



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO E AUDITORIA AMBIENTAL**

**JOÃO BATISTA DE SOUZA**

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM UM LIXÃO  
DESATIVADO NO MUNICÍPIO DE MAMANGUAPE-PB**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2018**

**JOÃO BATISTA DE SOUZA**

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM UM LIXÃO  
DESATIVADO NO MUNICÍPIO DE MAMANGUAPE, PB**

Monografia apresentada, como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), à Coordenação do curso de Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Especialista em Gestão e Auditoria Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza

**CAMPINA GRANDE – PB  
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S729p Souza, João Batista de.  
Proposta de recuperação de área degradada em um lixão desativado no município de Mamanguape, PB [manuscrito] : / João Batista de Souza. - 2018.  
52 p. : il. colorido.  
  
Digitado.  
Monografia (Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.  
"Orientação : Profa. Dra. Neyliane Costa de Souza, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."  
  
1. Resíduos sólidos. 2. Planejamento ambiental. 3. Solos.  
4. Espécies vegetais.  
  
21. ed. CDD 363.728 5





JOÃO BATISTA DE SOUZA

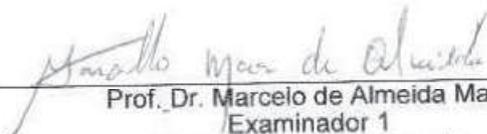
PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA EM UM LIXÃO  
DESATIVADO NO MUNICÍPIO DE MAMANGUAPE, PB

Monografia apresentada, como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), à Coordenação do curso de Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Especialista em Gestão e Auditoria Ambiental.

Aprovado em: 12/06/2018.

Nota: oito ( 8,00 )

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Neyliane Costa de  
Souza/UEPB  
Orientadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcelo de Almeida Maia  
Examinador 1  
Campus Campina Grande

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Carlos Antonio Belarmino Alves  
UEPB-Campus Guaraiaba  
Examinador 2

Dedico, aos meus filhos Raissa Fernanda e Kayo Henrique, e ao meu afilhado, Edilson Neto, como expressão da minha esperança.

## AGRADECIMENTOS

À Deus todo poderoso, por me permitir mais uma vez a passagem pela Terra, nesta época, neste país, e mais uma vez me dar a oportunidade de engrandecer minha alma com luz e verdade, aprendendo e ensinando com a grande diversidade espiritual que encontramos no dia a dia, e à todos os espíritos de luz que sempre me guiaram até aqui.

Aos professores do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, responsáveis em grande parte pelos conhecimentos que detenho hoje.

À minha orientadora, Neyliane Costa de Souza, que de imediato aceitou esse desafio e também compartilhou ensinamentos e dedicação durante esta pesquisa.

À professora Cristina Crispim do PRODEMA UFPB, Campus João Pessoa/PB, pela amizade e por não medir esforços em ajudar no que foi preciso.

Aos meus pais, Pedro Paulo e Felisbela Batista (*in memoriam*), pela base educacional que me fez sempre acreditar que eu poderia ir cada vez mais longe em busca de meus objetivos.

À diretoria da Secretaria de Meio Ambiente do município de Mamanguape/PB e demais colegas de trabalho que apoiaram e incentivaram a realização deste estudo.

À minha família e meus amigos pelo incentivo e por todo apoio necessário para concluir esta pós-graduação. Jamais teria conseguido sem vocês. Meu muito obrigado!

Aos meus filhos, Rayssa e Kayo Henrique, que são a verdadeira razão do meu viver. Obrigado pelo carinho e por fazer meus dias mais felizes.

Aos amigos da universidade, Victor Hugo, Patricia Pê, Rosimary Ramos e Rafael Machado por tornarem os dias de estudos mais divertidos. Enfim, a todos os demais colegas que fizeram valer a pena cada momento juntos e compreenderam que nem sempre foi possível minha pessoa agradar a todos.

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho.

A todos, o meu reconhecimento sincero.

## LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

<b>AIA</b>	Avaliação de Impacto Ambiental
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>CCT</b>	Centro de Ciências e Tecnologia
<b>DESA</b>	Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
<b>FEAM</b>	Fundação Nacional de Meio Ambiente
<b>PNRS</b>	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
<b>RSU</b>	Resíduos Sólidos Urbanos
<b>PRAD</b>	Plano de Recuperação de Área Degradada
<b>RAD</b>	Recuperação de Área Degradada
<b>RSU</b>	Resíduos Sólidos Urbanos
<b>TCC</b>	Trabalho de Conclusão de Curso
<b>UEPB</b>	Universidade Estadual da Paraíba

*“A vida não é um jogo onde só quem testa seus limites é que leva o prêmio. Não sejamos vítimas ingênuas desta tal competitividade. Se a meta está alta demais, reduza-a. Se você não está de acordo com as regras, demita-se. Invente seu próprio jogo. Faça o que for necessário para ser feliz. Mas, não se esqueça que a felicidade é um sentimento simples, você pode encontrá-la e deixá-la ir embora por não perceber sua simplicidade”*

**Mário Quintana**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Aplicação da fitorremediação em recuperação de solo contaminado.....25
- Figura 2** Mecanismos utilizados pelas plantas no processo de fitorremediação....29
- Figura 3** Apresenta sucintamente as fontes de poluição do solo e sua migração..34
- Figura 4** Apresenta os índices de metais pesados.....38
- Figura 5.** Localização da cidade de Mamanguape- PB.....

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> Custo da fitorremediação comparado com outras tecnologias.....	25
--	----

## RESUMO

Segundo a lei nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelecendo um prazo até o ano de 2020 para todos os municípios brasileiros atenderem o manejo correto dos resíduos sólidos descartados, no entanto uma boa parte dos municípios brasileiros ainda permanecem com os lixões a céu aberto.

Uma das estratégias para a reabilitação de áreas contaminadas é a fitorremediação, que consiste na introdução de espécies vegetais altamente especializadas em acumular concentrações de metais pesados em seus tecidos, as plantas e sua comunidade microbiana associados degradam, sequestram ou imobilizam poluentes presentes no solo. Esta pesquisa objetiva a elaboração de um referencial teórico e uma proposta de roteiro para a elaboração do Plano Ambiental de Recuperação do lixão de Mamanguape, localizado no Litoral Norte da Paraíba. Para atender aos objetivos do trabalho, primeiramente é apresentado um referencial básico, constituído por conceitos, metodologias administrativas e ambientais, acrescidos de recomendações sobre o recolhimento de informações necessárias ao adequado desenvolvimento do processo de planejamento. Os principais impactos do lixão são a lixiviação e a geração de gases tóxicos já que é feito a queima de resíduos no local e de chorume. De um modo geral, para a realização de um melhor diagnóstico dos efeitos da disposição inadequada dos resíduos sobre o solo na referida área, será realizar análises laboratoriais

O trabalho teve como objetivo principal a caracterização de forma exploratória dos níveis de fertilidade dos vegetais presentes no lixão e sua resistência aos metais pesados, como indicativos do grau de contaminação do solo provenientes do descarte irregular dos resíduos de Mamanguape-PB.

Palavras-chave: **Espécies Vegetais, Solos, Planejamento Ambiental**

## ABSTRACT

According to Law No. 12,305 / 10, which instituted the National Solid Waste Policy, establishing a deadline of 2020 for all Brazilian municipalities to address the correct management of the solid waste disposed of, although a large part of the Brazilian municipalities still open dumps.

One of the strategies for the rehabilitation of contaminated areas is phytoremediation, which involves the introduction of highly specialized plant species to accumulate concentrations of heavy metals in their tissues, the associated plants and microbial community degrade, sequester or immobilize pollutants present in the soil. This research aims at the elaboration of a theoretical reference and a proposal for a roadmap for the elaboration of the Environmental Recovery Plan for the Mamanguape dump, located in the Northern Coast of Paraíba. In order to meet the objectives of the work, a basic reference is presented, consisting of concepts, administrative and environmental methodologies, plus recommendations on the collection of information necessary for the adequate development of the planning process. The main impacts of the landfill are the leaching and the generation of toxic gases since the waste is burned on site and slurry. In general, for a better diagnosis of the effects of improper waste disposal on the soil in said area, it will be necessary to carry out laboratory tests

The main objective of the work was to characterize the fertility levels of the plants present in the dump and their resistance to heavy metals, as an indication of the degree of contamination of the soil from the irregular disposal of Mamanguape-PB residues.

Key words: **Plant Species, Soils, Environmental Planning**

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.1.1 Objetivo Geral.....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.1.3.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Gestão ambiental e áreas degradadas.....	18
2.2 Área contaminada.....	18
2.3 Política de gerenciamento de resíduos sólidos.....	18
2.4 Recuperação de área degradada por biorremediação.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Área de estudo.....	32
3.2 Estratégias metodológicas e coleta de dados.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5 CONCLUSÃO.....	44
6 REFERENCIAS.....	48
7 ANEXOS.....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A fitorremediação é um processo biológico que utiliza as plantas como agentes remediadores, tendo por objetivos reduzir os teores de contaminantes a níveis considerados seguros para a saúde humana e qualidade ambiental e limitar a disseminação destes elementos no ambiente (ANDRADE, TAVARES e MAHLER, 2007; EPA, 2000).

Dentre das alternativas para a despoluição ambiental é a fitorremediação. A possibilidade de contaminação ambiental, associada à necessidade de grandes áreas para a disposição e tratamento, tornou a solução para o problema do lixo urbano um dos mais sérios desafios para as administrações públicas municipais. (ARAÚJO, 2000)

Os métodos de remediação mais apropriados dependem das características do local, da concentração e, dos tipos de poluentes a serem removidos, e do uso final do meio contaminado.

Quanto ao sucesso da fitoremediação é dependente da existência de plantas tolerantes aos contaminantes e capazes de remover, estabilizar ou imobilizar metais no solo.

A fitorremediação de herbicidas pode se dar notadamente por dois mecanismos: rizodegradação ou fitoestimulação e fitodegradação ou fitotransformação (SCHNOOR & DEE, 1997). O primeiro caso ocorre em nível rizosférico, realizado por microrganismos, associados às raízes de plantas tolerantes, cuja ação é estimulada pela exsudação radicular dessas espécies (CUNNINGHAM et al., 1996). A fitotransformação, por sua vez, se dá pela absorção com subsequente volatilização, ou degradação parcial ou completa, com transformação em compostos menos tóxicos, combinados e/ou ligados nos tecidos das plantas (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

A fitorremediação tem atraído o interesse devido à sua eficiência, adequação a aplicações em longo prazo, pouca manutenção exigida e vantagens estéticas, e ainda tem o atrativo de apresentar um custo baixo e de ser mais bem aceita pela população, pois utiliza plantas em um processo reconhecido como mais “natural” (BURKEN, 2002).

