



**RECUPERAÇÃO DA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DA
ESTRUTURAL - DF ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE
ESPÉCIES ARBÓREAS FITORREMEIADORAS E DE
LEGUMINOSAS NATIVAS DO CERRADO**

BRUNA CARDOSO DE MELO SILVA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

BRUNA CARDOSO DE MELO SILVA

**RECUPERAÇÃO DA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DA
ESTRUTURAL - DF ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES
ARBÓREAS FITORREMEIADORAS E DE LEGUMINOSAS
NATIVAS DO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Florestal, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título
de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Rosana de
Carvalho Cristo Martins

Brasília-DF

2019



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

**RECUPERAÇÃO DA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DA ESTRUTURAL – DF
ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS
FITORREMEIADORAS E DE LEGUMINOSAS NATIVAS DO CERRADO**

Estudante: Bruna Cardoso de Melo Silva

Matrícula: 13/0022730

Orientador: Profa. Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins

Menção: SS

Profa. Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientadora

Prof. Dr. Ildeu Soares Martins
Universidade de Brasília – UnB -Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Me. Jonas Inkotte
Doutorando da Universidade de Brasília – UnB – Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Julho/2019

FICHA CATALOGRÁFICA

CC268r Cardoso de Melo Silva, Bruna
 Recuperação da área do Antigo lixão da Estrutural - DF
 através da utilização de espécies arbóreas fitorremediadoras
 e de leguminosas nativas do Cerrado / Bruna Cardoso de Melo
 Silva; orientador Rosana de Carvalho Cristo Martins. --
 Brasília, 2019.
 77 p.

 Monografia (Graduação - Engenharia Florestal) --
 Universidade de Brasília, 2019.

 1. LIXÃO. 2. RESÍDUOS SÓLIDOS. 3. FITORREMEDIAÇÃO. 4.
 LEGUMINOSAS. 5. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS . I. de
 Carvalho Cristo Martins, Rosana, orient. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, B. C. M., (2019) Recuperação da área do Antigo lixão da Estrutural – DF através da utilização de espécies arbóreas fitorremediadoras e de leguminosas nativas do Cerrado. Trabalho de Graduação em Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 77p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Bruna Cardoso de Melo Silva.

ORIENTADORA: Rosana de Carvalho Cristo Martins

TÍTULO: Recuperação da área do Antigo lixão da Estrutural – DF através da utilização de espécies arbóreas fitorremediadoras e de leguminosas nativas do Cerrado.

GRAU / ANO: Engenheira Florestal / 2019

É concedida a Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Trabalho de Graduação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Bruna Cardoso de Melo Silva
Rua 08 Chácara 227 casa 18
72007-075 Vicente Pires – DF, Brasil

“Não devemos nos preocupar apenas com a utilidade material das árvores, mas cuidar delas também por seus pequenos mistérios e encantos. Todos os dias, sob seu teto de folhas, a floresta nos brinda com dramas e histórias de amor tocantes. Quando fizer seu próximo passeio por uma floresta, dê asas à imaginação”.

PETER WOHLLEBEN

*Dedico este trabalho a minha família que,
com muito carinho, paciência e apoio,
nunca mediram esforços para que eu
conseguisse chegar até essa etapa da
minha vida. Aos meus amigos e ao meu
namorado que suportaram comigo todos
os momentos difíceis desta caminhada.*

AGRADECIMENTOS

A professora e orientadora, Dra. Rosana Cristo de Carvalho Martins, por não só acreditar no desenvolvimento do meu trabalho como me incentivar sempre a continuar mesmo nos momentos que eu mesma descreditava que daria certo, obrigada pela pessoa maravilhosa que a senhora é, sempre enaltecendo a nossa capacidade, valorizando nossa individualidade, e sempre disposta a auxiliar, orientar e ensinar. A senhora me ensinou como é importante pensar positivamente e estar sempre aberta a mudanças, meus sinceros muito obrigada por toda dedicação;

Agradeço de coração ao Dr. Marco Bruno pela contribuição com material bibliográfico, repasse de conhecimentos e paciência com minhas inúmeras perguntas;

Ao Vinicius Mury, gerente do antigo lixão da Estrutural que se disponibilizou a me guiar e auxiliar na coleta de amostras de solo do local, sempre paciente e disposto a responder as perguntas realizadas, bem como a todo os funcionários que trabalham na então URE por não medirem esforços a me ajudarem, e a todos os funcionários do Serviço de Limpeza Urbana (SLU) e da Secretaria de meio ambiente (SEMA) que de alguma forma contribuíram para a confecção do presente estudo;

A funcionária do Departamento de Engenharia Florestal da UnB, Flávia Leitão por sempre estar disposta a me ajudar em tudo, por sempre estar com um sorriso no rosto, e se preocupar em momentos que eu não me encontrava bem, obrigada pelas conversas e risadas em meio aos semestres corridos e desesperadores;

A minha família por sempre estarem ao meu lado independente das decisões que tomei ao longo do curso, por me apoiarem nos momentos de descrença e nas dificuldades encontradas no caminho. Obrigada mãe e pai por todo o apoio e conversas nesses anos de universidade, não foram fáceis, mas vocês sempre estavam ao meu lado me aconselhando e acreditando que daria certo. Obrigada a minha tia Adriana Cardoso pelas melhores conversas de superação e conselhos que me fizeram seguir em frente. Obrigada as minhas irmãs, Bárbara pelas conversas e conselhos, Natália por não só me ajudar na escolha do tema deste trabalho como também por me salvar do desespero de não encontrar material que validasse minhas análises, me ajudando a encontrar tais materiais e a Marina que sem ela talvez eu não concluísse com excelência esse estudo, já que me auxiliou deste o primeiro parágrafo escrito, além de palavras de incentivos diariamente;

A todos os meus amigos do curso de Engenharia Florestal, em especial ao Bruno Cabral por estar sempre disposto a aceitar pegar comigo as disciplinas mais aleatórias que pudéssemos encontrar na universidade, pelas risadas descontraídas em meio a tempestades do semestre e por ser um ótimo companheiro de trabalhos em grupo, ao Rogério Carvalho e Isabella Janes por serem os melhores amigos que a universidade pôde me presentear, sofreram e riram comigo durante quase todo o período do curso, obrigada por todo o suporte que nos demos em todas as disciplinas nas quais fizemos juntos, agradeço pelo carinho, compreensão, pelas conversas e risadas e mais importante pela amizade;

A Loyane Fernandes, que foi minha professora, amiga, irmã, obrigada por todos os conselhos, eu os considerei e segui à risca, obrigada pelos puxões de orelha que definitivamente me fizeram acordar, obrigada por me ensinar que meu maior bloqueio sou eu mesma e que sou capaz de realizar e conseguir tudo que eu busco;

Ao meu namorado Matheus Gustavo que suportou meus maiores momentos de estresse, meus choros e minhas alegrias, compartilhou comigo todos momentos desde a aprovação no vestibular até os dias de hoje, que sempre me disse que eu era capaz, sempre me incentivando a nunca desistir, obrigada por me acompanhar em todas as visitas que realizei ao antigo lixão da Estrutural, por ter entrado comigo na vala para a coleta das minhas amostras, sempre preocupado com a minha segurança e muito obrigada pelo companheirismo de anos;

Ao meu primo Thiago Fatel (in memoriam), por fazer meus dias mais felizes, sem você, suportar as pressões do dia a dia dentro da Universidade de Brasília, teriam sido quase impossíveis, você não me permitia fraquejar, conseguia me entender e me aconselhar, tirando sempre um sorriso em meio a algumas lágrimas, obrigada pela companhia diária e por ter feito parte presente da minha vida desde a infância até a loucura da universidade. As lembranças da nossa amizade e irmandade jamais ficarão para trás.

Por fim, agradeço a todos que passaram pela minha vida e que contribuíram de alguma forma com as minhas vitórias e com a minha formação.

RESUMO

A maior parte das atividades desenvolvidas pelos seres humanos gera, em quase sua totalidade, muitos resíduos sólidos, provenientes de determinados materiais que possuem a capacidade de liberar contaminantes perigosos à saúde humana e a vida animal, quando descartados indevidamente. No Brasil, a destinação indevida ainda ocorre e são depositados nos chamados “lixões”. Dito isto, são necessários processos que possam corrigir tal situação. O processo que demanda o menor custo operacional é conhecido como fitorremediação, que utiliza a comunidade vegetal para extração dos metais pesados presentes no solo. Sendo a área de estudo localizada no Cerrado, a possibilidade de sucesso aumenta com a utilização de espécies nativas. Este trabalho objetivou analisar as condições químicas do solo do antigo lixão da Estrutural-DF, com intuito de identificar os metais pesados presentes no local, bem como efetuar um levantamento bibliográfico quanto às espécies florestais nativas do cerrado com característica de fitorremediadoras e de leguminosas indicadas para solos degradados. Urge a realização de um plano de manejo para a área em estudo, em decorrência da proximidade do Parque Nacional de Brasília e a necessidade de preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Metais pesados no solo, preservação do meio ambiente.

ABSTRACT

Most human-made activities generate almost all of the solid waste from certain materials that have the capacity to release harmful contaminants to human health and animal life when discarded improperly. In Brazil, the undue destination still occurs and are deposited in the so-called "garbage dumps". That said, processes are needed to correct such situation. The process that demands the lowest operating cost is known as phytoremediation, which uses the plant community to extract the heavy metals present in the soil. Being the study area located in the Cerrado, the possibility of success increases with the use of native species. The objective of this work was to analyze the soil chemical conditions of the old dump of Estrutural - DF, in order to identify the heavy metals present in the site, as well as to carry out a bibliographical survey about the native forest species of the cerrado with characteristic of phytoremediation and legumes indicated for degraded soils . It is urgent to carry out a management plan for the area under study, due to the proximity of the National Park of Brasilia and the need to preserve the environment.

Keywords: Solid waste, Soil Heavy metals, preservation of the environment.

SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL	18
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	18
1.3 HIPÓTESE	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 DO LIXÃO À UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHO.....	19
2.1.1 Lixão.....	19
2.1.2 Aterro Controlado do Jóquei (ACJ)	21
2.1.3 Unidade de Recebimento de Entulho URE	22
2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS	23
2.3 METAIS PESADOS	24
2.4 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RSU ...	28
2.5 FERTILIDADE	29
2.6 ÁRVORES FITORREMEIADORAS	30
2.6.1 Mecanismos da Fitorremediação.....	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
3.1.1 Clima	39
3.1.2 Geomorfologia.....	40
3.2 PROCESSO AMOSTRAL.....	41
3.2.1 Metodologia de análise de metais pesados	42
3.2.2 Metodologia de análise de fertilidade do solo.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1 ANÁLISE DE PRESENÇA DE METAIS PESADOS NO SOLO.....	47
4.2 ANÁLISE QUÍMICA DE FERTILIDADE DO SOLO.....	48
4.3 ALTERNATIVA PARA RECUPERAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA DO LIXÃO	50
4.3.1 Talude	50
4.3.2 Importância das Espécies fitorremediadoras presentes no cerrado	51
4.3.3 Importância das Espécies leguminosas nativas do cerrado	53
4.3.4 Técnicas para plantio	55

4.3.4.1 Em Taludes	55
4.3.4.2 Em áreas degradadas	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deposição temporal do lixo na área do Antigo Lixão.....	20
Figura 2 - Mecanismos utilizados pelas plantas no processo de fitorremediação	37
Figura 3 - Área do Aterro Controlado do Jóquei (Antigo lixão da Estrutural).....	39
Figura 4 - Vala aberta no antigo lixão/aterro da Estrutural	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens da fitorremediação.	34
Tabela 2 - Análise de presença de metais pesados no solo.....	47
Tabela 3 - Resultado da análise química do solo - Fertilidade	48
Tabela 4 - Espécies arbóreas fitorremediadoras presentes no Cerrado.....	52
Tabela 5 - Espécies Leguminosas arbóreas adequadas a recuperação de áreas degradadas	54
Tabela 6 - Ações necessárias para recuperação de área degradada.	56

LISTA DE SIGLAS

ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais
ACJ	Aterro Controlado do Jockey
AGEFIS	Agência de Fiscalização do DF
Al	Alumínio
As	Arsênio
AW	Clima de Savana
B	Boro
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
Cl	Cloro
Co	Cobalto
Conama	Conselho Nacional de Meio Ambiente
Cr	Cromo
CTC	Capacidade de troca catiônica
CTR	Controle de Transporte de Resíduos
Cu	Cobre
CWA	Chuva de verão, verão quente
CWB	Chuva de verão, verão moderadamente quente
ETDA acético	Ethylenediamine tetraacetic acid - ácido etilenodiamino tetra-
Fe	Ferro
HCL	ácido clorídrico
Hg	Mercúrio
HNO3	ácido nítrico

IRRs	Instalações de Recuperação de Resíduos
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Matéria Orgânica
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NBR	Norma Brasileira
Ni	Níquel
P	Fósforo
Pb	Chumbo
RA	Relatório de Atividade
RSU	Resíduos sólidos urbanos
S	Enxofre
Se	Selênio
SiO ₂	Dióxido de silício
SLU	Serviço de limpeza urbana
Sr	Estrôncio
URE	Unidade de Recebimento de Entulho
V	Vanádio
VRQ	Valor de Referência de Qualidade
Zn	Zinco

1. INTRODUÇÃO

O Brasil enfrenta hoje um enorme problema ambiental, que é o gerenciamento de resíduos sólidos, especialmente sua destinação. Nas últimas décadas, a geração destes resíduos foi superior à taxa de crescimento populacional, chegando, em 2017, a gerar 214,868 toneladas de resíduos por dia, e um total de 78,4 milhões de toneladas totais no ano. O índice de coleta dos sistemas de limpeza urbana representa 91% do total gerado, porém 9%, ou seja, sete milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), ainda são depositados em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2017).

Os descartes inadequados dos resíduos provocam inúmeros danos ao meio ambiente, sendo os principais: geração de maus odores, proliferação de vetores de doenças, contaminação do solo e das águas subterrâneas, decorrente dos lixiviados provenientes da decomposição dos resíduos sólidos (TRESSOLDI; CONSONI, 1998). A má gestão na destinação final destes resíduos é responsável por contaminar os recursos naturais, principalmente o solo (produzindo substâncias tóxicas e gases poluidores), destacando a contaminação por metais pesados, que, dependendo de suas concentrações, se tornam altamente prejudiciais ao solo, fauna e flora, podendo atingir a saúde humana ao entrarem na cadeia alimentar (SUZUKI; TAIOLI; RODRIGUES, 2005).

Em regiões adjacentes aos lixões, as estruturas físicas e químicas do solo são modificadas e essas alterações influenciam diretamente na vegetação adjacente aos depósitos de lixos, sendo a preocupação prioritária o depósito de metais pesados, já que tais elementos permanecem por tempo indeterminado no solo. A adsorção e distribuição de metais pesados no solo depende da formação de complexos solúveis que interagem com a matéria orgânica e também com a solubilidade desses metais, sendo o pH do solo a característica que mais afeta a solubilidade dos metais (SANTANA et al., 2008; MANZATTO; FREITAS JÚNIOR; PERES, 2002).

E para piorar, a acidez natural dos solos do Cerrado contribui muito para potencializar a contaminação, já que os metais apresentam maior mobilidade nas condições de solos ácidos (MANZATTO; FREITAS JÚNIOR; PERES, 2002). Na área de estudo, as águas pluviais lixiviam as camadas de lixo, atingindo desde a superfície do solo até o lençol freático.

