



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM 2,4-D
+ PICLORAM NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Jéssica Paloma Pinheiro da Silva

Altamira-Pará

Setembro - 2017

Jéssica Paloma Pinheiro da Silva

**FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM
2,4-D + PICLORAM NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

**Orientadora: Prof.^a Dra Sandra
Andrea Santos da Silva**

**Altamira-Pará
Setembro – 2017**

Tentaram te derrubar de todas as formas, mas continue a lutar. “Talvez não consiga fazer o melhor, mas continue resistindo para que o melhor seja feito”!

(Martin Luther King)

Aos meus avós (*in memoriam*), pais, irmãos e dedicado marido, por sempre se fazerem presentes nos momentos difíceis, tornando a luta menos árdua. A todos que passaram pela minha vida acadêmica, em especial os agricultores, possuidores de uma nobreza e conhecimento singular.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me conceder o dom da vida e por me acompanhar, me fortalecendo a cada passo dado, me permitindo superar todos os obstáculos encontrados no caminho, os quais me serviram como ensinamento;

À Universidade Federal do Pará, a Faculdade de Engenharia Agrônômica e a todos os docentes e funcionários que a constitui, pelo compromisso com a excelência acadêmica e paciência, o qual foram imprescindíveis para o meu processo de aprendizagem e formação profissional;

À minha orientadora e amiga de vida Prof.^a Dra Sandra Andréa Santos da Silva, a qual tenho o privilégio concedido por Deus de desfrutar da amizade e conhecimento nato. Obrigada pela disponibilidade (inclusive em finais de semana e feriado), confiança, companheirismo e obrigada por acreditar que a loucura pode trazer sabedoria, e não só remédios controlados;

Aos professores Rainério Meireles e Salim Jacaúna pela paciência em ouvir minhas dúvidas e ajudar a saná-las colaborando para o desenvolvimento deste trabalho;

Aos professores da Banca Examinadora, que aceitaram o convite de participar desta defesa;

À Calvi Consultoria Agropecuária, pelo fornecimento de sementes que tornaram viável este trabalho;

À minha base de vida, meus avós (*in memoriam*), minha mãe Sandra M^a Pinheiro do Monte e meu pai Josevi Pedro da Silva, por absolutamente tudo que me proporcionaram. Cada ensinamento repassado é causa principal de tudo que me tornei.

Aos meus irmãos Lorena Krisley, Jose Pedro, Kiara Luiza e em especial João Victor por toda disponibilidade, construção e instalação da casa de vegetação e apoio no momento em que mais precisei para a realização deste trabalho;

Ao meu padrinho, madrinha, tias e tios por todo apoio prestado em toda minha vida;

Ao meu admirável esposo, amigo e companheiro Douglas Pereira, por ser peça fundamental da construção e conclusão deste trabalho. Não há palavras que sejam capazes de te agradecer seu apoio inconsistente, amor, compreensão, as alegrias no momento de choro e a força no momento de fraqueza. A tua paciência e compreensão foram essenciais para a minha dedicação total ao curso e a todas atividades inerentes a ele;

Às minhas amigas de sala e de vida (best's) Thays Ferreira, Naiane Landim, Andressa Júlia, Keren Railka, Stephanie Julianne, que desde o início estiverem comigo, nos momentos de alegrias e de tristezas. Obrigada pela convivência e por todos os momentos inesquecíveis que ela trouxe;

Ao grupo nota 10, Raul Araújo, Rodrigo Reis, Guilherme Celestino, Bruna Balieiro, Yasmin de Paula, as best's, e aos colegas de curso Diógenes, Thallisson, Josielton, Laio e Willian pela convivência e respeito durante os anos de curso;

As coordenações da SICA 2015, 2016 e 2017 e iniciativa EJ Solum Consultoria Agropecuária por todo companheirismo e aprendizado;

Ao grupo de apoio à reconstrução do viveiro, Douglas, João Victor, Diego, Diego Luiz, José Farias, Marcos, Sandra Andrea, Kerciane, Thays, e em especial Samia Cristina por me apoiar em todas as três fases de retomada do zero deste trabalho e mais ainda por me apoiar na vida. Diria, que este foi o momento mais angustiante e ao mesmo tempo alegre deste trabalho, por receber de todos vocês o carinho e a prontidão em me ajudar mesmo no sol maravilhoso de nossa região.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram e torcem para o sucesso e integridade deste trabalho.

Sumário

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. REVISÃO DE LITERATURA	10
1.1. USO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL	10
1.2. RISCOS AMBIENTAIS DO USO DOS AGROTÓXICOS	12
1.2.1. Agrotóxico e o solo	12
1.2.2. Agrotóxico e a água	13
1.2. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR HERBICIDAS	14
1.3. FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS.....	15
1.4.1. Mecanismos da fitorremediação	16
1.4.2. Vantagens e desvantagens da fitorremediação	16
1.4.3. Escolha de espécies vegetais para a fitorremediação	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
APRESENTAÇÃO	21
FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM 2,4-D + PICLORAM NA AMAZÔNIA ORIENTAL	22
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS E DISCUSÃO	27
CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	30
ANEXO	35
APÊNDICE	42

FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM 2,4-D + PICLORAM NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: O efeito residual apresentado por parte dos herbicidas registrados, têm ocasionado uma série de modificações para o ambiente. Para enfrentar a contaminação do solo por compostos xenobióticos, uma das estratégias usadas é a fitorremediação, que utiliza plantas para a extração/amenização do composto poluente. Objetivou-se neste trabalho avaliar o potencial do capim-Braquiarião e capim-Mombaça em fitorremediar solo tratado com herbicida 2,4-D+picloram, utilizando o rabanete como planta bioindicadora. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em delineamento inteiramente casualizado em duas etapas. Na primeira etapa os tratamentos foram compostos pelo cultivo do capim-Braquiarião e cultivo do capim-Mombaça tratados com e sem a dose do herbicida, com cinco repetições cada tratamento. Na segunda etapa, os tratamentos consistiram no cultivo do rabanete Crimson Gigante em: solo livre de resíduo de herbicida; solo contaminado com cultivo prévio da espécie capim-Braquiarião; solo contaminado com cultivo prévio da espécie capim-Mombaça; e solo contaminado sem o cultivo prévio de gramínea, com cinco repetições cada tratamento. Foram utilizados vasos com 8 dm³ e sem furos, os quais receberam o tratamento com herbicida 2,4-D + picloram, de forma individual na superfície de cada vaso, em pré-emergência, 15 dias após aplicação procedeu-se a semeadura das gramíneas. Aos 50 dias após a semeadura (DAS), as forrageiras foram colhidas e avaliadas seu potencial fitorremediador. Estas foram segregadas em parte área e raiz, sendo analisados os parâmetros de biomassa fresca (g), biomassa seca (g) e altura (cm) das partes segregadas para cada tratamento. Após a retirada das plantas fitorremediadoras, foi realizado o transplântio, em cada vaso, do rabanete. Aos 5, 10, 15 e 20 dias após a emergência (DAE) foi avaliada a fitotoxicidade visual das plantas e aos 20 DAE determinou-se o acúmulo da matéria verde e seca (g), altura de planta (cm), as análises foram empregadas seguindo o mesmo procedimento de análise das forrageiras. Os resultados demonstraram que as gramíneas avaliadas apresentam características fitorremediadora para herbicidas auxínicos; o rabanete pode ser utilizado como bioindicador da presença do herbicida 2,4-D + picloram; o período avaliado não foi suficiente para a retirada total dos efeitos do herbicida, sendo necessária continuidade do processo fitorremediador.