Dentre as várias formas de fitorremediação, a fitoextração, uso de plantas para remoção de metais dos solos mediante absorção pelas raízes, transporte e

concentração na biomassa da parte aérea, é uma das mais utilizadas (GIARDINI, 2010). Nesta técnica são empregadas plantas hiperacumuladoras para remover metais do solo pela absorção e acúmulo na parte aérea, e estas depois de colhidas, poderão ser dispostas em aterros sanitários ou recicladas para a recuperação do metal.

O solo é um recurso natural. Sendo assim, quaisquer alterações indesejáveis das características químicas, físicas ou biológicas, podem afetar prejudicialmente o modo de vida das espécies que nele habitam (ODUM, 1997). Portanto, a fitorremediação é uma alternativa ambientalmente aceita para a despoluição do solo e água contaminados com compostos orgânicos e inorgânicos. Em razão disto, é crescente o número de pesquisas envolvendo a fitorremediação.

A estimativa mundial para os gastos anuais com a despoluição ambiental é de aproximadamente 25 - 30 bilhões de dólares. No Brasil os investimentos para o tratamento dos resíduos humanos, agrícolas e industriais crescem à medida que aumentam as exigências da sociedade, e leis mais rígidas são aplicadas (ANA LIGIA DINARDI, 2003). Apesar das pressões, a fitorremediação é a tecnologia mais barata, com capacidade de atender uma maior demanda, e que apresenta o maior potencial de desenvolvimento futuro (CHEKOL, 2004).

Alguns requisitos para a implantação de programas de fitorremediação devem ser levados em consideração, principalmente as características físico-químicas do solo e do contaminante, e sua distribuição na área. Qualquer fator que venha a interferir negativamente no desempenho das plantas deve ser controlado ou minimizado, para favorecer sua ação descontaminante. É desejável que as plantas que apresentem potencial para fitorremediação possuam algumas características que devem ser usadas como indicativos para seleção (NEWMAN, 2004).

O crescimento da população e das atividades humanas com potencial de geração de impactos ambientais têm causado a escassez de recursos naturais, poluição da água e do ar, contaminação e desgaste do solo, e mudanças climáticas. Nesse contexto, a gestão ambiental aparece como uma proposta para reduzir ou eliminar os problemas causados pela ação humana sobre o meio ambiente, a partir da destinação inadequada de resíduos sólidos/lixo (BARBIERI, 2011; MOREIRA, 2006).

Os resíduos sólidos sempre estiveram presente na história da humanidade. Os restos sempre estiveram associados ao corpo do homem e as suas atividades.

Durante o trajeto de vida dos seres humanos, desde o nascimento até a morte, a geração dos seus restos deixa marcas no meio ambiente (VELLOSO, 2004).

Vários destinos podem ser dados à sua disposição final, todavia, o pior deles é o “lixão” ou “vazadouro”, definido como o local no qual se deposita o lixo, sem projeto ou cuidado com a saúde pública e o meio ambiente, sem tratamento e sem qualquer critério de engenharia (BRAGA et al., 2002). Assim, há a percolação dos líquidos derivados da decomposição do lixo, a liberação de gases para a atmosfera, a presença de animais, a presença de catadores e os riscos de incêndios causados pelos gases gerados pela decomposição dos resíduos, por se formarem grandes pilhas de lixo, sem critérios técnicos, ou seja, consiste numa forma inadequada e ilegal de deposição de resíduos sólidos (LIRA, 2009). Quanto aos resíduos sólidos urbanos gerados pela sociedade em suas diversas atividades resultam em riscos à saúde pública, provocam degradação ambiental, além dos aspectos sociais, econômicos e administrativos envolvidos na questão.

Uma das maiores causas de Impacto Ambiental no Brasil são os aterros controlados e lixões (vazadouros a céu aberto), que recebem Resíduos Sólidos de origens diversas. Neste âmbito, ABNT NBR 10.004:2004 enuncia que “Resíduos Sólidos são resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. Observa-se assim, que a disposição final inadequada destes resíduos constitui problemas sanitário, econômico e principalmente estético nas cidades brasileiras (BRASIL, 2006).

A destinação final do lixo urbano, além de provocar poluição do solo, vem dessa forma colaborar para a poluição das águas e do ar. A poluição das águas acontece por meio de fenômenos naturais como a lixiviação, percolação, arrastamento, solução, etc. Em se tratando da poluição do ar, constatam-se efluentes gasosos e particulados emitidos para a atmosfera, provenientes das diversas atividades do homem, que podem ser considerados como lixo.

Um importante instrumento para a recuperação destas áreas é o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), podendo ser desenvolvido para vários tipos de atividades antrópicas, sobretudo aquelas que envolvem desmatamentos,

terraplenagem, exploração de jazidas de empréstimos, bota-foras e deposição de resíduos sólidos urbanos diretamente no solo.

Para que seja efetivado o gerenciamento de áreas contaminadas por lixões requer procedimentos relacionados à investigação, à análise de risco, as regulamentações e ações como remediação, contenção ou remoção do meio contaminado. Portanto, as técnicas de remediação são variáveis, conforme a matriz contaminada, a natureza do contaminante, o nível de contaminação e a disponibilidade de recursos.

A biorremediação é uma das técnicas utilizadas para descontaminar solo e água por meio da utilização de organismos vivos, como microrganismos e plantas, e ganhou interesse da comunidade científica por ser uma técnica *in situ*, eficiente e de baixo custo (PIRES et al., 2003ab).

A fitorremediação vem sendo investigada e aplicada em vários países apresentando resultados satisfatórios que conferem credibilidade à utilização desta técnica. As regiões de clima temperado onde os estudos estão mais avançados, revelam a viabilidade de utilização da técnica, ainda que as condições climáticas não sejam muito favoráveis aos processos fisiológicos envolvidos nos mecanismos de fitorremediação

No Brasil, sabe-se que as pesquisas e exploração de métodos de biorremediação através da fitorremediação, ainda estão restritas ao âmbito acadêmico, na maioria dos casos. Pois, além dessas espécies serem tolerantes a diversos herbicidas, podem ainda liberar exsudatos radiculares, que atuam ativando a microbiota do solo na decomposição dos compostos orgânicos aplicados (BELO, 2006). Além disso, as leguminosas ainda apresentam outras características agrônomicas, ou seja, como produção de elevada biomassa fresca e seca, e fixação do nitrogênio atmosférico, contribuindo para maior ganho de matéria orgânica do solo, altamente desejável ao sistema produtivo (PIRES, 2003).

A proposta desta pesquisa é oferecer subsídios para a análise e execução de estudos, projetos e ações relacionadas à recuperação da área degradada do antigo lixão da cidade de Mamanguape na Paraíba fundamentados em conceitos desenvolvidos por especialistas e aceitos pela comunidade científica. Serão amplamente discutidas as normas fixadas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos e as recentes resoluções da Secretaria do Meio Ambiente no tocante recuperação de áreas degradadas, recentemente modificadas em função de pesquisas sobre o

assunto. Estaremos apontando referências bibliográficas técnicas, fontes de consulta e leitura de apoio sobre os principais procedimentos e para o desenvolvimento de projetos nessa área.

Durante as visitas in loco no processo de elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, foi possível identificar no local, diversos problemas que fomentaram a busca por soluções de projeto de caráter ecológico e social para o lixão.

Portanto, a partir do momento que os lixões são desativados, as áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos encontram-se em processo de degradação, sendo necessário a elaboração de um plano de recuperação (BELI et al., 2005).

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Elaborar uma proposta de um plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para um lixão desativado no município de Mamanguape na Paraíba com a vista a utilização de técnicas de fitorremediação, para a descontaminação do solo e água.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar a área do vazadouro a céu aberto;
- Identificar e propor a melhor técnica aplicável para a mitigação dos impactos;
- Destacar os principais problemas sociais, econômicos e ambientais encontrados em decorrência da atividade do lixão;
- Propor uso de técnicas de fitorremediação;
- Apresentar proposta de medidas mitigadoras para os impactos sociais.

### • 1.1.3 JUSTIFICATIVA

Uma das estratégias para a reabilitação de áreas contaminadas é a fitorremediação, que consiste na introdução de espécies vegetais altamente especializadas em acumular concentrações de metais pesados em seus tecidos, as plantas e sua comunidade microbiana associados degradam, seqüestram ou imobilizam poluentes presentes no solo. Tal técnica apresenta grande atrativo, graças à possibilidade de promover a descontaminação do local in situ, bem como baixo custo, quando comparada à remoção do solo para seu tratamento. (SURSALA, et al 2002).

As leguminosas são plantas que promovem melhorias nas condições do solo, favorecem espécies com maior capacidade de clivagem de nutrientes e produção de biomassa. Portanto, justifica-se o uso do feijão-de-porco por ser uma leguminosa com capacidade de fixar o nitrogênio, despertando-nos interesse para o referido estudo, o qual aborda a espécie feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) para a verificação da melhoria da qualidade do solo.

O *Ricinus Communis*, conhecida por mamona, pertence à família Euphorbiaceae, é originada do continente africano e já se espalhou por todo território nacional em especial em estradas. É uma arbustiva tropical que pode atingir até 3,5 m de altura, apresenta raízes pivotantes e profundas e se adaptam a características do ambiente (KISSMANN; GROTH, 1999).

A espécie *Solanum paniculatum* pertence à família Solanaceae, comumente conhecida por jurubeba, é nativa da região norte e nordeste, no entanto se espalhou por todo o país, sendo frequentemente encontrada em pastagens e áreas desocupadas. É uma espécie arbustiva que pode alcançar até 3 m de altura (KISS-MANN; GROTH, 1999).

O Girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta anual originária da América do Norte e Central, pertencente à família das Asteráceas. Caracterizam-se por serem plantas de caule grosso e robusto, de coloração esverdeada. Podem atingir alturas que variam de 2 a 3 metros, porém existem também espécies anãs de 40 centímetros de altura. Suas folhas são ovais, opostas, pecioladas, com nervuras visíveis e ásperas.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### ***2.1 Degradação ambiental e áreas degradadas***

Segundo Luis Enrique Sánchez (2001, p.82) define a degradação do solo, como um termo mais amplo do que poluição (do solo), englobando: “(i) a perda de matéria devido à erosão ou a movimentos de massa, (ii) o acúmulo de matéria alóctone (de fora do local) recobrando o solo, (iii) a alteração negativa de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compacidade, (iv) a alteração das características químicas, (v) a morte ou alteração das comunidades de organismos vivos do solo”. Todos estes tipos de degradação, levantados por Sánchez, podem ser intensificados no caso de desflorestamento das áreas de preservação permanente, o que já justificaria a importância de recuperar, o mais rápido possível, a vegetação original dessas áreas.

O conceito de degradação tem sido geralmente associado aos efeitos ou impactos ambientais considerados negativos ou adversos e que decorrem principalmente de atividades ou intervenções humanas. O processo de degradação do meio ambiente natural, não pode ser desvinculado de um contexto que inclui comprometimentos da saúde física, transtornos psicológicos e psiquiátricos, e desintegração social.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 001/86 dispõe de um conceito de Impacto Ambiental que envolve: “Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais”.

### **2.2 Área contaminada**

Uma área é considerada contaminada quando, após uma investigação confirmatória, isto é, amostragem e análises químicas de solos e/ou águas subterrâneas mostram valores de concentração de contaminantes superiores àqueles estabelecidos pela legislação vigente. Para a poluição do solo não existe

uma abordagem internacional padronizada, em função de sua natureza complexa e variável, sendo o solo um bem econômico de propriedade privada. A tendência mundial é o estabelecimento de uma lista orientadora geral de valores de referência de qualidade, com base em análises de amostras de solo e de águas subterrâneas, de valores de alerta, com caráter preventivo e de valores de intervenção, derivados a partir de modelos matemáticos de avaliação de risco, utilizando-se diferentes cenários de uso e ocupação do solo previamente definidos, considerando-se diferentes vias de exposição e quantificando-se as variáveis toxicológicas (DIAS e CASARINI, 1996).

Portanto, uma área contaminada pode ser definida como um local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural.

### **2.3 Política de gerenciamento de resíduos sólidos**

Pensando nisso, o homem começou a se preocupar com a destinação e a gestão dos resíduos sólidos. E no Brasil, ainda hoje, há vários municípios em que os resíduos sólidos não recebem nenhum tratamento e sua destinação é considerada incorreta, causando vários danos à saúde pública, como a proliferação de doenças, e ao meio ambiente, como a contaminação do solo, ar, lençol freático e etc. (SILVA, 2007).

De acordo com Hamada et al. (2004), a disposição direta dos resíduos urbanos é a forma mais comum de destinação destes resíduos na maioria dos municípios brasileiros. Este procedimento, além de vários outros problemas, permite a infiltração do percolato ou chorume no solo, provocando sua contaminação, bem como dos corpos d'água subterrâneos.

Como forma de evitar ou mesmo minimizar os impactos causados pela deposição inadequada dos resíduos urbanos, a construção de aterros sanitários figura como uma das soluções mais eficazes. Os aterros sanitários são instalações previamente planejadas para posterior disposição de resíduos sólidos, visando a não causar danos nem perigo ao meio ambiente e saúde pública (MUÑOZ, 2002).

Entretanto, este tipo de disposição dos resíduos sólidos, também, gera grandes quantidades de percolato com alta concentração de material biodegradável.

Segundo a ABLP (2017), os últimos dados oficiais sobre a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil são do ano de 2015, quando foram gerados no país o volume de 79,9 milhões de toneladas, um acréscimo de 1,3 milhões de toneladas em relação a 2014..

Diante dos riscos oferecidos pela gestão inadequada dos resíduos, há grande necessidade que todas as cidades tenham um correto gerenciamento de seus resíduos. No ano de 2010 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos pela Lei Federal nº 12.305/2010. Essa lei determina as responsabilidades dos geradores, do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, sobre a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Além disso, tornou-se uma exigência que até agosto de 2014, todos os lixões fossem fechados.

Em geral, por falta de conhecimento, as prefeituras não sabem como lidar com o problema dos resíduos sólidos, resultando na formação de lixões e vazadouros a céu aberto que contaminam o solo, ar e recursos hídricos, afetando a saúde e a qualidade de vida da população (LIMA, 2005). Mais recentemente, pela ação do Ministério Público e dos Órgãos Estaduais de Controle Ambiental, o problema dos lixões tem sido fiscalizado e vem gerando processos judiciais contra os prefeitos. Mesmo assim, a eficácia da simples cobrança estatal e a formalização de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) não têm sido eficazes na busca de uma solução adequada para o problema (ANTONELLI, 2014).

Na região Nordeste do Brasil, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) dos 1794 municípios que compõem a região Nordeste, 1598, ou seja, 89,1% dos municípios nordestinos destinam os seus resíduos sólidos ao lixão. Isso mostra que na região Nordeste o número de lixões nos municípios é um dos mais elevados em comparação com as demais regiões do Brasil.

No Brasil, quanto à classificação dos resíduos sólidos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) os classificam de acordo com sua origem em:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;

- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS);
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

## **2.4 Recuperação de área degradada por fitorremediação**

Entende-se por biorremediação qualquer forma de tratamento que utiliza microrganismos do solo para biodegradar os contaminantes do solo e das águas subterrâneas, transformando as substâncias perigosas presentes nos compostos orgânicos em energia e em substâncias não tóxicas ou pouco tóxicas (SCHMIDT, 2010).

Os métodos de remediação mais apropriados dependem das características do local, da concentração e, dos tipos de poluentes a serem removidos, e do uso final do meio contaminado. Esses métodos têm como objetivo imobilizar os metais e retirá-los do solo, utilizando um dos seguintes processos: fitorremediação (emprega plantas com o objetivo de remover, transferir, estabilizar ou destruir elementos nocivos); biorremediação (introdução de microrganismos específicos no local da contaminação); separação mecânica; eletrocinética (passagem de uma corrente elétrica de baixa intensidade entre os eletrodos envolvidos pelos contaminantes do

solo); tratamento químico (processos oxidativos ou redutores); tratamento por paredes permeáveis; e tratamento “in situ” (BURKEN, 2002). Muitos métodos ainda estão em desenvolvimento. A fitorremediação tem atraído o interesse devido à sua eficiência, adequação a aplicações em longo prazo, pouca manutenção exigida e vantagens estéticas, e ainda tem o atrativo de apresentar um custo baixo e de ser mais bem aceita pela população, pois utiliza plantas em um processo reconhecido como mais “natural” (BURKEN, 2002).

Alguns requisitos para a implantação de programas de fitorremediação devem ser levados em consideração, principalmente as características físico-químicas do solo e do contaminante, e sua distribuição na área. Qualquer fator que venha a interferir negativamente no desempenho das plantas deve ser controlado ou minimizado, para favorecer sua ação descontaminante. É desejável que as plantas que apresentem potencial para fitorremediação possuam algumas características que devem ser usadas como indicativos para seleção (NEWMAN, 2004).

Tecnicamente é definida como sendo o uso de plantas e seus microrganismos associados em condições agrônômicas ideais para remover, conter, transferir, estabilizar e/ou degradar, ou tornar inofensivos os contaminantes, incluindo compostos orgânicos e metais tóxicos (RASKIN e ENSLEY, 2000).

O processo de remediação de solos contaminados se refere à redução dos teores de contaminantes a níveis seguros e compatíveis com a proteção à saúde humana, seja impedindo ou dificultando a disseminação de substâncias nocivas ao ambiente. Atualmente em todo o mundo, a tendência é de dar preferência às técnicas de remediação in situ, por apresentarem baixos custos e não provocarem contaminações secundárias, fato observado na remediação ex situ, já que ocorre o transporte do material contaminado até o sítio de tratamento.

Os vegetais podem se adaptar a ambientes extremamente diversos, de forma tão eficaz que poucos lugares são completamente desprovidos de sua presença, sendo que algumas espécies apresentam a capacidade de interagir simbioticamente com diversos organismos, facilitando sua adaptação em solos salinos, ácidos, pobres e ricos em nutrientes ou excessivamente contaminado em elementos químicos como metais pesados.

A fitorremediação (fito = planta e remediação = corrigir), conhecida desde 1991, é a tecnologia que utiliza plantas para degradar, extrair, conter ou imobilizar

contaminantes do solo e da água. As pesquisas nessa área procuram compreender a interação da planta com o contaminante (EPA, 2000).

De acordo com GLASS (1999) citado por ANDRADE et al., (2007), a fitorremediação no ano de 1999, movimentou valores entre 34 e 58 milhões de dólares, sendo que os Estados Unidos foram os responsáveis pela maior parte deste mercado.

**Tabela 1** - Custo da fitorremediação comparado com outras tecnologias.

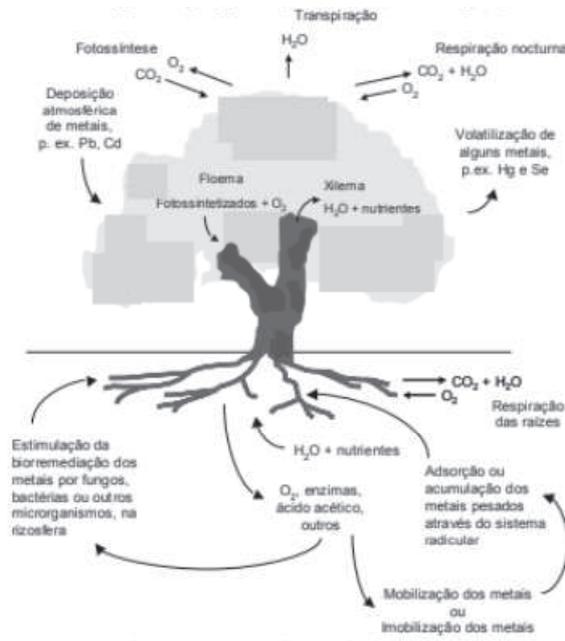
Tipo de Tratamento	Custo variável/ton (US\$)
Fitorremediação	10-35
Biorremediação in situ	50-150
Aeração no solo	20-200
Lavagem do solo	80-200
Solidificação	240-340
Incineração	200-1500

Fonte: SCHNOOR (1997) citado por ANDRADE et al., (2007)

A fitorremediação possui também, como importante característica, sua grande versatilidade, podendo ser utilizada para remediação do meio aquático, ar ou solo, com variantes que dependem dos objetivos a serem atingidos.