No Brasil e em diversas partes do mundo, os solos que são contaminados com metais pesados provenientes de deposição inadequada de RSU, se faz necessário a remediação para a remoção do contaminante do solo e da água. Uma das técnicas de remediação que pode ser utilizada, com um baixo custo de implantação, é a chamada fitorremediação, que consiste na introdução de espécies vegetais que assimilam os contaminantes em suas folhas e/ou raízes (PROCÓPIO et al., 2009b). A fitorremediação se torna uma das técnicas de melhor aceitação por parte da população por ser eficiente e adequada à aplicação de longo prazo; depois que a planta se estabelece, a exigência de manutenção é mínima, e apresenta vantagens estéticas, além do baixo custo de implantação (BURKEN, 2002).

As plantas do Cerrado possuem grande potencial em relação à fitorremediação, pois suportam terrenos ácidos, ricos em metais e solos de baixa fertilidade, característicos desse bioma. É de suma importância estudos a respeito dos mecanismos das plantas do Cerrado em assimilar estes metais, como por exemplo: quantos metais essas plantas podem acumular; em quais partes ficam retidos os metais; e em casos de plantas comestíveis; se essas irão trazer riscos à saúde humana e animal. A falta destes estudos é o principal problema encontrado para utilização de árvores fitorremediadoras como solução prioritária para descontaminação de solos (OLIVEIRA, 2009).

A recuperação de áreas degradadas por contaminação não é um processo simples, já que após sofrer anos de distúrbio, o ambiente não só perde sua vegetação nativa, como também os seus meios de regeneração natural; assim sendo, há a necessidade de intervenção antrópica, para que seja possível o retorno da vegetação nativa. Outra forma de recuperação é a implantação de vegetação resistente às condições de degradação. Espécies de grande potencial são as leguminosas nativas, pois possuem fisiologia adequada à recuperação de ambientes degradados passíveis de processos erosivos como, por exemplo, os taludes formados por anos de empilhamento de lixo (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

Diante do exposto, é evidente a necessidade de recuperação da área do antigo lixão da Estrutural, com o objetivo de conter processos erosivos decorrentes de solo exposto e da declividade dos taludes formados no antigo lixão da Estrutural; evitar a exposição e lixiviação de materiais contaminantes; para fins estéticos; e, principalmente, para fins

ambientais, como a proteção do solo, do lençol freático e dos córregos próximos que abastecem a população local.

1.1. OBJETIVO GERAL

O presente estudo visa verificar o grau de degradação e a possibilidade de recuperação do antigo lixão da Estrutural, no Distrito Federal, a partir da implantação de espécies fitorremediadoras nativas do Cerrado com o auxílio de espécies arbóreas da família Fabaceae, obtidas através de levantamento bibliográfico.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a análise química do solo com intuito de identificar a presença de metais pesados;
- Avaliar se o solo do antigo lixão da Estrutural ainda é fértil.
- Realizar levantamento de espécies fitorremediadoras presentes no Cerrado mais indicadas para os metais encontrados na análise química do solo;
- Realizar levantamento das espécies leguminosas nativas mais recomendáveis para a recuperação de áreas degradadas.

1.3. HIPÓTESES

Através da revisão de literatura a respeito da recuperação de áreas degradadas por contaminantes, espera-se atestar para as condições do solo do Lixão da Estrutural, no DF, as seguintes hipóteses:

- É possível a utilização de espécies fitorremediadoras nativas do Cerrado para a descontaminação dos solos atingidos por metais pesados provenientes de depósitos de resíduos sólidos urbanos, em áreas de lixão;
- Utilizar espécies leguminosas como uma alternativa de recuperação da área degradada do antigo lixão da Estrutural na ausência de metais pesados, melhorando as condições de solo degradado e evitando processos erosivos;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. DO LIXÃO À UNIDADE DE RECEBIMENTO DE ENTULHO

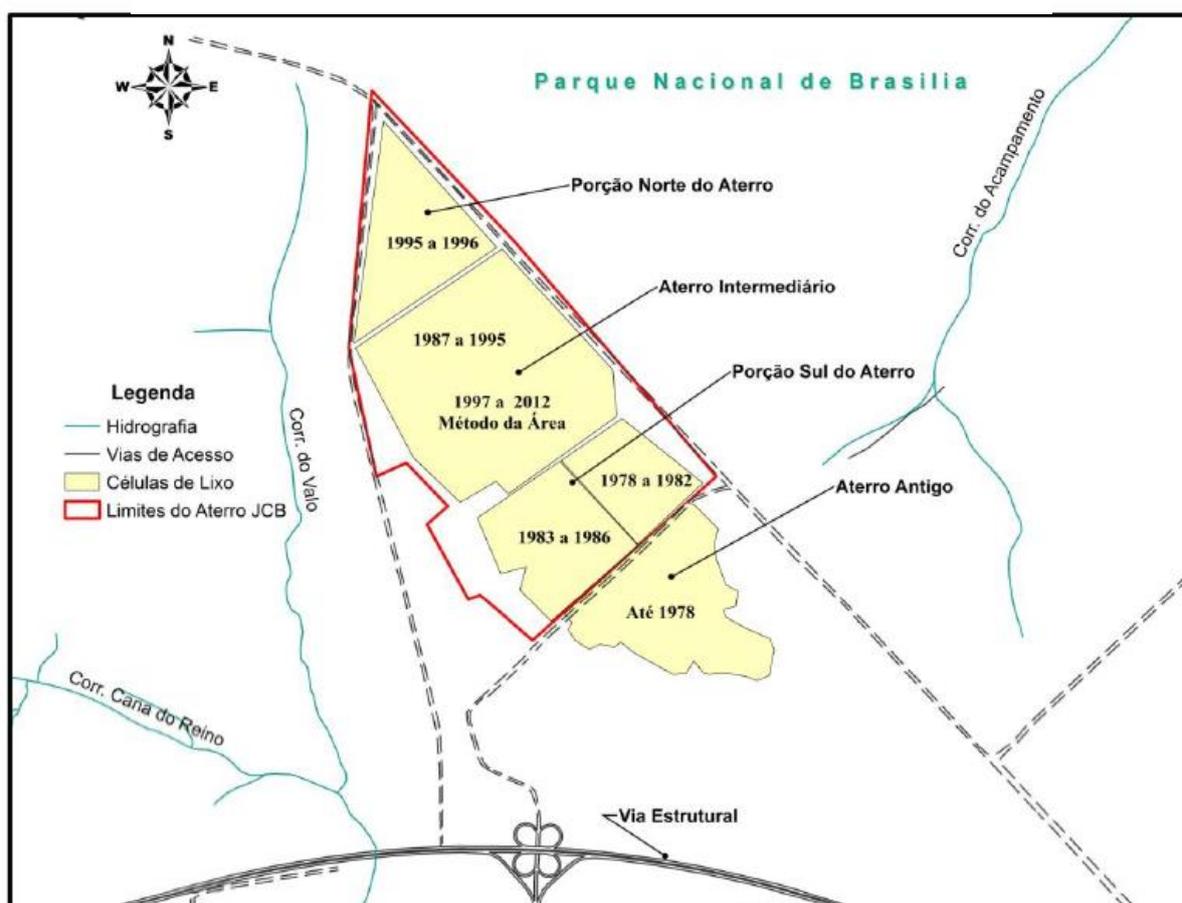
2.1.1. Lixão

Localizado na cidade Estrutural – DF, no antigo lixão, entre os anos de 1977 a 1978, era depositado lixo a céu aberto em trincheiras, utilizando o método de rampas, no qual o próprio solo é retirado para a abertura de uma célula e é usado para cobrir a célula adjacente que já foi utilizada. As trincheiras possuíam uma profundidade variada entre 2 a 4 metros, e o lixo ali inserido era compactado e recoberto com uma camada de solo de 50 centímetros de espessura, aproximadamente (SANTOS, 1996). Essa área encontra-se hoje fora dos limites do lixão e é habitada por moradores.

Nos anos de 1978 a 1995, a deposição de lixo se estende nas direções nordeste e sudoeste, ficando próximo ao córrego Cabeceira do Valo, sendo considerada a porção intermediária do aterro. Com valas de 20 a 30 metros de largura, 100 a 80 metros de comprimento e 2 a 3 metros de profundidade, o lixo ocupava maiores espaços (SANTANA; IMAÑA-ENCINAS, 2004). Já no início de 1995, a área de deposição de lixo cobria toda a parte intermediária, e se deslocava para a área norte do aterro (CAVALCANTI, 2013).

De 1995 a 1996, toda a porção norte foi coberta pelo lixo. A espessura das camadas de lixo na região eram maiores que as porções antigas (KOIDE; BERNARDES, 1998) (Figura 1).

Figura 1 - Deposição temporal do lixo na área do Antigo Lixão.



Fonte: Santos (1996); Cavalcanti (2013).

Teoricamente, o aterramento de lixo deve obedecer aos seguintes procedimentos:

- Recobrimento com camada de terra ou material considerado inerte;
- Compactação dos resíduos sólidos em camadas sobre o solo, utilizando maquinário pesado, como, por exemplo, um trator;
- Adoções de práticas de proteção ambiental quanto a operação e manutenção do aterramento do lixo depositado.

Contudo, tais procedimentos não foram observados no antigo lixão da Estrutural, DF, onde, por vários anos, eram despejados resíduos sólidos no local sem nenhum tratamento de separação do lixo e sem qualquer tipo de preocupação ambiental quanto a disposição dos resíduos (TERRACAP, 2003).

Os lixões são caracterizados como uma inadequada forma de disposição final dos resíduos, pois geram problemas como: depreciação da paisagem, doenças, formam e liberam gás metano; e acrescenta que a degradação social está diretamente ligada a todos os lixões (Consoni et al., 2000). Pradini (1995) destaca que aproximadamente 76% do total de resíduos recolhidos nas cidades brasileiras, não possuem destinação final adequada, já que são depositadas em lixões, locais nos quais não há nenhum tratamento inibidor ou redutor de poluição.

2.1.2. Aterro Controlado do Jóquei (ACJ)

O aterro controlado somente difere do lixão pelo fato de que o lixo no aterro é coberto periodicamente com terra; muitas vezes não há sistemas de drenagem, nos lixões, dos líquidos percolados; tampouco há captação de gases da decomposição da matéria orgânica (MUÑOZ, 2002). Desde a década de 70, o Aterro Controlado do Jóquei (ACJ), antigo “Lixão da Estrutural”, era utilizado como área para a disposição final dos resíduos sólidos do Distrito Federal. Entretanto, os resíduos sólidos provenientes de descartes hospitalar, eletroeletrônico e pneumáticos não eram despejados no ACJ (RA-SLU, 2018, pág. 95).

A presença de lixões provoca impactos sobre os corpos hídricos e ameaçam as águas subterrâneas de contaminação por chorume, devido à infiltração no solo. A situação se torna ainda mais preocupante devido ao uso dos mananciais da região, por parte da população local, que fazem parte da Bacia do Lago Paranoá, uma importante bacia hidrográfica do Distrito Federal (RA-SLU, 2018, pág. 95/96).

Ocupando uma área de cerca de 200 hectares, limítrofe ao Parque Nacional de Brasília, o ACJ transformou-se em um enorme foco de degradação ambiental e, devido à ocupação em seu entorno, grandes conflitos sociais se instauraram. No local, haviam inúmeras moradias precárias habitadas, em parte, por catadores de materiais recicláveis, que trabalhavam de forma degradante no lixão (RA-SLU, 2018, Pág.96).

No dia 20 de janeiro de 2018, aconteceu o encerramento das atividades do antigo lixão da Estrutural. Foram contratadas sete organizações acondicionadas nas Instalações de Recuperação de Resíduos (IRRs). Com a criação das cooperativas e associações, houve um

repassa médio de R\$ 300,00 por tonelada de material reciclável triado e comercializado, um grande avanço para o reconhecimento de um serviço que é de interesse público e que nunca havia sido remunerado (RA-SLU, 2018, pág.96).

Após o encerramento das atividades no ACJ, houve a remoção de estruturas e a finalização de cobertura do maciço dos resíduos; e no dia 29 de janeiro de 2018 foi inaugurada a Unidade de Recebimento de Entulho (URE) no local, que agora seria destinado somente para entulhos, podas e galhadas (RA-SLU, 2018, pág.96).

2.1.3. Unidade de Recolhimento de Entulho (URE)

Após a finalização das práticas de disposição de resíduos sólidos domiciliares no ACJ e a regularização do terreno, o serviço de limpeza urbana (SLU) elaborou o Sistema de Gestão de Resíduos da Construção Civil, para iniciar devidamente as atividades de recebimento. Este sistema consiste em cadastrar todos os transportes particulares e públicos, e os prestadores de serviços que desejam utilizar as dependências da unidade de recebimento de entulho - URE (RA-SLU, 2018, pág.98).

Com a implantação desse sistema, foi possível a realização de fiscalização através de monitoramento das caçambas e veículos por parte da AGEFIS; e, assim, evitar que tais veículos façam disposições irregulares dos resíduos em vias e logradouros públicos. A partir do dia 02 de abril de 2018 foi exigido o CTR (Controle de Transporte de Resíduos); este documento deve ser emitido no sistema, pois irá acompanhar o transportador até a disposição final na URE (RA-SLU, 2018, pág.98).

Nos 205 primeiros dias de operação, a URE recebeu 991.646 toneladas de resíduos, totalizando 121.413 viagens. No dia 05 de setembro de 2018 foi implantado o contrato nº 54/2018 que disponibiliza serviços de trituração de galhadas e operação de uma unidade de britagem móvel, para auxiliar na reciclagem dos entulhos (RA-SLU, 2018, pág.98).

A área antes ocupada pelo ACJ conta agora com 149 drenos de captação, queima de gás metano (a queima é feita para que o gás metano se torne dióxido de carbono, menos poluente que o metano), e drenos de captação. Estas instalações se fazem necessárias para

o controle da poluição causada pelo gás e pelo chorume que são gerados no maciço de resíduos sólidos acumulados (RA-SLU, 2018, pág.98).

2.2. RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos Sólidos, de acordo com a NBR 10004/87, são resíduos nos estados sólidos e semissólidos, resultantes das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição (ABNT, 1987).

A palavra “lixo” tem por significado, todos aqueles restos de atividades humanas que são considerados indesejáveis, inúteis ou mesmo descartáveis. E estão normalmente nos estados sólido, semissólido ou semilíquido (CONSONI et al., 2000).

Segundo Tchobanoglous et al., (1993), os hábitos de uma sociedade estão diretamente ligados a qualidade e a quantidade dos resíduos que são gerados. Quanto maior for a renda do país, mais lixo será produzido, devido a grandes quantidades de embalagens utilizadas para a comodidade de seus habitantes; e quanto menor for a renda de um país, menores serão as quantidades de lixo, porém aumenta a quantidade de matéria orgânica (JARDIM et al., 2000). A aludida comodidade faz com que cada vez mais novos materiais sejam utilizados, através das constantes inovações tecnológicas; e isto contribui significativamente para um aumento de materiais de difícil degradação, substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente, materiais tóxicos, entre outros, que necessitam de um manejo e descarte apropriado (CARNEIRO, 2002).

