

2019-07-31

Potencial de gramíneas (poaceae) como fitorremediadoras em solo contaminado com herbicida

Vassão, Catharina Bertollini

Universidade Estadual do Norte do Paraná

VASSÃO, Catharina Bertollini. Potencial de gramíneas (poaceae) como fitorremediadoras em solo contaminado com herbicida. Orientador: Ana Maria Conte. 2019. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2019.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/494>

Baixado de Repositório Institucional UENP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

CAMPUS LUIZ MENEGHEL

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CATHARINA BERTOLLINI VASSÃO

**POTENCIAL DE GRAMÍNEAS (Poaceae) COMO
FITORREMEIADORAS EM SOLO CONTAMINADO COM
HERBICIDA**

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2019

CATHARINA BERTOLLINI VASSÃO

**POTENCIAL DE GRAMÍNEAS (Poaceae) COMO
FITORREMEIADORAS EM SOLO CONTAMINADO COM
HERBICIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria Conte

BANDEIRANTES, PR, BRASIL

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

B337p Bertollini Vassão, Catharina
POTENCIAL DE GRAMÍNEAS (Poaceae) COMO
FITORREMIADORAS EM SOLO CONTAMINADO COM HERBICIDA
/ Catharina Bertollini Vassão; orientadora Ana Maria
Conte - Bandeirantes, 2019.
45 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade
Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. fitorremediação. 2. herbicidas. 3. contaminação
de solo. I. Conte, Ana Maria , orient. II. Título.

CATHARINA BERTOLLINI VASSÃO

**POTENCIAL DE GRAMÍNEAS (Poaceae) COMO
FITORREMEIADORAS EM SOLO CONTAMINADO COM
HERBICIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz
Meneghel*.

Aprovada em:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof ^ª . Dra. Ana Maria Conte	UENP/CLM
Prof Dr. Francisco Carlos Mainardes da Silva	UENP/CLM
Prof ^ª . Dr Claudinei Paulo de Lima	FIO/OURINHOS
Prof. Dra. Juliana Aparecida de Souza	CEEPA/FERNANDO COSTA
Prof. Dr. Leopoldo Sussumu Matsumoto	UENP/CLM

Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria Conte

Orientadora
UENP CLM

AGRADECIMENTOS

À Deus e toda força inexplicável que me rege, pela vida e por todos os momentos em que mesmo afastada Ele me pegou pela mão e venceu comigo todas as lutas diárias enfrentadas. À Maria, nossa senhora, e minha Santa Catarina, por sempre passarem na frente abrindo caminhos e pela proteção dirigida a mim.

Agradeço ao meu pai, Clauzer Tognetti por todo apoio e carinho dedicados a mim ao longo dos anos.

À Dona Ana Bertollini, minha melhor amiga que ao mesmo tempo é minha mãe, a minha eterna gratidão, por toda paciência, todo esforço e todo amor depositados no meu coração. Por todas as conversas, desabafos e principalmente pela cumplicidade de termos a melhor relação afetiva existente no mundo todo. Obrigada por estarmos juntas sempre.

Em especial à minha dinda, fiel torcedora e segunda mãe Maria Teresa Bertollini, que sempre com toda paciência do mundo me ouviu e ajudou com seus conselhos e suas conversas. Ao meu dindo, artista e homem incrível Carlos Guimarães por estar presente em mais uma etapa, pelo incentivo e carinho: obrigada.

Ao meu irmão, Matheus Henrique, pelo companheirismo e pela parceria de todos os anos sempre disposto e pronto a me ajudar no que precisasse. Obrigada por me mostrar que se vence uma batalha por dia e por ser peça indispensável dessa coisa louca que chamamos de vida.

Ao meu sobrinho, José Henrique que muito pequeno já sabe ser dono do sorriso mais lindo do mundo inteiro, e que mal sabe que é o amor da minha vida.

À ajuda incondicional da minha querida orientadora, Prof^{ra} Dr^a. Ana Maria Conte que com sabedoria extrema, paciência gigante me orientou até aqui.

À minha parceira de projeto, Bruna Fávaro, pela compreensão e amizade trilhada nesses dois anos aprendendo a conviver e trazendo sempre a certeza que podíamos contar uma com a outra em momentos onde achávamos que as coisas iriam desmoronar.

Aos amigos do mestrado, Rangel, Baiá, Jorge, André, Bonetti e a Aline: obrigada pelos momentos e pela amizade. A todos os professores, colaboradores e funcionários da UENP CLM, especialmente a Soninha e Gil, pelas conversas, ajuda, carinho e pelos cafezinhos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa do mestrado.

Aos amigos de sempre de Jundiaí, Matheus, Agatha, Josué, Rafael e Andrezza, por estarem comigo há mais anos do que posso contar. Por serem peças indispensáveis, cada um em sua particularidade, mas todos dando à frase “ter alguém pra quem voltar” o sentido mais bonito e sincero. Obrigada por aguentarem minhas ausências na maioria dos dias, mas grata sou por me mostrarem que não importa quanto tempo não nos vemos, nada muda!

À República Sua Mãe – CP e seus moradores Ricardo, Guilherme, Eduardo, Fábio e João, por terem sido um porto seguro em momentos de saudades, e desespero durante esse período. Rica, obrigada por sempre ter me oferecido a mão e por toda ajuda, por dividir momentos que jamais serão esquecidos. Guilherme vulgo Sombra, obrigada por ter estado do meu lado dividindo momentos incríveis e com conversas que salvam um dia inteiro. Fábio, gratidão! Por tudo, cada conversa, cada janta e cada momento dividido. Du, obrigada por me oferecer sempre mais do que é necessário e ser companheiro das loucuras. João, obrigada por aguentar minhas crises emocionais e por sempre conseguir dizer a coisa certa, obrigada pelos rolês, momentos, jantas e brigadeiros. Obrigada meninos, por fazerem mais leve esse período e darem significado àquela frase: ter com quem contar.

Aos meus pilares de Bandeirantes, Nany, Pri e Ket, obrigada por todos os momentos compartilhados e por todo carinho recíproco. Impossível seria resumir qualquer um dos dois, a gratidão em ter vocês é mais do que gigantesca.

À casa lar e seus agregados que me acolheram com coração aberto e dispostos a ajudar e aguentar minhas mudanças de humor cotidianas dessa etapa final. Laryssa, Rafaella, Lennin, Jean e Kaue, obrigada por terem feito diferença nesses dias.

Por fim, um agradecimento especial ao meu irmão caçula, Fernando - que papai do céu levou cedo demais- por ter se tornado o meu anjo da guarda e por ter cuidado de cada coisa que estava por vir na minha vida. Ao meu avô Natal Bertollini, por ter me deixado de herança o melhor presente do mundo (o bom humor) e mesmo após ter partido continuou me ajudando mais e mais, e espero que esteja vendo mais essa etapa.

MUITO, MUITO OBRIGADA!

VASSÃO, Catharina Bertolini. **Potencial de gramíneas (*poaceae*) como fitorremediadoras em solo contaminado com herbicida**. 2019. 55p. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2019.

RESUMO

O processo de remediação de solos contaminados se refere à redução dos teores de contaminantes a níveis seguros e compatíveis com a proteção à saúde humana e ambiental, podendo ocorrer de forma física, química ou biológica. Resíduos de picloram podem permanecer no solo por um longo período após seu uso, oferecendo risco de contaminação e fitointoxicação de espécies susceptíveis. Diante disto, a fitorremediação pode representar uma opção para a descontaminação de áreas que sofreram intensas aplicações deste herbicida. O presente trabalho, teve por objetivo avaliar o potencial remediador das espécies comerciais *Zea mays*, *Oryza sativa*, *Sorghum bicolor*, *Pennisetum americanum*, *Avena sativa*, com relação ao herbicida picloram, utilizando-se a soja (*Glycine max*) como planta bioindicadora. O experimento foi instalado em casa-de-vegetação na Fazenda Escola Professor Dr. Eduardo Meneghel Rando, em delineamento blocos casualizados ao acaso em esquema fatorial 2x3x6 e os tratamentos compreenderam a combinação entre as cinco espécies citadas, além da testemunha, e três doses de Picloram (testemunha 0 L ha⁻¹, 3 L ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹) e duas texturas de solo, uma média e outra muito argilosa. Foram avaliadas a altura de plantas, número de folhas, diâmetro de haste, fitotoxicidade ao Picloram e biomassa fresca e seca da parte aérea e de raiz. Os resultados permitiram concluir que as gramíneas tiveram melhor desenvolvimento na ausência do herbicida e que as espécies avaliadas não foram suficientes para que a soja não sofresse de fitotoxicidade afirmando a necessidade de mais estudos para afirmar o potencial remediador dessas plantas.

Palavras-chave: Picloran (Nortox ®); poluição do solo; remediação de solos.

VASSÃO, Catharina Bertolini. **Potential of grasses (*poaceae*) as phytoremediation agents in soil contaminated with herbicide.** 2019. 55p. Dissertation in Agronomy-Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2019.

ABSTRACT

The process of remediation of contaminated soils refers to the reduction of the levels of contaminants to levels that are safe and compatible with the protection of human and environmental health, and may be of a physical, chemical or biological form. Pastes of picloram can remain in the soil for a long period after its use, offering risk of contamination and phytotoxication of susceptible species. In view of this, phytoremediation may represent an option for the decontamination of areas that have undergone intense applications of this herbicide. The objective of this study was to evaluate the potential of *Zea mays*, *Oryza sativa*, *Sorghum bicolor*, *Pennisetum americanum*, *Avena sativa*, with regard to the herbicide picloram, using soybean (*Glycine max*) as bioindicator plant. The experiment was carried out in a greenhouse at the Professor Eduardo Meneghel Rando School Farm, and the treatments were composed of a combination of the five species mentioned above, plus three doses of Picloram (control 0 L ha⁻¹, 3 L ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹) and two soil textures, one medium and one very clayey. Plant height, leaf number, stem diameter, Picloram phytotoxicity and fresh and dry shoot and root biomass were evaluated. The results allowed to conclude that the grasses had a better development in the absence of the herbicide and that these were not enough so that the soybean did not suffer from phytotoxicity affirming the need for further studies to affirm the remedial potential of these plants.