Palavras-chave: herbicida, contaminação, *Urochloa brizantha* cv. Braquiarião, *Panicum maximum* cv. Mombaça, bioindicadora.

PHYTOREMEDIATION OF AMAZONIAN SOIL CONTAMINATED WITH 2,4-D + PICLORAM

ABSTRACT: The herbicides have a residual effect and have a number of modifications to the environment. To address a soil contamination by composite xenobiotics, one of the facilities used and a phytoremediation, which uses plants for extraction / softening of the pollutant compound. The objective of this work was to evaluate the potential of Braquiarião grass and Mombaça grass in phytoremediate soil treated with herbicide 2,4-D + picloram, using radish as a bioindicator plant. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomized design in two stages. In the first stage the treatments were composed by Brachiarão grass cultivation and Mombaça grass cultivation treated with and without the herbicide dose, with five replications each treatment. In the second stage, the treatments consisted of radish Crimson Giant cultivation in: soil free of herbicide residue; soil contaminated with previous cultivation of the Brachiarão grass species; soil contaminated with previous cultivation of the Mombaça grass specie; and contaminated soil without the previous cultivation of grass, with five replications each treatment. Vessels with 8 dm³ and without holes were used, which were treated with 2,4-D + picloram herbicide, individually on the surface of each pot, in pre-emergence, 15 days after application the grasses were sown. At 50 days after sowing (DAS), the forages were harvested and their phytoremediation potential was evaluated. These were segregated in part area and root, analyzing the parameters of fresh biomass (g), dry biomass (g) and height (cm) of the segregated parts for each treatment. After the phytoremediation plants were removed, the radish was transplanted in each vessel. At 5, 10, 15 and 20 days after emergence (DAE) the visual phytotoxicity of the plants was evaluated and at 20 DAE was determined the accumulation of green and dry matter (g), plant height (cm), analyzes were using the same forage analysis procedure. The results showed that the evaluated grasses present phytoremediation characteristics for auxinic herbicides; the radish can be used as a bioindicator of the presence of herbicide 2,4-D + picloram; the period evaluated was not sufficient for the total withdrawal of the effects of the herbicide, being necessary continuity of the phytoremediation process.

Key-words: herbicide, contamination, *Urochloa brizantha* cv. Braquiarião, *Panicum maximum* cv. Mombaça, bioindicator.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.USO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL

O modelo de desenvolvimento agrícola brasileiro é baseado no uso intensivo de insumos e recursos naturais. Na última década, a adoção de técnicas que visem o crescimento produtivo fez com que o produto interno bruto (PIB) do país dobrasse (WAICHMAN, 2012). O desempenho econômico excepcional apresentado se dá principalmente pela utilização do agroquímico como instrumento de proteção dos cultivos, garantindo o aumento de produtividade e colheita (AMERICO et al., 2015).

De acordo com Waichman (2012), o Estado com o intuito de disseminar a modernização na agricultura, implantou o sistema de assistência técnica e extensão rural, que trouxe consigo pacotes tecnológicos baseados na utilização de defensivos agrícolas como estratégia de aumento de produtividade e ferramenta de controle de pragas. O processo de obrigatoriedade da compra de agrotóxicos, iniciou em 1965 com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural, reforçado em 1975 pelo Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (BUENO e SOUZA, 2014). De acordo com Cabral (2012), o uso em larga escala dos agrotóxicos, teve sua ascensão a partir da criação do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), de 1975-1979, na qual estimulava os agricultores a comprar os produtos por meio do crédito rural e, desta forma, instituindo a inclusão de uma cota de agrotóxicos para cada financiamento.

A dependência de insumos que garantam produções em maior escala, imposta pelo atual modelo de produção agrícola, fez com que o mercado brasileiro de agrotóxicos expandisse 190% na última década (RIGOTTO et al., 2014). O mercado nacional de defensivos agrícolas movimentou cerca de US\$ 7,3 bilhões em 2010, de acordo com a Anvisa (2013), representando 19% do mercado global de agrotóxicos. Esses subsídios permitem ao Brasil a liderança no *ranking* mundial de consumo de agrotóxicos desde 2008, com perspectivas de crescimento para o mercado no médio e longo prazo (VIERO et al., 2016; PORTO e SOARES, 2012).

Os produtos de agrotóxicos são regulados no Brasil desde a promulgação do Decreto nº 24.114 de 1934, que estabeleceu as diretrizes e obrigações para a produção, importação, exportação, comercialização e uso no Brasil (REBELO e CALDAS, 2014). A Lei 7.802 de 1989 regulamenta o que são e quais os destinos dos agrotóxicos, sendo definido, de acordo com Carneiro et al., (2012) como:

“[...]produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservar - lás da ação danosa de seres vivos considerados nocivos”.

O processo de avaliação agrônômica, impacto à saúde humana e registro destes produtos no país, é de competência do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), respectivamente (REBELO e CALDAS, 2014).

No Brasil estão registrados 434 ingredientes ativos (IA), que combinados resultam em pelo menos 2.400 formulações de agrotóxicos registrados, sendo utilizados em larga escala nas produções agrícolas (KUGLER, 2012). De acordo com Nascimento (2013), dos 50 agrotóxicos mais utilizados nas lavouras brasileiras, 22 são proibidos na União Europeia.

Diversos são os grupos químicos, tipos de formulações e nomes comerciais que os agrotóxicos se apresentam no mercado. Pela lei, estes produtos devem apresentar nos rótulos, uma faixa colorida indicativa de sua classe toxicológica, a qual é relacionada com a ação e grupo químico que o agrotóxico pertence. Desta forma, classifica-se os agrotóxicos quanto a sua toxicidade em: Classe I: Extremamente Tóxicos – Faixa Vermelha; Classe II: Altamente Tóxicos – Faixa Amarela; Classe III: Medianamente Tóxicos – Faixa Azul; Classe IV: Pouco Tóxicos – Faixa Verde (CABRAL, 2012).