Os resíduos domésticos mais descartados no antigo lixão da Estrutural são: plásticos, restos de alimentos, absorventes femininos, papel higiênico, tubos de creme dental e de barbear, embalagens de cosméticos e maquiagens, que contém bastante alumínio, metal esse que pode causar a síndrome de Alzheimer. Além do lixo já citado, destacam-se ainda alguns tipos de materiais perigosos que não despertam cuidados, que causam grandes danos ao meio ambiente, principalmente por conterem elementos químicos na forma iônica, e que são absorvidos e acumulados pelos organismos (TERRACAP, 2003); são eles:

- Pilhas e baterias: seu vazamento lança cádmio e níquel no ambiente;

- Lâmpadas: contém mercúrio, metal pesado e tóxico que pode contaminar água e solo;
- Fertilizantes: ricos em nitrogênio, carbono e fósforo, que são levados pela chuva para rios e lençol freático, causando desequilíbrio dentro dos ecossistemas, quando em excesso;
- Material eletrônico: tubos de televisão (contém chumbo, metal pesado que se acumula em organismos).

O tratamento do lixo ainda hoje deixa a desejar. As grandes quantidades de lixo produzido no planeta têm sido mal gerenciadas, e provocam problemas não só financeiros como também danos gravíssimos ao meio ambiente e podem ainda gerar grandes consequências à saúde e ao bem-estar da população (BROWN, 1993).

2.3. METAIS PESADOS

Os metais pesados são desenvolvidos de forma natural na crosta terrestre. Em termos geológicos constituem menos de 1% das rochas da crosta terrestre, e se diferem de demais agentes tóxicos devido a não serem sintetizado nem destruídos pelo homem; porém, em elevadas concentrações podem ser tóxicos aos seres humanos (PIMENTEL et al., 2006; CAMARGO et al., 2001). Esses elementos tóxicos possuem propriedades cumulativas, cancerígenas e mutagênicas (KLAASEEN, 2001).

Os metais encontrados no solo podem ser classificados como antropogênicos e litogênicos. A fração litogênica dos metais é liberada das rochas através dos processos de intemperismo (bióticos e abióticos) e são ciclados por meio de compartimentos até encontrarem sua destinação final (nos sedimentos ou nos oceanos). Já as atividades mineradoras, de agricultura, queima de combustíveis fósseis, de eliminação de resíduos, entre outras, são as principais fontes antropogênicas de metais pesados no solo (ALLOWAY, 1995; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984).

O intemperismo, do ponto de vista pedológico, é a decomposição e desintegração de rochas e minerais na superfície da terra ou próxima dela, sendo resultado das combinações de inúmeras forças naturais sobre os materiais sólidos da litosfera. Os processos pedogenéticos levam a formação do solo. Tal processo possui cinco fatores de

formação do solo (clima, relevo, organismos, materiais de origem e tempo), ou seja, é um conjunto de modificações químicas e físicas que a rocha sofre no ambiente devido a interação entre rocha-atmosfera-biosfera (TOLEDO et al., 2000).

Os minerais primários contidos nas rochas ígneas são geralmente dissolvidos congruente ou incongruente durante os processos intempéricos e pedogenéticos, liberando, então, os elementos químicos neles contidos. O mesmo acontece às rochas metamórficas e sedimentares, levando a liberação dos elementos químicos (TAVARES, 2009).

Por possuírem eletronegatividade, raios iônicos e estado de oxidação distintos, os metais pesados podem ser: precipitados ou co-precipitados com os minerais secundários, adsorvidos nas superfícies dos minerais secundários (argilas ou óxidos de Fe, Al e Mn) ou, ainda, da matéria orgânica no solo, e complexados e lixiviados pela enxurrada. Os metais podem ser encontrados na forma solúvel, trocável, fixado pelos minerais do solo, precipitados com outros componentes, na biomassa e complexado pela matéria orgânica. É de suma importância o conhecimento sobre mobilidade de um metal no solo, pois é um processo químico que inclui a interação química com o ambiente e a capacidade de movimentação em solução após a dissolução do mineral químico (ALLEONI et al., 2005).

Devido à capacidade de retenção dos componentes nos diversos horizontes e camadas do solo, a distribuição dos metais nos perfis de solos é bastante variável, aos processos pedogenéticos (BERROW; MITCHELL, 1980; SWAINE; MITCHELL, 1960; TAVARES, 2009).

De todos os 80 metais conhecidos, 30 são tóxicos para o homem (KLAASEEN, 2001). Os altíssimos níveis de bioacumulação e reatividade são as principais propriedades contidas nos metais pesados; isso mostra que não só são capazes de desencadear diversas reações químicas não metabolizáveis, mas também possuem a capacidade de serem cumulativos ao longo da cadeia alimentar (CALABUIG, 2004). Determinados metais pesados, apesar de não serem metabolizáveis em altas concentrações, participam, quando em pequenas concentrações, de determinadas atividades metabólicas, já que os seres humanos dependem de pequenas quantidades de alguns metais como: Co, Cu, Mn, Mo, V, Sr e o Zn, para desempenhar funções vitais no organismo (RIBEIRO, 2013).

Metais como o Hg e Pb podem acarretar graves doenças, já que não exercem nenhuma função dentro do organismo humano. Em contrapartida, são lançados no solo, na água e no ar como resíduos, que são absorvidos por plantas e animais, provocando graves intoxicações na cadeia alimentar (PEREIRA; EBECKEN, 2009).

Já os elementos, Pb, As, Hg, Co, Cd, Mn e Zn, entre outros, são visualizados em diversos tipos de resíduos encontrados em lixões, provenientes de: pilhas, produtos de limpeza, tintas, lâmpadas, solventes, baterias, aerossóis, pesticidas, inseticidas, fungicidas, latarias, plásticos, entre vários outros materiais, que são jogados em lixões (MUNÕZ, 2002).

E para que estes metais não causem tantos danos o solo trabalha como um “filtro”, sendo capaz de depurar e imobilizar grande parte das impurezas nele depositadas (CASARINI; LEMOS 2001; GUILHERME et al., 2005). Porém, tal capacidade é limitada, devido aos efeitos cumulativos da deposição de poluentes, resíduos sólidos urbanos e materiais tóxicos, o que pode acarretar alterações na qualidade do solo (ALCÂNTARA et al., 2011).

Os metais que se incorporam no solo podem seguir diversas vias de transporte ou retenção (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001). Há três formas de reter os metais pesados no solo, são elas: 1) Adsorção nas superfícies das partículas minerais; 2) Complexação por substâncias húmicas em partículas orgânicas; 3) Reação de precipitação (KHAN et al., 2000). Podem também serem absorvidos pelas plantas e conseqüentemente se incorporarem na cadeia trófica ou passarem para o ar por volatilização, e ainda percolarem para águas superficiais ou subterrâneas (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000). Os metais pesados estão associados às superfícies carregadas negativamente de partículas orgânicas, argilosas e aos precipitados insolúveis como, carbonatos e fosfatos, hidróxidos e por ligação covalente (SPOSITO, 1989).

Os níveis de referência no Brasil para investigação dos teores de metais pesados em solos e águas subterrâneas são definidos na Resolução CONAMA nº 420 (BRASIL, 2009), o que auxilia na avaliação de contaminação de áreas expostas a metais. Entre esses níveis está o Valor de Referência de Qualidade (VRQ), que diz respeito à concentração nativa de determinado elemento no solo ou águas subterrâneas. Os estudos e análises para

determinar os VRQ's estão sendo realizados em todos os estados do país (PAYE et al., 2010). No Distrito Federal esses valores ainda não foram estudados.

Metais pesados estão presentes em todos os solos, podendo ser em maiores ou menores concentrações, podendo haver uma grande variedade de valores de quantidade, podendo existir concentrações abaixo do limite de detecção de alguns métodos analíticos. A quantidade de elementos presentes no solo pode ser dividida em concentrações disponível e totais (ALLOWAY, 2010).

As concentrações disponíveis dos elementos são as frações da concentração total que é potencialmente disponível para os organismos. As concentrações totais são todas as formas dos elementos no solo, tais como compostos orgânicos e inorgânicos, compostos ligados à matéria orgânica, íons disponíveis, compostos iônicos ligados a cristais de minerais primários e secundários. As concentrações totais irão permitir averiguar se o solo está contaminado por metais pesados e se há risco de toxicidade para as plantas, fauna e microrganismos (ALLOWAY, 2010).

São considerados perigosos para as plantas os metais: Zn, Cu, Ni e Cr e o As, Cd, Co, Pb, Mo e Se (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000; BAIRD, 2001). Determinar a fitotoxicidade de um elemento deve levar em consideração a redução da produção ou crescimento da planta, visualização dos sintomas e avaliar a concentração do elemento no tecido (SIMÃO; SIQUEIRA, 2001).

Para saber se um determinado elemento é fitotóxico para a planta é preciso saber que a resistência das plantas em relação aos metais pesados ocorre através de um mecanismo de imobilização dos íons metálicos nos vacúolos, ligações com ligantes adequados, como proteínas e peptídeos, ácidos orgânicos, e na presença de enzimas (GARBISU; ALKORTA, 2001). A capacidade que a planta possui de acumular altas concentrações de metais pesados sem sofrer efeitos prejudiciais a sua sobrevivência enfatiza seu grande potencial de retirada de metais do solo e da água (RASKIN; ENSLEY, 2000).

2.4. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RSU

A recuperação de uma área degradada por disposição inadequada de lixo urbano inicia-se com a remoção total dos resíduos que ali foram depositados, transportando-os para um aterro sanitário. Porém, este tipo de ação demanda elevados custos, o que inviabiliza economicamente este método (IBAM, 2001).

Existem técnicas para recomposição florística de um ecossistema natural que se encontra perturbado por ação antrópica ou natural; uma delas é a recuperação ambiental (ROGALSKI et al., 2009). Recuperação ambiental é a restituição de uma população silvestre ou um ecossistema degradado a uma condição não mais degradada, que pode vir a ser diferente da sua condição original (SNUC, 2000).

Para se recuperar áreas degradadas por disposição de RSU é necessária uma avaliação prévia das condições de comprometimento ambiental do local, ou seja, a realização de análises do solo e de águas subterrâneas, o estágio de decomposição dos resíduos e das condições de estabilidade e permeabilidade do solo. Essas avaliações buscam determinar as vias potenciais de transporte de contaminantes e os riscos ambientais (ALBERTE; CARNEIRO; KAN, 2005).

Após a realização das análises, é necessário selecionar atividades remediadoras; essas atividades possuem o objetivo de reduzir a mobilidade, toxicidade e volume dos contaminantes. A recuperação de aterros inclui o controle ambiental e a ocupação do solo de maneira lógica, prática e economicamente viável. Após a escolha do processo de remediação, é necessária a implementação de programas de gestão (ALBERTE, 2003).

A remediação utilizada neste trabalho tem como foco a revegetação do local degradado. Segundo Alberte; Carneiro; Kan (2005) provavelmente a vegetação final implantada não será a mesma da pioneira, vegetação que minimiza a erosão dado o rápido estabelecimento de suas raízes. Estabelecida a vegetação pioneira, as vegetações secundárias e clímax irão requerer cada vez menos manutenção e demanda hídrica.

É necessário levar em consideração que os resíduos aterrados irão permanecer em processos de decomposição por períodos indeterminados, superiores há 10 anos (FEAM, 1995). Ciente disso, independente da finalização das atividades de recuperação do aterro, torna-se necessário o continuo funcionamento dos sistemas de drenagem superficial de águas pluviais e de tratamento de gases por um período de cerca de 30 anos. Este período

é padrão e é utilizado por ser considerado hábil para o maciço de lixo alcançar relativa estabilidade (ALBERTE; CARNEIRO; KAN, 2005). Tal período pode ser reduzido após discussão com órgãos reguladores que possuem dados de monitoramento do volume de gás, qualidade ou estabilidade do chorume, total cobertura vegetativa e inexistência de infiltração do biogás (FEAM, 1995).

A melhor indicação para o uso futuro de aterros é a implantação de áreas verdes, praças, áreas de convívio, maciços florestais, nos casos de aterros próximos a áreas urbanas. A requalificação do aterro deve levar em consideração a área do seu entorno, considerando, principalmente as necessidades da comunidade local (ALBERTE; CARNEIRO; KAN, 2005).

2.5. FERTILIDADE

A magnitude do rendimento das culturas é determinada, entre vários outros fatores, pela fertilidade do solo, pois essa pode interferir na produtividade requerida. Foi a partir das experiências de “Liebig” que se passou a tratar a fertilidade como o estoque de nutrientes contidos no solo, determinando, assim, a necessidade ou não de adição de produtos químicos, incorporando os principais elementos necessários ao desenvolvimento das plantas utilizadas. Solo fértil, aquele que possui, em quantidades suficientes e balanceadas, todos os nutrientes essenciais disponíveis em forma assimilável. O solo deve também estar razoavelmente livre de materiais tóxicos e possuir propriedades químicas e físicas que atendam a demanda vegetal (RONQUIM, 2010).

Os nutrientes principais (N, P, K, Ca, Mg e S), também conhecidos como macronutrientes, são absorvidos pelas plantas com maior proporção do que os elementos traços (B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn), também conhecidos como micronutrientes. Ambos são constituintes da matéria orgânica e dos minerais do substrato (onde as plantas crescem) e encontram-se também dissolvidos na solução do solo. Alguns nutrientes podem ser quase ausentes no solo ou encontrar-se na forma na qual as raízes não conseguem absorvê-los. Para que se tornem disponíveis, o solo deve ser muito bem manejado, e quando os nutrientes encontram-se ausentes no solo é necessário realizar a reposição dos mesmos (EMBRAPA, 2010).

Devido às distintas variáveis da fertilidade do solo, é importante ter conhecimento sobre o assunto, pois este auxilia no desenvolvimento de projetos relacionados a métodos de interpolação e metodologias estatísticas para a validação da correlação entre as características referentes aos solos. São elas: pH, capacidade de troca de cátions, soma de bases, saturação por bases e nutrientes minerais do solo, e a intersecção dos planos de informações relacionados a cultura a ser utilizada (RONQUIM, 2010).

As análises químicas do solo com a finalidade de avaliação da fertilidade é o primeiro passo para se definir qual o manejo será adequado para a área de estudo. Essas análises constituem um método quantitativo e possui vantagens como: baixo custo operacional, rapidez na obtenção de resultados e disponibilidade de laboratórios. O método de análise química do solo, adotados em mais de 50% dos laboratórios de análise de solos no Brasil (CANTARELLA et al., 1994), neste trabalho visa indicar a fertilidade do solo da área do antigo lixão da Estrutural. Todos os métodos de análises físicas, químicas, mineralógicas e de fertilidade foram agrupados no manual utilizado pela Embrapa Solos (EMBRAPA, 1997) e pelo laboratório escolhido para análise do solo da área do presente estudo.

2.6. ÁRVORES FITORREMEDIADORAS

As plantas são capazes de se adaptarem a ambientes diversos, de forma eficaz, sendo poucos os ambientes desprovidos de sua presença. Assim sendo, há espécies que possuem a capacidade de interagir simbioticamente com diversos organismos, o que facilita sua adaptação a solos, ácidos, pobres, salinos e ricos em nutrientes ou contaminados por elementos químicos (TAVARES, 2009).

Há duas técnicas para remediar o solo: *in situ* e *ex situ*. As técnicas *ex situ* possuem grandes riscos ambientais, pois envolvem escavação, manipulação, transporte e armazenamento de materiais contaminados. Dessa forma, prefere-se utilizar a técnica *in situ* (PROCÓPIO et al., 2009b). A técnica *in situ* utiliza organismos vivos (plantas e comunidades microbianas associadas à rizosfera) para degradar, imobilizar ou isolar os poluentes presentes no solo; essa técnica é a fitorremediação (MARQUES et al., 2011).