Historicamente, o conceito de se utilizar plantas para remediar ambientes contaminados não é novo. Há 300 anos, plantas foram utilizadas para o tratamento de águas residuárias na Alemanha. Em 1935, plantas do gênero *Astragalus* foram capazes de acumular mais de 0,6% de Se na biomassa seca da parte aérea. Uma década depois, foram identificadas culturas capazes de acumular mais de 1% de Ni na parte aérea (LASAT, 2000). A ideia da utilização de plantas para extrair metais dos solos contaminados foi reintroduzida e desenvolvida por Utsunomyia (1980) e Chaney (1983). A Figura 1 mostra a aplicação da fitorremediação na recuperação de solo.

**Figura 1** - Aplicação da fitorremediação em recuperação de solo contaminado.



**Fonte:** DINARDI, 2003

Dentro desse contexto utilizar os mecanismos da fitorremediação com a utilização de plantas que além de apresentar capacidade de acumular contaminantes e ainda de ter potencial econômico, vem a ser uma estratégia ambiental promissora, caracterizando-se dessa forma como reuso planejado ou sustentável.

Caracterizada como tecnologia que utiliza agentes biológicos, especificamente, os microrganismos, para remover contaminantes tóxicos do solo e da água (PELCZAR et al., 1997). Trata-se de uma técnica na qual ocorre a transformação ou destruição dos poluentes orgânicos por decomposição, pela ação de microrganismos naturais no solo, como as bactérias, os fungos e protozoários. Os microrganismos promovem a biodegradação de poluentes tóxicos, para obtenção de energia (que será transformado em alimento), em substâncias como dióxido de carbono, água, sais minerais e gases.

Assim, o contaminante funciona como uma espécie de fonte de carbono para os microrganismos. Dentre os compostos biodegradáveis estão os hidrocarbonetos derivados do petróleo, preservantes de madeira, solventes halogenados e os defensivos agrícolas (CETESB, 2007). Esta técnica pode ser empregada para atacar contaminantes específicos no solo e águas subterrâneas, este processo se dá pelo fato de microrganismos, como as bactérias, utilizarem substratos orgânicos e inorgânicos, como exemplo o carbono, como fonte de alimentação, desta forma, convertendo os contaminantes em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (SILVA, 2002).

A literatura mostra que os vegetais para serem considerados na fitorremediação devem obedecer a uma série de requisitos (FERRO et al., 1994; PERKOVICH et al., 1996; CUNNINGHAM et al., 1996; NEWMAN et al., 1998; ACCIOLY e SIQUEIRA, 2004; VOSE et al., 2000), são eles:

- a) Alta taxa de crescimento e produção de biomassa;
- b) Capacidade de absorção, concentração e/ou metabolização e tolerância ao contaminante;
- c) Retenção do contaminante nas raízes, no caso da fitoestabilização, como oposto à transferência para a parte aérea, evitando sua manipulação e disposição;
- d) Sistema radicular profundo e denso;
- e) Elevada taxa de exsudação radicular;
- f) Fácil colheita, quando necessário à remoção da planta da área contaminada;
- g) Fácil aquisição ou multiplicação de Propágulos;
- h) Capacidade de desenvolver-se bem em ambientes diferenciados;
- i) Ocorrência natural em áreas poluídas (importante na identificação, porém não é pré-requisito);
- j) Fácil controle ou erradicação;
- k) Resistência a pragas e doenças;
- l) Capacidade transpiratória elevada, especialmente em árvores e plantas perenes.

Para que ocorra a biodegradação existem seis requisitos básicos (BEDIENT et al., 1994):

1. Presença dos microrganismos apropriados: os microrganismos nos aquíferos subterrâneos são quase sempre bactérias. É preferível ter bactérias nativas (*indigenas*) capazes de biodegradar o contaminante local;
2. Fontes de Energia: o carbono orgânico é necessário como fonte de energia e utilizado pelos organismos para manutenção e crescimento, sendo transformado em carbono inorgânico, energia e elétrons;
3. Fontes de carbono: aproximadamente 50% do peso seco das bactérias é carbono, sendo o carbono orgânico utilizado para compor e gerar novas células;
4. Receptores de elétrons: a biodegradação envolve a oxidação dos

contaminantes, sendo necessários elementos oxidantes (receptores de elétrons);

5. Nutrientes: entre os nutrientes necessários estão o nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, sendo os dois primeiros necessários em grandes quantidades;

6. Condições ambientais aceitáveis: exemplos são a temperatura, pH, salinidade, pressão hidrostática, radiação ou presença de metais pesados ou outros elementos tóxicos que inibam a população bacteriana. A concentração do contaminante no aquífero também tem influência direta no crescimento da população.

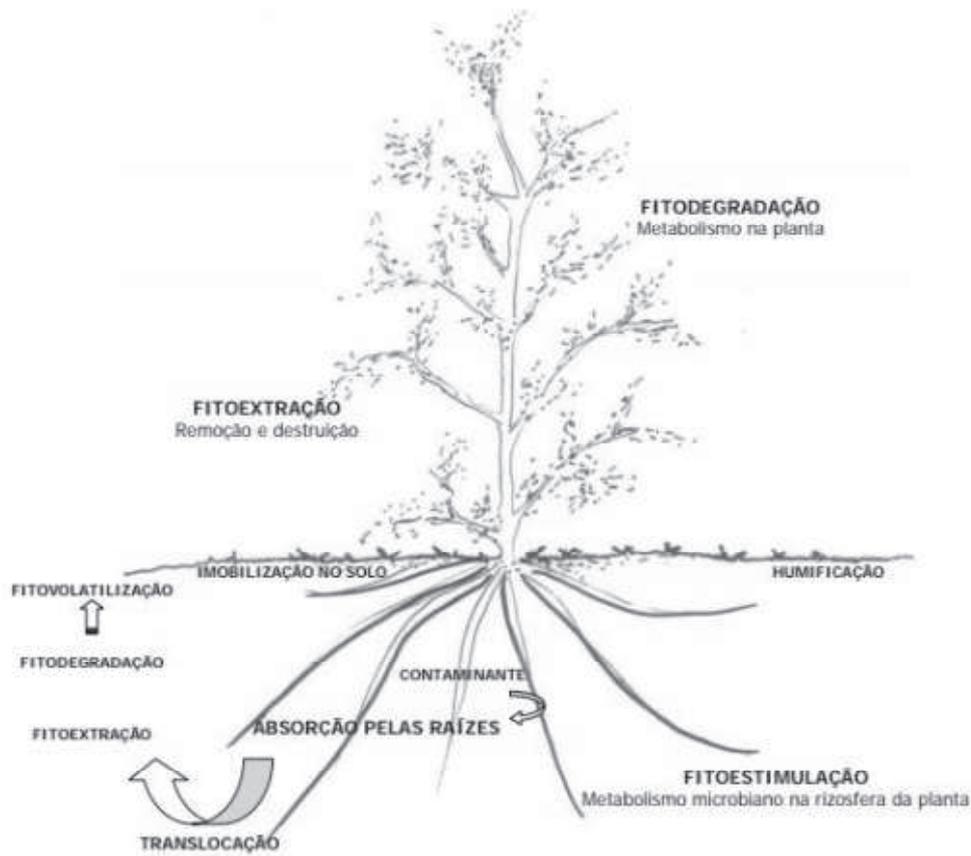
O processo de fitorremediação é altamente utilizada para auxiliar no tratamento de áreas onde são destinados resíduos sólidos urbanos, esta técnica biotecnológica consiste em utilizar vegetais para remover, imobilizar ou tornar inofensivo contaminante orgânico ou inorgânico presentes no solo e na água. Quando comparada com técnicas tradicionais como bombeamento e tratamento, ou remoção física da camada contaminada, a fitorremediação tem sido considerada vantajosa, principalmente por sua eficiência na descontaminação e pelo baixo custo (CUNNINGHAM et al., 1996).

No caso de áreas abertas, as mudas teriam de passar por um período de aclimatação, antes de serem levadas para o plantio no campo. Silva Filho (1988) cita que algumas espécies apresentam grandes produções de sementes e abundante regeneração natural, este excesso de mudas produzidas pode ser utilizado em outras áreas, pobres em materiais de propagação. A grande vantagem do transplante é a redução do custo de produção das mudas e adaptação às condições mesológicas da região. Este método deve ser sempre aplicado, quando o solo estiver úmido, de preferência na estação chuvosa da região.

Destaque é dado para as plantas hiperacumuladoras, ou seja, aquelas que apresentam capacidade de absorver quantidades elevadas de metais pesados (Doumett, et al. 2008). Elas têm se mostrado muito mais acumuladoras e tolerantes a metais pesados em comparação às não hiperacumuladoras (AUDET e CHAREST, 2007). Outra vantagem desse tipo de planta seria a capacidade de absorção de contaminantes distintos presentes no solo simultaneamente, isto é, um solo que apresenta mais de um metal pesado em sua composição pode tê-los absorvidos por

um único tipo de vegetal (LOMBI, ZHAO e MCGRATH, 2001). Além disso, as hiperacumuladoras possuem maior concentração do metal pesado nas partes aéreas do que nas raízes, fato indicador de que as plantas hiperacumuladoras conseguem absorver e transportar metais pesados, que ficam estocados em suas partes aéreas (HAQUE, et al. 2008). A Figura 2, mostra o mecanismos utilizados pelas plantas no processo de fitorremediação. A possibilidade de contaminação ambiental, associada à necessidade de grandes áreas para a disposição e tratamento, tornou a solução para o problema do lixo urbano um dos mais sérios desafios para as administrações públicas municipais (ARAÚJO, 2000).

**Figura 2** - Mecanismos utilizados pelas plantas no processo de fitorremediação.



**Fonte** : ANDRADE et al (2007)

Para que obtenha o sucesso da técnica, é necessário o estudo da caracterização do local contaminado e do contaminante. Em relação ao local, deve-se investiga-lo bastante, procurando saber quais atividades foram desenvolvidas lá nos últimos anos. Além de conhecer também as suas características físicas e químicas, que devem ser favoráveis ao crescimento das plantas, e haver uma

investigação do terreno, o que envolve coleta de amostra do solo e água, para que possa ser feita uma análise, a fim de identificar fatores como o tipo de contaminação, a concentração dos poluentes e onde se encontram. A investigação é feita por meio de estudo de documentos como licenças ambientais, fotografias aéreas, conversas com pessoas que já trabalharam ou trabalham no local com o objetivo de identificar o que causou a contaminação do solo. Após esse processo inicial, devem ser estabelecidos os objetivos da recuperação que envolverá a pretensão da utilização da área, a disponibilidade de tecnologias e os custos. Em relação ao contaminante, a sua concentração não pode ser fitotóxica ou causar prejuízos à saúde das plantas. Altas concentrações de contaminantes podem inibir o crescimento vegetal e, desse modo, limitar sua aplicação.