A avaliação e a classificação do potencial de periculosidade ambiental de um agrotóxico, são baseadas em estudos físico-químicos, toxicológicos e ecotoxicológico (SILVA, 2017). Essa classificação, tem a função de estabelecer medidas de segurança e proteger e/ou prevenir a saúde humana e o ambiente destes produtos. Porém, o uso indiscriminado do método químico para domínio das pragas agrícolas aliado a falta de informação dos seus níveis tóxicos por parte dos agricultores sobre os métodos de aplicação e os riscos associados à sua utilização, tem levado a efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde humana (NASCIMENTO, 2013).

1.2. RISCOS AMBIENTAIS DO USO DOS AGROTÓXICOS

A eficácia comprovada dos agrotóxicos no combate a pragas, doenças de plantas e animais, de ervas invasoras de culturas e pastagens, tem contribuído para o uso intensivo desses produtos no meio rural, resultando em graves consequências ambientais e humana. O uso frequente de agrotóxicos pode causar contaminação dos solos, da atmosfera, das águas superficiais e subterrâneas, dos alimentos, além da alteração da dinâmica bioquímica natural dos ecossistemas (MENDES et al., 2014). Sua persistência no ambiente pode afetar a viabilidade da microbiota, estimulando ou inibindo seu crescimento, comprometendo os processos de ciclagem de materiais no ambiente edáfico e o crescimento de vegetais.

A persistência e o destino dos agrotóxicos no ambiente são resultados dos processos ambientais naturais e de fatores como propriedades físico-químicas dos agrotóxicos, práticas de uso (frequência de uso e métodos de aplicação), características bióticas e abióticas do ambiente e das condições meteorológicas (BORSOI et al., 2014; REBELO e CALDAS, 2014).

1.2.1. Agrotóxico e o solo

A reação dos agrotóxicos no solo, remete-se a uma série de processos dinâmicos físicos, químicos e biológicos, incluindo retenção (sorção), transformação (degradação biológica e decomposição química) e transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial), e sua persistência no solo depende exclusivamente da eficiência desses processos. Os processos dinâmicos supracitados controlam diretamente o transporte de agrotóxicos no solo e sua transferência para a água, o ar e para os alimentos, tendo por fim a contaminação humana (NASCIMENTO, 2013).

As condições que determinam o destino e o comportamento dos compostos xenobióticos¹, variam de acordo com o produto e com os fatores relacionados à sua aplicação. De acordo com Borsoi et al. (2014), no solo a preocupação com a contaminação refere-se à interferência desses compostos xenobióticos nos processos biológicos responsáveis pela oferta de nutrientes, bem como alterações sofridas na deterioração da matéria orgânica e aeração do solo, através da inativação e morte de microrganismos e invertebrados que se desenvolvem no solo, além da eutrofização de águas.

¹ compostos químicos estranhos a um organismo ou sistema biológico, presentes em pesticidas, inseticidas, defensivos agrícolas, plásticos, produtos de limpeza e fármacos.

Dentre os processos que englobam a conduta dos agroquímicos no solo, o processo de lixiviação e o escoamento superficial, merecem destaque. Isso porque ambos os processos dinamizam a contaminação dos recursos hídricos expondo organismos das mais diversas cadeias a níveis de agrotóxicos que podem ser tóxicos.

A sorção e a dessorção dos agrotóxicos no solo são os principais mecanismos envolvidos na lixiviação dos agroquímicos por influenciar na concentração das moléculas dos produtos na solução do solo e na sua dissipação, resultando na contaminação de águas subterrâneas. O escoamento de partículas de solos tratados com agrotóxicos, têm sido apontado em estudos como a principal causa da contaminação dos mananciais hídricos. A contaminação das águas superficiais ocorre pela adsorção do agrotóxico às partículas do solo erodido ou em solução. A intensidade, o volume e duração da precipitação são fatores de grande influência no transporte e na perda de agrotóxicos pelo escoamento superficial (NASCIMENTO, 2013; REBELO e CALDAS, 2014).

A importância relativa dessas formas de transporte depende, em grande parte, do tipo de solo e do relevo da região. Os efeitos ecológicos adversos causados pela contaminação do ambiente também podem ser influenciados, de acordo com Silva (2017) por condições meteorológicas, topográficas, características de solo e plantas, pelas práticas de manejo agrícola exercida na área, bem como pela formulação dos agroquímicos.

1.2.2. Agrotóxico e a água

As fontes hídricas, sejam elas superficiais ou subterrâneas, estão expostas a receber cargas de agrotóxicos por drenagem, percolação lateral, escoamento superficial e subsuperficial, erosão, deriva e volatilização. Essa contaminação é resultado da aplicação direta de partículas ocasionadas pela lixiviação e/ou carreamento ou pela deriva de produtos químicos despejados no ambiente (NASCIMENTO, 2013).

As práticas agrícolas são apontadas por Silva (2017) como, responsável por grande parte dos problemas de contaminação dos recursos hídricos. A degradação da água, se dá pelo lançamento direto ou indireto de poluentes químicos, fertilizantes orgânicos e minerais. De acordo com Marques (2007), esses poluentes chegam as fontes de água superficial e subterrânea durante o processo de escoamento e percolação, chamadas de fontes não pontuais de poluição.

Dentre as principais preocupações inerentes a degradação dos mananciais envolve: descontrole do ecossistema, perda na biodiversidade, contaminação de ecossistemas

marinhos e das fontes de águas subterrâneas e mortes provocadas por doenças transmitidas pelo não tratamento da água.

Em função da ampla utilização nas lavouras, os agrotóxicos têm representado os produtos com maior incidência nos mananciais hídricos do mundo (NASCIMENTO, 2013). Os agroquímicos quando em contato com o sistema hidrológico, dependendo do grau de contaminação e do tempo de exposição, podem causar múltiplas alterações e graves desequilíbrios ecológicos. Os riscos desses produtos em atingir e degradar os mananciais hídricos subterrâneos, de acordo com Silva (2017), pode ser determinado por fatores climáticos, práticas aplicadas no manejo das lavouras, propriedades do solo, profundidade do manancial e propriedades físico-químicas dos agrotóxicos.

1.2. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR HERBICIDAS

De acordo com Cassal et al. (2014), há uma existência tendenciosa e concentrada no mercado de agrotóxicos em determinadas categorias de produtos. Dos agrotóxicos comercializados, o herbicida lidera as vendas com 45% do total de agrotóxicos comercializados no mercado brasileiro, seguido dos fungicidas com 14% e inseticidas com 12%, na escala de comercialização.