A fitorremediação é conhecida por ser um processo que usa as plantas como agentes de purificação dos ambientes terrestres e aquáticos, contaminados por depósitos de substâncias inorgânicas como poluentes químicos, tais como: zinco, cobre, ferro, cádmio, chumbo, pesticidas e demais organoclorados (VENDRUSCULO, 2013). A fitorremediação é uma técnica bastante estudada, pois envolve o uso de plantas que possuem grande capacidade de absorção de substâncias químicas e de elementos químicos considerados tóxicos ao meio ambiente, immobilizando, removendo ou tornando os contaminantes inofensivos para o ecossistema (MARQUES et al., 2011). O termo fitorremediação engloba todo o processo envolvido na remediação do solo, sistema de aquíferos e sedimentos contaminados por meio da utilização de espécies vegetais (PIRES et al., 2003a, 2003b; SULMON et al., 2007).

Devido à tendência de crescimento da poluição ambiental, investimentos para o tratamento de rejeitos industriais, humanos e agrícolas crescem paralelamente com as exigências da sociedade e leis mais rígidas. E, assim, a evolução tecnológica mais barata, com maior capacidade de demanda e desenvolvimento vem contribuindo e direcionando-se para encontrar soluções mais naturais. A ciência já reconhece que os processos de atenuação natural, como a fitorremediação, poderão contribuir, de forma expressiva, no controle de plumas de contaminação no solo e nas águas subterrâneas (GLASS, 1998; TAVARES, 2009).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais (ABETRE), dos 2,9 milhões de toneladas de resíduos perigosos gerados no Brasil, apenas 600 mil toneladas possuem tratamento adequado; os outros 78% são depositados de forma indevida em lixões, sem os devidos tratamentos (CAMPANILI, 2002). O chorume, resíduo de lixões, pode ser contido por processo de fitorremediação. Isto se deve ao fato de que as plantas para crescerem precisam de dezesseis elementos químicos essenciais: N, P, K, Ca, Mg e S (macronutrientes) e Cu, Fe, Mn, Mo, B, Al e Cl (micronutrientes), todos presentes no chorume; e os metais pesados alvos da fitorremediação incluem Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Hg, Se, hidrocarbonetos derivados de petróleo, pesticidas e herbicidas (bentazona, compostos clorados, entre outros) (OLIVEIRA et al., 2009; DINARDI et al., 2003), entre inúmeros outros.

Ainda que alguns metais como metais catiônicos e aniões presentes em solos e plantas em concentrações usualmente menores que $0,1 \text{ dag. Kg}^{-1}$ sejam biologicamente essenciais, em condições específicas podem ocasionar impactos negativos ao ecossistema terrestre e aquáticos, tornando-os poluentes ou contaminantes do solo e água (GUILHERME et al., 2005). Mesmo em pequenas concentrações, o alumínio (por exemplo) pode ser considerado fitotóxico para muitas plantas, animais e seres humanos. Contudo para diversas árvores do Cerrado isso não se aplica, pois elas possuem estratégias de absorção e exclusão, sem efeitos negativos ao crescimento vegetativo, funções metabólicas ou reprodução, o que fundamenta a necessidade de estudos para plantas nativas desse bioma com intuito de fitorremediação (HARIDASAN, 2006).

O Cerrado é um dos biomas com maior potencial a ser estudado, tendo em vista plantas hiperacumuladoras, plantas que crescem em terrenos ricos em metais e ácidos, sem acarretar em problemas para seu desenvolvimento. São necessários estudos mais detalhados sobre os mecanismos fisiológicos que ocorrem em tais plantas, o quanto e quais os metais pesados que elas acumulam, em que parte da estrutura vegetal; e no caso de plantas comestíveis, quais os riscos à saúde humana e animal (OLIVEIRA et al., 2009).

Alguns critérios devem ser observados na escolha das espécies fitorremediadoras. Diversos autores destacam que os vegetais a serem considerados para a fitorremediação de uma área degradada por metais pesados devem atender a uma série de requisitos (FERRO et al., 1994; PERKOVICH et al., 1996; CUNNINGHAM et al., 1996; NEWMAN et al., 1998; ACCIOLY & SIQUEIRA, 2004; VOSE et al., 2000; PROCÓPIO et al., 2009). São eles:

- Sistema radicular profundo e denso;
- Alta taxa de crescimento e produção de biomassa;
- Elevada capacidade transpiratória e de exsudação radicular;
- Resistência à praga e doenças;
- Adaptabilidade ao local a ser remediado;
- Fixação de nitrogênio atmosférico;
- Alta associação com fungos micorrizos;
- Fácil aquisição ou multiplicação de propágulos;

- Fácil controle ou erradicação posterior;
- Capacidade de absorção, concentração e/ou metabolização e tolerância ao contaminante.

São vários os mecanismos envolvidos na tolerância das plantas a altas concentrações de metais no solo, entretanto ainda não totalmente esclarecidos. Podem estar relacionadas às diferenças no funcionamento das membranas celulares e na estrutura, alterações em padrões metabólicos, na remoção de íons do metabolismo por armazenamento em formas fixas e/ou insolúveis em vários órgãos e organelas, entre outros. Estudos mostram que a formação de fitoquelatinas foi a principal razão para que algumas espécies tolerassem altos teores de Zn e Cd no solo. O aumento da quantidade de metais pesado no citoplasma da planta acarreta a ativação da síntese de fitoquelatinas, essas sequestram os íons metálicos, e, assim, evitam concentrações críticas desses elementos nas células (MOHR; SCHOPFER, 1995).

Espécies tolerantes devem ser caracterizadas de acordo com sua capacidade de translocar, absorver e concentrar metais nas plantas, pois estas são consideradas indicadoras, acumuladoras ou excludoras de acordo com as concentrações de metais na parte aérea e na raiz, mesmo que não haja, ainda, tanta evidência sobre os mecanismos de tolerância. Sabe-se que a natureza da diferença entre tolerante e não tolerante é a natureza bioquímica e fisiológica da planta e não a natureza morfológica (MARQUES et al., 2000).

Outro mecanismo de tolerância refere-se ao baixo índice de translocação do metal pesado das raízes para a parte aérea. À medida que a planta começa a adquirir defesas para tolerar substâncias tóxicas, pode criar, simultaneamente, sistemas de acúmulo tanto nas folhas e caules quanto na raiz (CHAVES et al., 2010; CAIRES, 2011). Sendo assim, se as espécies a serem testadas para fitorremediação conseguirem sobreviver a fase de muda e apresentarem capacidade de acumular determinados tipos de metais pesados, principalmente em concentrações elevadas, essas passam a ser promissoras para o tratamento de solos contaminados (AMADO; CHAVES FILHO, 2015).

A fitorremediação apresenta vantagens e desvantagens, além de como já dito, deve apresentar características desejáveis, as quais são naturalmente difíceis de serem encontradas em uma única espécie. Desse modo, é aconselhável dar preferência àquelas

espécies que reúnem o maior número de requisitos (PIRES, 2003). Na Tabela 1 abaixo, algumas das vantagens e desvantagens do método descrito:

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens da fitorremediação.

Vantagens	Desvantagens
Utilização em grandes áreas, custo é 20 a 50% inferior quando comparado com os demais métodos de recuperação (PEREIRA, 2005)	Os metais deverão estar acessíveis às plantas (ANSELMO et al., 2005)
O solo se torna mais conservado devido a ação das plantas (DINARDI et al., 2003)	O limite de tolerância das plantas quanto à concentração das toxinas das substâncias deve ser respeitado (DINARDI et al., 2003)
Possui maior eficiência ao longo dos anos, além de maior aceitação pública (DINARDI et al., 2003; ZEITOUNI, 2003)	Ineficiente em curto prazo e para contaminantes fortemente adsorvidos (ANSELMO et al., 2005; ZEITOUNI, 2003)
Plantas transgênicas possuem grande eficácia (SCHROEDER, 2003)	Em taxas elevadas de concentração dos elementos a planta poderá não se desenvolver (ANSELMO et al., 2005)
A fitorremediação de uma única planta, pode abranger mais de um poluente (LAMEGO, 2007)	Pode ocorrer intoxicação humana e animal em caso de utilização de plantas comestíveis (DINARDI et al., 2003)

Fonte: Pereira; Pinto; Pereira (2013).

Além de ser um método menos destrutivo e mais barato, a fitorremediação também oferece outros tipos de vantagens econômicas, como a possibilidade de negociação de créditos de carbono, já que a vegetação formada irá capturar dióxido de carbono do ar e o fixar em sua estrutura. No caso dos metais, também é possível reaproveitá-los, pois, o mesmo será fitoextraído do solo. Os metais de valor, como por exemplo o níquel, ficam

retidos na estrutura das plantas, e poderão ser recuperados em processos de dissecação. E por fim, após a descontaminação da matéria vegetal, é possível usa-la como biocombustível em caldeiras. A prática eliminará quase que por completo os resíduos da remediação (MORENO, 2008).

2.6.1. Mecanismos De Fitorremediação

As plantas podem atuar de forma direta ou indireta na remoção e/ou redução dos contaminantes. Na forma direta, os componentes são absorvidos e acumulados ou mesmo metabolizado nos tecidos através da mineralização dos mesmos. Na forma indireta, as plantas extraem os contaminantes do solo ou águas subterrâneas, diminuindo a fonte de contaminação. Os mecanismos diretos da fitorremediação subdividem-se em: fitoextração, fitotransformação e fitovolatilização; e os mecanismos indiretos em: fitoestabilização e fitoestimulação (TAVARES, 2009) conforme ilustrado na Figura 2.

- **Fitoextração**

É um mecanismo que se refere à capacidade que a planta possui de absorver os contaminantes do solo, armazená-los em suas raízes, folhas e caules, facilitando seu posterior descarte. Em estudos realizados estima-se que a fitoextração pode reduzir a concentração de contaminantes a níveis aceitáveis em períodos que vão de 3 a 20 anos.

- **Fitotransformação**

Mecanismo no qual a planta absorve o contaminante do solo e da água realizando sua bioconversão, em seu interior ou em sua superfície, para formas menos tóxicas. Mais bem utilizado na remediação de compostos orgânicos.

- **Fitovolatilização**

Após a absorção dos contaminantes do solo e da água, a planta converte-os em formas voláteis, posteriormente liberando-os na atmosfera. A volatilização ocorre pela biodegradação na rizosfera ou após a passagem na própria planta e dependendo ou não da

atuação dos processos metabólicos, a liberação dos contaminantes para a atmosfera, pode ocorrer na forma transformada ou original.

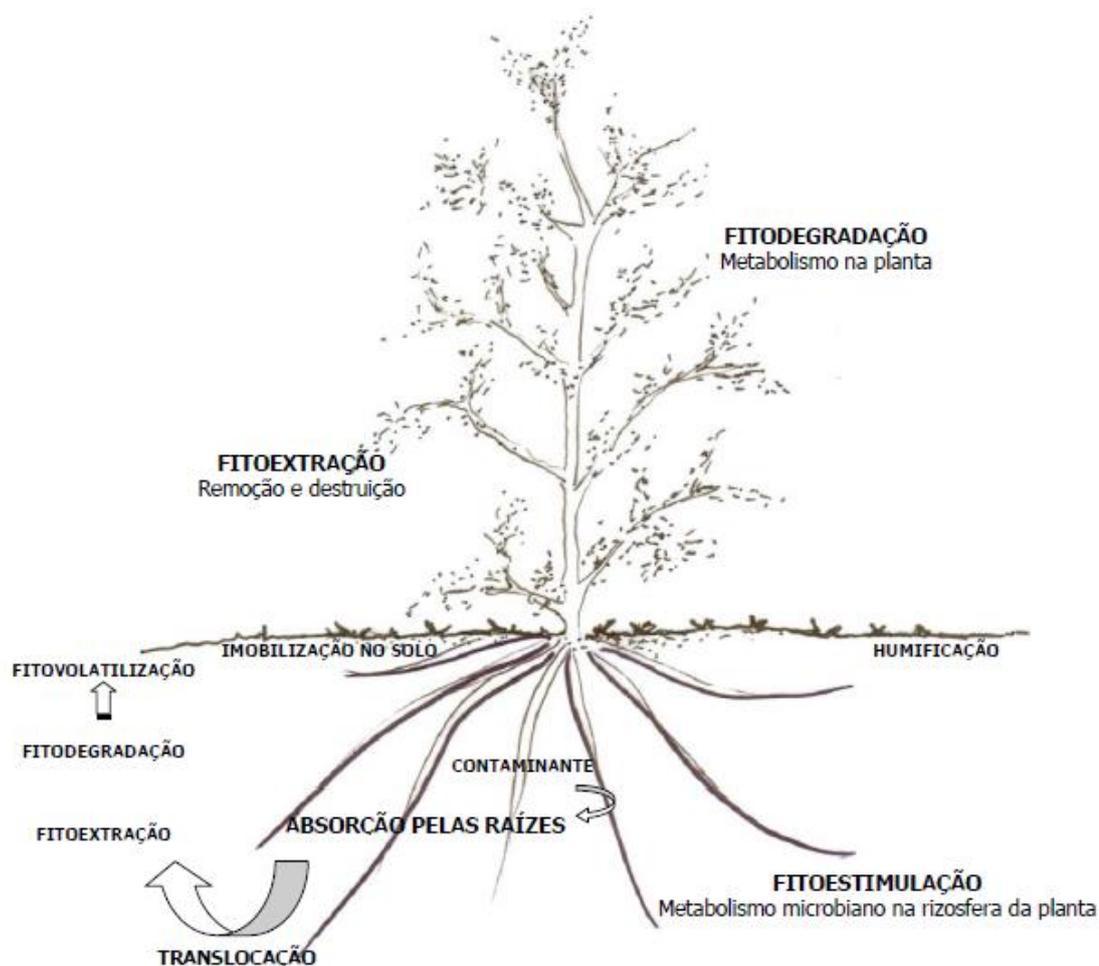
- **Fitoestabilização**

Algumas plantas possuem a capacidade de reduzir a mobilidade e a migração de contaminantes presentes no solo, seja por imobilização, lignificação ou humificação dos poluentes em seus tecidos vegetais, fazendo com que os contaminantes permaneçam no local. As plantas e o solo podem levar um longo tempo de manutenção para impedir a liberação dos contaminantes e uma futura lixiviação dos mesmos ao longo do perfil do solo.

- **Fitoestimulação/ Rizodegradação**

É um mecanismo indireto, onde a planta estimula a biodegradação microbiana dos contaminantes existentes no solo e na água, através de fornecimento de tecidos vegetais como fonte de energia, exsudados radiculares, sombreamento e aumento da umidade do solo, favorecendo assim condições ambientais para o desenvolvimento dos microrganismos.

Figura 2 - Mecanismos utilizados pelas plantas no processo de fitorremediação



Fonte: Andrade et al., (2007).

Algumas plantas são hiperacumuladoras de metais, sendo elas capazes de absorver através de suas raízes, níveis muito mais elevados de contaminantes do que a média e podem concentrá-los muito mais que as plantas normais; porém, tais plantas possuem um crescimento lento, ocasionando um acúmulo lento dos metais. A fitoextração e a fitovolatilização são os mecanismos diretos e a fitoestabilização é o mecanismo indireto, utilizados pelas plantas na fitorremediação dos metais pesados (ANDRADE et al., 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido no antigo lixão da Estrutural, hoje Unidade de Recebimento de Entulho (URE), que se encontra na porção centro-oeste do Distrito Federal, em altitude média de 1120 metros, aproximadamente, nas coordenadas 15°45'.0" a 15°47'.41" de latitude sul e 47°58'.5" a 48°00'.5" de longitude oeste. O acesso principal é através da Rodovia EPCL-DF-095/BR-070, popularmente chamada de Via Estrutural, que liga Taguatinga ao Plano Piloto. Nesse caminho existe o desvio à margem direita da via, que liga várias estradas que permitem o acesso à entrada principal do antigo Lixão, onde há uma guarita para o controle de entrada e saída de pessoal e veículos devidamente autorizados (CARNEIRO, 2002).