- **Vantagens da fitorremediação**

A fitorremediação apresenta um elevado potencial de utilização devido às vantagens que apresenta em relação às outras técnicas de remediação de solo, através dos próprios vegetais presentes na área contaminada.

A fitorremediação é uma técnica que apresenta um elevado potencial de utilização, devido às vantagens que apresenta em relação às outras técnicas de remediação de contaminantes do solo. Porém como outras técnicas, a fitorremediação apresenta algumas limitações, principalmente com relação a compostos orgânicos em geral e agrotóxicos, relatadas por Narayanan et al. (1996), Cunningham et al. (1996), Miller (1996) e Macek et al. (2000). A fitorremediação apresenta várias vantagens, porém o baixo custo é a principal, em relação às técnicas tradicionalmente utilizadas, envolvendo a remoção do solo para tratamento ex situ. Na maioria dos casos, os equipamentos e suprimentos empregados no programa de fitorremediação são os mesmos utilizados na agricultura. Logo, quando a fitorremediação é implantada em áreas agrícolas, o custo é ainda menor. As plantas ajudam no controle do processo erosivo, eólico e hídrico. Nesse último caso, evitam o carregamento de contaminantes para a água e o solo e, por conseguinte, reduzem a possibilidade de contaminação de lagos e rios. As plantas são mais favoráveis esteticamente (melhoria da paisagem), do que qualquer outra técnica de biorremediação, e podem ser implementadas com mínimo distúrbio ambiental, reduzindo o impacto ambiental.

A fitorremediação é uma técnica que apresenta um elevado potencial de utilização, devido às vantagens que apresenta em relação às outras técnicas de remediação de contaminantes do solo.

Devido ao baixo custo de investimento e de operação, sua aplicabilidade *in situ*, e geração mínima de degradação e desestabilização da área a ser descontaminada são algumas das vantagens da fitorremediação (Chaves, Mesquita, Araujo & França, 2010). Sua efetividade está limitada pela capacidade da planta em sorver os metais das superfícies das partículas do solo e da solubilidade desses metais.

A fitorremediação apresenta algumas desvantagens em relação a outras técnicas por ser uma tecnologia ainda em desenvolvimento, e por ainda não possuir suficientes resultados concretos de pesquisas realizadas, ela não é aceita por algumas entidades reguladoras. Outra desvantagem é que para remediar o solo, os metais devem estar a uma distância inferior a 5 m da superfície. Além disso o clima é um fator que pode restringir o crescimento das plantas.

- **Desvantagens da fitorremediação**

A fitorremediação apresenta algumas desvantagens em relação a outras técnicas por ser uma tecnologia ainda em desenvolvimento, e por ainda não possuir suficientes resultados concretos de pesquisas realizadas, ela não é aceita por algumas entidades reguladoras. Outra desvantagem é que para remediar o solo, os metais devem estar a uma distância inferior a 5 m da superfície. Além disso o clima é um fator que pode restringir o crescimento das plantas. Este método também apresenta algumas dificuldades: a seleção de plantas, principalmente em relação à descontaminação de herbicidas de amplo espectro de ação, ou em misturas de contaminantes no solo; o tempo requerido para obtenção de uma despoluição satisfatória pode ser longo (usualmente mais de uma estação de crescimento); e o contaminante deve estar dentro da zona de alcance do sistema radicular.

Além disso, algumas plantas também podem exudar uma variedade de compostos orgânicos, formando complexos com os metais e mantendo-os disponíveis para serem absorvidos (LASAT, 2000).

A fitorremediação, dependendo da técnica a ser empregada, da natureza química ou das propriedades do poluente, pode remediar solos contaminados

através das seguintes estratégias: fitoextração, fitodegradação, fitovolatilização, fitoestimulação e fitoestabilização

Uma área pode ser considerada contaminada quando, após uma investigação confirmatória, isto é, amostragem e análises químicas de solos e/ou águas subterrâneas mostram valores de concentração de contaminantes superiores àqueles estabelecidos pela legislação vigente. Na Tabela 2, mostra valores orientadores usados no Brasil para alguns metais pesados contaminantes de solos.

**Tabela 1** - Valores orientadores (mg kg<sup>-1</sup> de peso seco) usados no Brasil para alguns metais pesados contaminantes de solos.

Metal	Referência de qualidade	Prevenção	Intervenção solo industrial	Intervenção solo residencial
Cu	35	60	600	400
Zn	60	300	2000	1000
Cd	<0,5	1,3	20	8
Cr	40	75	400	300
Ni	13	30	130	100
Pb	17	72	900	300
Hg	0,05	0,5	70	36

FONTE: CETESB (2005)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A pesquisa de caráter exploratório se estruturou por meio de uma revisão bibliográfica relacionada a temática proposta. Depois, evidenciaram-se as vantagens e desvantagens da técnica da fitorremediação.

Também utilizamos para realização desse trabalho a visita in loco, a pesquisa documental e o estudo de caso, em que os dados serão obtidos por meio de

observação direta, entrevistas, questionários e requisição de documentos. Ademais, serão realizadas entrevistas com os moradores do distrito, com o intuito de se obter mais informações acerca do funcionamento do lixão. Essa metodologia será suficiente para se obter as informações requeridas e para as questões de auditoria definidas na matriz de planejamento.

A visita realizada in loco, foi registrada por meio fotográfico, proporcionando para constatar que o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos não estão realizados de forma apropriada, pois, o descarte desses resíduos se dá diretamente em valas, sem o devido tratamento e sem a correta impermeabilização do solo, de forma a agravar os índices de contaminação das águas dos igarapés e lençol freático do entorno do lixão

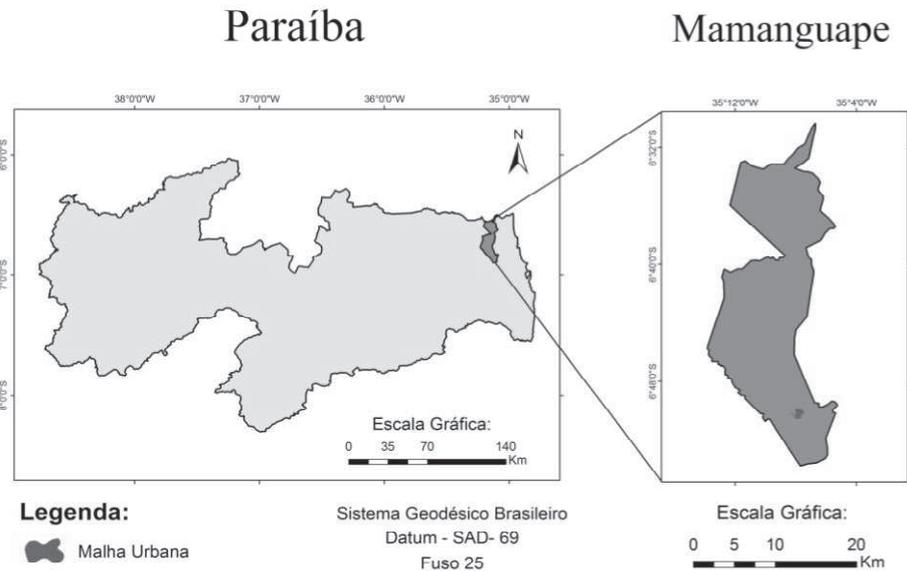
A área de pesquisa está localizada na depressão sub litorânea do Estado da Paraíba, na mesorregião do litoral norte, na unidade geoambiental dos tabuleiros costeiros. Esta unidade acompanha o litoral de todo o nordeste, apresentando altitude média de 50 a 100 metros.

O perímetro usado para o lixão é considerado área de preservação permanente, nos termos da Lei nº 4.771/65 do Código Florestal, pois está localizado em topo de elevação e respectiva encosta, com características de gruta, aflorando ao fundo uma nascente e um riacho que serve para dessedentação de animais e para agropecuária.

Esta área serve como local de disposição do lixo domiciliar e industrial, do serviço de limpeza pública (poda de árvores, roça de jardins etc.)

O município de Mamanguape está localizado na Mesorregião da Zona da Mata Paraibana, mais precisamente na Microrregião do Litoral Norte (Figura 2). Tem como pontos limítrofes ao norte, o Estado do Rio Grande do Norte; ao Sul, os municípios de Rio Tinto e Capim; ao leste, os municípios de Rio Tinto e Mataraca; ao oeste, os municípios de Jacaraú, Curral de Cima, Itapororoca e Capim. Vale salientar que todos os municípios citados eram integrados ao município, mas obtiveram sua emancipação política com o passar dos anos.

**Figura 3-** Localização da cidade de Mamanguape, PB.



Fonte: AESA (2012) organizado por Pires (2013).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao ano de 2012, o município conta com uma população de 42.537 habitantes e, desde o ano de 2003, faz parte da Região Metropolitana de João Pessoa.

O topônimo Mamanguape, de acordo com Teodoro Sampaio *apud* Andrade e Vasconcelos (2005) tem origem na junção dos vocábulos indígenas: *Maman*= de beber, para beber; *Gua*=água; *Pe*= nas. Significando então, Mamanguape, “Nas águas de beber” ou o mais popularmente difundido “No bebedouro”.

O termo Mamanguape foi a designação dada pelos índios Potiguara ao rio que recebe este nome e de onde, devido a sua notoriedade, originou-se o nome do município em estudo.

De acordo com Andrade e Vasconcelos (2005, p.19) “Em suas origens a história de Mamanguape se insere no processo da conquista da Paraíba” cuja colonização foi marcada por uma série de conflitos entre, de um lado, Potiguara e franceses, e, do outro lado, portugueses e Tabajaras.