Classificados como não seletivos ou seletivos, o largo espectro comercial dos herbicidas se dá, principalmente, pela sua função de detenção as plantas daninhas a um baixo custo e com alta eficácia, sendo seu controle indispensável para a melhoria dos índices de produtividade da atividade agropecuária (PELLEGRINI et al., 2010).

Dentre os diversos grupos dos herbicidas, o grupo das auxinas sintéticas tem sido um dos mais utilizados para controlar o crescimento de ervas daninhas na agricultura em todo o mundo (BRAGA, 2013). De acordo com Song (2014), a família de herbicidas auxínicos contém quatro grupos químicos principais, incluindo ácidos quinolinocarboxílicos (quinmerac e quinclorac), ácidos piridinecarboxílicos (fluroxípr, triclopyr, clopiralide e picloram), ácido benzóico (dicamba) e ácido fenoxialcanoico (2,4 -D, 2,4-DP, 2,4-DB, 2,4,5-T, MCPA, MCPB e mecoprop). Compostos auxínicos, induzem mudanças metabólicas e bioquímicas às espécies sensíveis ao composto, acarretando danos ao cloroplasto das plantas, através da síntese do ácido abscísico resultando na inibição da atividade enzimática fotossintética e conseqüentemente senescência foliar (HANSEN & GROSSMANN, 2000)

Alguns agricultores, adotam sistemas que se baseiam no controle químico com herbicidas preestabelecidos, sem considerar as condições específicas locais, como solo, clima,

cultivar ou mesmo o sistema rotacional de cultivo utilizado, o que tem resultado em intoxicação de plantas de diversos cultivos, causada por herbicidas utilizados durante o ciclo da cultura ou, ainda, por aqueles pulverizados em culturas antecessoras e que possuem efeito residual no solo (MANCUSO et al., 2011).

Na região Amazônica, o avanço da agricultura com a aplicação de tecnologias de agroquímicos, têm contribuído para a degradação ambiental. Tal cenário, toma proporções ainda maiores na região nordeste do Pará, onde a monocultura de soja tem ampliado em escala e território (GOMES, 2014). Na região do médio rio Guamá, na qual concentra-se a atividade de citricultura, Araújo et al. (2011) notaram a presença de agrotóxicos altamente tóxicos aplicadas nas mais diversas quantidades, tais como Atrazina, Glifosato, Diuron, Hexazinona, 2,4-D, Etiona, Fenpropatrina, Difenconazole, Triclofon, Clorpinifos, Bifentrina, Diazinona, Metidationa.

A grande problemática do uso indiscriminado de herbicidas, refere-se ao efeito residual que alguns herbicidas apresentam em suas propriedades físico-químicas. Herbicidas residuais, são aqueles que apresentam um maior período de atividade. O potencial de *carryover*² depende do herbicida utilizado, da cultura em sucessão e das condições ambientais após a aplicação de herbicidas.

1.3. FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS

O mecanismo de remediação é comumente o processo responsável pela melhoria da qualidade de vida ambiental. Conceitua-se como fitorremediação (*phyto*= vegetal + *remediation*= remediação), o emprego de plantas e seus microrganismos associados, para a contenção, isolamento, remoção ou redução de contaminantes no tratamento de solo, água e ar. Análogo aos demais processos de remediação, a utilização de plantas tem por objetivo reduzir os teores de contaminantes à níveis seguros e compatíveis ou impedir / dificultar a disseminação de substâncias nocivas ao ambiente (ANDRADE et al., 2007).

A técnica da fitorremediação, apresenta-se como uma tecnologia com elevado potencial e eficácia para tratamento em larga escala de poluentes orgânicos e inorgânicos (LAMBERT et al., 2012). Embora o termo fitorremediação no Brasil, ainda pareça desconhecido para grande parte da comunidade científica, Procópio (2009) afirma que, o país

² persistência (efeito residual) do herbicida até a próxima estação de crescimento (cultivo) de forma a restringir a rotação de cultivo

apresenta potencialidade de uso dessa tecnologia, em vista das condições climáticas mais favoráveis e a biodiversidade existente.

1.4.1. Mecanismos da fitorremediação

A fitorremediação pode ser classificada dependendo do mecanismo e da técnica a ser empregada, da natureza química ou da propriedade do poluente. Desta forma, a fitorremediação pode ser dividida em diferentes processos, conforme apresentado no Quadro 1, que ocorrem em função das características morfofisiológicas de cada espécie vegetal. Procópio (2009) afirma que tais processos não são exclusivos e podem ocorrer simultaneamente ou sequencialmente.

Quadro 1. Mecanismo da Fitorremediação.

Mecanismo	Processo
Fitoextração	Absorção e captura do poluente contido no meio, o qual é armazenamento no tecido vegetal
Rizofiltração	Absorção, concentração, contenção e/ou precipitação do contaminante
Fitotransformação ou Fitodegradação	O poluente sofre bioconversão no interior das plantas ou em sua superfície, passando a formas menos tóxicas
Fitovolatilização	Remoção e conversão do contaminante em forma volátil e liberação no ar. Associação com microorganismos.
Fitoestimulação	Estímulo à biodegradação microbiana mediante exsudatos radiculares e/ ou fornecimento de tecidos vegetais
Fitoestabilização	Imobilização, contenção e incorporação à parede vegetal e ao húmus do contaminante.
Rizodegradação	Biodegradação do contaminante pela comunidade microbiana associada à rizosfera da espécie vegetal. Normalmente ocorre após a fitoestimulação

Fonte: Adaptado Santos et al. (2010).

1.4.2. Vantagens e desvantagens da fitorremediação

A técnica fitorremediadora oferece elevado potencial de utilização, devido às vantagens que apresenta em relação às outras técnicas de remediação de contaminantes do solo, toda via apresenta algumas limitações e dificuldades que devem ser previstas antes de se optar pelo seu uso. O Quadro 2, descreve as principais vantagens e limitações inerentes à técnica apontadas pela literatura.

Quadro 2. Principais vantagens e limitações de uso da técnica de fitorremediação.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Menor custo em relação às técnicas de remediação ex situ;	Contaminante, deve estar dentro da zona de alcance do sistema radicular;
Os xenobióticos podem ser degradados a compostos não tóxicos;	Elevados níveis do contaminante no solo podem impedir a introdução de plantas;
As propriedades biológicas, físicas e químicas do solo são mantidas e, até melhoradas;	O tempo requerido para obtenção de uma despoluição satisfatória pode ser longo;
Incorporação de matéria orgânica ao solo e fixação de nitrogênio atmosférico, no caso das plantas conhecidas genericamente de leguminosas;	Necessidade de retirada das plantas da área contaminada, quando o composto tóxico é apenas fitoacumulado ou fitodegradado a um composto ainda tóxico;
Plantas auxiliam no controle do processo erosivo, eólico e hídrico. Além de reduzir o movimento descendente de água contaminada para o lençol freático;	A presença do contaminante ou de algum metabólito tóxico na parte aérea das plantas pode favorecer a contaminação da cadeia alimentar;
Útil em locais com elevada quantidade de solo a descontaminar;	Pouco conhecimento sobre o manejo de plantas fitoextratoras;
Utiliza energia solar para realizar os processos de descontaminação;	Dificuldade na seleção de plantas para fitorremediação;
Apresenta alto índice de aceitação pública, perante a sociedade.	Clima e condições edáficas podem restringir o crescimento de plantas fitorremediadora; Tecnologia em desenvolvimento.