A área do antigo Lixão possui formato trapezoidal (Figura 4), e ao seu redor encontra-se o córrego Cabeceira do Valo (uma região de chácaras com produções de pequeno porte de hortifrutigranjeiros) e o Parque Nacional de Brasília, uma unidade de conservação integrante da Reserva da Biosfera do Cerrado que tem como objetivo pesquisas sobre o meio ambiente, bem como a conservação dos recursos naturais da área (CONDÉ, 1998; CARNEIRO, 2002)

Figura 3 - Área do Aterro Controlado do Jóquei (Antigo lixão da Estrutural).



Fonte: Google Earth.

3.1.1. Clima

O clima do Distrito Federal se caracteriza por ser um clima quente e semi-árido, tendo duas estações muito bem definidas, a estação de inverno seco e a de verão quente e úmido, sendo esta uma característica bem marcante do clima local. As demais estações no Distrito Federal se distinguem pela variação de temperatura e ocorrência de chuvas. As chuvas podem atingir uma média pluviométrica anual entre 1200 a 1750 mm, sendo o verão a época de maior precipitação, nos meses de novembro a março, e no inverno o período seco ocorrendo nos meses de maio a agosto (TERRACAP, 2003).

De acordo com a classificação de Köppen o clima do Distrito Federal é dividido em três tipos: Tropical – Aw, Tropical de altitude – Cwa e Tropical de altitude – Cwb. O clima

do antigo lixão da estrutural está localizado em uma área de domínio do tipo climático Cwa (CARNEIRO, 2002; TERRACAP, 2003).

3.1.2. Geomorfologia

O antigo Lixão da Estrutural está situado na Depressão do Paranoá, onde apresenta interflúvios de afloramentos de quartzitos e/ou ardósias que se encontram com latossolo vermelho escuro, predominante na área, fragmentos de quartzo e laterita, apresentando elevada permeabilidade e porosidade (CARNEIRO, 2002; TERRACAP, 2003). Sendo também uma declividade acima de 10% no interior do antigo lixão onde se forma os taludes artificiais de camada de lixo (TERRACAP, 2003).

Em climas tropicais com superfícies de relevo ondulado ou suave, os latossolos são desenvolvidos com muitos metros de espessura e mantos bem drenados. As rochas mãe a partir das quais se desenvolvem a ardósia, os quartzitos, micaxistos e siltitos, sofreram um grau alto de intemperismo, permitindo assim a lixiviação intensa de elementos básicos juntamente com acumulação de alumínio e óxido de ferro em sua estrutura. Devido a isso os latossolos são geralmente ácidos e de baixa fertilidade (HARIDASAN, 1993).

De acordo com Franco (1996), o perfil de solo da área do antigo Lixão da Estrutural é caracterizado da seguinte forma: acima do embasamento ardósiano, com uma camada de solo saprolítico com transição brusca para um nível laterítico com cerca de 1 a 4 metros de espessura, ocorrendo acima deste um solo superficial homogêneo com aproximadamente de 8 a 15 metros de espessura média. Segundo o mesmo autor, o solo superficial apresenta uma alta porosidade, com alta variação de textura e de composição mineralógica, contudo com pequena variação do teor de argila. Devido a lixiviações observa-se baixa incidência das bases Fe, Al, Ca, Mg, K, Na e SiO₂.

3.2. PROCEDIMENTO AMOSTRAL

A área de coleta do solo foi definida logo após a chegada ao antigo lixão da Estrutural, já que no dia marcado para a coleta (12/03/2019) havia uma vala aberta no talude do lixão (15°46'4" Latitude sul e 47°59'53" Longitude oeste), no qual estava exposta algumas várias camadas de lixo aterrado, a uma profundidade de aproximadamente 3 metros do topo do talude. A decisão de coleta na vala se deu devido a mesma ter maior representatividade para o presente estudo, já que naquela porção havia resíduos sólidos aterrados da época em que a área era um lixão/aterro, e também devido a impossibilidade de coleta na superfície do talude, já que depois de se transformar em Unidade de Recebimento de Entulhos, nas camadas mais superficiais do talude encontram-se somente restos de construções. Além disso, para realizar a coleta nesse ponto seria necessário maquinário, indisponível na ocasião (Figura 4).

Figura 4 - Vala aberta no antigo lixão/aterro da Estrutural



Fonte: Autoral

A metodologia utilizada para a coleta do solo foi à amostragem por tradagens sucessivas, com alterações, pois tal amostragem permite coletas que ultrapassem 10 metros de profundidade sem a necessidade de maquinário pesado. Como a coleta foi realizada em vala, foi dispensado o uso de trados. Os outros materiais utilizados foram: espátulas para a retirada de porção do solo de cinco pontos distintos dentro da vala, além de recipientes de plástico para a homogeneização das amostras, feitas com o auxílio de luvas descartáveis. Dessa homogeneização foram retiradas duas amostras, uma para a análise de presença de metais pesados e outra para análise de fertilidade, as duas amostras acondicionadas em recipientes de vidro devidamente etiquetados para o transporte das amostras até o laboratório (EMBRAPA, 2006).

O solo coletado foi transportado para o laboratório Soloquímica localizado na CRS 511 sul, bloco B na cidade de Brasília – DF (15°50'9" Latitude sul e 47°54'58" Longitude oeste), onde uma parte da amostra foi seca em estufa e peneirado em peneira com malha de 2 mm e as propriedades químicas foram analisadas de acordo com a metodologia EMBRAPA (1997) para a análise de fertilidade do solo. Para a extração dos elementos traços As, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni, Cr e Se, foi utilizado o SW 3050B (metodologia de análise de presença de metais pesados), onde a determinação desses elementos foi realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ABREU et al., 2002; ICP-AES). As duas metodologias serão descritas a seguir.

3.2.1. Metodologia de análise dos metais pesados

O método utilizado para determinar se o solo coletado, do antigo lixão da Estrutural, contém a presença de metais pesados foi a USEPA 3050B, no qual consiste na digestão ácida para sedimentos e solos. Onde uma amostra de até 2 gramas é tratada com uma mistura de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio. Em seguida a amostra é refluxada com HNO₃ ou HCL concentrados e assim refluxada com HCL diluído e filtrada, este filtrado contém os metais pesados a serem analisados.

A utilização do aquecimento com micro-ondas pode ser usada para o auxílio da digestão das amostras. O procedimento para a digestão de líquidos aquosos prevê a mistura de uma amostra de 45 ml com 5 ml de ácido nítrico concentrado. Logo após, esta mistura é colocada em um digestor de fluorocarbono, também conhecido como Teflon, e aquecida

por 20 minutos. Após a digestão, a amostra é então resfriada, os sólidos são separados por centrifugação ou filtração e o líquido remanescente é analisado por uma técnica de espectrometria atômica adequada.

Os aparelhos e materiais utilizados para a realização dessa análise (EPA-3050B, 1996), são:

- Vasos de Digestão de 250ml;
- Dispositivos de recuperação de vapor como, óculos com nervuras, sistema adequado de manuseio de solventes, etc.;
- Fornos de Secagem;
- Dispositivo de medição de temperatura;
- Papel filtro;
- Centrifuga e tubos de centrifugação;
- Balança analítica;
- Fonte de aquecimento;
- Funil;
- Dispositivo de medição de volume;
- Frascos Volumétricos.

Os resultados obtidos através da análise de presença de metais pesados foram comparados com a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 420 de 28 de dezembro de 2009.

3.2.2. Metodologia de análise de fertilidade do solo

O método utilizado para determinar a fertilidade do solo do antigo Lixão da Estrutural foi baseado no Manual de Métodos de Análise de Solo, editado pela Embrapa, no qual compila métodos de análises químicas, físicas e mineralógicas (EMBRAPA, 1979; 1997; RUIZ, 2005). Dentro deste método, destacam-se as avaliações de:

- **Potencial hidrogeniônico (pH)**

A medição é feita eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso, em uma proporção de 1:2,5, em suspensão solo. É utilizado um potenciômetro para realização

deste procedimento e a leitura é realizada diretamente no aparelho sem a necessidade de realização de cálculos.

- **Extração de cálcio, magnésio e alumínio**

Através do KCl 1M são extraídos o Ca e o Mg trocáveis, em conjunto com o Al trocável, titulando-se em uma fração do extrato do alumínio com NaOH, na presença de azul de bromotimol como indicador. Por complexometria com EDTA são tituladas frações do extrato de cálcio e magnésio sendo o negro de eriocromo-T o indicador.

Os materiais utilizados para a realização desta análise são: Bureta, agitador horizontal e balança analítica. Os cálculos utilizados são descritos abaixo.

O teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ existentes na amostra é dado pela igualdade:

$$\text{Cmol}_c \text{ de } \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} / \text{dm}^3 \text{ de TFSA} = \text{ml de EDTA } 0,0125\text{M gastos na titulação}$$

E para o teor de alumínio existentes na amostra é dado pela igualdade:

$$\text{Cmol}_c \text{ de } \text{Al}^{3+} / \text{dm}^3 \text{ de TFSA} = \text{ml de NaOH } 0,025\text{M gastos na titulação}$$

- **Extração de fósforo, Potássio e Sódio**

A solução extratora de Mehlich1 é constituída por uma mistura de HCL 0,05M + H_2SO_4 0,0125M e se baseia na solubilização desse elemento pelo efeito de pH, entre 2 e 3, sendo o papel Cl^{-1} o de restrição do processo de reabsorção dos fosfatos recém extraídos. A relação solo extrato sugerida é a de 1:10.

Os materiais utilizados para a realização desta análise são: balança analítica, agitador horizontal circular, fotolorímetro e estufa. Os cálculos utilizados são descritos abaixo:

Para o cálculo de teor de fósforo no solo é utilizada a seguinte expressão:

$$\text{mg de P/dm}^3 \text{ na TFSA} = \text{leitura} \times 10\text{Fp}$$

Para o cálculo de teor de potássio no solo é utilizada a seguinte expressão:

$$\text{mg de K}^+/\text{dm}^3 \text{ na TFSA} = \text{leitura} \times F_K \times 390$$

Para o cálculo de teor de Sódio no solo é utilizada a seguinte expressão:

$$\text{mg de Na}^+/\text{dm}^3 \text{ na TFSA} = \text{leitura} \times F_{\text{Na}} \times 230$$

- **Capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases, saturação por alumínio e soma de bases**

Para a CTC do solo é utilizada a extração das bases trocáveis mais a acidez potencial, e então são calculados em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de TFSA, seguindo a seguinte expressão:

$$T = S + H^+ + Al^{3+}$$

Para encontrar o valor de “S” ou soma de bases, é necessário a soma de bases trocáveis, calculado em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de TFSA, seguindo a seguinte expressão:

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na$$

Para encontrar o valor de “V” ou saturação por bases, é calculado em porcentagem seguindo a seguinte expressão:

$$V = \frac{100S}{T}$$

Para encontrar o valor de “m” ou saturação por alumínio, é calculado em porcentagem, seguindo a seguinte expressão:

$$M = \frac{100 Al^{3+}}{S + Al^{3+}}$$

- **Carbono Orgânico**

A matéria orgânica é oxidada com dicromato de potássio em meio sulfúrico, utilizando o calor desprendido do ácido sulfúrico como fonte de energia ou mesmo o aquecendo.

- **Acidez Potencial (H + Al)**

Utilizando o acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato é possível realizar a extração da acidez potencial do solo, sendo baseada na propriedade tampão do sal, graças a presença de ânions acetato, com o pH ajustado em 7,0 é possível extrair grande parte da acidez potencial do solo, até este valor de pH.

Os materiais utilizados para a realização desta análise são: bureta e balança analítica. O cálculo utilizado é descrito abaixo:

$$\text{Cmol}_c \text{ de H}^+ + \text{Al}^{3+} / \text{dm}^3 \text{ de TFSA} = (L-L_b) \times 1,65$$

Onde:

L = número de milímetros gastos na titulação da amostra;

L_b = número de milímetros gastos na titulação da prova em branco;

1,65 = fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas e do método de só extrair 90% da acidez.

- **Matéria Orgânica**

Utilizando o método volumétrico pelo bicromato de potássio é possível extrair a quantidade de matéria orgânica presente no solo. O procedimento consiste em oxidar o carbono da matéria orgânica a CO₂ e o cromo da solução extratora é reduzido da valência +6 à valência +3. Em seguida é realizada a titulação do excesso de bicromato de potássio pelo sulfato ferroso amoniacal.

Os materiais utilizados para a realização desta análise são: bureta e balança analítica placa elétrica e peneira. O cálculo utilizado para saber a quantidade de matéria orgânica existente na amostra é descrito abaixo:

$$\text{g de matéria orgânica/kg} = \text{g de carbono/kg} \times 1,724$$

Para uma melhor visualização e entendimento dos processos de análise de presença de metais pesados e de fertilidade do solo utilizadas nesse estudo, visualizar a referência bibliográfica descrita no início de cada metodologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE DE PRESENÇA DE METAIS PESADOS NO SOLO

A Tabela 2 apresenta os dados da análise química do solo coletados no antigo lixão da estrutural – DF. Os resultados obtidos através da análise de metais pesados pelo método USEPA 3050B, foram comparados com os valores de investigação definidos pela Resolução do Conama nº 420 de 28 de dezembro de 2009, uma vez que em Brasília não há definição desses valores.

Tabela 2 - Análise de presença de metais pesados no solo

Procedimento	CAS nº	Unidades	LQ	Resultados	Conama 420/09 (Prevenção)
Arsênio Total	7440-38-2	mg/Kg	0,001	<0,001	15
Cádmio Total	7440-48-4	mg/Kg	0,001	<0,001	1,3
Cobre Total	7440-50-8	mg/Kg	0,001	0,11	60
Chumbo Total	7440-43-9	mg/Kg	0,001	<0,001	72
Mangânes Total	7439-96-5	mg/Kg	0,001	0,46	-
Mercúrio Total	7439-97-6	mg/Kg	0,001	<0,001	0,5
Níquel Total	7440-38-2	mg/Kg	0,001	<0,001	30
Cromo Total	7440-02-0	mg/Kg	0,001	0,42	75
Selênio Total	7782-49-2	mg/Kg	0,001	<0,001	5

Legenda: LQ - Limite de quantificação; CAS - Chemical Abstract Service. Fonte: Laboratório Soloquímica, 2019.

Conforme visto na Tabela 2, foram analisados nove metais sendo eles: As, Cd, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Cr e Se. As concentrações de As, Cd, Pb, Hg, Ni e Se, encontradas nas amostras foram inferiores ao limite de quantificação do aparelho utilizado para as medições.

Apesar da concentração de Cr encontrada ser consideravelmente baixa, em comparação com o estudo realizado por Celere et al. (2007), onde os autores encontram resquícios de Cr no antigo Lixão da Estrutural (0,15 mg/Kg), evidencia-se que, com o passar dos anos, as concentrações deste metal estão aumentando e o Cr, em altas doses, se torna um elemento carcinógeno. Ainda no referido trabalho, é relatado que o depósito de resíduos sólidos urbanos afeta diretamente os valores de alguns elementos no solo, resultando em valores 10 vezes maiores do que os encontrados em áreas adjacentes aos aterros.