Key - words: Picloran (Nortox ®); ground pollution; soil remediation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicação do herbicida.....	17
Figura 2 - Aspecto geral e acompanhamento do experimento	18
Figura 3 - Avaliação de altura de plantas	18
Figura 4 - Avaliação do diâmetro da haste.....	19
Figura 5 - Balança de precisão e acondicionamento dos sacos de papel em estufa de circulação forçada.....	19
Figura 6 - Avaliação de altura de plantas. Fonte: Arquivo pessoal.	21
Figura 7 - Avaliação de diâmetro de haste	21
Figura 8 - Avaliação de comprimento de raíz . Fonte: Arquivo pessoal	22
Figura 9 - Acondicionamento das plantas em saco de papel para avaliação de massa fresca e seca. Fonte: Arquivo pessoal.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de toxicidade dos produtos químicos	2
Tabela 2 - Análise química de rotina e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO- textura muito argilosa – Bandeirantes/PR, após correção.....	16
Tabela 3 - Análise química de rotina e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO– textura média - Ribeirão do Pinhal/PR, após correção.	16
Tabela 4 - Adubação de semeadura realizada de acordo com a demanda de cada cultura.	17
Tabela 5 - Adubação de semeadura da cultura bioindicadora soja (<i>Glycine max</i>) em Kg ha ⁻¹	20
Tabela 6 - Altura de planta (cm pl ⁻¹) nas diferentes texturas de solo e doses de herbicida para as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.	24
Tabela 7 - Diâmetro de haste (mm pl ⁻¹) nas diferentes texturas de solo e doses de herbicida para culturas as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.	24
Tabela 8 - Número de folhas e perfilhos, nas diferentes texturas de solo, para as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.	25
Tabela 9 - Massa fresca (g pl ⁻¹) nas diferentes texturas de solo, para as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.	26
Tabela 10 - Massa seca (g pl ⁻¹) nas diferentes texturas de solo, para as cultura utilizadas para potencial fitorremediador.	27
Tabela 11 - Parâmetros avaliados da planta bioindicadora soja (<i>Glycine max</i>) em solo de textura média.	28
Tabela 12 - Parâmetros avaliados da planta bioindicadora soja (<i>Glycine max</i>) em solo de textura muito argilosa.	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Contaminação e impacto ambiental.....	2
2.1 Contaminação de solos	2
2.2 Conceitos gerais de fitorremediação.....	4
2.3 Tipos de fitorremediação	4
2.3.1 – Fitoextração.....	5
2.3.2 – Fitodegradação.....	5
2.3.3 – Fitovolatilização.....	6
2.3.4 – Fitoestimulação.....	6
2.3.5 – Fitoestabilização.....	7
2.4 Fitorremediação de solos salinizados por vinhaça.....	7
2.5 Fitorremediação de solos contaminados por herbicidas.....	8
2.5.1 – Picloram.....	9
2.5.2 – Mecanismo de ação mimetizadores de auxina.....	10
2.6 Fitorremediação de solos contaminados por hidrocarbonetos e metais pesados.....	10
2.7 Fitorremediação de solos em ambientes protegidos.....	12
2.8 Plantas bioindicadoras.....	12
3. ARTIGO: DESENVOLVIMENTO DE GRAMÍNEAS (<i>Poaceae</i>) EM DIFERENTES TEXTURAS DE SOLO, CONTAMINADOS COM HERBICIDA: AVALIAÇÃO DE POTENCIAL FITORREMEIADOR	13
3.1 Introdução.....	15
3.2 Material e métodos.....	16
3.3 Resultados e Discussão.....	23
3.4 Conclusão.....	30
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o crescimento da população mundial tem forçado o aumento da produção de alimentos, por meio da abertura de novas fronteiras agrícolas, da intensificação de uso do solo, da adoção de tecnologia como utilização de fertilizantes, variedade melhoradas, plantios adensados, defensivos agrícolas entre outros. (OLIVEIRA; BRIGHENTI, 2011)

A fitorremediação é uma tecnologia que se utiliza de espécies vegetais para a recuperação de solos degradados, podendo ser também conceituada como o uso de plantas e seus microrganismos associados, para tratamento de solo, água ou ar contaminado. Surgiu recentemente com potencial para tratamento eficaz de uma larga escala de poluentes orgânicos e inorgânicos (ROCHA, 2016). Pilon-Smits (2005), define a fitorremediação como um processo natural onde plantas e microorganismos sequestram, degradam ou imobilizam os poluentes do solo.

A permanência do herbicida no solo, após a sua aplicação, pode determinar a eficácia no controle de plantas daninhas, sendo denominada período residual. Contrariamente, pode determinar problemas, tais como: danos à cultura subsequente e o risco de contaminação ambiental, sendo, então, denominada persistência (ROSS; LEMBI, 1999)

Em países de clima temperado, o potencial da fitorremediação é limitado por fatores climáticos, e é também nessa região onde se encontra a maior parte de estudos utilizando plantas para recuperar áreas contaminadas. No Brasil, o conhecimento acerca do potencial fitorremediador das várias espécies de plantas e comunidades microbianas em solos tropicais é ainda muito escasso dificultando assim sua utilização segundo Marques et al., (2011).

Este trabalho teve por objetivo analisar o desenvolvimento de gramíneas (poáceas) de interesse comercial em solos contaminados por herbicida, para averiguar se estas espécies apresentam potencial de remediação e também se a textura do solo interfere de maneira direta nesse processo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contaminação e impacto ambiental

A degradação do meio ambiente tem conseqüências em longo prazo e seus efeitos podem ser irreversíveis. O lançamento de resíduos na atmosfera, na água ou no solo, caracteriza poluição ambiental (NASCIMENTO, 1996). A poluição do meio ambiente tornou-se, especialmente nas últimas décadas, assunto de interesse público que afeta tanto os países desenvolvidos como as nações em desenvolvimento.

A produção agrícola pode ser afetada por diversas pragas, como insetos, patógenos e plantas invasoras. Para combater estes organismos, são utilizados produtos químicos, como inseticidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, bactericidas e herbicidas. (ALVES FILHO, 2002; SANTOS e PHYN, 2003).

Segundo Veiga et al (2006), a aplicação de defensivos agrícolas pode contaminar o solo e os sistemas hídricos, acarretando uma degradação ambiental que teria como consequência prejuízos à saúde e alterações significativas nos ecossistemas. Uma vez utilizados na agricultura, os defensivos agrícolas podem seguir diferentes rotas no ambiente (LAABS et al, 2002).

Segundo Gonsalves (2001), quando utilizados inadequadamente, em excesso os defensivos agrícolas podem acarretar, ainda, riscos à saúde dos aplicadores e dos consumidores, causando diversas intoxicações. Órgãos de pesquisa classificaram a toxicidade dos produtos químicos em classes variando de I a IV como ilustrada na Tabela 1 (EMBRAPA, 2017).

Tabela 1- Classificação de toxicidade dos produtos químicos

Classe toxicológica	Toxicidade	DL50% (mg/Kg)	Faixa Colorida
I	Extremamente tóxico	≤5	Vermelha
II	Altamente tóxico	Entre 5 e 50	Amarela
III	Mediamente tóxico	Entre 50 e 500	Azul
IV	Pouco tóxico	Entre 500 e 5000	Verde

Fonte: EMBRAPA (2017).

2.2 Contaminação de solos

O solo e a água são recursos naturais indispensáveis à sobrevivência da vida no planeta Terra, sendo a produção de alimentos dependente destes bens. (STEFFEN; STEFFEN; ANTONIOLLI, 2011). Segundo Marques et al., (2011), um dos graves problemas

resultantes da industrialização é a contaminação desses recursos com elementos e compostos químicos perigosos. Essa contaminação pode ocorrer por disposição e derrame proposital ou acidental de resíduos provenientes de atividades agrícolas, industriais, domésticas ou por deposição atmosférica, que modificam as características naturais do solo, produzindo impactos e limitando seus usos.

Os termos contaminação e poluição apresentam diferentes significados. Um ambiente é considerado contaminado por algum elemento, quando houver aumento de suas concentrações em relação às concentrações naturais, enquanto que um ambiente é considerado poluído quando as concentrações de um determinado elemento se encontram em níveis que afetam os componentes bióticos do ecossistema, comprometendo sua funcionalidade e sustentabilidade (STEFFEN; STEFFEN; ANTONIOLLI, 2011)

O solo e as águas superficiais e subterrâneas podem ser contaminados e, posteriormente, poluídos por íons ou compostos de natureza orgânica ou inorgânica oriundos da deposição de substâncias e/ou compostos alóctones ao ambiente. Entre os contaminantes inorgânicos, encontram-se os oriundos das práticas agrícolas como o nitrato, o fosfato, os metais pesados, além dos resíduos industriais provindos da fabricação de tintas, fertilizantes, produtos farmacêuticos, resíduos da atividade de termelétricas, mineração e metalurgia. Os contaminantes de natureza orgânica mais comuns são os defensivos agrícolas, os lodos de estações de tratamento de efluentes, resíduos petroquímicos, lixo doméstico, resíduos de agroindústrias de curtumes, entre outros (COSTA, 2004).

Segundo Camargo (2007), o solo tem capacidade de absorver grandes quantidades de contaminantes sem sofrer transformações, porém com o passar do tempo essas transformações, são quase sempre irreversíveis e os danos causados se tornam de difícil recuperação.

A contaminação é considerada quando ocorre qualquer acúmulo, deposição ou até mesmo substâncias que são enterradas, infiltradas ou lixiviadas de forma natural, planejada ou acidental. Os contaminantes ou poluentes são encontrados em diferentes locais do meio ambiente, como solo, sedimentos, rochas ou em corpos hídricos, como em águas superficiais e subterrâneas (CETESB, 2001).

Augusto et al. (2012), relata a ocorrência de duas mudanças na produção rural, a primeira e importante mudança tecnológica foi a mecanização para a atividade agrícola e a segunda mudança ocorreu na década de 1930 com a introdução de insumos químicos no campo.

2.2 Conceitos gerais de fitorremediação

A remediação de uma área contaminada consiste na aplicação de diferentes medidas de contenção e tratamento do material contaminado para o saneamento da área. Ela pode ser química, física ou biológica. (PROCÓPIO, 2009). A fitorremediação é o uso de plantas e comunidades microbianas associadas à rizosfera para degradar, isolar ou imobilizar contaminantes do solo e água. É uma técnica de custo relativamente baixo, vantagens estéticas e que não gera impactos adicionais (MARQUES et al., 2011).

Os contaminantes que podem ser alvos da fitorremediação compreendem compostos orgânicos (hidrocarbonetos derivados do petróleo, solventes clorados, pesticidas), compostos inorgânicos (nitratos, sulfatos, cianetos), explosivos, metais pesados, radionuclídeos e lixiviados de aterro sanitário, e que se encontram até 20 metros de profundidade (SUSARLA; MEDINA; MCCUTECHION, 2002). Uma planta boa remediadora deve ser capaz de crescer na presença do contaminante e sobreviver sem diminuir sua taxa de crescimento, apesar da captura do contaminante e do seu acúmulo (PAJEVIC et al., 2009).

O sucesso no uso da fitorremediação para a descontaminação do solo contendo contaminantes orgânicos está relacionado à habilidade que o solo possui em absorvê-los e sequestrá-los, conforme a matriz do solo. (VASCONCELLOS; PAGLIUSO; SOTOMAIOR, 2012). A interação entre plantas, poluente e solo é o primeiro passo para a realização eficaz da técnica de fitorremediação, porém vários estudos ainda terão que ser realizados para que esta técnica seja totalmente eficaz (CABRAL, 2016).