Fonte: Adaptado Procópio et al. (2009); Pires et al., (2003); Oliveira et al., (2007).

1.4.3. Escolha de espécies vegetais para a fitorremediação

Para o programa de fitorremediação, é desejável que as plantas que apresentem algumas características, que devem ser usadas como indicativos para sua seleção, tal processo de seleção consiste na primeira etapa de um programa de fitorremediação. Para isso, segundo Procópio (2009) é necessário avaliar e considerar as características físicas e químicas do contaminante e do solo a ser remediado, a topografia da área e as condições climáticas locais.

Dentre os critérios indicativos para seleção de espécies vegetais para programas de fitorremediação, Procópio (2009) e Oliveira et al. (2007) citam que a planta deve possuir: sistema radicular profundo e denso; alta taxa de crescimento e produção de biomassa; capacidade transpiratória elevada; elevada taxa de exsudação radicular; resistência a pragas e doenças; adaptabilidade ao local a ser remediado (clima e solo); fixação biológica de nitrogênio atmosférico; alta associação com fungos micorrízicos; capacidade de absorção, concentração e/ou metabolização e tolerância ao contaminante; fácil aquisição ou multiplicação de propágulos; ocorrência natural em áreas contaminadas. Sendo ideal para o programa, agrupar todas essas características em uma só espécie vegetal, ou reunir o maior número delas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxico em Alimentos (PARA)**. Seminário de mercado de agrotóxico e regulação. Brasília: ANVISA, 2013. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 12 de fev. 2017.
- AMÉRICO, J.H.P.; MANOEL, L.O.; TORRES, N.H.; FERREIRA, L.F.R. O uso de agrotóxicos e os impactos nos ecossistemas aquáticos. **Revista Científica ANAP Brasil**, **8**(13):101-115, 2015.
- ANDRADE, J.C.M.; TAVARES, S.R.L.; MAHLER, C.F. **Fitorremediação: o uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 150p.
- ARAÚJO, A.C.P.; NOGUEIRA, D. P.; AUGUSTO, L.G.S. Impacto dos praguicidas na saúde: estudo da cultura de tomate. **Revista de Saúde Pública**, **34**(3):309-313, 2011.
- BORSOI, A.; SANTOS, P.R.R. TAFFAREL; L.E.; GONCALVES JÚNIOR, A.C. Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente. **Acta Iguazu**, **3**(1):86-100, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/jpalo/Downloads/9650-34813-1-PB%20(1).pdf >. Acesso em: 10 de mai. 2017.
- BRAGA, R.R.; COSTA, S.S.D. da; FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B. dos; SILVA, D.V. Atividade microbiana de solos contaminados com picloram e cultivados com *Urochloa brizantha*. **Enciclopédia Biosfera**, **9**(17):302-314, 2013.
- BUENO, T.; SOUZA, M.M.O. O veneno nosso de cada dia: considerações sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. In: **I Seminário Nacional: Agrotóxicos, Impactos Socioambientais e Direitos Humanos**, **1**(1), 2014. Goiás. Anais do I Seminário Nacional: Agrotóxicos, Impactos Socioambientais e Direitos Humanos. Goiás, 2014.
- CABRAL, E.R.M. **Exposição aos agrotóxicos: implicações na saúde de trabalhadores agrícolas de uma região de Campinas-SP**. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. 170p.
- CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. **Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro, 2012. 1ª Parte. 98p.
- CASSAL, V.B.; AZEVEDO, L.F.; FERREIRA, R.P.; SILVA, D.G.; SIMÃO, R.S. Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas / Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, **18**(1):437-445, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117012498>>. Acesso em: 23 de mar. 2017.
- GOMES, M.A.F.; BARIZON, R.R.M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2014, 35 p. (1ª edição eletrônica / Documentos / Embrapa Meio Ambiente, 98). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/987245/1/Doc98.pdf>>. Acesso em: 10 de jan. 2017.

HANSEN H.; GROSSMANN K. Auxin - induced ethylene triggers abscisic acid biosynthesis and growth inhibition. **Plant Physiology**, **124**:1437-1448, 2000.

KUGLER, H. Brasil no pódio dos agrotóxicos. In: CARVALHO, M.A.R.; ARAÚJO, R.B.; GUIMARÃES, J.R.; OLIVEIRA, I.S.; POIAN, A.T. Terra de agrotóxico: Brasil lidera consumo de substâncias banais. **Revista Ciência Hoje**, **50**(296):20-25, 2012.

LAMBERT , L.F.M.; SOARES, R.P.S.; CRISTINO, S. Fitorremediação como solução para recuperação de solos contaminados pelo petróleo. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2012. Anais do III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, IBEAS, 2012. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/XI-065.pdf>>. Acesso em: 13 de mai. 2017.

MANCUSO, A.C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, **10**(2):151-164, 2011.

MARQUES N.M.; COTRIM M.B.; PIRES M.A.F.; BELTRAME FILHO O. Avaliação do Impacto da Agricultura em Áreas de Proteção Ambiental, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape. **Química Nova**, **30**(05):11- 17, 2007. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br>>. Acesso em: 13 de abr. 2017.

MENDES, E. do N.; FREIRE, J.E.; FIGUEIREDO, M.F.; BRAGA, P.E.T. O uso de agrotóxicos por agricultores no município de Tianguá-Ce. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, **10**(1):07-13, 2014. Disponível em: < <http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/> >. Acesso em: 12 de mai. 2017.

NASCIMENTO, R.M. do. **Impactos dos agrotóxicos na contaminação ambiental da produção de hortaliças no Baixo Rio Natuba, Pernambuco**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. 167p.

OLIVEIRA, D. M.; CARA, D. V. C.; XAVIER, P. G.; PAULA, M. S.; SOBRAL, L. G. S.; LIMA, R. B.; LOUREIRO, A. **Fitorremediação: O estado da arte**. Série Tecnologia Ambiental (STA), nº 39. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Rio de Janeiro, p.50, 2007.