Os valores encontrados no presente trabalho podem ter sofrido alterações já que valas podem ser facilmente “lavadas” por águas pluviais; podendo, assim, afetar as concentrações de metais com mobilidade no solo. Isso explica os valores encontrados estarem abaixo dos limites orientadores estabelecidos pela resolução Conama nº 420 de dezembro de 2009. Outro ponto é que apesar da enorme variedade de resíduos depositados no antigo Lixão da Estrutural – DF, como por exemplos resíduos que promovam a existência de metais pesados no solo, tem que ser levado em consideração o tempo que leva para esses resíduos serem decompostos.

4.2. ANÁLISE QUÍMICA DE FERTILIDADE DO SOLO

A Tabela 3 apresenta os dados obtidos através do resultado da análise química do solo coletado no antigo lixão da Estrutural – DF para fins de fertilidade.

Tabela 3 - Resultado da análise química do solo - Fertilidade

Complexo Sortivo	Unidade	Valores
pH em H ₂ O	Sem unidade	5,8
FÓSFORO – P	Mg/dm ³	3,2

CÁLCIO – Ca	Cmol/dm ³	6,8
MAGNÉSIO – Mg	Cmol/dm ³	1,7
POTÁSSIO – K	Cmol/dm ³	3,54
SÓDIO – Na	Cmol/dm ³	0,21
ALUMÍNIO – Al	Cmol/dm ³	0,0
ACIDEZ (H + Al)	Cmol/dm ³	2,0
SOMA DE BASES	Cmol/dm ³	12,2
CTC a pH 7	Cmol/dm ³	14,2
SATURAÇÃO por BASES	%	86
SATURAÇÃO por ALUMÍNIO	%	0
SATURAÇÃO por SÓDIO	%	2
CARBONO ORGÂNICO – C	g/kg	8,1
MATÉRIA ORGÂNICA - Mo	g/kg	13,9

Fonte: Laboratório Soloquímica, 2019.

O potencial Hidrogeniônico (pH) encontrado no solo foi 5,8, mostrando que o solo do local de estudo é ácido, o que influencia na mobilidade e disponibilidade dos metais. O aumento de pH diminui a disponibilidade dos metais, e a qualidade e quantidade de matéria orgânica influencia diretamente na retenção de metais no solo (UMOREM et al., 2007; SANTOS et al., 2002; LAIR et al., 2006).

Um dos maiores responsáveis pela retenção de metais no solo é a matéria orgânica. Ela sofre a decomposição através dos microrganismos, caso a condição do ambiente permita, necessitando de N e C para continuar seu desempenho, já que o carbono representa

a fonte de energia que ativa o processo de síntese celular e o material básico para a constituição da matéria celular sintética é o nitrogênio (SANTOS et al., 2002; LAIR et al., 2006; MONTEIRO, 2003; MELLO et al., 1988). O teor de matéria orgânica encontrada no solo estudado foi de 13,9 g/kg, isso devido à concentração de resíduos orgânicos no local.

A capacidade de troca de cátions (CTC) encontrada foi de 14,2 cmol_c/dm³, este valor indica uma concentração significativa de argila e uma alta capacidade de troca de cátions entre o solo e o meio. Isso mostra que este solo pode reter um maior número de cátions. Uma alta CTC é devido ao pH baixo e neste caso há uma maior mobilidade de contaminantes no solo (COTTA et al., 2006).

Outro ponto a se observar nos resultados obtidos são as altas concentrações de Ca e Mg no solo. Estes altos valores podem indicar não só a eutrofização do solo como também dos córregos próximos ao antigo Lixão da Estrutural, tendo em vista que as espécies de fauna e flora nativas podem ser substituídas por espécies calcífilas e nitrófilas (CHABRERIE et al., 2002).

4.3. ALTERNATIVAS PARA RECUPERAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA DO LIXÃO

4.3.1. Talude

Como já mencionado anteriormente, o método utilizado na construção do lixão da Estrutural era o método de rampas, no qual o próprio solo é retirado para a abertura de uma célula e é usado para cobrir a célula adjacente que já foi utilizada (SANTOS, 1996). O método de rampas forma os taludes, que são as superfícies inclinadas do maciço de solo. No antigo lixão da Estrutural, onde os taludes são artificiais com várias camadas de lixo, apresentam taludes bastante inclinados e paredões verticais em solo nos locais de escavações, para obtenção de material de cobertura do lixo, o talude também se forma para a contenção de lagos de estocagem de resíduos (TERRACAP, 2003).

Assim sendo, taludes desprotegidos sofrem processos de perda de solo produtivo, processos erosivos, degradação ambiental e geram riscos de acidentes, devido a força gravitacional, por isso a vegetação é de suma importância tanto para estabilizar o solo dos taludes através das raízes formadas no solo subsuperficial, como para a redução da erosão,

já que a vegetação intercepta a água das chuvas e assim diminui o escoamento superficial e as erosões (SILVA, 2008a; ANDRÉAS; JORBA, 2000; OCHAI; NAKAMURA, 2004).

Devido a declividade elevada dos taludes e a dificuldade encontrada para selecionar espécies apropriadas para a revegetação destas áreas, encontramos, dentre outros, os principais problemas à revegetação. O conhecimento sobre as espécies a serem implantadas em tais locais é de grande importância e devem apresentar efeitos positivos, como o tipo de raiz que necessariamente deve agregar as partículas de solo, aumentando a coesão, a porosidade, a resistência do solo, a taxa de infiltração e também para funcionarem como canais de sucção (LIMA, DAMATO; SOUZA, 2014).

Uma forma bastante indicada para a conservação de taludes é a recomposição da vegetação ciliar, evitando assim o surgimento de voçorocas e seus desmoronamentos, soterramentos de estradas, assoreamento de rios, e o mais importante para este estudo, a recomposição da vegetação ciliar ao talude evita que ocorra o escoamento superficial da água, bem como a percolação, evitando assim que contaminantes cheguem aos córregos e ao lençol freático, pois as plantas irão reter a água e absorver os nutrientes do percolado que escoar (TENÓRIO, 1970; KOIDE; BERNADES, 1998).

4.3.2. Importância das Espécies Fitorremediadoras presentes no Cerrado

As espécies nativas do Cerrado possuem ótimas características para a realização deste estudo, como: toxidez de alumínio, alta capacidade de fixação de fósforo e baixa capacidade de troca de cátions, elevada acidez e alta deficiência de nutrientes (CHAVES, 2001). Tais características apontam o potencial de fitorremediação das plantas nativas do Cerrado, com espécies rústicas que possuem biologia diferenciada, adaptada a condições edáfico-climáticas, no qual outras plantas não sobreviveriam (HARIDASAN, 1994).

Em termos estruturais, as comunidades vegetais do Cerrado são extremamente complexas e ricas em espécies lenhosas endêmicas. São variedades de tamanho, forma e grau de esclerofilia do limbo foliar, além da enorme diversidade de formas de vida, estas são características marcantes do Cerrado. E são também características favoráveis para a

fitorremediação. Além de possuírem crescimento rápido, vigor, tolerância à poluição, elevada produção de biomassa e competitividade, a grande diversidade de formas vegetais existentes no Cerrado e as estratégias ecofisiológicas adotadas por determinadas espécies deste bioma provam o potencial fitorremediador dessas plantas e a necessidade de realização de novos estudos (FRANCO, 2005; LAMEGO; VIDAL, 2007).

Verificando-se a escassez de informações quanto às espécies vegetais do Cerrado e suas habilidades de fitorremediação, não sendo encontrada nenhuma espécie endêmica do Cerrado, mesmo sendo um bioma com altas taxas de endemismo para comunidades vegetais (SANTOS; NOVAK, 2013). Assim sendo, foram consideradas neste trabalho, espécies constantes no domínio fitogeográfico do Cerrado, presente na lista de espécies da flora do Brasil (2020), categoria nativa.

Tabela 4 - Espécies arbóreas fitorremediadoras presentes no Cerrado

Espécies	Contaminante indicado	autores
<i>Cassia multijuga</i>	Manganês, Cobre, Cromo, Níquel e Chumbo	Silva, T. J. et al., 2019
<i>Cedrela fissilis</i>	Cobre	Caires et al., 2011
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Cobre	Silva, 2007
<i>Eucalyptus spp.</i>	Zinco, cádmio, cobre, chumbo, manganês, Arsênio	Khan et al. 2000
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Cádmio	Paiva et al., 2004
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> <i>Luehea divaricata Mart.</i>	Cobre	Fruet, 2018 Silva, T. J. et al., 2019
<i>Qualea grandiflora, Q. parviflora, Q. multiflora, Voschysia Thyrsoides, V. elliptica, Miconia ferruginata, M. Pohliana, Palicourea rigida</i>	Alumínio	Haridasan, 2006

*Stryphnodendron
polyphyllum*

Manganês, Cobre, Cromo,
Níquel e Chumbo

Silva, T. J. et al., 2019

Fonte: Autoral, adaptada de Santos; Novak (2013)

4.3.3. Importância das Espécies Leguminosas Nativas do Cerrado

Fabaceae ou Leguminosae são a terceira maior família das angiospermas, possuem aproximadamente 751 gêneros e cerca de 19.500 espécies, com alta importância ecológica e econômica (LPWG, 2013). São plantas de regiões temperadas e tropicais, de diferentes habitats, e de áreas abertas e perturbadas (FFESP, 2016). No Brasil, dentro das angiospermas, é considerada a família mais rica, com o maior número de espécies, sendo 221 gêneros dos quais 15 são endêmicos, e 1.811 espécies dos quais 1.517 são endêmicas, além de ocupar o primeiro lugar em números de espécies no Cerrado (BFG, 2015; Lima et al., 2016).

Existem nas Fabaceae hábitos muito variados, existindo desde árvores gigantes até ervas diminutas efêmeras, essa família se destaca entre as de maior importância na estrutura de diversas formações florestais e abertas, devido às suas associações com bactérias fixadoras de nitrogênio, muitas das espécies são caracterizadas pelo pioneirismo e pela capacidade de colonizar os mais diversos ambientes (FFESP, 2016; LEWIS, 1987). Além de produzirem grande quantidade de biomassa, que são ricas em minerais, possuem também sistema radicular ramificado e profundo, capaz de extrair nutrientes e minerais nas camadas mais profundas, que serão disponibilizados a planta após sua decomposição e incorporação (LIMA, DAMATO; SOUZA, 2014).

Várias das espécies vegetais leguminosas podem estabilizar taludes, controlar erosão, revegetar áreas impactadas e proteger margens de reservatórios e cursos d'água, criando assim, o que Urbanska (2004) define como "*safe sites*", que significa a implantação de espécies em áreas degradadas que teriam como função a criação de condições ambientais propícias ao desenvolvimento de outras espécies utilizadas para a recomposição da vegetação nativa, nesse caso, as mudas florestais.

Plantas leguminosas são também eficientes na restauração da fertilidade dos solos, incluindo os solos de taludes artificiais, especialmente com espécies herbáceas, pois são

elas que irão interagir com as bactérias que conseguem fixar o nitrogênio do ar, transformando-o em forma absorvível e servindo como adubo para as plantas. Uma importante interação são as das leguminosas consorciadas com gramíneas na fase primária de sucessão ecológica, produzindo biomassa e compondo ainda mais o solo para que as árvores que virão se fixem e se desenvolvam, realizando a composição da mata e a manutenção do ecossistema. Com as pioneiras na Cronos sequência da sucessão vegetal, devendo ser de crescimento rápido, fácil manipulação por sementes e tolerantes às condições adversas (PEREIRA, 2006; CAMPELLO, 1996).

Outro fator relevante para a recuperação de áreas degradadas com a utilização de leguminosas é a simbiose micorrízica que ocorre entre algumas raízes de plantas e fungos, aumentando assim a capacidade que a planta possui de explorar maiores volumes de solo e maior absorção de água e nutrientes, este efeito é típico de solos estressados, onde a absorção de nutrientes pode ir além das raízes, através das hifas micorrízicas (MELO et al., 2013).

A utilização de leguminosas traz consigo benefícios adicionais, como a diminuição de custos já que se diminui os insumos externos, sendo eles fertilizantes nitrogenados, por exemplo (RESENDE et al., 2001). Para este estudo foram selecionadas árvores da família Fabaceae, essas plantas, como já estudadas anteriormente, possuem alta capacidade de regeneração natural, são plantas resistentes e propícias a ambientes degradados, além de serem um grande atrativo para a fauna, principalmente a ornitofauna, e assim estimular a indução da sucessão natural na área (GRIFFITH et al., 1994).

Tabela 5 - Espécies Leguminosas arbóreas adequadas a recuperação de áreas degradadas

Subfamília	Nome Científico	Nome Popular
Papilionoideae	<i>Andira vermífuga</i>	Mata-barata
Caesalpinioideae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba
Papilionoideae	<i>Dalbergia densiflora</i>	Jacarandá
Papilionoideae	<i>Hymenolobium heringerianum</i>	Angelim
Papilionoideae	<i>Machaerium hirtum</i>	Espinheira

Papilionoideae

Platypodium elegans

Faveiro

Caesalpinioideae

Tachigali subvelutina

Carvoeiro

Fonte: autoral, adaptado de Silva Júnior (2009; 2012)

4.3.4. Técnicas para Plantio

4.3.4.1. Em Taludes

É importante para a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas, o conhecimento sobre a época do ano adequada para plantio, o tipo de solo e principalmente a declividade do talude, pois há situações nas quais se torna necessário o aumento da taxa de semeadura devido ao talude ser muito inclinado, existência de predadores de sementes, pouca disponibilidade de água, entre outros (PEREIRA, 2006).

Há uma variedade de métodos que podem ser utilizados para plantios sobre taludes e não existe uma padronização técnica, depende de o objetivo de cada empreendedor definir a metodologia a ser utilizada (FERNANDES, 2004). Para Costa et al. (1997), uma metodologia eficiente seria o uso de sacos de aniagem, pois se mostram bastante eficientes para a rápida formação da cobertura vegetal nos taludes.

Einloft et al. (1997) fazem uma comparação entre a revegetação a partir de leguminosas com o uso de sacos de aniagem e com plantio em covas. A técnica de plantio em covas apresentou baixo recobrimento vegetal, permitindo assim a formação de veios de escoamento de água e o arraste de substratos, condições essas que não ocorrem quando utilizado os sacos de aniagem. Já Ramos et al, (2000) citam técnicas de semeadura a lanço ou pelo método de almofadas de sementes, como forma de recuperação de ecossistemas florestais.

4.3.4.2. Em Áreas Degradadas

Existem técnicas que podem ser utilizadas nas diferentes condições de degradação (FAGG, 2011), são elas:

- a) Técnica de condução da regeneração natural;
- b) Técnica de plantio (mudas, semeadura direta);
- c) Técnica mista (associação das anteriores, exemplo: plantio de enriquecimento).

A técnica mais utilizada para áreas que estão extremamente degradadas, nas quais a cobertura original foi substituída por atividades antrópicas, seria (assim como na recuperação em taludes) o plantio de mudas, plantio de partes vegetativas ou através da semeadura direta, porém esta última necessita de ações conjuntas (FAGG, 2011), como descrito na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 - Ações necessárias para recuperação de área degradada.