Segundo Andrade e Vasconcelos (2005, p. 41-42), devido ao excelente desempenho econômico e social, Mamanguape era tida como a segunda cidade de maior destaque na Paraíba. Suas ruas eram calçadas com rocha granítica proveniente de sua própria pedreira, a Pedreira de São Iázaros e também

providenciava o calçamento de cidades vizinhas; dispunha de iluminação pública e era tão imponente que foi apelidada de Atenas Paraibana. Os Mamanguapenses eram muito prestigiados em virtude das belezas e riquezas de sua terra, onde a cada dia eram erguidos mais e mais sobradinhos com os típicos azulejos portugueses, como símbolo de ostentação e riqueza. Estes azulejos, segundo Costa, eram importados diretamente da Europa e eram despachados diretamente do porto de Recife para o porto de Salema. “Eles identificavam o conforto e o poder da família patriarcal.” (COSTA, 1986, p.51)

O recorte espacial a ser estudado está situada na Bacia Sedimentar Paraíba, cuja porção emersa se estende, segundo Araújo (1992, p. 36), ao longo do litoral, alcançando parte da plataforma. A Bacia Sedimentar Paraíba, de acordo com Barbosa (2004, p.30), ocupa a faixa sedimentar costeira que se estende do Lineamento Pernambuco à Falha de Mamanguape, entretanto foi desenvolvida uma série de estudos para a definição dos seus atuais limites.

Historicamente, a região que hoje compreende o município de Mamanguape foi de grande relevância para o desenvolvimento do estado da Paraíba, chegando, no seu período de opulência a ofuscar a capital. Entretanto, após curto período de apogeu, a cidade decaiu economicamente e hoje tem a alcunha de a “Fênix Paraibana”, por dizer-se que está ressurgindo de suas próprias cinzas econômicas.

Entretanto, ao comparar registros históricos, em que é apresentada uma Mamanguape imponente, onde os moradores detinham grande prestígio, com a realidade atual do município, nota-se que após um século, os gestores e seus habitantes desconhecem a história do local onde vivem e demonstram pouco conhecimento acerca das características do meio físico inerentes ao seu desenvolvimento histórico.

Diante disto, este trabalho surgiu através da observação de elementos peculiares encontrados no município de Mamanguape, cidade natal do autor. Partindo da preocupação em estudar as questões ambientais do município e tendo como objetivo discorrer sobre um tema inicial para realizar esse importante trabalho de conclusão de curso.

A cidade de Mamanguape, possui coleta de resíduos sólidos, os tipos domiciliar e comercial são de responsabilidade do município, sendo coletados por meio de caminhões que passam nas residências e nos estabelecimentos comerciais recolhendo tais materiais. Já os resíduos hospitalares gerados na cidade, são de

responsabilidade da empresa Serquip (SEC. MEIO AMBIENTE-PMM). A disposição final dos resíduos em Mamanguape é feita de forma inadequada, no lixão.

### **3.2 Estratégias metodológicas e coleta de dados**

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória e de campo (GOLDENBERG, 1999; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 1982). Um diagnóstico ambiental prévio será realizado, identificando dados qualitativos relacionados ao solo e à água para posterior comparação após a recuperação da área.

Os dados serão coletados a partir de visitas de campo, nas quais dados primários serão levantados a partir do diagnóstico prévio de amostras de solo e água que serão encaminhadas à análise. O diagnóstico será realizado de forma participativa dentro da área de abrangência, integrando a comunidade e outros atores sociais e institucionais de interesse, para que estes possam contribuir com o estudo e se apropriarem do mesmo. O aprofundamento teórico sobre o tema ocorrerá durante toda a pesquisa como forma de respaldar e subsidiar as análises de resultados.

Após a coleta, os dados serão confrontados através de estudo comparativo antes e após a intervenção e também com material bibliográfico pertinente. Um diagnóstico ambiental prévio será realizado, identificando dados qualitativos relacionados ao solo e à água para posterior comparação após a recuperação da área.

Para analisar a conjuntura atual da área de estudo, faz-se necessário compreender o contexto histórico no qual o Município de Mamanguape está inserido, como se deu a apropriação e a conquista do espaço, bem como as economias que ali se desenvolveram e que foram fatores preponderantes para sua configuração atual.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Diagnóstico da área de estudo**

A fitorremediação é o uso de espécies vegetais na recuperação de áreas degradadas. Portanto esta técnica também pode ser conceituada como o uso de plantas e seus microorganismos associados, para tratamento de solo, água ou ar contaminado. É uma tecnologia que surgiu recentemente com potencial para tratamento eficaz de uma larga escala de poluentes orgânicos e inorgânicos. A fitorremediação em solos degradados pode auxiliar na melhoria de características físicas e químicas do local, inclusive em solos poluídos.

Os resultados da fitorremediação não são imediatos, podendo levar semanas, meses e até anos para que o efeito esperado seja alcançado. Assim, ela pode ser desaconselhada em áreas que precisam uma resposta rápida e que oferecem risco aos seres vivos (EPA, 2000). Uma estratégia para aumentar a captura dos contaminantes é o melhoramento genético das plantas com potencial fitorremediador (Gardea-Torresdey, Peralta-Videa, De La Rosa & Parsons, 2005). No entanto para que a tecnologia usada na fitorremediação seja de fato eficiente, faz-se necessário identificar fatores que venham intervir negativamente no processo de remediação, para que sejam minimizados e controlados. Portanto torna-se fundamental conhecer a distribuição do contaminante no solo e suas características físico-químicas, assim como a profundidade da contaminação.

Devido às vantagens que a fitorremediação apresenta em relação a outras técnicas de remediação do solo, apresenta um elevado potencial de utilização.

É notório a ação negativa do Lixão (Figura 3), pois exerce um grau de alto impacto no meio ambiente tais como: redução da biota do solo, stress da fauna, processos erosivos, compactação do solo através da passagem do veículo, possível depreciação da qualidade da água subterrânea e contaminação dos catadores, poluição do solo e ar, redução da biodiversidade nativa, poluição visual, proliferação de macro e microvetores.

**Figura 4** - Imagens do lixão desativado do município de Mamanguape, Pb.



**Fonte:** Autoria Própria.

Em relação ao meio antrópico, observou-se, principalmente, a poluição visual com dispersão dos resíduos mais leves para áreas circunvizinhas, tornando um aspecto estético de ordem bastante negativa, bem como a presença de catadores no local sujeitos a contaminação direta pelos resíduos, além do desnudamento do solo com a retirada da vegetação nativa predominante da mata atlântica. Prevalece na área a presença da mamona como espécie vegetal espontânea, que é indicadora de contaminação do solo por metais pesados. Como fatores de degradação ambiental observaram-se indícios de queimadas e alguns materiais soltos, ainda não aterrados, de composição diversa (como sacolas plásticas, restos de comidas, entulhos de construção, podas de árvores e jardinagem), indicando ausência de separação das frações recicláveis dos resíduos sólidos no momento do aterramento. Foram verificados lixo hospitalar e trabalho de catadores como também de menores e adolescentes.

Os locais e a forma de disposição provisória dos resíduos sólidos urbanos apontam para uma situação de lixões em condições inadequadas críticas e severas. Em relação à prestação de serviços de limpeza pública, foi observado presença de caminhões de coleta de lixo passando pelas ruas e recolhendo o lixo que se encontrava disposto nas calçadas à frente das residências. As ruas estavam limpas, também foi observado a varrição das ruas e avenidas. Os moradores nas de áreas

adjacentes, quando entrevistados relataram como fatores de degradação ambiental presença de insetos, urubus, poeira e o mau cheiro quando da paralisação de tais serviços.

Em relação a análises da água do riacho Pitombeiras, próximo ao Lixão, os resultados dessas análises demonstraram presença das cianobactérias e de coliformes fecais presentes na água durante as estações os seis primeiros meses do ano de 2013, ou seja no ano da pesquisa, nos pontos de coleta avaliados no presente estudo Verificou-se uma relação entre a temperatura a água, o IQA, a turbidez e o oxigênio dissolvido, inviabilizando o seu uso para consumo humano sem tratamento prévio. As características físicas desta água estavam alteradas, devido à sua mistura com o chorume gerado pela decomposição do lixo.

Outro fator que merece ser destacado refere-se ao fato de que os solos da região do município de Mamanguape-PB apresentam, normalmente, valores elevados de Fe. Teores elevados de manganês, ferro e zinco também foram encontrados em áreas de lixão por Costa et al. (2003) e Sissino e Moreira (1996).

Os principais impactos do lixão são a lixiviação e a geração de gases tóxicos já que é feito a queima de resíduos no local e de chorume. De um modo geral, para a realização de um melhor diagnóstico dos efeitos da disposição inadequada dos resíduos sobre o solo na referida área, será realizar análises laboratoriais.

Resultados obtidos em estudos de campo corroboram as pesquisas in loco, bem como demonstram um menor impacto ambiental, a limpeza e o baixo custo da tecnologia na remediação de áreas contaminadas, nos últimos tempos vem despertando grande interesse por parte de pesquisadores de diversas. Por outro lado, as observações e o levantamento da colonização natural de espécies vegetais em área de disposição de resíduos torna-se uma ferramenta importante para as pesquisas sobre fitorremediação, pois partindo de áreas já contaminadas e colonizadas.

#### **4.2 Proposição de recuperação da área.**

Como estratégia de recuperação para área do lixão em Mamanguape, indica-se que tal área seja reflorestada, uma vez que, se trata de um ambiente contaminado por diversos tipos de substâncias perigosas. Dessa maneira, o contato de pessoas com essa área não seria indicado, uma vez que poderia causar

problemas de saúde. Como a concentração de contaminantes presentes no lixão provavelmente é alta, antes de realizar o reflorestamento deve-se proceder com a descontaminação do solo e da água até níveis adequados para o desenvolvimento das plantas a serem inseridas na revegetação da área degradada.

Para fazer a descontaminação da área, indica-se uso de técnicas de biorremediação, tanto a biorremediação microbiana, quanto a fitorremediação. A primeira técnica deve ser usada para a descontaminação do solo por substâncias orgânicas, enquanto que a última será usada no tratamento de substâncias inorgânicas, como metais pesados.

De acordo com as análises realizadas no Laboratório do Campus II em Areia na UFPB, é indiscutível que algum sistema de tratamento dos efluentes do antigo lixão deve ser desenvolvido no local, para que os mesmos se enquadrem nos padrões de lançamento de efluentes para águas salobras. Entretanto, uma nova bateria de análises do solo e da água deve ser efetuada para se reconhecer a atual condição das águas subterrâneas e superficiais da área. A partir do resultado destas novas análises, pode-se tomar uma melhor decisão da alternativa do sistema de captação e tratamento do percolado, ou até mesmo optar por não o captar e tratar.