PELLEGRINI, L.G.; NABINGER, C.; NEUMANN, M.; CARVALHO, P.C.F.; CRANCIO, L.A. Produção de forragem e dinâmica de uma pastagem natural submetida a diferentes métodos de controle de espécies indesejáveis e à adubação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, **39**(11):2380-2388, 2010.

PIRES, F.R.; SOUZA; C.M., SILVA, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FERREIRA, L.R. Fitorremediação de Solos Contaminados com Herbicidas. **Planta Daninha**, **21**(2):335-341, 2003. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000200020> >. Acesso em: 13 de mar. 2017.

PORTO, M.F.; SOARES, W.L. Modelo de desenvolvimento, agrotóxicos e saúde: um panorama da realidade agrícola brasileira e propostas para uma agenda de pesquisa inovadora. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, **37**(125):17-31, 2012.

PROCÓPIO, S.O. **Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009, 32p. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=fixas&pagina=publicacoesonline>>. Acesso em: 13 de mar. 2017.

REBELO, R.M.; CALDAS, E.D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. **Química Nova**, **37**(7):1199-1208, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140165>>. Acesso em: 21 de mar. 2017.

RIGOTTO, R.M.; VASCONCELOS, D.P.; ROCHA, M.M. Uso de agrotóxicos no Brasil e problemas para a saúde pública. **Caderno Saúde Pública**, **30**(7):1-3, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0102-311XPE020714>>. Acesso em: 05 de mar. 2017.

SANTOS, F.D.; NISHIYAMA, L.; PAVANIN, L.A.; FREITAS, C.E.L. Avaliação do Potencial de Espécies Vegetais na Fitorremediação de Solos Impregnados por Óleo Mineral Isolante (Hidrocarbonetos). In: **XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**, 2010. São Paulo: SENDI, 2010.

SILVA, W.B. Os riscos no uso indiscriminado de agrotóxicos: uma contaminação invisível. Pombal: **Informativo Técnico do Semiárido**, 2017, p 11 – 19 (Artigo Técnico, 11). Disponível em: <www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTENSA>. Acesso em: 09 de jun. 2017.

SONG, Y. Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. **Journal of Integrative Plant Biology**, **56**(2):106-113, 2014. Disponível em: <www.jipb.ne>. Acesso em: 05 de mar. 2017.

VIERO, C.M.; CAMPONOGARA, S.; CEZAR-VAZ, M.R.; COSTA, V.Z.; BECK, C.L.C. Sociedade de risco: o uso dos agrotóxicos e implicações na saúde do trabalhador rural. **Escola Anna Nery**, **20**(1):99-105, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1414-8145.20160014>>. Acesso em: 28 de mai. 2017.

WAICHMAN, A.V. A problemática do uso de agrotóxicos no Brasil: a necessidade de construção de uma visão compartilhada por todos os atores sociais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, **37**(125):42-47, 2012.

APRESENTAÇÃO

O artigo intitulado “**Fitorremediação de solo contaminado com 2,4-D + picloram na Amazônia Oriental**” será submetido ao periódico científico **Revista Brasileira de Ciência do Solo** é um periódico de divulgação científico, publicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, fundada em 1947, responsável pela divulgação de trabalhos técnico-científicos originais e inéditos de interesse da Ciência do Solo.

Autores:

SILVA, Jéssica Paloma Pinheiro^{1*}

SILVA, Sandra Andréa Santos da²

FERREIRA, Douglas Pereira Ferreira³

LISBOA, Samia Cristina de Lima⁴

SILVA, Rainério Meireles da⁵

¹Graduanda de Engenharia Agrônômica, UFPA - Campus Altamira [j.palomaatm@gmail.com / (93) 992344376]

²Prof.^a Dra da Faculdade de Engenharia Agrônômica, UFPA - Campus Altamira [sandrasilvaja@gmail.com]

³Graduando de Engenharia Ambiental, UEPA - Campus Altamira [eng.amb.douglas@gmail.com]

⁴Graduanda de Engenharia Florestal, UFPA - Campus Altamira [samiallisboa@gmail.com]

⁵Prof. Dr. da Faculdade de Engenharia Agrônômica, UFPA - Campus Altamira [raineriomeireles@hotmail.com]

FITORREMEDIÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM 2,4-D + PICLORAM NA AMAZÔNIA ORIENTAL

1 **RESUMO:** O efeito residual apresentado por parte dos herbicidas registrados, têm ocasionado
2 uma série de modificações para o ambiente. Para enfrentar a contaminação do solo por
3 compostos xenobióticos, uma das estratégias usadas é a fitorremediação, que utiliza plantas para
4 a extração/amenização do composto poluente. Objetivou-se neste trabalho avaliar o potencial do
5 capim-Braquiarião e capim-Mombaça em fitorremediar solo tratado com herbicida 2,4-
6 D+picloram, utilizando o rabanete como planta bioindicadora. O experimento foi conduzido em
7 casa-de-vegetação, em delineamento inteiramente casualizado em duas etapas. Na primeira etapa
8 os tratamentos foram compostos pelo cultivo do capim-Braquiarião e cultivo do capim-Mombaça
9 tratados com e sem a dose do herbicida, com cinco repetições cada tratamento. Na segunda
10 etapa, os tratamentos consistiram no cultivo do rabanete Crimson Gigante em: solo livre de
11 resíduo de herbicida; solo contaminado com cultivo prévio da espécie capim-Braquiarião; solo
12 contaminado com cultivo prévio da espécie capim-Mombaça; e solo contaminado sem o cultivo
13 prévio de gramínea, com cinco repetições cada tratamento. Foram utilizados vasos com 8 dm³ e
14 sem furos, os quais receberam o tratamento com herbicida 2,4-D + picloram, de forma individual
15 na superfície de cada vaso, em pré-emergência, 15 dias após aplicação procedeu-se a semeadura
16 das gramíneas. Aos 50 dias após a semeadura (DAS), as forrageiras foram colhidas e avaliadas
17 seu potencial fitorremediador. Estas foram segregadas em parte área e raiz, sendo analisados os
18 parâmetros de biomassa fresca (g), biomassa seca (g) e altura (cm) das partes segregadas para
19 cada tratamento. Após a retirada das plantas fitorremediadoras, foi realizado o transplantio, em
20 cada vaso, do rabanete. Aos 5, 10, 15 e 20 dias após a emergência (DAE) foi avaliada a
21 fitotoxidade visual das plantas e aos 20 DAE determinou-se o acúmulo da matéria verde e seca
22 (g), altura de planta (cm), as análises foram empregadas seguindo o mesmo procedimento de
23 análise das forrageiras. Os resultados demonstraram que as gramíneas avaliadas apresentam
24 características fitorremediadora para herbicidas auxínicos; o rabanete pode ser utilizado como
25 bioindicador da presença do herbicida 2,4-D + picloram; o período avaliado não foi suficiente
26 para a retirada total dos efeitos do herbicida, sendo necessária continuidade do processo
27 fitorremediador.