2.3 Tipos de fitorremediação

A fitorremediação, dependendo da técnica a ser empregada, da natureza química ou das propriedades do poluente, pode remediar solos contaminados mediante as seguintes estratégias: fitoextração, fitodegradação, fitovolatilização, fitoestimulação e fitoestabilização. (SILVA, 2012)

2.3.1 Fitoextração

A Fitoextração envolve a absorção dos contaminantes pelas raízes, sendo armazenados, transportados e acumulados nas partes aéreas. É uma tecnologia emergente para despoluição de solos contaminados por metais pesados que usa plantas para transferir metais do solo para a parte aérea, a qual pode ser removida da área poluída. O principal objetivo da fitoextração é reduzir a concentração de metais em solos contaminados dentro de um período de tempo razoável. (SILVA, 2012). Para o sucesso desta técnica é essencial que o solo não apresente altos níveis de contaminação e que a planta seja tolerante ao metal, apresente sistema radicular abundante, possua taxa de crescimento rápido, tenha o potencial de produzir alta quantidade de biomassa no campo e acumule na parte aérea elevadas quantidades do metal (MARQUES et al., 2009).

Na fitoextração, duas abordagens podem ser utilizadas: o uso de plantas hiperacumuladoras, que tem capacidade de acumular grandes quantidades de metais e baixa produção de biomassa; ou a utilização de plantas com alta produção de biomassa com menor capacidade de acumulação de metais (NASCIMENTO et al., 2009). Assim, o objetivo da fitoextração é a limpeza in-site do meio contaminado de forma a retirar o contaminante e, se possível, reaproveitar os elementos que tenham utilidade nos processos produtivos atuais (TERRY; BAÑUELOS, 2000)

Alguns tipos de plantas usada nessa técnica podem ser encontrados no trabalho de Andrade et al. (2009), onde avaliaram a fitoextração induzida de metais pesados, com o cultivo de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber), girassol (*Helianthus annuus* L.) e grama-batatais (*Paspalum notatum* Flügge).

2.3.2 Fitodegradação

A Fitodegradação é específica para os contaminantes orgânicos que são degradados ou mineralizados dentro das células vegetais por enzimas específicas. Destacam-se as nitroreduases (degradação de nitroaromáticos), desalogenases (degradação de solventes clorados e pesticidas) e lacases (degradação de anilinas). *Populus* sp. e *Myriophyllum spicatum* são exemplos de plantas que possuem tais sistemas enzimáticos (CUNNINGHAM et al., 1996).

PARK et al. (2011), na Universidade Nacional de Pukyong na Coréia do Sul, avaliaram as espécies *Brassica campestris*, *Festuca arundinacea* e *Helianthus annuus* e os

efeitos decorrentes da adição de ácido húmico como agente potencializador na fitodegradação de hidrocarbonetos de petróleo.

2.3.3 Fitovolatilização

Fitovolatilização é o processo pelo qual as plantas são capazes de degradar poluentes orgânicos, tais como alguns íons de elementos dos grupos 2, 5 e 6 da Tabela periódica, mais especificamente, mercúrio, selênio e arsênio, que são absorvidos pelas raízes, convertidos em formas não tóxicas ou voláteis e depois liberados na atmosfera (BROOKS, 1998). Esse tipo de limpeza de ambientes pode ser utilizado para compostos orgânicos voláteis como tricloroetileno (TCE) e para os poucos inorgânicos que podem existir na forma volátil, como selênio e mercúrio. Culturas como arroz, brócolis, couves e algumas outras plantas são capazes de volatilizar selênio (PILON-SMITS, 2005).

As vantagens dessa técnica seriam: o fato de como o mercúrio poderia ser transformado em formas menos tóxicas e os contaminantes lançados na atmosfera poderiam ser sujeitos a uma degradação natural mais rápida e efetiva, sendo mais aplicada a compostos orgânicos e inorgânicos. (VASCONCELLOS; PAGLIUSO; SOTOMAIOR, 2012).

Todavia, o poluente tóxico emitido pelas plantas durante a fitovolatilização é lançado na atmosfera e poderia ser considerado fator de risco para nova fonte de poluição. Estudos realizados com selênio e mercúrio não demonstraram riscos para o ambiente de acordo com os níveis desses gases fitovolatilizados (LI et al., 2003).

2.3.4 Fitoestimulação

A degradação de poluentes orgânicos por microrganismos na rizosfera, estimulada pelas plantas, compreende o processo de fitoestimulação (LAMEGO; VIDAL, 2007). Vasconcellos; Pagliuso; Sotomaiors, (2012), apresentaram que nesse processo ocorre estímulo para a atividade microbiana, caracterizada pela liberação de aminoácidos e polissacarídeos pela raiz. Esses compostos produzidos ainda têm a capacidade de degradar outros componentes do solo, conferindo à planta, muitas vezes, aptidão rizosférica para a biorremediação, por apresentar grande concentração de microrganismos, considerada uma excelente área para a degradação de compostos orgânicos, tais como substâncias químicas aromáticas hidrofóbicas (PHAs, BTEX e compostos derivados dos fenóis).

Esse processo tem sido útil para a limpeza de ambientes contaminados por compostos orgânicos hidrofóbicos que não podem ser absorvidos pela planta, mas podem ser degradados por microrganismos como bifenilas policloradas (PCB) e outros hidrocarbonetos de petróleo (KAIMI et al., 2006)

2.3.5 Fitoestabilização

Essa técnica pode segundo Wong, (2003) ser uma alternativa de reduzir o risco de contaminação ambiental, onde as plantas são utilizadas para estabilizar o metal no solo, reduzindo sua movimentação pela erosão e percolação, a exposição aos animais e a probabilidade de serem inseridos na cadeia alimentar.

Para isso, processos como a precipitação do poluente na rizosfera por meio de humificação ou ligações covalentes irreversíveis são realizados promovendo a conversão do poluente para forma menos biodisponível. (PILON-SMITS, 2005).

As plantas adequadas para fitoestabilização devem ser tolerantes às condições de solo, desenvolver-se vegetativamente com agressividade, possuir sistema radicular com grande expansão, absorver grandes quantidades do metal imobilizando-o nas raízes, serem fáceis de estabelecer e manter em condições de campo, e ter ciclos de vida longos ou serem capazes de se auto propagar (BERTI; CUNNINGHAM, 2000, SANTIBÁÑEZ et al., 2008).

Vasconcellos; Pagliuso; Sotomaior, (2012), verificaram que o uso efetivo de plantas num tratamento de remoção de metais pesados e compostos orgânicos ainda depende da melhor compreensão dos mecanismos envolvidos, especialmente daqueles relativos a tempo e custos operacionais, para que sejam alcançados os resultados desejados.

2.4 Fitorremediação de solos salinizados por vinhaça

O uso de vinhaça em áreas agrícolas, especialmente em lavouras de cana, traz benefícios indiscutíveis tanto do ponto de vista agrônômico quanto do econômico e social (GIACHINI; FERRAZ 2009), porém segundo Da Silva et al (2007), quando aplicada em altas doses, pode acarretar efeitos indesejáveis comprometendo a qualidade da cana para produção de açúcar, e podendo acarretar a salinização do solo e poluição do lençol freático.

Aplicar doses de vinhaça acima da capacidade do solo de retenção de água pode resultar em lixiviação de elementos, podendo alcançar os lençóis freáticos e águas subsuperficiais (NICOCELLI et al., 2012).

Da Silva (2007), estudando a fitorremediação de solos salinizados constatou que para os solos que receberam doses excessivas de vinhaça o cultivo de milho foi a planta que melhor respondeu ao processo de fitorremediação.

De acordo com Marques et al., (2011), o uso de técnicas de remediação do solo, pode descontaminar áreas com excesso de vinhaça ou também isolar o material como uma alternativa à dispersão da vinhaça.

2.5 Fitorremediação de solos contaminados por herbicidas

Herbicidas com efeito residual no solo são importantes para algumas culturas, que necessitam de um longo período total de prevenção da interferência das plantas daninhas (PIRES et al., 2006). Dessa forma, apenas uma aplicação do herbicida no solo já é o suficiente para manter a cultura livre da presença das plantas daninhas até o término desse período. Por outro lado, segundo Souza et al (2001) dependendo do tipo de solo e das características dos herbicidas, essas moléculas podem ser lixiviadas para camadas mais profundas no perfil do solo, podendo atingir o lençol de água subterrâneo.

A permanência de alguns herbicidas no solo por longos períodos pode provocar o processo conhecido como *carryover*. Pode ainda apresentar maiores riscos de contaminação do ambiente, seja por lixiviação, volatilização e erosão. O solo é o destino final dos produtos químicos usados na agricultura (Mancuso et al. 2011). Inoue et al., 2008 e Oliveira JR. et al., 2011 observaram que o comportamento dos herbicidas no solo é complexo, pois ao entrarem em contato com o solo, os herbicidas estão sujeitos a processos biológicos, físicos e químicos que regulam o destino dos mesmos no ambiente.

O herbicida sulfentrazone, amplamente utilizado para o controle de *Cyperaceae*, pode persistir no solo por até 704 dias, quando utilizado no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (BLANCO; VELINI; BATISTA FILHO, 2010). Além disso o sulfentrazone é classificado como móvel no solo e tem um alto potencial de lixiviação, tanto vertical (para a água subterrânea) quanto horizontal (MARTINEZ et al., 2008), principalmente por sua baixa afinidade pela matéria orgânica.

O tebuthiuron é um herbicida que pode causar impacto ambiental, por apresentar longo efeito residual no solo (APPROBATO FILHO et al., 1988) e também pela possibilidade de contaminação de lençol de água subterrâneo (DORNELAS DE SOUZA et al., 2001). Por essas razões, torna-se importante o estudo de técnicas que possibilitem a redução de seus níveis no solo.

Segundo Knuteson et al. (2002), foi observada fitotoxicidade em culturas sensíveis implantadas após a utilização de herbicidas, cujo efeito residual variava de alguns meses até três anos ou mais. Esse fenômeno tem sido observado com diversos herbicidas e, nessa situação, é possível e recomendável o emprego de espécies vegetais na descontaminação do solo.

Santos et al., (2006) relata que o aumento da densidade populacional das plantas em determinada área pode proporcionar maior volume de raízes e de solo explorado, podendo resultar em incremento da absorção ou degradação do contaminante.

2.5.1 – Picloram

Diversas moléculas herbicidas surgiram, com características físico-químicas que propiciam funcionalidades diferenciadas e comportamentos ambientais distintos (ARMAS; MONTEIRO 2005), sendo as principais razões da utilização dessas moléculas o seu custo, a alta seletividade desses produtos às culturas e sua eficiência no rendimento operacional (PROCÓPIO et al. 2009).

Dentre essas moléculas, destaca-se o picloram (ácido 4-amino 3,5,6 tricloro-2-piridinacarboxílico), utilizado no controle de plantas daninhas dicotiledôneas arbustivas e arbóreas em pastagens (RODRIGUES; ALMEIDA 2011). Esse herbicida pertence ao grupo dos mimetizadores de auxinas, ou reguladores de crescimento, que atuam provocando distúrbios no metabolismo dos ácidos nucleicos, aumentando, assim, a atividade enzimática e a destruição do floema, bem como causando alongamento celular, turgescência e rompimento das células (CARMO et al. 2008).