No que se refere aos impactos, inicialmente previstos (lixiviação e chorume) além daqueles, provavelmente de ordem social, pública e visual, serão adotadas se comprovada a presença de diferenciados tipos de substâncias danosas um possível reflorestamento como estratégia de recuperação para a área estudada, por ser mais seguro em termos de saúde, mais economicamente viável e positiva em termos ambientais.

Diante do referido exposto, serão indicadas as técnicas mais adequadas para a resolução dos problemas levantados, através da execução de etapas propostas para a recuperação da área degradada (lixão) que estão listadas a seguir:

#### **4. 2.1 Recomendações gerais**

O universo das plantas, através da fotossíntese, têm papel de fundamental na manutenção da vida na Terra. A conversão de CO<sub>2</sub> e da água na presença de luz solar em carboidratos e a liberação de O<sub>2</sub> na atmosfera possibilitam dessa forma a diminuição dos teores de CO<sub>2</sub> no ar, a filtração da radiação solar, a regulação da temperatura, promovendo a melhoria da qualidade do ar que respiramos e a

produção de alimentos. No entanto, as plantas, por si só, atuam na remediação do ar, água e solo.

- delimitação da área, que deve ser cercada completamente para impedir a entrada de animais e pessoas;
- realização de sondagens para definir a espessura da camada de lixo ao longo da área degradada;
- limpeza da área de domínio;
- movimentação e conformação da massa de lixo: os taludes devem ficar com declividade de 1:3 (V:H);
- cobertura final dos resíduos expostos com uma camada de solo argiloso de 0,50 m de espessura e uma camada de solo vegetal de 0,60 m de espessura sobre a camada de argila;
- promoção do plantio de espécies nativas de raízes curtas, preferencialmente gramíneas.

#### **4.2.2 Recomendações para o controle dos lixiviados, dos gases e das águas superficiais**

- construção de valetas para a drenagem superficial ao pé dos taludes em toda a área;
- execução de um ou mais poços verticais para a drenagem de gases;
- aproveitamento dos furos de sondagens e implantação de poços de monitoramento (sendo no mínimo dois a montante do lixão recuperado e dois a jusante);
- instalação de poços a montante e a jusante do lixão para averiguação da qualidade da água;
- monitoramento das águas superficiais.

Tanto para aterros sanitários como para antigos lixões, deve-se considerar a possibilidade de captação do biogás para queima em flares e/ou aproveitamento

energético, para que sejam vendidos como créditos de carbono através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

#### **4.2.3 Recomendações de caráter social**

- cadastramento dos catadores, de forma a conhecer o perfil de cada um;
- estudo e implantação de alternativas de emprego e renda para os catadores, retirando-os da frente de trabalho irregular e insalubre.

Para o planejamento da remediação em uma área contaminada, deve-se adotar três abordagens: mudança do uso definido da área para minimizar o risco, remoção ou destruição dos contaminantes para a eliminação do risco e redução da concentração dos contaminantes ou contenção desses para eliminar ou minimizar risco (USEPA, 1998).

Diante disso, o primeiro procedimento a ser executado é a demarcação dos pontos que delimitam a área do lixão. Para isso, será realizado um georreferenciamento da área. Em seguida, será realizado o isolamento do agente degradante. Mediante a necessidade de desativar o lixão, encerrando todas as atividades realizadas no local, será estudado junto a prefeitura e órgãos competentes a viabilidade de outro lugar para fazer a disposição final dos resíduos sólidos ou mesmo a escolha de uma área que atenda as exigências para implantação de um aterro sanitário, seguindo as orientações das normas e leis vigentes.

De acordo com Huang et al. (2005), as técnicas de remediação podem promover a descontaminação, mesmo que parcial, de uma área ou isolar o material contaminado de modo a evitar a dispersão dos poluentes.

Mediante uma serie de análises laboratoriais para quantificar o nível de tolerância de contaminação existente, estarão previstas análises físico-químicas (pH e condutividade elétrica) e metais pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, As e Hg), por serem estes os encontrados com maior frequência em áreas de lixão. Caso o resultado dessas análises não esteja dentro do limite admissível da legislação vigente, a localidade sofrerá um processo de descontaminação.

Tendo em vista que, costumeiramente é alta a concentração de contaminantes em lixões, antes do possível reflorestamento serão realizados

procedimentos de descontaminação do solo e da água até níveis adequados, se, comprovada essa hipótese afim de que ocorra o bom desenvolvimento das plantas introduzidas na área como parte integrante da recuperação paisagística local.

Para a etapa de descontaminação local, será indicado inicialmente o uso de técnicas de biorremediação, tanto a biorremediação microbiana, quanto a fitorremediação. A primeira técnica deverá ser usada para a descontaminação do solo por substâncias orgânicas, enquanto que a posterior será usada no tratamento de substâncias inorgânicas, como metais pesados.

A retirada dos contaminantes orgânicos do solo dar-se-á pela utilização da bioestimulação e a bioaugmentação. Já com relação aos contaminantes inorgânicos casos confirmados à presença deles no solo, serão adotadas técnicas de fitorremediação, cujas plantas escolhidas na etapa dar-se-ão mediante os contaminantes encontrados.

Para a descontaminação da água, a priori será indicado o uso da rizofiltração para a remoção de possíveis contaminantes retidos no tecido vegetal, ao qual por garantia, ainda serão ajustados os teores de matéria orgânica e de umidade, bem como estrutura, pH e textura do solo. Tais procedimentos terão sua importância pautada do fato de que trabalharemos com o meio biótico, isto é, plantas e microrganismos durante seu decurso.

No que compete a reposição vegetal da área, avaliaremos as condições iniciais do solo, a fim de aferir as condições ideais desejáveis ao seu desenvolvimento. Estarão previstas análises físicas (textura, porosidade e densidade) e de fertilidade do solo (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, matéria). Caso algum desses atributos não esteja adequado para um bom desenvolvimento vegetal as correções necessárias serão realizadas, tais como, aragem, gradagem, descompactação, inserção de matéria orgânica, calagem, entre outras ações que venham a deixar o solo em condições aceitáveis para a produção vegetal.

Portanto, para que seja efetivada a remediação de uma área contaminada a mesma deverá ser feita de três maneiras, no local onde ocorreu a contaminação com remoção (on site) ou não do solo (in situ), ou fora do local onde ocorreu a contaminação recolhendo o material contaminado e tratando-o em uma planta de

tratamento (ex situ), ou aplicando as duas simultaneamente (ANDRADE et al., 2011).

Serão adotadas na revegetação da área, as mesmas espécies presentes no Lixão como a mamona, o capim colônia e o capim elefante, uma vez que o objetivo principal é tentar fazer com que a recuperação da extensão aproxime-se ao máximo de uma regeneração natural, onde não há interferência antrópica.

## **5 CONSIDERAÇÕES**

O trabalho teve como objetivo principal a caracterização de forma exploratória dos níveis de fertilidade dos vegetais presentes no lixão e sua resistência aos metais pesados, como indicativos do grau de contaminação do solo provenientes do descarte irregular dos resíduos de Mamanguape-PB.

Para atingir o propósito deste trabalho, buscou-se no referencial teórico um arcabouço acadêmico abrangente e consistente referente ao tema estudado. O estudo teórico serviu como suporte para a presente pesquisa. Vale ressaltar que durante o estudo foram realizadas visitas de campo na área do lixão desativado.

Esta pesquisa procurou apresentar uma proposta alternativa para o tratamento de áreas degradadas que podem ter a condição de uma recuperação usando um processo menos agressivo que os atualmente empregados.

Em relação ao solo pode ser remediado por várias maneiras que constituem os tipos da fitorremediação. Atualmente as técnicas in situ estão sendo priorizadas por não agredir drasticamente o meio ambiente. Outro fator de relevância é o baixo custo fator pelo qual esse tipo de descontaminação é preferencialmente escolhido, além de que pode ser aplicado em grandes áreas e dispor de facilidade de aplicação.

A Fitorremediação é uma técnica in-situ que consiste no emprego de plantas acumuladoras e/ou tolerantes a metais pesado, sua microbiota associada, amenizantes do solo, além de práticas agrônômicas otimizadas (ANDRADE et al., 2007; COUTINHO e BARBOSA, 2007) com a finalidade de remover, conter ou tornar

inofensivos, transferir, estabilizar e/ou degradar, os contaminantes da água, solos e sedimentos contaminados por diversos tipos de poluentes (ROSSATO, 2010; COUTINHO e BARBOSA, 2007).

O processo de remediação de solos contaminados por metais pesados com a utilização da técnica de fitorremediação apresenta-se como uma alternativa viável, haja vista que além de recuperar a área contaminada facilita a revegetação do local. Essa tecnologia é também considerada de baixo custo e de fácil implementação. No entanto, é necessário que se faça pesquisas que sejam capazes de apontar diagnósticos mais consistentes em relação a capacidade fitorremediadora de cada espécie vegetal proposta.

A fitorremediação também pode ser empregada para intensificar a ação de microrganismos na degradação de compostos orgânicos poluentes.

Apesar de promissora, essa a técnica apresenta algumas limitações, uma vez que os resultados podem ser observados em longo prazo, pelo fator de adaptação das plantas, sendo dessa forma apresentar a principal desvantagem.

Portanto, foi possível constatar em visitas à área do lixão abandonado a inexistência de monitoramento ambiental e geotécnico. Neste caso, recomendamos que sejam realizados o monitoramento ambiental da água e do solo e o monitoramento geoambiental.

Realizamos um levantamento na literatura sobre as técnicas mais utilizadas para a realização de técnicas de remediação de solo em área de disposição final de resíduos sólidos urbanos pós encerramento. Quanto ao monitoramento da água não foi muito explorado neste estudo, devido ao fato do objeto da pesquisa em se pautar nas possíveis características de alteração químicas e biológicas do solo.

Em termos ambientais, o lixão da cidade de Mamanguape-PB vem agravando a poluição do ar, do solo e das águas, além de provocar poluição visual.

Enfim, a fitorremediação é a tecnologia baseada no emprego de espécies vegetais capazes de capturar, transportar, armazenar e imobilizar elementos químicos durante seu ciclo de vida (MOURA, 2006).

## 6 REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. **Amenização do Calcário na Toxidez de Zinco e Cádmio para Mudanças de Eucalyptus Camaldulensis Cultivadas Em Solo Contaminado**. Revista Brasileira de Ciência do solo, v. 28, p. 775- 783, 2004.