Ações	Objetivos
Isolamento da área	Proteção dos ambientes a serem recuperados
Identificar e retirar os fatores de degradação	Cessar ou controlar os agentes de degradação
Consórcio de espécies com uso de mudas ou sementes	Permanência das espécies plantadas sem interferência direta de predadores ou doenças.
Induzir e conduzir os propágulos autóctones	Favorecer o desenvolvimento dos propágulos presentes na área com banco de sementes ou propágulos oriundos do entorno através da chuva de sementes
Transferir ou transplantar propágulos alóctones	É a transferência ou transplante da camada superficial do solo (banco de semente ou de plântulas) para a área degradada
Implantar espécies atrativas à fauna	Facilitando a sucessão através do plantio de árvores atrativas (alimento e abrigo) à fauna

Fonte: Autoral, Adaptado de Rodrigues; Gandolfi (2001).

Para garantir o sucesso da técnica escolhida para a recuperação da área degradada objeto deste trabalho, sugere-se a observância das seguintes etapas:

- Escolha das espécies;
- Coleta e beneficiamento de frutos e sementes;
- Produção de mudas;
- Seleção de mudas;
- Preparo da área e plantio em campo.

O modelo de recuperação deve ser escolhido conforme as condições ambientais da área a ser recuperada. Fagg (2011) sugere cinco modelos para a recuperação da área degradada, sendo eles: modelos sucessionais, modelos de espécies raras e comuns, modelos de restauração em ilhas, sistemas agroflorestais e modelos “nativas do bioma”. No modelo sucessional, a forma que as espécies são colocadas é variada, podendo ser por linhas ou em módulos. Os plantios em linhas podem ser feitos com a alternância de linha com espécies de início de sucessão e linhas com espécies de final de sucessão. Outra forma seria a alternância de plantas de diferentes grupos sucessionais na mesma linha, havendo um desencontro das plantas de diferentes linhas em relação aos grupos ecológicos. Esse tipo de plantio é recomendado para grandes áreas a serem recuperadas. Já o plantio em módulos é recomendado para pequenas áreas e em plantios experimentais (FAGG, 2011).

No caso da área do antigo “lixão” da Estrutural, o modelo que se adequaria, seria:

➔ MODELOS SUCESSIONAIS

Pois tais modelos são baseados em combinações de vários grupos ecológicos, simulando a sucessão natural da vegetação, no qual as espécies pioneiras promovem a cobertura do solo de forma rápida, e dão as condições necessárias para que as espécies tardias se estabeleçam. Trata-se de modelo muito utilizado nas formações florestais do Cerrado como as matas ciliares (FAGG, 2011).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos como este mostram a necessidade de maiores e melhores análises sobre a propagação e aumento de metais pesados no solo do antigo lixão da Estrutural, sendo necessário e urgente o estabelecimento de metas e planos de manejo para recuperar a referida área.

Mesmo a fitorremediação sendo uma tecnologia em estágio inicial de desenvolvimento e suas aplicações em grande escala serem bastante limitadas no que diz respeito a literatura existente (somente 250 publicações entre os anos de 2000 e 2016), os resultados que já foram obtidos até o dia de hoje indicam uma grande eficácia no uso tanto de árvores como de herbáceas e arbustos para a remediação de locais contaminados com metais pesados.

Estudos mais profundos, práticos e frequentes se tornam necessários para a área do antigo lixão da Estrutural, pois, em longo prazo, a concentração de contaminantes pode se tornar extremamente prejudicial à fauna, às águas subterrâneas, córregos e população local.

A recuperar área do antigo lixão da Estrutural pode tornar-se possível através da utilização da técnica de fitorremediação, inicialmente como prevenção, já que a concentração de metais encontrados é baixa, porém existente. As árvores possuem grande chance de estabelecimento com o manejo adequado, além de poderem prevenir que as concentrações aumentem. Porém é preciso estar atento a forma de plantio: as árvores precisam ser plantadas inicialmente ao redor dos taludes, para que as águas pluviais não percolem através das raízes, levando consigo os contaminantes para as águas subterrâneas e córregos adjacentes. Elas devem servir de barreira de proteção.

No Estudo de Impacto Ambiental realizado em 2003 pela Terracap para a Cidade Estrutural, foi proposta a recuperação da área do antigo lixão da Estrutural logo após sua desativação, com a realização da recomposição topográfica do local (com terraceamento e recobrimento das superfícies e taludes com solo fértil), preparando o solo para o plantio, utilizando calagem e adubação, e a utilização de leguminosas, com objetivo principal de preservar as condições naturais do Parque Nacional de Brasília – PNB.

A Terracap previu um orçamento inicial de R\$ 79.240,00 por ano, valor relativamente baixo para a recuperação de uma área adjacente ao Parque Nacional de Brasília (PNB). Porém com a utilização de espécies fitorremediadoras esse valor poderia até diminuir, já que dispensaria o emprego de maquinário pesado.

As espécies arbóreas fitorremediadoras em consorciação com as leguminosas podem estabelecer um cinturão verde ao redor dos taludes, criando uma barreira vegetal com potencial para absorver os metais pesados, além de melhorar as condições do solo e evitar processos erosivos futuros que inviabilizem a recuperação e regeneração da vegetação.

Uma vez sendo, de fato, recuperado o que já foi um dos maiores depósitos descontrolados de lixo das américas, esse seria com certeza um local de área verde e agradável aos olhos, a saúde e principalmente ao meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1987). **NBR 10004** – Resíduos Sólidos: Classificação. Norma Técnica, ABNT, Rio de Janeiro, 63p.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2017.

ABREU C.A., ABREU M.F. BERTON R.S. 2002. **Análise química de solo para metais pesados**. In: Alvarez V.V.C.H., Schaefer C.E.G.R., Barros N.F., Mello J.W.V., Costa L.M. (eds.) Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 645-692.

ACCIOLY A.M.A & SIQUEIRA J.O. 2000. Contaminação Química e Biorremediação do Solo. In: Novais R.F., Alvarez V.V.C.H., Schaefer C.E.G.R. (eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 300-307.

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, 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.

ALBERTE, ELAINE. P. V. **Análise de Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos: Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários**. Bahia – Brasil, Faculdade de Tecnologia e Ciências, Salvador, 2003

ALBERTE, ELAINE P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, Lin. **RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. Diálogos & Ciência – Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana, [S. l.], p. 2-15, jun. 2005.

ALCÂNTARA, A. J. O. et al. Teores de As, Cd, Pb, Cr e Ni e atributos de fertilidade de Argissolo Amarelo distrófico usado como lixão no município de Cáceres, estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, [S. l.], p. 539-548, 13 out. 2011.

ALLEONI, L. R. F.; IGLESIAS, C. S. M.; MELLO, S. C.; CAMARGO O. A.; CASAGRANDE, J. C. & LAVORENTI, N. A., 2005, “**Atributos do solo relacionados à adsorção de Cd e Cu em solos tropicais**”. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 27, n. 4, pp. 729 – 737.

ALLOWAY, B.J., (1995a). **Heavy Metals in Soils**. London: Blackie Academic & Professional. 368p.

ALLOWAY, B.J., (2010). **Heavy Metals in Soils – Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability**. New York: Springer. pp. 11-493

ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R. L. & MAHLER, C. F., 2007, **Fitorremediação, o uso de plantas na melhoria ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos. 176pp.

ANDRÉS, P.; JORBA, M. **Mitigation strategies in some motorway embankments (Catalonia, Spain)**. *Restoration Ecology*, v. 8, n. 3, p. 268-275, 2000.

ANSELMO, A.L.F.; JONES, C.M. Fitorremediação de solos contaminados, Porto Alegre, RS, 2005. In: **XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E PRODUÇÃO PORTO ALEGRE, RS**. Rio Grande do Sul 2005 ENGEP p 5253 -5280.

BAIRD, C. **Environmental Chemistry**. 2. ed. New York: W.H. Freedman & Company, 2001.

BERROW, M.L. & MITCHELL, R.L., 1980, “**Location of trace elements in soil profiles: total and extractable content of individual horizons**”. Trans. R. Soc. Edinburger, v. 71, pp. 103-121.

BFG – The Brazil Flora Group. Growing Knowledge: an overview os Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, 66(4), 1085-1113, 2015.

BLAZÃO, T. C. 2012. **Utilização de Echinochloa polystachia (kunth) Hitchc. (POACEAE) na fitorremediação de solo contaminado com petróleo**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 61p.

BRASIL (2009) Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União 249: 81-84.

BRASIL Governo do Distrito Federal. Disponível em: <<http://www.gdf.gov.br>>. Acesso em 23 abril. 2019

BROWN, D. T. **The legacy of the landfill: perspectives on the solid waste crisis**. St. Catharines: Brock University. Institute of Urban and Environmental Studies, 1993.

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.

CAIRES, S. M et al. 2011. Desenvolvimento de mudas de cedro-rosa em solo contaminado com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, 35(6):1181-1188.

CALABUIG, G., (2004). **Medicina Legal y Toxicologia**. E. Villanueva Canadas, Masson. 6a Edicion, 939-967.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. & CASAGRANDE, J.C., 2001, “Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos”. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; VAN RAIJ, B. & ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Capítulo 5, Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, pp. 89-124.

CAMPANILI, M. **Apenas 22% dos resíduos industriais têm tratamento adequado.** O Estado de São Paulo, 2002.

CAMPELLO, E. F.C. O papel de leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas (parte 1). In: **III CURSO DE ATUALIZAÇÃO – RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 1996. p. 9-16.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JÚNIOR, D. **A análise de solo no Brasil: 1982-1989.** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.19, n.3, p.96-112, 1994.

CARNEIRO, G. A. (2002). **Estudo de Contaminação do Lençol Freático sob a Área do Aterro de Lixo do Jockey Club-DF e suas Adjacências.** Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM – 058/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 123p.

CASARINI D.C.P. & LEMOS M.M.G. 2001. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para os solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo.** São Paulo, CETESB, 73 p.

CAVALCANTI, M. M. **Aplicação de métodos geoeletricos no delineamento da pluma de contaminação nos limites do Aterro Controlado do Jokey Clube de Brasília – DF.** 2013. 111p. Dissertação de Mestrado – instituto de Geociências, Geofísica Aplicada, Universidade de Brasília – UnB. Brasília, DF. 2013.

CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; MUÑOZ, S. I. S. **Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro - RJ, 23(4):939-947. 2007.

CHABRERIE, O.; JAMONEAU, A.; GALLET-MOURON, E.; DECOCQ, G. Maturation of forest edges is constrained by neighbouring agricultural land management. **Journal of Vegetation Science**, v.24, p.58-69, 2012. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2012.01449.x

CHAVES L. H. G, MESQUITA E. F, ARAUJO D. L, FRANÇA C. P (2010) Crescimento, distribuição e acúmulo de cobre e zinco em plantas de pinhão-manso. **Revista Ciência Agronômica** 41: 167-176.

CHAVES, L. J. **Melhoramento e conservação de espécies frutíferas do cerrado.** Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/cbmp.2001/palestras/palestra.htm>>. Acesso em: 22 de maio. 2019.

CONDÉ, R.C.C. (1998). “**Vegetação do Distrito Federal.**” In: IEMA/UNB. **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal.** Relatório Técnico, Vol. 1 – Meio Físico do Distrito Federal, SRH/MMA – IEMA/SEMATEC, Brasília, DF, pp.165-185.

CONSONI, A. J.; SILVA, I. C.; GIMENEZ FILHO, A. **Disposição final do lixo.** In: D’ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/ Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000. cap. 5, p. 251-291."

Copyright© jul-set 2015 do(s) autor(es). Publicado pela ESFA [on line] <http://www.naturezaonline.com.br> Amado S, Chaves Filho JT (2015) Fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. *Natureza on line* 13 (4): 158-164.

COSTA, H. C.; MARCUZZO, F. F. N.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R. **Revista Brasileira de Geografia Física** 01 (2012) 87-100.

COSTA, M.M.; EINLOFT, R.; SOUZA, M.G. de; GRIFFITH, J.J. Revegetação de taludes usando sacos de aniagem – metodologia de implantação e análise ergonômica. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – SINRAD**, 3. Ouro Preto, MG. Anais... Ouro Preto, MG: SOBRADE, 1997. p. 356-366.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O.; PIOVANI, M. R. **Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira: PETAR, São Paulo, Brasil.** *Química Nova*, São Paulo, v.29, n. 1, p. 40-45, 2006.

CUNHA & CAIXETA FILHO. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. **Gestão & Produção**, v.9, n.2, p.143-161, ago.2002.

CUNNINGHAM, S. D. et al. **Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants**. Adv. Agronl, v. 56, p.55, 1996

DINARDI, A. L. et al. Fitorremediação. In: III **FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS**, Resumos... Campinas: CESET-Unicamp, 2003.

EINLOFT; R. et al. Seleção de gramíneas e leguminosas utilizadas para revegetação de taludes em sacos de aniagem e plantio em covas. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS-SINRAD**, 3, 1997, Ouro Preto (MG). Anais. Ouro Preto: Sobrade/UFV, p. 329-338, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed.rev.atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010 26 p.: il. (**Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 8). ISSN 1806-3322

EUA EPA. 1996. “**Método 3050B**: Digestão Ácida de Sedimentos, Lodos e Solos”, Revisão 2. Washington, DC.

FAGG, C. W. **Conservação de áreas de preservação permanente no Cerrado: caracterização, educação ambiental e manejo/** Christopher Fagg, Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz, José Carlos Sousa-Silva. - Brasília: CRAD, 2011.

FERNANDES, L. S. **Avaliação de mantas comerciais na vegetação de talude em corte de estrada**. Viçosa: UFV, 2004. 81 p. Dissertação Mestrado em Ciências Florestais.

FERRO, A. M.; SIMS, R. C.; BUGBEE, B. **Hycrest crested wheatgrass accelerates the degradation of pentachlorophenol in soil**. **Journal of Environmental Quality**, v. 23, p. 272-279, 1994.

FFESP- Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Leguminosae. Vol. 8 Disponível em: <<http://ffesp.blogspot.com.br>>. Acesso em: 29 maio. 2019.

FILIZOLA, H. F. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos** / editado por Heloisa Ferreira Filizola, Marcos Antonio Ferreira Gomes e Manoel Dornelas de Souza. - Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169p.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB41080>>. Acesso em: 21 mai. 2019

FRANCO, A. C. 2005. **Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado**. In: A. Scariot; J. C. Sousa-Silva; J. M. Felfili.

FRANCO, H.A. (1996). **Geofísica e Química aquáticas Aplicadas ao Estudo da Contaminação de Recursos Hídricos Subterrâneos no Aterro do Jockey Club, Brasília - DF**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília, DF.

FRUET, S. F. T. **Comportamento de duas espécies florestais arbóreas cultivadas in vitro e in vivo em função do cobre**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, 2018.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Como destinar os resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte**: FEAM, 1995. 47 p.

GALLAS, N. D. **Uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes**. São Paulo: Universidade Anhembi, 2006. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil.

GARBISU, C.; ALKORTA, I. Phytoextraction: a cost-effective plantbased technology for the removal of metals from the environment. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 229-236, 2001.

GILBERTI, L. H. 2012. **Potencial para uso da espécie nativa, *Baccharis dracunculifolia* DC (asteraceae) na fitorremediação de áreas contaminadas por arsênio.** Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 68p.

GLASS, D. J (1998) - **The 1998 United States Market for Phytoremediation**, D. Glass Associates, Needham, p.139.

GONZAGA, M. I. S.; SANTOS, J. A. G.; MA, L. Q. 2006. **Arsenic phytoextraction as hyperaccumulation by fern species.** Sci. Agric., 63(1):90-101.