Em relação aos demais herbicidas registrados no Brasil, o picloram se destaca por apresentar alto período de atividade residual no solo (SANTOS et al. 2007), característica responsável pelo impedimento do cultivo a curto prazo de várias espécies agrícolas não seletivas ao mesmo (PROCÓPIO et al. 2009), como, também, pelo alto risco de contaminação do lençol freático (BOVEY; RICHARDSON 1991).

2.5.1 – Mecanismo de ação mimetizadores de auxina

Os herbicidas pertencentes ao grupo O segundo a classificação internacional do HRAC (Comitê de Ação à Resistência de Herbicidas) possuem como mecanismo de ação a mimetização de auxinas, também são conhecidos por reguladores de crescimento, auxinas sintéticas ou herbicidas hormonais, em função da similaridade estrutural com a auxina natural das plantas. Este grupo tem grande importância histórica, uma vez que o 2,4-D foi o primeiro composto orgânico sintetizado pela indústria utilizado como herbicida seletivo (SENSEMAN, 2007).

Os herbicidas auxinas sintéticas se classificam em quatro grupos químicos (ácido benzoico, ácido fenoxicarboxílico, ácido carboxílico e ácido quinolino carboxílico). Atuam como reguladores do crescimento vegetal, e o efeito mais evidente induzido por esses herbicidas é sua interferência na divisão e alongação celular, em virtude do desbalanço hormonal que promovem nas células com o aumento da biossíntese de etileno, giberelinas, citocininas e ácido abscísico. Isso leva a um crescimento desordenado do tecido vegetal, especialmente de tecidos maduros, que retornam às atividades meristemáticas com a inibição da divisão celular em meristemas primários (OLIVEIRA; CONSTANTIN, 2011). Esses efeitos são decorrentes da ação inicial desses herbicidas, que envolvem a acidificação da parede celular, alteração de sua plasticidade e impacto no metabolismo de ácidos nucleicos. Logo após a aplicação dos herbicidas auxínicos, estes se ligam a proteínas receptoras específicas nas membranas celulares, causando efeitos em curto prazo e em longo prazo.

No caso dos herbicidas mimetizadores da auxina, as gramíneas são, em grande parte, tolerantes a herbicidas deste grupo. As gramíneas que eventualmente são afetadas desenvolvem enrolamento de folhas e formação anormal de estruturas vegetativas reprodutivas. De modo geral, a tolerância das gramíneas é determinada por um somatório de fatores: a penetração nestas plantas é muito baixa e a sua translocação pelo floema é limitada, por causa de estruturas anatômicas como nós e meristema intercalar, os quais favorecem reações de conjugação (OLIVEIRA; CONSTANTIN, 2011).

2.6 Fitorremediação de solos contaminados por hidrocarbonetos e metais pesados

Nas últimas décadas, a temática da descontaminação e da remediação de solos e da água subterrânea vem adquirindo significativa importância frente aos avanços da legislação ambiental no Brasil e no mundo. Neste contexto, a contaminação por hidrocarbonetos petrolíferos perfaz um dos enfoques mais debatidos, visto o crescente conhecimento científico acerca dos prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente decorrentes de compostos comumente utilizados na sociedade moderna, tais como os pertencentes do grupo BTEX (benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno), os hidrocarbonetos poli-aromáticos (HPA), as bifenilas policloradas (PCB), metais, compostos orgânicos voláteis (COV) dentre outros. Em virtude desta conjuntura, diversas abordagens técnicas quanto à remediação de solos e águas subterrâneas vêm sendo desenvolvidas, englobando tanto soluções de ordem física, como também química e biológica. (ESTEVEZ, 2012)

A presença de metais pesados é um dos fatores que pode limitar o uso do solo para fins produtivos e além destes serem tóxicos para as culturas eles podem entrar na cadeia trófica, podendo vir a ser tóxicos para animais e o homem.

Segundo Santos (1999), os metais pesados podem estar dispostos no solo em diferentes formas. Sua distribuição é influenciada pelas seguintes propriedades do solo: pH, potencial redox, textura, composição mineral, características do perfil, componentes orgânicos do solo e na solução, presença de outros metais pesados, temperatura do solo, conteúdo de água e outros fatores que afetam a atividade microbiana. Estes fatores que afetam a distribuição dos metais pesados no sistema solo controlam a sua disponibilidade, mobilidade do meio e disponibilidade às plantas.

Dentre os metais pesados, o Chumbo (Pb) tem-se destacado como um dos maiores poluentes do meio, o que pode ser atribuído, principalmente, ao seu largo uso industrial nas indústrias extrativa e petrolífera (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2000). No solo, os metais pesados tendem a ligar-se fortemente às argilas e outras partículas, concentrando-se e acumulando-se nas camadas superiores.

A contaminação do solo com Pb pode acarretar uma série de problemas ambientais, como a toxidez direta para microrganismos, animais e humanos (HUANG; CUNNINGHAM, 1996; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2000). Assim, a reabilitação de solos contaminados com esse elemento é muito importante pelo fato desses contaminantes exercerem grande pressão sobre o equilíbrio e qualidade dos ecossistemas.

2.7 Fitorremediação de solos em ambientes protegidos

O cultivo protegido é umas das opções para uma agricultura de produção elevada além de um controle mais eficiente de pragas, doenças e aplicações de tecnologias adequadas para produção. (SILVA, 2012)

Águas de má qualidade e adição de fertilizantes com alto índice salino são as principais causas de acúmulo de sais em solo sob cultivo protegido (SILVA, 2002). Estudos de Eloi et al. (2007), mostraram que o manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas dosagens e a inexistência de chuvas promotoras de lixiviação, para o excesso de sais aplicados via água de irrigação podem trazer, como consequência, a salinização dos solos em ambiente protegido. Além do uso da irrigação para minimizar os efeitos da salinidade em ambientes protegidos, estudam-se técnicas de fitorremediação dos solos.

2.8 Plantas bioindicadoras

Para estimar a qualidade do solo, atualmente são utilizados diversos tipos de indicadores tais como: fauna, flora e microbiota do ambiente em questão. A escolha de indicadores de qualidade dos ecossistemas está baseada no modelo da prática da medicina humana e animal, que segue uma sucessão de passos, como a identificação dos sintomas, medida dos sinais vitais, realização de um diagnóstico provisório, aplicação de testes para comprovação do diagnóstico, prognóstico e prescrição do tratamento. Esta analogia possibilitou que um conjunto de atributos do solo fosse relacionado e adotado para avaliar a sua qualidade, unificando metodologias e procedimentos estabelecidos anteriormente para avaliar mudanças na capacidade produtiva deste recurso natural.

Quando a fitorremediação é feita a fim de se retirar defensivos agrícolas como herbicidas por exemplo, a maioria dos autores utiliza uma espécie específica que seja sensível à molécula do herbicida em questão.

Assis et al (2010), Carmo et al (2008) entre outros pesquisadores, utilizam a soja como espécie bioindicadora de resíduo de picloram no solo. Estudos com feijão como planta bioindicadora realizados por Franco et al, (2014) constataram que o maior potencial fitorremediador foi também com o maior período de cultivo das plantas. Madalão et al. (2012) utilizou o milheto como bioindicador no seu estudo de fitorremediação com o herbicida sulfentrazone.

3. ARTIGO: DESENVOLVIMENTO DE GRAMÍNEAS (Poaceae) EM DIFERENTES TEXTURAS DE SOLO, CONTAMINADOS COM HERBICIDA: AVALIAÇÃO DE POTENCIAL FITORREMEIADOR.

RESUMO: O processo de remediação de solos contaminados se refere à redução dos teores de contaminantes a níveis seguros e compatíveis com a proteção à saúde humana e ambiental, podendo se dar de forma física, química ou biológica, onde a fitorremediação trata da utilização de plantas para tal finalidade. Com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de algumas culturas perante a contaminação do solo com herbicidas para um potencial fitorremediador, foi realizado um experimento em cultivo protegido na área da Fazenda Escola Professor Dr. Eduardo Meneghel Rando, do Campus Luiz Meneghel, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, no município de Bandeirantes/PR e avaliados pelo delineamento estatístico em blocos casualizados em esquema fatorial 2x3x6 sendo dois tipos de textura de solo (média e muito argilosa) , 3 doses de herbicida (testemunha 0 L ha⁻¹, 3 L ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹) e foram utilizadas 5 culturas: milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*), milheto (*Pennisetum americanum*), aveia preta (*Avena sativa*) mais um solo descoberto. O experimento foi instalado em vasos com capacidade de 7L preenchidos com solo, onde posteriormente foi aplicado o herbicida Picloram (Nortox ®), em pré emergência. Os solos foram corrigidos com calagem e adubação de semeadura realizada segundo as diferentes culturas. As culturas foram semeadas e conduzidas por 65 dias e após a avaliação das plantas fitorremediadoras foi semeada a soja (*Glycine max*) e conduzida por mais 60 dias como planta bioindicadora de resíduo do herbicida no solo por ser sensível a ele. Por amostragens destrutivas tanto as plantas fitorremediadoras como as bioindicadoras foram colhidas e avaliadas quanto: altura de planta, diâmetro de haste, número de perfilhos, número de folhas e massa fresca e massa seca da parte aérea. Os resultados permitiram concluir que as gramíneas tiveram melhor desenvolvimento na ausência do herbicida, e que estas não foram suficientes para que a soja não sofresse de fitotoxicidade e que são necessários mais estudos dessas plantas para afirmar seu potencial fitorremediador.

PALAVRAS – CHAVE: Picloram (Nortox ®); poluição do solo; remediação de solos

ABSTRACT: The remediation process of contaminated soils refers to the reduction of contaminant levels to safe levels compatible with the protection of human and environmental health, and may take place in physical, chemical or biological form, where phytoremediation deals with the use of plants for such purposes. goal. In order to evaluate the development of some crops against soil contamination with herbicides for a phytoremediation potential, an experiment was carried out on protected cultivation in the area of Professor Dr. Eduardo Meneghel Rando School Farm, Luiz Meneghel Campus, State University of São Paulo. Northern Paraná, in the city of Bandeirantes / PR and evaluated by a randomized block design in a 2x3x6 factorial scheme with two types of soil texture (medium and very clayey), 3 herbicide doses (control 0 L ha⁻¹, 3 L ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹) and 5 crops were used: maize (*Zea mays*), rice (*Oryza sativa*), sorghum (*Sorghum bicolor*), millet (*Pennisetum americanum*), black oats (*Avena sativa*) plus one uncovered soil . The experiment was installed in 7L pots filled with soil, where the herbicide Picloram (Nortox ®) was subsequently applied in preemergence. The soils were corrected with liming and sowing fertilization performed according to the different cultures. Crops were sown and conducted for 65 days and after evaluation of the phytoremediation plants soybean (*Glycine max*) was sown and conducted for a further 60 days as a bioindicator plant of herbicide residue in the soil because it was sensitive to it. By destructive sampling both the phytoremediation plants and the bioindicators were collected and evaluated as: plant height, stem diameter, number of tillers, number of leaves and fresh mass and dry mass of shoot. The results allowed to conclude that the grasses had better development in the absence of the herbicide, and that they were not enough so that the soybean did not suffer of phytotoxicity and that further studies of these plants are necessary to assert its phytoremediation potential.

