gasosas utilizadas.

Vazão (cm <sup>3</sup> /min)	Composição (% CO <sub>2</sub> v/v)*
VA = 2362	23
VB = 1766	20
VC = 1736	12
VD = 835	12

\* Valores determinados por cromatografia gasosa

Em alguns experimentos foram determinadas as composições das correntes gasosas nas linhas de entrada e saída do reator, utilizando um micro-cromatógrafo da marca Varian (Mod. CP4900), provido de detector e duas colunas para medição simultânea (Figura 1).

Também foi testada a influência da presença de sais no processo de absorção gasosa pela lama vermelha através da adição de 4g de sulfato de cálcio ou 3,43g de cloreto de sódio a algumas suspensões. A adição de sulfato de cálcio foi feita nas suspensões de 20 e 5% e a adição de cloreto de sódio foi feita na suspensão de 20%.



Figura 1. Sistema de absorção gasosa consistindo de reator de vidro, pHmetro, cromatógrafo gasoso e *notebook* com *software* para aquisição de dados.

### Resultados e Discussão

Os ensaios de absorção em reator de vidro foram realizados com o monitoramento do pH ao longo de todo o experimento, de modo que pôde-se observar as influências da concentração, da vazão e da presença de sais no pH da suspensão (Figuras 2, 3 e 4). Foi observado que as suspensões mais diluídas tendem a neutralizar mais rapidamente e que o pH diminuiu de forma expressiva quando são usadas as vazões mais altas do gás de entrada. Com o aumento da diluição deve ser favorecida a difusão do  $\text{CO}_2$  no meio e, além disso, as reações no meio líquido são mais rápidas. Quanto a presença de sais, a adição de  $\text{CaSO}_4$  à suspensão com 20% de sólidos acarretou numa considerável redução do pH, em comparação com a amostra sem o sal.

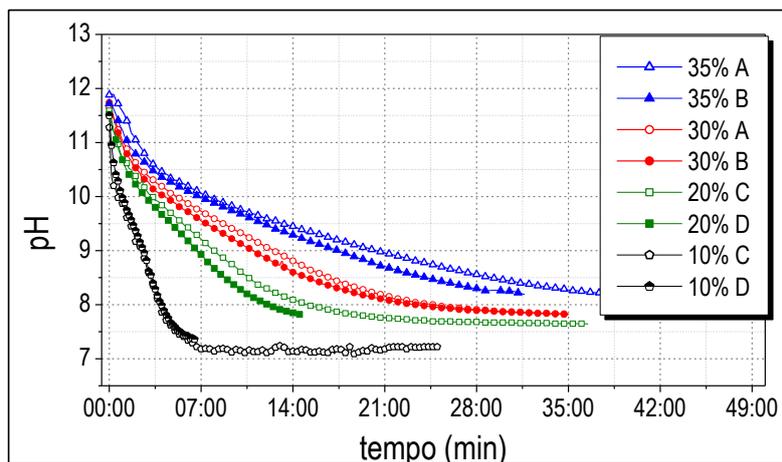


Figura 2. Variação do pH com o tempo de absorção de amostras de suspensão com diversas concentrações, utilizando a vazão de  $1766 \text{ cm}^3 / \text{min}$  ( $20\% \text{ CO}_2$ ).

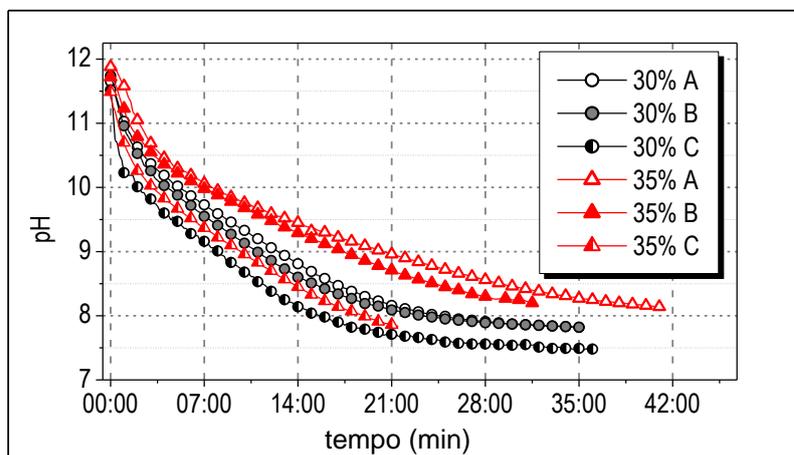


Figura 3. Variação do pH como tempo de absorção de amostras de suspensão 30 e 35%, utilizando as vazões de  $2362 \text{ cm}^3 / \text{min}$  ( $23\% \text{ CO}_2$ ) para amostras 30% C e 35% C e de  $1766 \text{ cm}^3 / \text{min}$  ( $20\% \text{ CO}_2$ ) para as demais amostras.