AESA, geoportal. Disponível em: <[www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html](http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html)> Acesso em : 08.04.2013

ALMEIDA, G. **Tecnologia de Tratamento de Solos Contaminados**. 2000. Disponível em: <[http://users.med.up.pt/faru/solos\\_tec\\_descont.htm](http://users.med.up.pt/faru/solos_tec_descont.htm)>. Acesso em: 21 de mar. 2015

ANDERSON, T. A. & COATS, J. R. (1995) - **Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor**. J. Environ. Sci. Health, B, v. 30, p. 473-484.

ANDRADE, Isabel de Souza Leão e VASCONCELOS, Severina Maria Oliveira de. **Mamanguape 150 anos: uma cidade histórica 1855-2005**. João Pessoa: Unigraf, 2005.

ANDRADE, Manuel Correia de. **O Rio Mamanguape**. In ANDRADE, Gilberto de; ANDRADE, Manuel Correia de. [org] **Os rios-do-açúcar do Nordeste Oriental**. João pessoa: Ed. Universitária/ UFPB, Conselho Estadual de Cultura, 1997.

ARAÚJO, Magno Erasto. **Estudo Geomorfológico do Extremo Sul do Litoral da Paraíba**. Dissertação de Mestrado do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 1992.

\_\_\_\_\_. **Água e rocha na definição do sítio de Nossa Senhora das Neves atual cidade de João Pessoa-Paraíba**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Normatizações referentes ao tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde**: NBR 10004/2004, NBR 10007/2004, NBR 12807/1993, NBR 12808/1993, NBR 12809/1993, NBR 12810/1993, NBR 12235/1992. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Normatizações referentes ao Aterro de Resíduos não perigosos – Critérios para Projeto, Implantação e Operação**: NBR nº13896/97. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Normatizações referentes aos Termos Compostagem de Resíduos Sólidos domiciliares**: NBR nº13591/96. Rio de Janeiro, 2004. ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2009.

BAKER, A.J.M.; REEVES, R.D.; McGRATH, S.P. **In situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal-accumulating plants-a feasibility study**. In **Situ Bioremediation**, eds. RE Hinchee, Butterworth-Heinemann, Stoneham MA, RF Olfenbuttel, 1991. 539 p.

BELI, E.; NALDONI, C. E. P.; OLIVEIRA, A. C.; SALES, M. R.; SIQUEIRA, M. S. M.; MEDEIROS, G. A.; HUSSAR, J. G.; REIS, F. A. G. V. **Recuperação da Área Degradada pelo Lixão Areia Branca de Espírito Santo do Pinhal – SP**. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 2, n. 1, p. 135-148, jan/dez, 2005.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. v. 1, 305 p

BURKEN, J. B. (2002) - **VOCs Fate and Partitioning in Vegetation: Use of Tree Cores in Groundwater Analysis**. *Environmental Science Technology*, v. 36, n. 21, p. 4663 -4668.

CETESB - **Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental**. (2007).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº. 460, de 30 de dezembro de 2013. Altera a Resolução CONAMA n o 420, de 28 de dezembro de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e dá outras providências.

COSTA, Adailton Coelho. **Mamanguape a Fênix paraibana**. Campina Grande: Grafset LTDA, 1986.

CUNNIGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A.; SCHWAB, A.P. **Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants**. *Adv.Agron*, v. 56, p. 55-114, 1996.

- DEON SETTE, MARLI T. **Direito ambiental**. Coordenadores: Marcelo Magalhães Peixoto e Sérgio Augusto Zampol Pavani. Coleção Didática jurídica, São Paulo: MP Ed., 2009, 575 p. ISBN 978-85-97898-023-8.
- ENSLEY, B.D. **Rational for use of phytoremediation**. In: RASKIN, I. and ENSLEY, B.D. eds. **Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean- up the environment**. New York, John Wiley & Sons, Inc., p. 3-12, 2000.
- FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
- FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3. ed. rev. – Brasília : Fundação nacional de saúde 2006.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2008.
- GOUVEIA, N. **Resíduos Sólidos Urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. São Paulo, 2012.
- HUANG, X.; ALAWI, Y. E.; GURSKA, J.; GLICK, B. R.; GREENBERG, B. M. A multi-process phytoremediation system for decontamination of persistent total petroleum hydrocarbons (TPHs) from soils. **Microchemical Journal**, 81, p.139-147, 2005.
- LASAT, M.M. **Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues**. **Journal of Hazardous Substance Research**, v. 2, p. 25, 2000.
- LIMA, L.M.Q. **Remediação de Lixões Municipais – Aplicação da Biotecnologia**.
- LIRA, J. B. de M. **Gestão de Resíduos Sólidos**. IFPE: D-EaD, 2009. 83p
- NEWMAN, L. A. & REYNOLDS, C. M. (2004) - **Phytodegradation of organic compounds**. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 15, n. 3, p. 225-230.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M.; SILVA, A. A.; PROCÓPIO, S. O. ; FERREIRA, L. R. **Seleção de Plantas com Potencial para Fitorremediação de Tebuthiuron**. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 21, p. 451-458, 2003.
- RASKIN, I.; ENSLEY, B. **Phytoremediation of toxic metals - using plants to clean up the environment**. **Plant Science**, Alabama, v. 160, p. 1073 – 1075, 2000.
- RODRIGUES, Adiel Alves. **Panorama de Mamanguape: uma exposição histórica do município**. Recife: Comunigraf, 2008.
- SABESP. **Guia de recuperação de áreas degradadas**. Edson José Andrigueti (superintendente). São Paulo: SABESP, 2003. (Cadernos Ligação).

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

SANTOS, HUGO DIAS HOFFMANN. **INVENTÁRIO E REVISÃO DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) NO PRONTO SOCORRO E HOSPITAL MUNICIPAL DE VÁRZEA GRANDE/MT Cuiabá - Mato Grosso – 2009**. Monografia apresentada ao Instituto de Biociências (Depto. de Botânica e Ecologia) da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, para obtenção do título de Especialista em Ciências Ambientais. Texto encontrado no endereço eletrônico

SCHNEIDER, Vânia Elisabete; EMMERICH, Rita de Cássia; DUARTE, Viviane Caldart; ORLANDIN, Sandra Maria. **Manual de gerenciamento de resíduos sólidos em serviços de saúde**. 2ºed., Caxias do Sul, RS. Educs, 2004. 319 p.

SILVA, R. L. B. **Contaminação de poços rasos no bairro brisamar, itaguaí, rj, por derramamento de gasolina: concentração de btex e avaliação da qualidade da água consumida pela população**. Tese (Doutorado) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, N. M. F. da; BADRE, T. M.; GÓES, M. H. B. Análise Sobre a Realidade Ambiental, Urbana e Problemática através do Mapeamento no Município de Seropédica com o Auxílio do Geoprocessamento – RJ. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. V CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. XXV EXPOSICARTA, 2014, Gramado. **XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento. XXV Expositicarta, 2014**

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 515-523, out-dez, 1996.

SNAKIN, V. V.; KRECHETOV, P. P.; KUZOWNIKOVA, T. A.; ALYABIA, I. O.; GUROV, A. F.; STEPICHEV, A; V. The system of assessment of soil degradation. **Soil Technol**, v. 8, issue 4, mar., p. 331–343, 1996.

SOUZA, E.G.; NUNES, A.S.; TRINDADE, D.B.; PONTES, M.P.; CASTRO E SILVA,

## **7 ANEXOS**

### **SUGESTÕES**

Realização de um estudo experimental, utilizando espécies vegetais nativas presentes no Lixão para a fitorremediação, levando-se em consideração características ambientais da região, pH, tipos de metais pesados, na área do lixão encerrado em Mamanguape-PB, que visem à recuperação da área de estudo e ofereça a possibilidade de obter uma restauração biológica do solo. E ainda um estudo de fertilidade do solo para a viabilização, possível intervenção e fitorremediação, como também monitoramento de possíveis contaminantes químicos na vegetação presente na área.

Desenvolver um monitoramento semestral com análises físico-químicas e químicas do solo e das águas subterrâneas, até que os valores de concentração das substâncias químicas presentes, apresentem-se inferiores aos valores máximos permitidos pela legislação.

## Principais potencialidades na utilização da fitorremediação.

1. Menor custo em relação às técnicas de remediação tradicionalmente utilizadas envolvendo a remoção do solo para tratamento *ex situ*.
2. Os xenobióticos podem ser degradados a compostos não tóxicos internamente nas plantas ou no ambiente rizosférico, podendo ser até mesmo mineralizados a compostos primários. Na ocorrência de tal situação, não há necessidade de remoção das plantas cultivadas na área contaminada.
3. As propriedades biológicas, físicas e químicas do solo são mantidas e, não raro, até melhoradas com o cultivo de espécies vegetais fitorremediadoras.
4. Incorporação de matéria orgânica ao solo, principalmente, quando não há necessidade de retirada das plantas remediadoras da área contaminada.
5. Fixação de nitrogênio atmosférico, principalmente, no caso da utilização de leguminosas como espécies remediadoras.
6. Auxílio no controle do processo erosivo, eólico e hídrico. Nesse último caso, diminuem o carreamento de contaminantes com a água e com o solo e, por conseguinte, reduzindo a possibilidade de contaminação dos cursos hídricos.
7. Redução da lixiviação de contaminantes no solo, reduzindo a contaminação do lençol freático.
8. O emprego de plantas é mais favorável esteticamente do que qualquer outra técnica de remediação, e pode ser implementado com mínimo distúrbio ambiental, evitando escavações e tráfego pesado de maquinário.
9. Utiliza energia solar para realizar os processos de descontaminação.
10. Apresenta alto índice de aceitação pública, perante a sociedade.

**Indicações para seleção de espécies vegetais para programas de fitorremediação.**

1. Sistema radicular profundo e denso.
2. Alta taxa de crescimento e produção de biomassa.
3. Capacidade transpiratória elevada, especialmente em árvores e plantas perenes.
4. Elevada taxa de exsudação radicular.
5. Resistência a pragas e doenças.
6. Adaptabilidade ao local a ser remediado (clima e solo).
7. Fixação biológica de nitrogênio atmosférico.
8. Alta associação com fungos micorrízicos.
9. Fácil controle ou erradicação posterior.
10. Quando necessária, facilidade de remoção das plantas da área contaminada.
11. Fácil aquisição ou multiplicação de propágulos.
12. Ocorrência natural em áreas contaminadas.