KEY WORDS: Picloram; ground pollution; soil remediation

3.1 INTRODUÇÃO

Os herbicidas representam a classe mais comercializada entre os defensivos agrícolas disponíveis no mundo. No Brasil as vendas com herbicidas representam, aproximadamente, 45% de todo mercado de defensivos agrícolas (SINDAG, 2008) e na busca de alternativas para despoluir áreas contaminadas por diversos compostos orgânicos, tem-se optado por soluções que englobam: eficiência na descontaminação, simplicidade na execução, tempo demandado pelo processo e menor custo. Nesse contexto, cresce o interesse pela utilização da biorremediação, caracterizada como técnica que objetiva descontaminar solo e água por meio da utilização de organismos vivos, como microrganismos e plantas. (PIRES et al., 2006)

O emprego da fitorremediação na despoluição de solos com níveis elevados de compostos orgânicos, inclusive herbicidas, vem sendo pesquisado nos últimos anos (LISTE; ALEXANDER., 1999), e apresenta-se como técnica promissora pois, além de menor custo, possibilita a metabolização dos compostos orgânicos, não havendo, nessa situação, necessidade de retirada das plantas remediadoras da área contaminada (CUNNINGHAM et al., 1996).

É complicado definir apenas uma espécie como a melhor planta fitorremediadora em relação a suas características, entretanto aquela que for escolhida deve sobressair-se entre as outras. Nada impede de se utilizar várias espécies para o tratamento de fitorremediação de uma área, assim o tratamento pode ser mais eficiente e conseqüentemente melhorar a qualidade do solo (PIRES et al., 2003). Este trabalho teve por objetivo analisar o desenvolvimento de gramíneas (poáceas) de interesse comercial em solos contaminados por herbicida, para averiguar se estas espécies apresentam potencial de remediação e também se a textura do solo interfere de maneira direta nesse processo.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em cultivo protegido na área experimental da Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando da Universidade Estadual do Norte do Paraná, no Campus Luiz Meneghel, localizado em Bandeirantes, Paraná cujas coordenadas geográficas são 23°06' Latitude Sul e 50°21' Longitude Oeste, com 440 m de altitude. O clima predominante na região é do tipo subtropical úmido, baseado na classificação climática de Köppen. Foram utilizados dois tipos de solos quanto a textura, que foram corrigidos com calcário conforme necessidade, um de textura muito argilosa (LATOSSOLO VERMELHO), proveniente do município de Bandeirantes/PR e o outro de textura média (LATOSSOLO VERMELHO), proveniente do município de Ribeirão do Pinhal/PR, cuja análise química e granulométrica estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Análise química de rotina e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO-textura muito argilosa – Bandeirantes/PR, após correção.

Prof	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%
cm	CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							
0-20	5,7	26,8	23,6	0,64	10,7	2,2	0,0	3,36	13,5	16,9	80,1
Granulometria (g kg ⁻¹)											
AREIA				SILTE				ARGILA			
140				200				660			

Tabela 3 - Análise química de rotina e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO-textura média - Ribeirão do Pinhal/PR, após correção.

Prof	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%
cm	CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							
0-20	5,8	30,9	4,9	0,34	4,2	1,5	0	3,96	6,0	10,0	60,4
Granulometria (g kg ⁻¹)											
AREIA				SILTE				ARGILA			
670				90				240			

O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial 2x3 sendo, 2 texturas de solo (média e muito argilosa), três doses de herbicida (0 L ha⁻¹, 3 L ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹) com 3 repetições. Foram utilizadas 5 espécies de gramíneas (poáceas) para avaliação de potencial fitorremediador, sendo elas, milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum bicolor*), milheto (*Pennisetum americanum*) e aveia preta (*Avena strigosa*), totalizando 90 vasos. O herbicida utilizado no estudo foi o Picloram (Tordon®), na dose recomendada para pastagens e, aplicado utilizando uma bomba costal pressurizada com CO₂ em pré emergência, 21 dias antes da adubação e semeadura (Figura 1).



Figura 1 - Aplicação do herbicida

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 7 L preenchidos com os solos coletados em profundidade de 0-20 cm, avaliados inicialmente quanto a suas características químicas e granulométricas. Mediante interpretação da análise de solo eles foram corrigidos e adubados para nitrogênio e potássio, atendendo as necessidades nutricionais das culturas empregadas, segundo Boletim 100 (RAIJ et al., 1997) e Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2017) e para fósforo segundo a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Adubação de semeadura realizada de acordo com a demanda de cada cultura.

CULTURA	TEXTURA MÉDIA			TEXTURA MUITO ARGILOSA		
	Kg ha ⁻¹			Kg ha ⁻¹		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
ARROZ ¹	10	75	0	10	25	0
AVEIA ²	60	50	10	60	20	10
MILHETO ²	100	60	90	100	20	90
SORGO ³	20	80	30	0	40	30
MILHO ¹	30	120	40	30	70	0

¹ - Valores de acordo com a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. ² Valores de acordo com Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. ³Valores de acordo com Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo - Boletim 100.

A semeadura foi realizada 21 dias após a aplicação do herbicida com densidade de semeadura conforme critério da espécie contidos nos manuais utilizados para adubação. O solo foi irrigado diariamente durante 60 dias, próximo à capacidade de campo para todas as culturas. (Figura 2)



Figura 2 - Aspecto geral e acompanhamento do experimento

Transcorridos os 60 dias após emergência das culturas, foram coletadas 3 plantas por vaso e avaliadas quanto:

- Altura de planta, diâmetro de haste e número de folhas e perfilhos

A altura das plantas foi medida em centímetros, com auxílio de uma régua graduada, considerando-se o colo da planta (nível do solo) até a ponta da folha de maior comprimento. O diâmetro de haste (mm) foi avaliado a 5 cm acima do solo com o auxílio de um paquímetro digital. Contou-se apenas número de folhas para a cultura do milho, para as demais levou-se em consideração o número de perfilhos. (Figuras 3 e 4).



Figura 3 - Avaliação de altura de plantas



Figura 4 - Avaliação do diâmetro da haste

- Massa fresca e seca da parte aérea

A massa fresca (g pl^{-1}) foi obtida pesando-se toda a parte aérea da planta em uma balança de precisão, posteriormente acondicionado em sacos de papel e levado para secar em estufa a uma temperatura de 65°C por 72 horas obtendo a massa seca mediante nova pesagem. (Figura 5 e 6)



Figura 5 - Balança de precisão e acondicionamento dos sacos de papel em estufa de circulação forçada.

Os dados foram comparados pela análise de variância, avaliados como fatorial blocos ao acaso, utilizando o teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade e análise de regressão utilizando o software ESTAT (KRONKA; BANZATO, 1995).

Após 60 dias da avaliação destrutiva das plantas fitorremediadoras e da constatação de não ser necessária nova correção de solo mediante análise de rotina, apenas realizou-se a adubação de plantio da espécie utilizada como bioindicadora, a soja (*Glycine max*) conforme a Tabela 5 de acordo com Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2017) e em seguida os vasos foram semeados. A cultura soja foi escolhida como

espécie bioindicadora por se apresentar sensível ao herbicida Picloram (Tordon ®), mensurando níveis existentes das contaminações nos respectivos solos.

Tabela 5- Adubação de semeadura da cultura bioindicadora soja (*Glycine max*) em Kg ha⁻¹

TEXTURA MÉDIA									
	N			P ₂ O ₅			K ₂ O ¹		
	TEST. ¹	3 L*	6 L*	TEST. ¹	3 L*	6 L*	TEST. ¹	3 L*	6 L*
S/PLANTA	0	0	0	60	60	60	60	60	60
MILHO	0	0	0	60	60	60	60	60	60
AVEIA PRETA	0	0	0	60	60	60	60	60	60
SORGO	0	0	0	60	60	60	60	60	60
ARROZ	0	0	0	60	60	60	60	60	60
MILHETO	0	0	0	60	60	60	60	60	60
TEXTURA MUITO ARGILOSA									
	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	TEST. ¹	3 L*	6 L*	TEST. ¹	3 L*	6 L*	TEST. ¹	3 L*	6 L*
S/PLANTA	0	0	0	40	40	40	40	40	40
MILHO	0	0	0	40	40	40	40	40	40
AVEIA PRETA	0	0	0	40	40	40	40	40	40
SORGO	0	0	0	40	40	40	40	40	40
ARROZ	0	0	0	40	40	40	40	40	40
MILHETO	0	0	0	40	40	40	40	40	40

¹ - TEST. = Testemunha 0 L (ausência do herbicida). *Doses em L ha⁻¹

Os vasos foram irrigados diariamente conforme necessidade e após 50 dias transcorridos do dia do plantio, foi feita análise destrutiva de 2 plantas de soja por vaso que foram avaliadas os seguintes parâmetros:

- Número de folhas

Todas as folhas visivelmente desdobradas foram contadas, tanto nos trifólios como as folhas cotiledonares obtendo-se o número de folhas por planta (folhas pl⁻¹).

- Altura de plantas (cm pl⁻¹)

Medida do colo da planta até a inserção da última folha, com o uso de uma trena milimetrada. (Figura 6)



Figura 6 - Avaliação de altura de plantas. Fonte: Arquivo pessoal.

- Diâmetro de hastes (mm pl^{-1})

Com o auxílio de um paquímetro digital, foi medido a uma altura de 5 cm do colo da planta. (Figura 7)



Figura 7- Avaliação de diâmetro de haste

- Comprimento de raíz (cm pl⁻¹)

Com o auxílio de uma trena graduada, foi medida do colo da planta até a extremidade da raíz. (Figura 8)



Figura 8 - Avaliação de comprimento de raíz . Fonte: Arquivo pessoal

- Massa verde e massa seca (g pl⁻¹)

As amostras foram separadas com tesoura em parte aérea de planta e raíz e acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas, em seguida foi feita a pesagem de todas as amostras em uma balança de precisão e posteriormente, levadas para secar em estufa de circulação forçada a temperatura de 65° C, por 72 horas. (Figura 9)



Figura 9 - Acondicionamento das plantas em saco de papel para avaliação de massa fresca e seca. Fonte: Arquivo pessoal.

Avaliou-se a fitotoxicidade visualmente conforme método utilizado por Procópio et al., (2009) com uma escala percentual, em que 0 (zero) significa ausência de sintomas (diminuição da área foliar e das folhas, paralisação do crescimento) e 100 %, morte de todas as plantas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1- Das plantas fitorremediadoras

Os resultados obtidos permitiram observar que em todas as culturas, exceto milho, tiveram um melhor desenvolvimento no solo de textura muito argilosa. Segundo Pajevic et al., (2009), uma planta para se considerada boa remediadora, esta deve crescer na presença do contaminante e sobreviver sem diminuir a taxa de crescimento, mesmo com o acúmulo desse contaminante. Sendo assim as culturas usadas no experimento juntamente com a interação (solo x herbicida), mostram que é provável terem um potencial de fitorremediação.