Palavras-chave: herbicida, contaminação, *Urochloa brizantha* cv. Braquiarião, *Panicum maximum* cv. Mombaça, bioindicadora.

PHYTOREMEDIATION OF AMAZONIAN SOIL CONTAMINATED WITH 2,4-D + PICLORAM

1 **ABSTRACT:** The herbicides have a residual effect and have a number of modifications to the
2 environment. To address a soil contamination by composite xenobiotics, one of the facilities
3 used and a phytoremediation, which uses plants for extraction / softening of the pollutant
4 compound. The objective of this work was to evaluate the potential of Braquiarão grass and
5 Mombaça grass in phytoremediate soil treated with herbicide 2,4-D + picloram, using radish as a
6 bioindicator plant. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomized
7 design in two stages. In the first stage the treatments were composed by Brachiarão grass
8 cultivation and Mombaça grass cultivation treated with and without the herbicide dose, with five
9 replications each treatment. In the second stage, the treatments consisted of radish Crimson Giant
10 cultivation in: soil free of herbicide residue; soil contaminated with previous cultivation of the
11 Brachiarão grass species; soil contaminated with previous cultivation of the Mombaça grass
12 specie; and contaminated soil without the previous cultivation of grass, with five replications
13 each treatment. Vessels with 8 dm³ and without holes were used, which were treated with 2,4-D
14 + picloram herbicide, individually on the surface of each pot, in pre-emergence, 15 days after
15 application the grasses were sown. At 50 days after sowing (DAS), the forages were harvested
16 and their phytoremediation potential was evaluated. These were segregated in part area and root,
17 analyzing the parameters of fresh biomass (g), dry biomass (g) and height (cm) of the segregated
18 parts for each treatment. After the phytoremediation plants were removed, the radish was
19 transplanted in each vessel. At 5, 10, 15 and 20 days after emergence (DAE) the visual
20 phytotoxicity of the plants was evaluated and at 20 DAE was determined the accumulation of
21 green and dry matter (g), plant height (cm), analyzes were using the same forage analysis
22 procedure. The results showed that the evaluated grasses present phytoremediation
23 characteristics for auxinic herbicides; the radish can be used as a bioindicator of the presence of
24 herbicide 2,4-D + picloram; the period evaluated was not sufficient for the total withdrawal of
25 the effects of the herbicide, being necessary continuity of the phytoremediation process.

Key words: herbicide, contamination, *Urochloa brizantha* cv. Braquiarão, *Panicum maximum* cv. Mombaça, bioindicator.

INTRODUÇÃO

1 Herbicidas do grupo das auxinas sintéticas tem ação seletiva e são responsáveis por
2 mudanças metabólicas e bioquímicas às plantas alvo, sendo frequentemente empregados para
3 controlar o crescimento de ervas daninhas em todo o mundo (Song, 2014). Desse grupo, o
4 picloram (ácido 4-amino 3,5,6 triclora-2-piridinacarboxílico) e o 2,4-D (ácido 2,4-
5 diclorofenoxiacético) compõem a maioria dos produtos registrados para aplicação na agricultura
6 (Agrofit, 2013).

7 O ácido 2,4-D, pertencente ao grupo dos ácidos fenoxiacéticos é um herbicida conhecido
8 como auxina sintética e apresenta-se com elevada tendência de lixiviação no solo, devido a sua
9 baixa adsorção. O picloram, do grupo dos ácidos piridinecarboxílicos é um herbicida
10 mimetizador das auxinas, que apresenta longo efeito residual no solo, o que caracteriza alto risco
11 de contaminação do lençol freático (Brito et al., 2001; Oliveira Junior, 2011; Santos et al., 2006).
12 A persistência desses produtos no ambiente, pode causar danos às culturas sensíveis a resíduos
13 desses produtos quando cultivadas em sucessão, podendo ainda inviabilizar a renovação de
14 pastagens degradadas quando se utiliza o sistema de integração entre lavoura e pecuária (Carmo
15 et al, 2008b).

16 Para enfrentar a contaminação do solo e da água por compostos xenobióticos, como os que
17 compõem as formulações de herbicidas, uma das estratégias usadas é a fitorremediação (Haque
18 et al., 2008). A técnica de fitorremediação, consiste na utilização de algumas espécies vegetais
19 que tenham capacidade de tolerar, filtrar, extrair, estabilizar ou degradar determinados
20 compostos contaminantes do solo e da água (Tavares et al., 2013; Vasconcellos et al., 2012).

21 A fitorremediação apresenta como principais vantagens, baixo custo de investimento e de
22 operação, aplicabilidade *in situ*, e geração mínima de degradação e desestabilização da área a ser
23 descontaminada (Madalão et al., 2012; Tavares et al., 2013). Porém, essa técnica possui
24 limitações, tais como tempo requerido para a despoluição, tipo de contaminante e de solo,
25 condições edafoclimáticas, concentração e profundidade de contaminação e dificuldade de
26 seleção de plantas para o programa de fitorremediação (Procópio et al., 2009; Oliveira et al.,
27 2007).

28 A seleção de espécies vegetais para o programa fitorremediador depende de características
29 próprias da planta, como tolerância a metais pesados, alta taxa de crescimento, alta produção de
30 biomassa, sistema radicular abundante e boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais
31 (Oliveira et al., 2007). Com base nos atributos supracitados, as espécies forrageiras apresentam
32 potencialidade para aplicação da técnica de fitorremediação.

1 Vários têm sido os estudos realizados comprovando a eficácia da utilização de espécies
2 forrageiras para o programa fitorremediador, em seu trabalho, Belo et al. (2011) revelaram a
3 tolerância das espécies forrageiras *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbes*, *Eleusine*
4 *coracana* e *Zea mays*, ao herbicida picloram. Resultados semelhantes foram encontrados por
5 Carmo et al. (2008a), que constataram tolerância de 14 espécies forrageiras a herbicidas. No
6 entanto, na região Norte do Brasil estudos que determinem a ação de plantas remediadoras de
7 contaminantes do solo, com espécies adaptadas às condições edafoclimáticas regional, são
8 escassos.

9 A espécie *Urochoa brizantha* cv. Marandu (sinônimo *Brachiaria brizantha*), conhecida
10 regionalmente por braquiarão ou simplesmente capim-marandu e *Panicum maximum* cv.
11 Mombaça, caracterizadas pela elevada produtividade, adequado valor nutritivo e crescimento
12 inclusive no período seco, estão entre as forrageiras mais utilizadas em sistema de produção
13 Amazônico, por ser opção viável para as condições edafoclimáticas e de manejo locais
14 (Camarão, 2005).