GOOGLE EARTH. Imagens obtidas a partir do software. Acessado em 2019

GREENTEC, **tecnologia ambiental. Planos de Manejo das Áreas de Proteção da Vila Estrutural**, 2012. Disponível em <http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Plano_de_Manejo_ARIE_Estrutural.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2019.

GRIFFITH, J.J. et al. Novas estratégias ecológicas para revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: Simpósio Sul-americano, I & Simpósio Nacional, II de Recuperação de áreas degradadas, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...**Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná – FUPEF, 1994. p.31-34.

GUILHERME L.R.G., MARQUES J.J., PIERANGELI M.A.P., QUEIRÓZ Z., CAMPOS M.L., MARCHI G. 2005. **Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos.** Tópicos em Ciência do Solo, 4:345-390.

HARIDASAN, M. (1993). “Solos do Distrito Federal.” In: Novaes Pinto, M. (org.) Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2ª Ed., **Editora Universidade de Brasília**, Brasília, DF, pp.321-344.

HARIDASAN, M. 2006. **Alumínio é um elemento tóxico para plantas nativas do cerrado?** In: C. H. B. A. Prado; C. A. Casali (Orgs.). Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. Barueri: Manoele, p. 1-10.

HARIDASAN, M. Solos do Distrito Federal. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Ed. da UnB/SEMATEC, 1994. 321-344p.

JARDIM, N.S., WELLS, C., CONSONI, A.J. e AZEVEDO, R.M.B. (2000). “Gerenciamento integrado do lixo municipal.” In: D’Almeida, M.L.O. e Vilhena, A. (coords.) **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2ª Ed., IPT/CEMPRE, São Paulo, pp.1-25.

KABATA-PENDIAS A. & PENDIAS H. 2001. Trace elements in soil and plants. 3. ed. **Boca Raton, CRC Press**, 413 p.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H., 1984, Trace elements in soils and plants. 1º Ed. **Boca Raton: CRR Press**, 315pp.

KHAN, A.G.; KUEK, C.; CHAUDHRY, T.M.; KHOO, C.S.; HAYES, N.J. **Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation**. *Chemosphere*, v. 41, p. 197–207, 2000.

KLAASSEN C. D.; (2001). **Casarett and Doull’s Toxicology: The Basic Science of Poisons**. McGraw-Hill; Sixth Edition; pp. 812-837.

KOIDE, S.; BERNARDES, R.S. Contaminação do Lençol Freático sob a área do Jockey Club, Distrito Federal. **X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. 11p. 1998.

LAIR, G. J.; GERZABEK, M. H.; HABERHAUER, G. **Sorption of heavy metals on organic and inorganic soil constituents**, *Environmental Chemistry Letters*, v.5, n.1, p.23-27, 2006.

LAMEGO F. P, VIDAL R. A (2007) Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição? Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente** 17: 9-18.

LEWIS, G. P. **Legumes of Bahia**. Kew, Royal Botanic Gardens, 369p. 1987.

LIMA et al. Fabaceae: in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2016

LIMA, A. P.; DAMATO, J.; SOUZA, C. Avaliação de um consórcio gramínea-leguminosa na revegetação de um talude e sua influência na temperatura e umidade do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró - RN, p. 249-253, jan-mar. 2014.

LPWG – Legume Phylogeny Working Group. **Legume Phylogeny and classification in the 21st century: Progress, prospect and lessons for other species-rich clades.** *Taxon*, 62(2), 217-248, 2013.

MANSUR, G. L.; MONTEIRO, J. H. R. P. **O que é preciso saber sobre limpeza urbana. Rio de Janeiro: Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal.** Disponível em: <<http://www.resol.com.br>> e <<http://www.resol.com.br/cartilha/>>. Acesso em: 27 abril. 2019.

MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. José Henrique Penido Monteiro ... et al; Coordenação Técnica: Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MANZATTO, C. W., FREITAS J., E., PERES, J. R. R., **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**, Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 174 p, 2002.

MARQUES, M. et al. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de nutritiva contaminada por cádmio, **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 189-197, 2004.

MARQUES, T. C. L. L. S. M.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. 2000. **Crescimento e teor de metais de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados.** *Pesq. Agropec. bras.*, 35:121-132.

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, E.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETO, A.; KIENL, J. C. **Fertilidade do Solo**. 3. ed. Sao Paulo: Nobel, 1988. 400p.

MELO, Frances Ley et al. Vegetação como instrumento de proteção e recuperação de taludes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró - RN, p. 116-124, 1 dez. 2013.

MOHR, H.; SCHOPFER, R. **Plant Physiology**. Berlin: Springer-Verlog, 1995.

MONTEIRO, V. E. D. **Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do aterro da Muribeca**. 2003. 232f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

MORENO, F. N. Fitorremediação: **Plantas nativas podem recuperar solos poluídos**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/index.php/2008/04/28/fitorremediacao-plantas-nativas-podem-recuperar-solospoluidos/>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

MUÑOZ. S.I.S. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto-SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. Tese de Doutorado, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 159 f.

NEWMAN, L. A.; DOTY, S. L.; GERY, K. L.; HEILMAN, P. E.; MUIZNIEKS, I; Q. T. SHANG, Q. T.; SIEMIENIEC, S. T.; STRAND, S. E.; WANG, X.; WILSON, A. M. GORDON, M. P. **Phytoremediation of organic contaminants: A review of phytoremediation research at the University of Washington. Journal of Soil Contamination, Seattle**, v.7, p.531-542, 1998.

OCHIAI, H.; NAKAMURA, S.A. A função da camada da serapilheira no controle de erosão do solo. In: Bôas, O. V.; Durigan, G. (Coord.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**. São Paulo: Instituto Florestal/Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2004. p. 169-177.

OLIVEIRA, D. L. et al. **PLANTAS NATIVAS DO CERRADO: UMA ALTERNATIVA PARA FITORREMEDIAÇÃO**. Estudos, Goiânia, p. 1141-1159, nov/Dez. 2009.

PAIVA, H. N. et al. 2004. Absorção de nutrientes por mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart). Standl.) em solução nutritiva contaminada por cádmio. **Revista Árvore**, 28(2):189-197.

PAYE H.S., MELLO J.W.V de, ABRAHÃO W.A.P., FERNANDES FILHO E.I., DIAS L.C.P., CASTRO M.L.O., MELO S.B., FRANÇA M.M. 2010. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no estado do Espírito Santo**. R. Bras. Ci. Solo, 34:2041-2051.

PEREIRA BFF (2005) **Potencial fitorremediador das culturas de feijão-de-porco, girassol e milho cultivadas em latossolo vermelho contaminado com chumbo**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico (IAC), Campinas, SP.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: FAPI, 2006

PEREIRA, G. C. And EBECKEN, N. F. F, 2009. Knowledge discovering for coastal waters classification. **Expert Systems with Applications**, vol. 36, no. 4, p. 8604-8609.

PEREIRA, K. L.; PINTO, L. V. A.; PEREIRA, A. J. Potencial fitorremediador das plantas predominantes na área do lixão de Inconfidentes/MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, Edição Especial n. 1, p. 25-29, ago. 2013.

PERKOVICH, B. S.; ANDERSON, T. A.; KRUGER, E. L.; Coats, J. R. Enhanced mineralization of [14C] atrazine in **Kochia scoparia rhizosferic soil from a pesticide-contaminated site**. Pesticide Science, v. 46, p. 391-396, 1996.

PIMENTEL, P.M. et al. **Caracterização e uso de xisto para adsorção de chumbo (II) em solução**. Cerâmica, São Paulo, v. 52, p.194-199, 2006.

PIRES, F. R. et al. 2003. Seleção de plantas tolerantes ao tebuthiuron e com potencial para fitorremediação. **Revista Ceres**, 50(291):583-594.

PRANDINI, F. L.; D'ALMEIDA, M. L. O.; JARDIM, N. S.; MANO, V. G. T.; WELLS, C.; CASTRO, A. P. de; SCHNEIDER, D. M. O gerenciamento integrado do lixo municipal. In: D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, 1995. cap. 1.

PROCÓPIO SO, PIRES F. R, SANTOS J. B, SILVA A. A. **Fitorremediação de Solos com Resíduos de Herbicidas**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú, 2009b.

PROGEA Engenharia e Estudos Ambientais. Volume TEXTO - **Estudos de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA para o Parcelamento Urbano Intitulado Zona Habitacional de Interesse Social e Público – ZHISP, Vila Estrutural, Região Administrativa do Guará RA X**. TERRACAP. Dez/2003.

RAMOS, M. G. **Recuperação de Ecossistemas Florestais**. Apostila Florestal n. 13, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-Epagri. Itajaí, Ed. EPAGRI, p 35. 2000.

RASKIN, I.; ENSLEY, B. Phytoremediation of toxic metals - using plants to clean up the environment. **Plant Science**, Alabama, v. 160, p. 1073 – 1075, 2000.

RELATÓRIO DE ATIVIDADES SLU. Janeiro a setembro de 2018. Disponível em <<http://www.slu.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Relat%C3%B3rio-de-Atividades-Janeiro-a-Setembro-%C3%9Altima-Vers%C3%A3o-17.12.2018.pdf>> Acesso em: 23 abril. 2019.

RESENDE, Á. V. de; KONDO, M. K. **Leguminosas e recuperação de áreas degradadas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 46-56, maio/jun., 2001.

RIBEIRO, M. A. C. **CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR METAIS PESADOS**. 2013. Dissertação (Mestrado Engenharia do Ambiente – Gestão e Ordenamento Ambiental) - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Faculdade de engenharia, 2013.

RODRIGUES, R.R. & GANDOLFI, S. 2001. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares**.

ROGALSKI, j. b. (2009). **sucessão e manutenção da diversidade biológica e da variabilidade genética: ferramentas básicas para a restauração ambiental**.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais / Carlos Cesar Ronquim. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010

26 p.: il. (**Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 8). ISSN 1806-3322

ROTH, B. W.; ISAIA, E. M. B. I.; ISAIA, T. **Destinação final dos resíduos sólidos urbanos. Ciência e Ambiente**, n. 18, p. 25-40, jan. /jun. 1999.

RUIZ H. A. Incremento da Exatidão da Análise Granulométrica do Solo Por Meio da Coleta da Suspensão (Silte + Argila). **R. Bras. Ci. Solo**, 29:297-300, 2005.

SANTANA, O. A. et al. 2008. Nutrientes e metais no solo e em árvores de Cerrado adjacentes a um aterro sanitário. **Cerne**, 14(3): 212-219.

SANTANA, O.A.; IMAÑA – ENCINAS, J.M. **Modelo espacial de contaminação do solo e do lençol freático do Aterro do Jockey Club para o Parque Nacional de Brasília, Brasília-DF**. Cartografia Geotécnica e Geoambiental (Conhecimento do Meio Físico) ISBN:85-984506-06-X. 2004.

SANTOS, C. F.; NOVAK, E. Plantas nativas do Cerrado e possibilidades em fitorremediação. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 1, p. 67-78, 2013.

SANTOS, G. C. G.; ABREU, C. A.; CAMARGO, O. A.; ABREU, M. F. **Pó de aciaria como fonte de zinco para o milho e seu efeito na disponibilidade de metais pesados**. *Bragantia*, Campinas, v.61, n.3, p. 257-266, 2002.

SANTOS, P.C.V. **Estudos da Contaminação de Água Subterrânea por Percolado de Aterro de Resíduos Sólidos – Caso Jockey Club-Df. 1996**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF. 1996.

SCHROEDER, J. **Plantas poderão limpar áreas contaminadas com metais pesados**. Pesquisadores da Universidade da Califórnia (Estados Unidos), 2003.

SILVA JÚNIOR, M. C., 100 árvores do cerrado – sentido restrito: guia de campo/ Manoel Cláudio da Silva Júnior – Brasília, Ed. **Rede de Sementes do Cerrado**, 304p. 2012.

SILVA JÚNIOR, M. C., +100 árvores do cerrado – Matas de Galeria: guia de campo/ Manoel C. da Silva Júnior & Benedito A. da Silva Pereira – Brasília, Ed. **Rede de Sementes do Cerrado**, 288p. 2009.

SILVA, M. A. **Aplicação de Lógica Nebulosa para Previsão do Risco de Escorregamentos de Taludes em Solo Residual**. Rio de Janeiro: UERJ, 2008-a, 150 p. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil.

SILVA, R. F. 2007. **Tolerância de espécies florestais arbóreas e fungos ectomicorrízicos ao cobre**. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 134p.

SILVA, T. J.; HANSTED, F.; TONELLO, P. S.; GOVEIA, D. Fitorremediação de Solos Contaminados com Metais: Panorama Atual e Perspectivas de uso de Espécies Florestais. **Rev. Virtual Quim.**, 2019, 11 (1), no prelo. Data de publicação na Web: 4 de fevereiro de 2019 <http://rvq.s bq.org.br>.

SIMÃO, J. B. P.; SIQUEIRA, J. O. **Solos contaminados por metais pesados: características, implicações e remediação**. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 210, p. 18 – 26, 2001.

SNUC. (2000). Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza – SNUC. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>> acesso: 17 de maio. 2019

SPOSITO, G. **The Chemistry of Soils**. Oxford University Press: New York.1989. 290 p.

SULMON, C. et al. **Sucrose amendment enhances phytoaccumulation of the herbicide atrazine in Arabidopsis thaliana**. *Environmental Pollution*, v. 145, n. 2, p. 507-515, 2007.

SUZUKI, E. Y.; TAIOLI, F.; RODRIGUES, C. L. Avaliação do comportamento geoquímico do solo da região do lixão de Ilhabela - SP. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 67-76, 2005.

SWAINE, D.J. & MITCHELL, R.L., 1960, “Trace elements distributions in soil profile”. *J. Soil Sci.*, 11, pp. 347-367.

TAVARES, S. R. L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos/** Sílvio Roberto de Lucena Tavares. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G. **Solid wastes: engineering principles and management.** Issues. Tokyo: McGraw-Hill, 1977.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S.A. (1993). **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues.** McGraw-Hill, Inc., 978p.

TENÓRIO, E. C. **Gramíneas usadas na conservação dos solos. Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas Agronômicas,** Recife: IPPA, 1970. 22 p.

TOLEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, S.M.B. & MELFI, A.J., 2000, “Intemperismo e formação do solo”. In: TEXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F., eds. **Decifrando a terra.** São Paulo, Oficina de Textos, pp.139-166.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A. J. 1998. Disposição de resíduos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. (Org.). **Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia,** p. 343-360.

UMOREM, I. U.; UDOH, A. P.; UDOSORO, I. I. **Concentration and chemical speciation for the determination of Cu, Zn, Ni, Pb and Cd refuse dump soils using the optimized BCR sequential extraction procedure.** The Environmentalist, v.27, n. 2, p.241-252, 2007.

URBANSKA, K. M. Safe sites: interface of plant population ecology and restoration ecology. In: URBANSKA, K.M.; WEBB, N. R.; EDWARDS, P. J. (orgs). **Restoration ecology and sustainable development.** Cambridge: Cambridge University Press, 2004. p.81-110.

VENDRUSCULO, D. **Seleção de plantas para fitorremediação de solo contaminado com cobre.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria/RS. 57p. 2013.

VOSE, J. M. et al. Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. **International Journal of Phytoremediation**, v. 2, p. 53-73, 2000.

ZEITOUNI, C.F., 2003, **Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico**. Dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical / Gestão de Recursos Agroambientais. Instituto Agronômico de Campinas – IAC. Campinas, SP, Brasil. 91pp.