A textura do solo pode influenciar na eficiência de produtos pré-emergentes bem como na sua persistência. De acordo com Scaléa et al. (1999), a persistência varia de acordo com a estrutura química da molécula, o tipo de solo e as condições climáticas, como a umidade do solo, que afetam por sua vez a adsorção, lixiviação e decomposição microbiana e química. Carmo et al, (2008) afirma que apesar do picloram ser utilizado para controle de folhas largas, algumas gramíneas apresentam extrema sensibilidade incluindo espécies utilizadas como pastagens onde esse produto apresenta registro para uso

Altura de Plantas

Para altura de plantas é possível observar na Tabela 6, que apesar das texturas de solo deferirem estatisticamente apenas para a cultura do milho e do sorgo, as maiores médias encontradas das culturas do arroz, aveia preta e milho são em solo de textura muito argilosa. A interação dose x solo foi significativa apenas para a cultura do sorgo e do milho, onde as maiores médias para altura foram encontradas em solo de textura muito média na testemunha do produto.

O fator dose apresentou ser significativo apenas para a cultura do sorgo, mas todos foram submetidos a análise de regressão, podendo-se ter maior noção sobre o comportamento das plantas fitorremediadoras frente as diferentes doses utilizadas.

Tabela 6 - Altura de planta (cm pl⁻¹) nas diferentes texturas de solo e doses de herbicida para as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.

Dose	Milho			Aveia Preta			Sorgo		
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média
TEST. ¹	67,0	76,7	71,8	51,4	52,2	51,8	66,4Aa	63,8Aa	65,1
3 L ha ⁻¹	51,0	72,5	61,7	52,1	40,9	46,5	22,0Bb	58,7Aa	40,4
6 L ha ⁻¹	50,2	73,3	61,7	54,6	34,1	44,3	21,8Bb	49,6Aa	35,7
Média	56,1 B	74,2 A		52,71	42,42		36,7	57,4	
F	S*	D ^{ns}	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I ^{ns}	S*	D*	I*
CV(%)	19,6			34,2			17,8		
	Arroz			Milheto					
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média			
TEST. ¹	25,5	30,0	27,7	67,6Aa	43,5Bb	55,5			
3 L ha ⁻¹	10,5	23,1	16,8	67,5Aa	71,7Aa	69,6			
6 L ha ⁻¹	6,3	18,6	12,4	29,8Bb	75,8Aa	52,8			
Média	14,1A	23,9 A		55,0	63,7				
F	S ^{ns}	D ^{ns}	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I*			
CV(%)	57,7			21,5					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); * Significativo a 5%; ns – Não significativo; MED – Textura média; M.ARG – Textura muito argilosa; CV(%) – coeficiente de variação; S – solo; D – Dose; I – interação (solo x dose) - TEST.¹ = Testemunha 0 L (ausência do herbicida).

Diâmetro de haste

Observando o comportamento do milho quanto a diâmetro de haste na Tabela 7 nota-se que o fator solo foi significativo. Aveia preta não apresentou diferença estatística. Para o arroz houve diferença em textura de solo e a interação dose x solo foi significativa apenas para o sorgo e do milheto.

Tabela 7 - Diâmetro de haste (mm pl⁻¹) nas diferentes texturas de solo e doses de herbicida para culturas as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.

Dose	Milho			Aveia Preta			Sorgo		
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média
TEST. ¹	5,8	7,5	6,7	2,6	3,5	3,0	6,6Aa	6,8Aa	-
3 L ha ⁻¹	4,2	8,6	6,4	1,9	2,8	2,3	1,6Bb	4,8Ab	-
6 L ha ⁻¹	4,8	8,1	6,5	2,6	1,8	2,2	1,4Bb	4,4Ab	-
Média	5,0B	8,1A		5,0	8,1		-	-	
F	S*	D ^{ns}	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I ^{ns}	S*	D*	I*
CV(%)	23,3			38,8			13,5		
	Arroz			Milheto					
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média			
TEST. ¹	4,3	3,8	4,1	5,1Aab	4,1Aa	4,6			
3 L ha ⁻¹	0,5	2,1	1,3	6,0Aa	5,5Aa	5,7			
6 L ha ⁻¹	0,4	3,6	2,0	2,7Bb	5,3 Aa	4,0			
Média	1,7B	3,2A		4,6	5,0				
F	S*	D*	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I*			
CV(%)	50,0			23,15					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); * Significativo a 5%; ns – Não significativo; MED – Textura média; M.ARG – Textura muito argilosa; CV(%) – coeficiente de variação; S – solo; D – Dose; I – interação (solo x dose) - TEST.¹ = Testemunha 0 L (ausência do herbicida).

Número de folhas e perfilhos

Na Tabela 8 estão apresentados os valores para o desenvolvimento das plantas fitorremediadoras quanto a número de folhas e perfilhos. Número de folhas foi atribuída apenas para o milho, para o resto foi atribuído número de perfilhos.

Para aveia preta, não foram observadas diferenças estatísticas nem para diferentes texturas de solo, nem para as diferentes doses. O milho quanto a número de folhas teve diferença quando ao fator solo que foi significativo e teve sua maior média no solo de textura muito argilosa. O mesmo acontece para o sorgo e o arroz, com melhor desenvolvimento na textura muito argilosa.

A interação dose x solo foi significativa apenas para o milheto, onde as maiores médias para número de perfilhos foram encontradas na testemunha e na dose 3 L ha⁻¹ do produto na textura média não diferindo entre si mas diferindo da maior dose utilizada. Para textura muito argilosa, a maior média se encontra na dose 3 L ha⁻¹.

Tabela 8 - Número de folhas e perfilhos, nas diferentes texturas de solo, para as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.

Dose	Milho ¹			Aveia Preta			Sorgo		
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média
TEST. ¹	5,3	6,8	6,0	7,6	11,3	9,5	4,0	6,3	5,1
3 L ha ⁻¹	5,5	7,0	6,2	11,3	15,6	13,5	1,6	9,0	5,3
6 L ha ⁻¹	5,3	7,1	6,2	12,3	11,3	11,6	2,6	5,0	3,8
Média	5,3B	7,0A		10,4	12,6		2,7B	6,7A	
F	S*	D ^{ns}	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I ^{ns}	S*	D ^{ns}	I ^{ns}
CV(%)		17,1			67,3			59,6	
	Arroz			Milheto					
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média			
TEST. ¹	20,6	16,0	18,3a	12,3Aa	6,0 Bb	9,1			
3 L ha ⁻¹	2,0	5,0	5,0b	10,0Aab	12,0Aa	11,0			
6 L ha ⁻¹	2,6	4,6	3,6b	6,6Bb	10,0Aab	8,3			
Média	8,4A	9,5 A		9,6	9,3				
F	S ^{ns}	D*	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I*			
CV(%)		60,2			24,0				

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); * Significativo a 5%; ns – Não significativo; MED – Textura média; M.ARG – Textura muito argilosa; CV(%) – coeficiente de variação; S – solo; D – Dose; I – interação (solo x dose) - TEST.¹ = Testemunha 0 L (ausência do herbicida).

Massa fresca de plantas

Na Tabela 9 estão apresentados os valores para massa fresca de plantas onde pode-se ver que para aveia preta, não foram observadas diferenças estatísticas nem para diferentes texturas de solo, nem para as diferentes doses. Para milho foram encontradas

diferenças estatísticas apenas entre as texturas de solo, onde as maiores médias encontradas foram no solo de textura muito argilosa.

Arroz apresenta apenas diferença para o fator dose, onde há maior média encontrada na ausência do produto aplicado na textura muito argilosa. Para sorgo, diferenças são encontradas apenas para dose e interação (dose x textura de solo), onde o melhor desenvolvimento aparece ser na testemunha e na dose 3 L ha⁻¹ que não diferem entre si mas diferem da maior dose utilizada. O mesmo acontece para milho, porém com melhor desenvolvimento na textura média na ausência do produto.

Tabela 9 - Massa fresca (g pl⁻¹) nas diferentes texturas de solo, para as culturas utilizadas para potencial fitorremediador.

Dose	Milho			Aveia Preta			Sorgo		
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média
TEST. ¹	25,5	43,2	34,3	20,6	34,6	27,6	30,5	38,8	34,6 a
3 L ha ⁻¹	15,1	54,8	35,0	22,2	51,0	36,6	8,6	39,8	24,2 ab
6 L ha ⁻¹	14,4	42,4	28,4	29,4	27,2	28,3	8,2	20,7	14,4b
Média	19,0B	46,8A		24,1	37,6		15,7B	33,1A	
F	S*	D ^{ns}	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I ^{ns}	S*	D*	I ^{ns}
CV(%)		39,7			47,7			38,0	
	Arroz			Milheto					
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média			
TEST. ¹	19,0	17,2	18,1	57,6Aa	30,1 Bb	43,8			
3 L ha ⁻¹	5,4	11,8	8,6	55,6Aa	75,8Aa	65,7			
6 L ha ⁻¹	5,1	8,6	6,9	12,3Bb	54,6Aa	33,5			
Média	9,8 A	12,5 A		41,8	53,5				
F	S ^{ns}	D*	I ^{ns}	S ^{ns}	D*	I*			
CV(%)		55,9			25,7				

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); * Significativo a 5%; ns – Não significativo; MED – Textura média; M.ARG – Textura muito argilosa; CV(%) – coeficiente de variação; S – solo; D – Dose; I – interação (solo x dose) - TEST.¹ = Testemunha 0 L (ausência do herbicida).

Massa seca de plantas

Quanto a massa seca de plantas, os valores obtidos são observados na Tabela 10. Para aveia preta e arroz não foram observadas diferenças estatísticas nem para diferentes texturas de solo, nem para as diferentes doses. Para milho foram encontradas diferenças estatísticas apenas entre as texturas de solo, onde as maiores médias encontradas foram no solo de textura muito argilosa.

Para sorgo, diferenças são encontradas apenas para dose e textura de solo, onde o melhor desenvolvimento é observado para ambas as texturas na testemunha. Para

milheto são notadas diferenças estatísticas nas doses e na interação (solo x dose), porém com melhor desenvolvimento na textura média na dose 3 L ha⁻¹ do produto para ambas as texturas.

Tabela 10 - Massa seca (g pl⁻¹) nas diferentes texturas de solo, para as cultura utilizadas para potencial fitorremediador.

