

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por tecnologias menos agressivas ao meio ambiente incentivou o desenvolvimento de técnicas de remediação de solos, águas e sedimentos contaminados com custos mais baixos do que as técnicas já estabelecidas e utilizadas.

Neste sentido, o presente estudo visa entender melhor as formas de fitorremediação águas e sedimentos contaminados com metais pesados (cádmio) por meio da *Ruppia maritima* L.. A fitorremediação, também conhecida como remediação ou biorremediação, é uma técnica de limpeza de solos, águas e sedimentos contaminados com metais pesados ou compostos orgânicos, que utiliza uma planta como agente remediador. Para que a fitorremediação possa ser aplicada à nível industrial, é necessário estudar os fatores determinantes da técnica para posterior avaliação de sua eficiência e custo benefício.

Segundo Lora (2002) “O custo da biorremediação encontra-se entre 30 e 50% do custo de sistemas convencionais de remediação química e física. A aplicação da biotecnologia é mais eficiente quando se deve eliminar pequenas quantidades de contaminantes tóxicos de grandes volumes de terra e de efluentes industriais.”

As técnicas de remediação começaram a fazer parte do contexto industrial a partir do aumento da produção de rejeitos provenientes das diversas etapas existentes desde a extração até a produção de materiais. Os próprios rejeitos passaram a ser separados e utilizados como matéria-prima na produção de outros materiais, como é o caso do cádmio (Cd) proveniente da extração de zinco. A utilização desses rejeitos, que antes eram descartados como lixo, aumentou a eficiência econômica do processo e diminuiu a poluição dos rejeitos no meio ambiente.

Entretanto, outros fatores como o descarte indevido de objetos manufaturados, a explosão demográfica, e o crescimento da demanda por matéria prima, somado ao avanço nas técnicas extrativas, têm causado um aumento global na poluição do meio ambiente.

O cádmio (Cd), um metal altamente tóxico, é frequentemente descartado de forma inapropriada no ambiente, podendo atingir o solo ou o ar através da queima de resíduos urbanos e de combustíveis fósseis. A remoção deste metal do ambiente pode ser realizada por meio de várias técnicas de remediação, como por exemplo a remediação física, química ou com a utilização das macrófitas aquáticas (Eckenfelder, 1989; Benvindo *et al.*, 2002).

Dentre as indústrias que mais impactam o meio ambiente estão as dos setores mineiro e metalúrgico, segundo a Organização dos Estados Americanos (OEA) (Eckenfelder, 1989; Benvindo *et al.*, 2002). Um exemplo de contaminação do ambiente por estas fontes é a deposição de rejeitos sólidos no solo provocando muitos impactos ambientais. Essa deposição ocorre durante o processamento metalúrgico (Eckenfelder, 1989; Benvindo *et al.*, 2002). Os impactos mais comuns são: nos efluentes líquidos (contaminação com metais pesados, ânions tóxicos, sólidos, colóides, resíduos orgânicos) e no ar (a produção de poeira e ruídos durante a etapa de cominuição e as emissões gasosas (vapor de mercúrio)) (Benvindo *et al.*, 2002). As principais áreas de atuação para a redução dos impactos ambientais na lavra são: abatimento de poeiras com sprays-tensoativos; neutralização; atrição; tratamento do solo/subsolo; recuperação-reflorestamento de áreas degradadas; e aglomeração-encapsulamento de sólidos lixiviáveis.

A idéia de se introduzir no solo a ser tratado algumas plantas que hiperacumulam metais foi iniciada em 1983, quando observou-se em solos contaminados o crescimento de plantas que antes da contaminação por metais pesados não se desenvolviam tão bem naquele local (Chaney, 1983; Chaney *et al.*, 1997).

A planta escolhida para o presente estudo sobre a fitorremediação de águas e sedimentos contaminados com cádmio foi a *Ruppia maritima*, que é um vegetal superior herbáceo, que faz parte de um grupo de plantas aquáticas denominadas de macrófitas aquáticas. A escolha da espécie a ser estudada foi feita a partir de algumas características consideradas importantes para a fitorremediação, como a resistência da planta a sedimentos e águas contaminados por metais pesados e a possibilidade de adaptação da planta a ambientes adversos (como alteração no pH, na salinidade, e poucos nutrientes no solo). Descobertas recentes reforçam a idéia de se testar um grande número de macrófitas pertencentes a grupos diferentes, de forma a obtermos um conhecimento mais significativo da acumulação de metal por estas plantas aquáticas (Esteves, 1988; Rai *et al.*, 1995; Joly, 1998; Judd *et al.*, 1999; Heywood 2001; Paula *et al.*, 2001).

A *Ruppia maritima* utilizada para os estudos nos aquários e nos vidros foi retirada da Lagoa Rodrigo de Freitas que foi escolhida como área de coleta por ser uma laguna de fácil acesso e por não estar em conformidade com os níveis de Cd permitidos pela Resolução CONAMA 20. Desde 1880 a Lagoa Rodrigo de Freitas apresenta problemas de saneamento. O relatório do Barão de Teffé já evidenciava a necessidade da realização de obras de engenharia para resolverem os problemas de assoreamento, mau cheiro e poluição da Lagoa (Barão de Teffé, 1880). Neste local a *R. maritima* é conhecida popularmente como grama-do-mar, possuindo grande resistência à poluição e se desenvolvendo rapidamente, o que dificulta a navegação na Lagoa e contribui para o assoreamento das regiões marginais (Paula *et al.*, 2001). Em 1943 a vigilância sanitária teve uma autorização para a retirada periódica da *R. maritima* da Lagoa conforme Portaria 248/1943 para minimizar os problemas causados pela planta. Atualmente esta função vem sendo realizada pela Comlurb e pelos pescadores da colônia Z-13 contratados pela Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) (Portaria 248,1943). Apesar dos problemas causados pela biomassa excessiva de *R. maritima*, a necessidade de se encontrar plantas com as características necessárias para a fitorremediação inverteu seu papel de agente poluidor para agente remediador.

1.1. Objetivos

O trabalho tem como objetivos desenvolver e caracterizar a capacidade de hiperacumulação de Cd por parte da *R. maritima*, sob diversas condições, analisando as diferentes formas de adaptação ao meio, de modo a subsidiar processos de fitorremediação de solos e águas contaminados com metais pesados.