Os resultados obtidos por cromatografia gasosa para eficiência de absorção de  $\text{CO}_2$  apresentados na Figura 5 indicaram que o decaimento desse parâmetro ocorre na maioria dos casos de forma exponencial. Para vazões mais elevadas da corrente do gás ( $2362$ ,  $1766$  e  $1736 \text{ cm}^3 / \text{min}$ ), as maiores eficiências de absorção de dióxido de carbono foram obtidas empregando suspensões mais diluídas de lama vermelha. Considera-se como eficiência o percentual de  $\text{CO}_2$  absorvido no início do processo. Os resultados também indicam que a adição de  $\text{CaSO}_4$  promoveu incremento na eficiência de absorção de  $\text{CO}_2$ , provavelmente devido a formação do  $\text{CaCO}_3$  que, por ser insolúvel, faz com que diminua a concentração do íon carbonato no meio aquoso, favorecendo a dissociação do ácido carbônico.

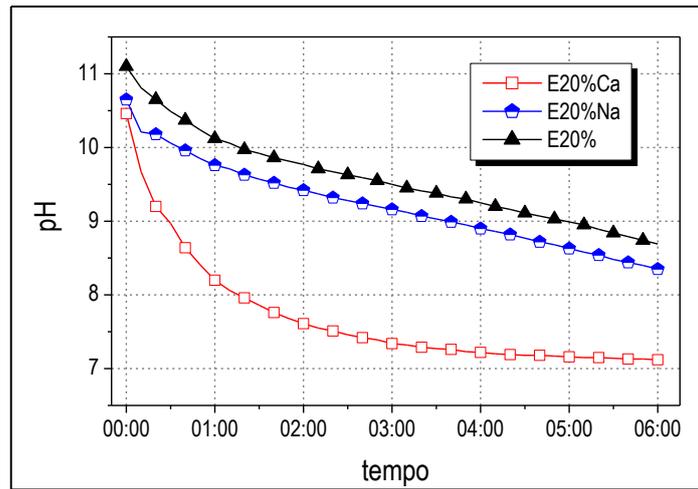


Figura 4. Variação do pH com o tempo de absorção de amostras da suspensão com 20% de sólidos, utilizando a vazão de 2362 cm<sup>3</sup>/min (23% CO<sub>2</sub>). Adição de CaSO<sub>4</sub> e NaCl nas amostras E20%Ca e E20%Na, respectivamente.