Dose	Milho			Aveia Preta			Sorgo		
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média
TEST. ¹	9,6	11,7	10,2	9,6	10,3	10,8	12,9	12,7	12,8
3 L ha ⁻¹	7,5	12,9	10,6	9,0	12,6	9,9	6,5	11,2	8,9
6 L ha ⁻¹	8,5	13,0	10,8	10,5	8,5	9,5	6,5	9,4	8,1
Média	8,5B	12,5A		9,7	10,5		8,7B	11,1A	
F	S*	D ^{ns}	I ^{ns}	S ^{ns}	D ^{ns}	I ^{ns}	S*	D*	I ^{ns}
CV(%)	18,5			32,2			17,4		
	Arroz			Milheto					
	MED	M.ARG	Média	MED	M.ARG	Média			
TEST. ¹	9,7	9,0	9,3	14,0Aa	9,7 Bb	11,8			
3 L ha ⁻¹	4,5	5,7	5,1	15,8Aa	15,3Aa	15,5			
6 L ha ⁻¹	4,8	7,4	6,1	7,4Bb	13,4Aa	10,4			
Média	6,3 A	7,40 A		12,4	12,8				
F	S ^{ns}	D ^{ns}	I ^{ns}	S ^{ns}	D*	I*			
CV(%)	46,3			14,0					

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); * Significativo a 5%; ns – Não significativo; MED – Textura média; M.ARG – Textura muito argilosa; CV(%) – coeficiente de variação; S – solo; D – Dose; I – interação (solo x dose) - TEST.¹ = Testemunha 0 L (ausência do herbicida).

3.3.2 - Da planta biondicadora

A partir dos dados coletados de altura de plantas, diâmetro da haste, número de folhas, massa fresca e seca para parte aérea (P.A.) e de raiz para as plantas bioindicadoras foram confeccionadas as Tabelas 11 e 12 para textura média e textura muito argilosa respectivamente, onde foi possível observar que apesar do bom desenvolvimento das gramíneas utilizadas para potencial fitorremediador, ainda continha no solo o herbicida que limita o crescimento de plantas dicotiledôneas.

Por não ser seletivo para a soja, e limitar seu crescimento, os tratamentos de 3 L ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹ não apresentaram crescimento de plantas durante o tempo percorrido de experimento independentemente do tipo de textura de solo utilizado. Na ausência do herbicida houve crescimento normal das plantas e essas não apresentaram sinais de fitotoxicidade.

Tabela 11- Parâmetros avaliados da planta bioindicadora soja (*Glycine max*) em solo de textura média.

	Altura (cm pl ⁻¹)			CV (%)	Diâmetro (mm pl ⁻¹)			CV (%)	Número de folhas (folhas pl ⁻¹)			CV(%)
	TEST. ¹	3 L*	6L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*	
S/PLANTA	44,3 a	0b	0b	4,59	3,7 a	0b	0b	1,51	23,0 a	0b	0b	28,05
MILHO	47,7 a	0b	0b	15,72	4,2 a	0b	0b	18,65	32,0 a	0b	0b	21,52
AVEIA PRETA	49,8 a	0b	0b	17,14	3,4 a	0b	0b	9,56	21,0 a	0b	0b	18,35
SORGO	40,1 a	0b	0b	4,13	4,1 a	0b	0b	1,71	28,3 a	0b	0b	22,32
ARROZ	48,0 a	0b	0b	9,41	4,5 a	0b	0b	10,18	35,0 a	0b	0b	18,26
MILHETO	51,0 a	0b	0b	13,88	3,7 a	0b	0b	10,6	21,7 a	0b	0b	2,14
	Comprimento de raíz (cm pl ⁻¹)			CV (%)	Massa Fresca Raíz (g pl ⁻¹)			CV (%)	Massa seca Raíz (g pl ⁻¹)			CV(%)
	TEST. ¹	3 L*	6 L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*	
S/PLANTA	11,5 a	0b	0b	58,23	6,3 a	0b	0b	20,23	4,4 a	0b	0b	27,13
MILHO	6,6 a	0b	0b	16,05	9,0 a	0b	0b	19,17	6,6 a	0b	0b	9,84
AVEIA PRETA	7,5 a	0b	0b	27,36	5,9 a	0b	0b	19,03	4,8 a	0b	0b	38,06
SORGO	10,5 a	0b	0b	8,94	7,0 a	0b	0b	8,54	5,2 a	0b	0b	13,85
ARROZ	9,5 a	0b	0b	11,29	7,2 a	0b	0b	28,62	6,2 a	0b	0b	29,04
MILHETO	8,5 a	0b	0b	25,51	6,1 a	0b	0b	4,84	4,3 a	0b	0b	25,5
	Massa fresca P.A. (g pl ⁻¹) CV(%)				Massa seca P.A. (g pl ⁻¹) CV(%)							
	TEST. ¹	3 L*	6 L*	CV(%)	TEST. ¹	3 L*	6 L*	CV(%)				
S/PLANTA	19,1 a	0b	0b	9,62	10,5 a	0b	0b	1,44				
MILHO	31,1 a	0b	0b	42,78	13,7 a	0b	0b	10,77				
AVEIA PRETA	18,0 a	0b	0b	24,3	10,2 a	0b	0b	1,42				
SORGO	25,3 a	0b	0b	32,95	11,1 a	0b	0b	21,1				
ARROZ	24,4 a	0b	0b	24,08	11,3 a	0b	0b	5,16				
MILHETO	24,8 a	0b	0b	26,47	12,9 a	0b	0b	16,85				

Médias seguidas da mesma não diferem entre si pelo teste de Tukey (p0,05); a 5%; TEST.¹ = Testemunha 0 L (ausência do herbicida).

Tabela 12 - Parâmetros avaliados da planta bioindicadora soja (*Glycine max*) em solo de textura muito argilosa.

	Altura (cm pl ⁻¹)			CV (%)	Diâmetro (mm pl ⁻¹)			CV (%)	Número de folhas (folhas pl ⁻¹)			CV(%)
	TEST. ¹	3 L*	6L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*	
S/PLANTA	39,25 a	0b	0b	33,9	3,36 a	0b	0b	2,36	21,00 a	0b	0b	28,05
MILHO	42,80 a	0b	0b	19,05	3,14 a	0b	0b	13,7	19,67 a	0b	0b	21,52
AVEIA PRETA	49,38 a	0b	0b	19,19	3,32 a	0b	0b	0,94	25,33 a	0b	0b	18,35
SORGO	33,17 a	0b	0b	27,28	3,60 a	0b	0b	11,48	23,00 a	0b	0b	22,32
ARROZ	37,88 a	0b	0b	13,16	3,55 a	0b	0b	8,26	20,33 a	0b	0b	18,26
MILHETO	35,95 a	0b	0b	7,67	3,27 a	0b	0b	3,56	20,33 a	0b	0b	2,14
	Comprimento de raiz (cm pl ⁻¹)			CV (%)	Massa Fresca Raiz (g pl ⁻¹)			CV (%)	Massa seca Raiz (g pl ⁻¹)			CV(%)
	TEST. ¹	3 L*	6 L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*	
S/PLANTA	7,50 a	0b	0b	14,02	5,80 a	0b	0b	17,51	4,94 a	0b	0b	26,63
MILHO	5,67 a	0b	0b	3,41	4,32 a	0b	0b	26,86	3,87 a	0b	0b	33,53
AVEIA PRETA	7,17 a	0b	0b	14,45	4,52 a	0b	0b	24,14	3,84 a	0b	0b	32,02
SORGO	5,97 a	0b	0b	15,21	4,63 a	0b	0b	22,98	4,03 a	0b	0b	30,09
ARROZ	6,42 a	0b	0b	1,54	3,84 a	0b	0b	18,87	3,08 a	0b	0b	3,03
MILHETO	7,33 a	0b	0b	12,07	4,89 a	0b	0b	36,99	4,38 a	0b	0b	42,46
	Massa fresca P.A. (g pl ⁻¹)			CV(%)	Massa seca P.A. (g pl ⁻¹)			CV(%)				
	TEST. ¹	3 L*	6 L*		TEST. ¹	3 L*	6 L*					
S/PLANTA	15,82 a	0b	0b	30,48	9,30 a	0b	0b	11,6				
MILHO	16,04 a	0b	0b	4,61	9,40 a	0b	0b	0,89				
AVEIA PRETA	16,95 a	0b	0b	11,03	10,79 a	0b	0b	5,95				
SORGO	16,78 a	0b	0b	37,26	10,00 a	0b	0b	9,56				
ARROZ	19,56 a	0b	0b	4,95	10,99 a	0b	0b	4,56				
MILHETO	12,74 a	0b	0b	13,8	8,85 a	0b	0b	14,45				

Médias seguidas da mesma não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05); a 5%; TEST.¹ = Testemunha 0 L (ausência do herbicida).

Carmo et al, (2008) em sua pesquisa com fitorremediação de solos usando soja como bioindicadora, constatou que ao aumentar a dose de picloram os resultados de altura

de plantas foram reduzidos, concordando com o trabalho de Assis et al, (2010) onde foi encontrado uma drástica redução na altura de plantas utilizadas como bioindicadoras.

Assis et al, (2010) também constatou que a melhoria na fitorremediação é apenas efetiva quando a dose não é aumentada.

Franco et al. (2014) concluíram que a braquiária atuou de maneira efetiva na fitorremediação dos solos contaminados, sendo que, quanto maior o período de cultivo, maior foi o seu potencial fitorremediador e que as plantas de feijão mostraram grande sensibilidade ao residual de Picloram.

3.4 CONCLUSÃO

1) As gramíneas utilizadas no experimento, apresentaram bom desenvolvimento quando submetidas a contaminação do solo com o Picloram.

2) As gramíneas não foram eficientes na descontaminação do Picloram.

3) As doses utilizadas foram limitantes para o crescimento da planta bioindicadora, afirmando que ainda há no solo a contaminação.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, J. P. Uso de agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos. **São Paulo: Annablume, 2002.**

ANDRADE, M. G. de et al. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: I – Fitoextração. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2009, vol.33, n.6, pp.1879-1888. ISSN 1806-9657. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600037>.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do Rio Corumbá e o risco de poluição hídrica. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 975-982, 2005.

APPROBATO FILHO, A.; et al. Determinação da segurança de terbacil em culturas de rotação com cana-de-açúcar, após 3 a 4 aplicações anuais. **In: Congresso Brasileiro de herbicidas e plantas daninhas**, 17^o, Piracicaba, 1988. Resumos, SBHED, 1988, p.71-72.

ASSIS, R L. de et al. Fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por plantas de capim pé de galinha gigante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p.1130-1135, 19 jul. 2010.

AUGUSTO, L. G. S. et al. Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 2 - **Agrotóxicos, Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. Rio de Janeiro: ABRASCO, 2012.**

BERTI, W.R.; CUNNINGHAM, S.D. **Phytostabilization of metals**. In: RASKIN, I. ; ENSLEY, B. D. (eds.). *Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000, p.71-88, 2000, 304 p.

BLANCO, F.M.G.; VELINI, E.D.; BATISTA FILHO, A. Persistência do herbicida sulfentrazone em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 71-75, 2010.

BOVEY, R. W.; RICHARDSON, C. W. Dissipation of clopyralid and picloram in soil and seep flow in the backlands Texas. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 20, n. 3, p. 528-531, 1991.

