

## 1.

### Introdução

A contaminação por íons metálicos em concentrações tóxicas em águas naturais, tanto nas superficiais quanto nas subterrâneas, pode afetar negativamente os ecossistemas. A contaminação dessas águas pela descarga de efluentes industriais de operações extrativas e drenagens ácidas de minas é um assunto de grande preocupação mundial, devido aos efeitos potencialmente danosos sobre a saúde humana e ao meio ambiente. Os efluentes industriais dos processos de mineração, metalurgia e refinarias de petróleo podem conter altos teores (dezenas a milhares de mg/L) de arsênio, selênio, antimônio e bismuto, cujas principais fontes de emissões são de operações de lavra e fundição, nas quais estão geralmente presentes como impurezas frente ao mineral ou metal objeto de extração. Além disso, compostos de As, Se, Sb e Bi são amplamente usados em diferentes indústrias, como por exemplo, o arsênio é usado em inseticidas, pesticidas e como conservante de madeira (Kyle *et al.*, 2011). Já o selênio é detectado em emissões de centrais termoelétricas, dessulfuração de gases de combustão (Ye *et al.*, 2003), na agricultura (De Lima *et al.*, 2007) e como aditivo de plásticos (Xi *et al.*, 2011). O antimônio é usado principalmente em retardador de chamas (Kyle *et al.*, 2011) e o bismuto está sendo cada vez mais utilizado como um substituto menos tóxico para o chumbo. Todas essas indústrias geram efluentes com concentrações de As, Se, Sb e Bi acima do permitido por órgãos de controle ambiental, tais como USEPA nos USA, e CONAMA no Brasil. Se esses efluentes não forem adequadamente tratados antes de descarregados, podem poluir as águas.

A remoção de arsênio, selênio, antimônio e bismuto de efluentes industriais está se tornando cada vez mais importante, dado o fato de que estes elementos são impurezas cada vez mais presentes em matérias-primas metalúrgicas. Portanto, esses efluentes contaminados requerem remoção desses metais antes de serem liberados para o meio ambiente.

O arsênio e o antimônio podem ser cancerígenos para os seres humanos (ATSDR, 2005). Também na União Europeia classifica-se o arsênio como tóxico e perigoso para o meio ambiente (Kyle *et al.*, 2011). A toxicidade de arsênio, antimônio e bismuto depende de seu estado de oxidação, assim, compostos trivalentes de arsênio são considerados mais tóxicos do que compostos

pentavalentes. Similarmente ocorre para antimônio, cuja toxicidade pode ser comparada à do arsênio para seres humanos. Muito pouco se sabe do bismuto, devido às suas concentrações geralmente baixas nos minérios. Segundo Filella *et al.* (2002a), a intoxicação por selênio não é relatada com frequência em humanos, no entanto, uma concentração entre 2-5  $\mu\text{g/L}$  de selênio em água pode ser altamente danosa à saúde, à sobrevivência de peixes e à vida selvagem (Glover, 1970). Tendo em vista a toxicidade do arsênio, selênio, antimônio e bismuto e sua larga utilização na indústria, gerando efluentes com uma concentração relativamente elevada, observa-se uma crescente necessidade de desenvolvimento de tecnologias de tratamento cada vez mais eficientes e de menor custo.

Atualmente existem vários processos para tratamento de águas e efluentes industriais contendo espécies de arsênio, selênio, antimônio e bismuto, cada um com suas características vantajosas e limitações. Os principais processos que têm sido pesquisados e propostos recentemente para o tratamento, de forma geral são: adsorção, oxidação / redução, eletrocoagulação, osmose reversa, troca iônica, coagulação / floculação / sedimentação. Os processos que efetivamente têm sido empregados em escala industrial envolvem precipitação / co-precipitação de compostos insolúveis desses metais. Atualmente, os processos mencionados para tratamento de efluentes industriais e águas contendo selênio, arsênio, antimônio e bismuto ainda não apresentam uma tecnologia para tratamento desses resíduos que atenda satisfatoriamente em eficiência, rapidez e economia, especialmente nos casos em que esses elementos estão presentes juntos na mesma solução.

Assim, neste contexto de investigação de procurar tecnologias eficientes para o tratamento de águas e efluentes industriais contendo arsênio, selênio, antimônio e bismuto, todos presentes na mesma solução, sem e com efeito de pré-oxidação, foi realizado o presente trabalho. Neste propôs-se avaliar o tratamento de águas e efluentes industriais para a remoção de espécies aquosas desses elementos por precipitação de compostos insolúveis, empregando íons de Fe(III), Fe(II), Ca(II) e Al(III) como agentes precipitantes, com intenção de reduzir a concentração de arsênio, selênio, antimônio e bismuto para níveis menores do que determina as resoluções CONAMA 430/2011 e 357/2005 e que apresentem as características de eficiência, rapidez e baixo custo .