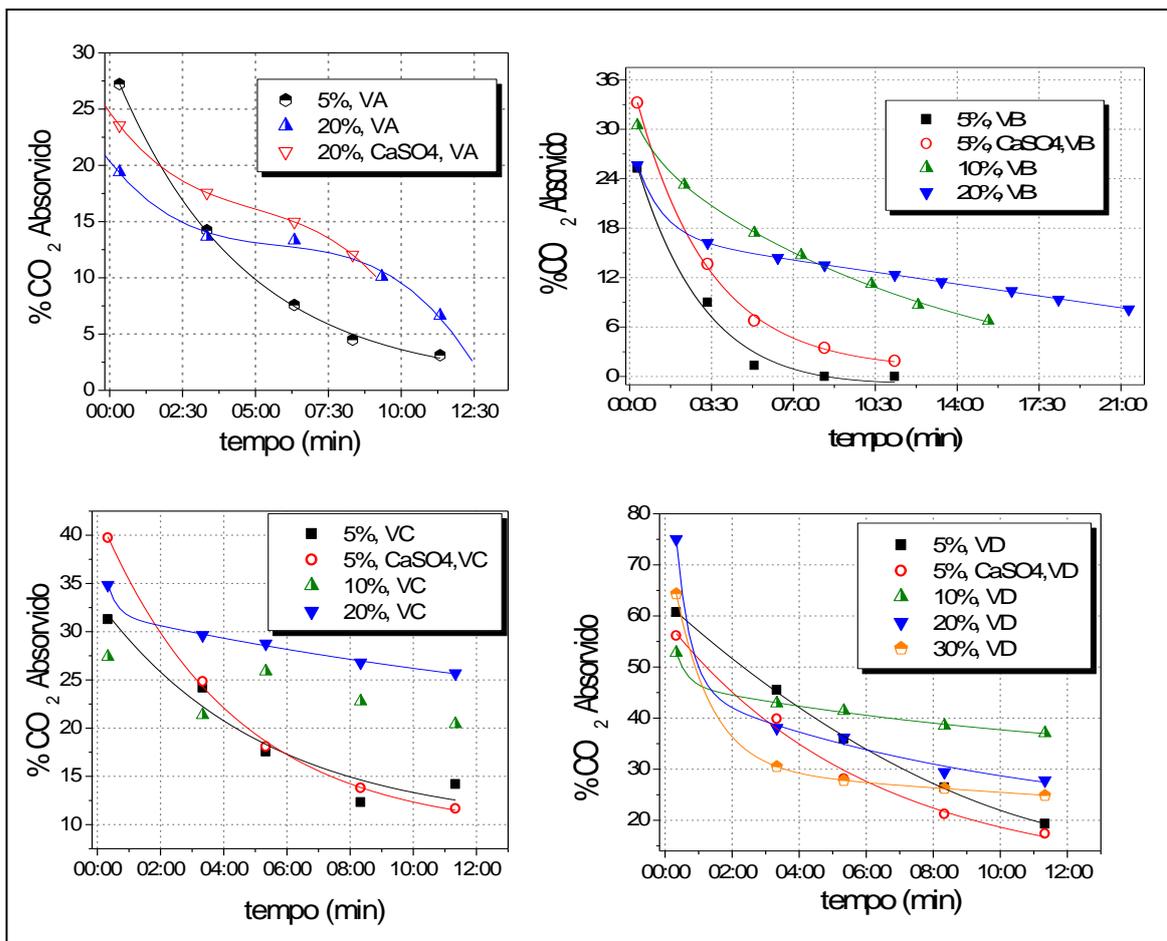


Figura 5. Curvas de variação do CO<sub>2</sub> absorvido em função do tempo de absorção de amostras com concentrações diversas, submetidas a diferentes vazões do gás de entrada. VA = 2362 cm<sup>3</sup>/min (23% CO<sub>2</sub>); VB = 1766 cm<sup>3</sup>/min (20% CO<sub>2</sub>); VC = 1736 cm<sup>3</sup>/min (12% CO<sub>2</sub>); VD = 835 cm<sup>3</sup>/min (12% CO<sub>2</sub>).

Após a absorção em reator de vidro, foi observada a tendência de aumento de pH das suspensões de lama vermelha com o tempo de estocagem (Figura 6). A tendência de aumento do pH é mais acentuada nos primeiros de 10 dias de estocagem, sendo que as suspensões mais concentradas e que reagiram com o CO<sub>2</sub> por menos tempo tendem a atingir níveis de pH mais elevados. Isto ocorre provavelmente devido à presença de sólidos reativos, cuja reação ocorre lentamente.

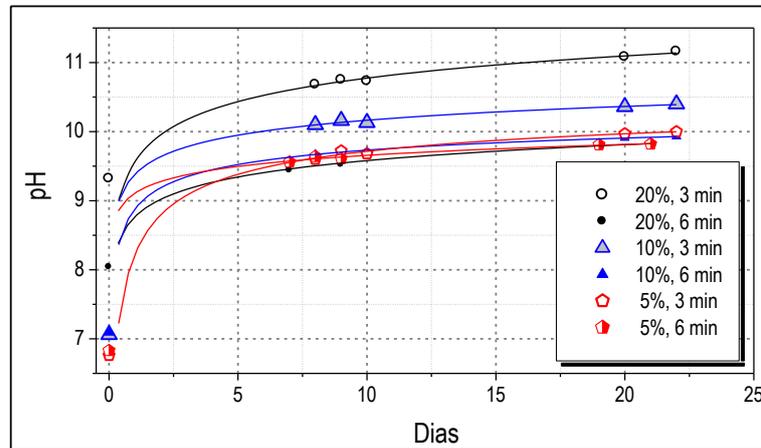


Figura 6. Curvas de variação do pH em função do tempo de repouso das amostras (suspensões de lama) submetidas ao processo de absorção por 3 e 6 minutos.

## Conclusões

Os resultados obtidos indicam que o teor de sólidos da suspensão de lama vermelha tem um papel importante na absorção de CO<sub>2</sub>. Os melhores resultados para a eficiência de absorção foram alcançados quando utilizado suspensões mais diluídas. A adição de 5% de sulfato de cálcio aumentou a eficiência de absorção. Foi observado que fatores como concentração, vazão e adição de sais na suspensão influenciam de forma significativa na absorção de dióxido de carbono por lama vermelha.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CETEM, a ALUNORTE e ao CNPq por todo apoio concedido à realização deste trabalho.

## Referências bibliográficas

- KHAITAN, S.; DZOMBAK, D. A. & LOWRY, G. V. Mechanisms of Neutralization of Bauxite Residue by Carbon Dioxide. *Journal of Environmental Engineering*, v. 135, n. 6, p. 433 - 438, 2009 .
- BONENFANT, D.; KHAROUNE, L.; SAUVÉ, S.; HAUSLER, R.; NIQUETTE, P.; MIMÉAULT, M. & KHAROUNE, M. CO<sub>2</sub> Sequestration by Aqueous Red Mud Carbonation at Ambient Pressure and Temperature. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 47, p. 7617 – 7622, 2008.