BROOKS, R.R. Phytoremediation by volatilisation. In Brooks, R.R [Ed]. **Plants that hyperaccumulate heavy metals**, CAB International, Walling-ford, 1998. 289 p.

CABRAL, C.M.; SANTOS, J.B. Grupo INOVAHERB: excelência em pesquisas sobre fitorremediação de ambientes com resíduos de herbicidas no Brasil. **Revista Científica Vozes dos Vales**, MG, n. 9, p. 1-11, 2016.

CAMARGO, O.A. Uma visão política sobre contaminação de solos com metais pesados. 2007. **Artigo em Hipertexto**. Acesso em: 23/8/2017

CARMO, M. L. et al. Influência do período de cultivo de *Panicum maximum* (cultivar Tanzânia) na fitorremediação de solo contaminado com picloram. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 315-322, 2008

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Áreas Contaminadas – Conceituação**, São Paulo: CETESB, 2001. 16 p.

COSTA, C.N.; MEURER, E.J.; BISSANI, C.A.; SELBACH, P.A. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2ed. Porto Alegre, 2004. 290p

CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T. A.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**. v. 56, p. 55-114, 1996.

DA SILVA, M.A.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

DORNELAS DE SOUZA, M.; BOEIRA, R.C.; GOMES, M.A.F.; FERRACINI, V.L.; MAIA, A.H.N. Adsorção e lixiviação de tebutiuron em três tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.1053-1061, 2001

ELOI, W.M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T.M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 01, p. 83-89, 2007

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica – ageitec**. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fohg6co02wyiv8065610dc2ls9ti.html>>. Acesso em 05 de agosto de 2017

ESTEVES, R.C. **Modelagem teórica de aspectos hidrodinâmicos da tecnologia de extração multifásica**. 2012. 267 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/RodrigoCochraneEsteves.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

FRANCO, Miguel Henrique Rosa et al. Fitorremediação de solos contaminados com picloram por *Urochloa brizantha*. **Pesqui. Agropecu. Trop.**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 460-467, Dec. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000400003>.

GIACHINI, C.F.; FERRAZ, M.V. Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar-revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 3, p. 1-15, 2009.

GONSALVES, P. E. Maus hábitos alimentares. **São Paulo:Agora**, 2001.

OLIVEIRA Jr. R.S.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA NETO, A.M.; SANTOS, G.; JUMES, T.M.C. Persistência de trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium em diferentes tipos de solo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p.673-681, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v29n3/22.pdf>>.

HUANG, J.W.; CUNNINGHAM, S.D. **Lead phytoextraction: Species variation in lead uptake and translocation**. *New Phytologist*, 134:75-84, 1996.

INOUE, M.H.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; ALONSO, D.G.; CARNEIRO DE SANTANA, D. Lixiviação e degradação de diuron em dois solos de textura contrastante. **Acta Scientiarum**. v. 30, n. 5, p.631-638, 2008.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 2000. 315 p

KAIMI, E. et al. Ryegrass enhancement of biodegradation in diesel-contaminated soil. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.55, n.1-2, p.110-119, 2006.

KNUTESON, S.L.; WHITWELL, T.; KLAINE, S.J. Influence of plant age and size on simazine toxicity and uptake. **Journal of environmental quality**, v. 31, n. 6, p. 2096-2103, 2002.

KRONKA, S.N.; BANZATO, D.A. ESTAT: sistema para análise estatística versão 2. **Jaboticabal: Funep**, 1995.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A.; ZECH, W. Fate of pesticides in tropical soils of Brazil under field conditions. **Journal of Environmental Quality**, n° 31, p. 256-268, 2002.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. **Fitorremediação: Plantas como agentes de despoluição?** *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente* [online], 2007, vol.17, p.9-18. ISSN:1983-9847. <http://dx.doi.org/10.5380/pes.v17i0.10662>

LI, Y-M. et al. Development of a technology for commercial phytoextraction of nickel: economic and technical considerations. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.249, n.1, p.107-115, 2003.

LISTE, H.H.; ALEXANDER, M. Rapid screening of plants promoting phenanthrene degradation. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.28, p.1376-1377, 1999.

MADALÃO, J.C. et al. Uso de leguminosas na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 42, núm. 4, outubro-diciembre, 2012, pp. 390-396 Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos Goiânia, Brasil

MANCUSO, M.A.C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo ("Carryover"). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.2, p.151-164, 2011.

MARQUES, A.P.; RANGEL, A.O.; CASTRO, P.M. Remediation of heavy metal contaminated soils: phytoremediation as a potentially promising clean-up technology. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 39, n. 8, p. 622-654, 2009.

MARQUES, M.; AGUIAR, C.R.C.; SILVA, J.J.L.S. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.35, n. 1, p.1-11, 2011.

MARTINEZ, C.O.; SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; MAIA, A. H. N.; ABAKERLI, R. B.; DURRANT, L. R. Degradation of the herbicide sulfentrazone in a Brazilian Typic Hapludox soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 4, p. 879-888. 2008.

NASCIMENTO, R.A. Desempenho de reator anaeróbico de manta de lodo utilizando efluentes líquidos de indústrias alimentícias. Campinas, 1996. 112 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

NASCIMENTO, C.D.; ACCIOLY, A.; BIONDI, C.M. Fitoextração de metais pesados em solos contaminados: avanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** Viçosa, MG, v. 6, p. 461-495, 2009

NICOHELLI, L.M.; NASCENTES, R.; LIMA, E.B. N.R.; SOARES, F.S. Sorção de potássio em amostras de solo submetidas à aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 754-760, 2012

OLIVEIRA, JR, R.S.; ALONSO, D.; KOSKINEN, W.C.; Sorption-Desorption of Aminocyclopyrachlor in Selected Brazilian Soils. **Jounal Agriculture Food and Chemistry**. RS v60; n 2; p1103-1112; 2011

OLIVEIRA, M.F. de; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: **Omnipax**, 2011. p. 263-304.

PAJEVIC, S.; BORISEY, M.; NIKOLIC, N.; KRISTIC, B.; PILIPOVIC, A.; ORLOVIC, S. (2009). Phytoremediation capacity of poplar (*Populus* spp.) and willow (*Salix* spp.) clones in relation of photosynthesis. **Archives of Biological Science Belgrade**, v. 61, n.2, 239-247, 2009.

PARK, Soyoung et al. **Effects of humic acid on phytodegradation of petroleum hydrocarbons in soil simultaneously contaminated with heavy metals**. *Journal of Environmental Sciences* [online], 2011, vol.23, n.12, p.2034-2041. ISSN: 1001-0742. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60670-5](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60670-5)

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SILVA, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, L.R. Fitorremediação de Solos Contaminados com Herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa -MG, v. 21, n. 2, p. 335-341, 2003.

PIRES, F.R.; DE OLIVEIRA PROCÓPIO, S.; DE SOUZA, C.M.; DOS SANTOS, J.B.; SILVA, G.P. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida tebutiuron. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 92-97, 2006.

PILON-SMITS, E. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 56, n. 1, p. 15-39, 2005.

PROCÓPIO, S.D.O.; DO CARMO, M.L.; PIRES, F.R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BRAGA, G.; BARROSO, L.; SILVA, G.P.; DO CARMO, E.L.; BRAZ, A.J.B.P. Fitorremediação de solo contaminado com picloram por capim-pé-de-galinha-gigante (*Eleusine coracana*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n. 6, p.2517-2524, 2009.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 285p. (Boletim Técnico, 100), 1997.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROCHA, L.S.M. **Fitorremediação de solo contaminado com diclosulam utilizando *Mucuna aterrima*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis***. 2016. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Instituto Federal de Minas Gerais, São João Evangelista, 2016.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. (Eds.). **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Ed. dos Autores, 2011.

ROSS, M.A.; LEMBI, C.A. **Applied weed science**. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 452 p.

SANTIBÁÑEZ, C.; VERDUGO, C.; GINOCCHIO, R. Phytostabilization of copper mine tailings with biosolids: implications for metal uptake and productivity of *Lolium perenne*. **Science of the Total Environment**, v. 395, n. 1, p. 1-10, 2008.

SANTOS, P.R.P; OLIVEIRA NETO, F.A; GOMES, Z.L.G.C. Considerações sobre tecnologias para remediação de solos e águas subterrâneas contaminadas e suas aplicações em pólos industriais na região metropolitana de Salvador e na antiga fábrica da Cobrac em Santo Amaro - Ba. 1999. 79p. **Monografia** (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria. Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1999.

SANTOS, M. L.; PYHN, E.G; Idade biológica, comportamento humano e renovação celular. **São Paulo: SENAC**, 2003.

SANTOS, J. B dos.; PROCÓPIO, S.O.; PIRES, F.R.; SILVA, A.A. da; SANTOS, E.A. dos. Fitorremediação de solo contaminado com Trifloxysulfuron-sodium por diferentes densidades populacionais de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L). DC.). **Ciência e Agrotecnologia** Lavras, v. 30, n. 3, p.444-449, jun. 2006.

SANTOS, E. A. et al. Fitoestimulação por *Stizolobium aterrimum* como processo de remediação de solo contaminado com *trifloxysulfuron sodium*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 259-265, 2007

SINDAG. Mercado de defensivos – **Câmara temática de insumos agropecuários**. 2008. Disponível em <http://www.sindag.com.br>.

SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9.ed. **Lawrence: Weed Science Society of America**, 2007. 458 p

Silva, AO da. **Fertirrigação e controle da salinidade no cultivo de beterraba em ambiente protegido**. [tese] Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; 2012.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. 2002. 136p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

SOUZA, M.D.; BOEIRA, R.C.; GOMES, M.A.F.; FERRACINI, V.L.; MAIA, A.H.N. Adsorção e lixiviação de tebuthiuron em três tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, **Viçosa**, MG v. 25, n. 4, p. 1053-1061, 2001.

STEFFEN, G.P.K.; STEFFEN, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan./jun. 2011.

SUSARLA, S., MEDINA, V.F.; MCCUTCHEON, S.C. Phytoremediation: An ecological solution to organic chemical contamination. **Ecological Engineering**, v.18, p.647-658, 2002.

SBCS/NEPAR, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual Paraná – **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná** – Curitiba, 2017. 482 p.: il

SCALÉA, M. J. Perguntas & Respostas sobre o plantio direto. **Informações Agronômicas**, Encarte Técnico. Piracicaba, n. 83, p. 1-8. 1998

TERRY, N.; BAÑUELOS, G. S. Phytoremediation of contaminated soil and water. **Boca Raton: Lewis**, 2000. 389 p.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**. vol.22 n°.11 Rio de Janeiro, p. 2391- 2399, Nov/2006.

VASCONCELLOS, M.C.; PAGLIUSO, D.; SOTOMAIOR, V.S. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. **Estudos de Biologia**, [s.l.]. Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR. v. 34, n. 421, p.261-267, 2012.

WONG, M.H. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. **Chemosphere**, v. 50, n. 6, p. 775-780, 2003