15 Em razão da relevância da utilização dessas forrageiras na região Amazônica, é oportuno
16 compará-las no programa fitorremediador, para melhor entendimento de sua resposta ao
17 contaminante. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o potencial do capim-
18 Braquiarão e capim-Mombaça, em fitorremediar solo tratado com herbicida 2,4-D + picloram,
19 utilizando o rabanete como planta bioindicadora.

MATERIAL E MÉTODOS

20 O experimento foi realizado em viveiro, com sombrite 25%, localizado na Universidade
21 Federal do Pará / Campus Universitário de Altamira – Pará, sob a coordenada 03°11'40"S
22 52°12'33"W, no período de junho a setembro de 2017, utilizando o delineamento inteiramente
23 casualizado, efetivado em duas etapas. Na primeira etapa, os tratamentos foram compostos pelo
24 cultivo do capim - Braquiarão em solo livre de resíduo de herbicida (T1); cultivo do capim-
25 Mombaça em solo livre de resíduo de herbicida (T2); solo contaminado com cultivo do capim -
26 Braquiarão (T3); solo contaminado com cultivo do capim-Mombaça (T4), com cinco repetições
27 cada.

28 Na segunda etapa, os tratamentos consistiram no cultivo do rabanete (*Raphanus sativus*)
29 Crimson Gigante em: solo livre de resíduo de herbicida (RT1); solo contaminado com cultivo
30 prévio da espécie capim-Braquiarão (RT2); solo contaminado com cultivo prévio da espécie
31 capim-Mombaça (RT3); e solo contaminado sem o cultivo prévio de gramínea (RT4), com cinco
32 repetições cada tratamento. Para a constituição do tratamento RT1, foram utilizados os vasos dos

1 tratamentos T1 e T2 (com solo livre de herbicida) da primeira fase, afim de compor a testemunha
2 do rabanete.

3 As amostras consistiram em solo de barranco, classificado como Latossolo Amarelo,
4 coletado na camada de 0-20cm e em local sem histórico de aplicação de herbicidas, cuja análise
5 química está apresentada na Tabela 1. Tais amostras, foram submetidas ao processo de secagem
6 TFSA (terra fina seca ao ar) e peneirada em malha de 5mm. Foram utilizados vasos com
7 capacidade de 8 dm³ e sem furos, visando evitar a perda do herbicida por lixiviação, preenchidos
8 com 9 kg de substrato, os quais foram irrigados ajustando-se a umidade em valor próximo a 80%
9 da capacidade de campo.

10 Em seguida, as unidades experimentais receberam o tratamento com herbicida 2,4-D +
11 picloram. As aplicações foram realizadas em pré-emergência, de forma individual na superfície
12 de cada vaso, com auxílio de um borrifador. A solução foi aplicada em dose reduzida aplicando
13 2x o recomendado, simulando o volume de 3,5L. do produto de herbicida para 200 L. de água,
14 sendo este o volume de calda utilizado na região para emprego em 1 hectare. Para a aplicação
15 calculou-se, através da regra de três simples, a concentração de herbicida e calda necessária
16 considerando a circunferência do vaso.

17 A semeadura das espécies forrageiras avaliadas, foi realizada quinze dias após a aplicação
18 do 2,4-D + picloram, recebendo irrigação diariamente. Após a emergência das plantas, realizou-
19 se o desbaste deixando 5 plantas por vaso em cada repetição. Todas as unidades receberam
20 adubação, via solo, sendo respeitado o teor de nutrientes recomendado para as espécies. Aos 50
21 dias após a semeadura (DAS), as forrageiras foram colhidas e avaliadas seu potencial
22 fitorremediador. Estas foram segregadas em parte área e raiz, sendo analisados os parâmetros de
23 biomassa fresca (g), biomassa seca (g) e altura (cm) das partes segregadas para cada tratamento,
24 conforme metodologia adotada por Franco et al. (2014).

25 Para a segunda etapa do experimento, foi semeado em areia autoclavada, de acordo com a
26 recomendação do fabricante, a espécie *Raphanus sativus* Crimson Gigante. Após a retirada das
27 plantas fitorremediadoras, foi realizado o transplantio, em cada vaso, do rabanete utilizada como
28 bioindicadora da presença de resíduos do herbicida no solo. Aos 5, 10, 15 e 20 após a
29 emergência (DAE) foi avaliada a fitotoxicidade visual das plantas, atribuindo notas de acordo com
30 os sintomas de toxidez apresentado na parte aérea (Tabela 2), segundo metodologia proposta
31 pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBPCPD (1995). Aos 20 DAE,
32 foram realizadas as mesmas análises empregadas na avaliação das forrageiras.

33 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. A análise dos efeitos
34 significativos do período de cultivo de cada espécie fitorremediadora e da planta bioindicadora

1 foi efetuada pelo teste de Dunnett, enquanto que os resultados de fitotoxicidade da espécie
2 bioindicadora foi analisado pelo teste de Kruskal-Wallis, sendo os coeficientes das equações
3 testados a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSÃO

4 As espécies foram diferentemente afetadas pelo contaminante como evidenciado pelos
5 dados biométricos (Tabela 3). O efeito da aplicação de 2,4-D + picloram nos tratamentos,
6 reduziu o acúmulo de biomassa fresca (parte aérea e raiz) e produção de matéria seca radicular
7 do capim- Braquiarão, quando comparado com a testemunha. Dentre as características avaliadas,
8 no capim-Mombaça apenas a biomassa aérea (fresca e seca) apresentou efeito significativo
9 quando comparado ao cultivo em solo sem uso de herbicida. Resultados semelhantes, foram
10 encontrados por D'Antonino et al. (2009), que ao avaliar o efeito de herbicida auxínico,
11 observaram que a aplicação de 2,4-D + picloram inibiu em 13,6% o acúmulo de matéria seca do
12 milho, em relação à testemunha. Já Fulaneti et al. (2014), objetivando selecionar espécies de
13 plantas cultivadas em consórcio, com a finalidade de fitorremediar solos contaminados com o
14 herbicida Picloram, perceberam que apenas a altura do capim-Tanzânia teve influência
15 significativa com aplicação das diferentes doses de Picloram.

16 Com característica para controlar plantas daninhas dicotiledôneas anuais ou perenes, os
17 resultados evidenciam sensibilidade das espécies quando submetidas ao tratamento com dose
18 elevada a recomendada, mesmo o herbicida apresentando seletividade para gramíneas em geral,
19 corroborando para a necessidade do uso racional desses produtos. De modo geral, a tolerância de
20 gramíneas a herbicidas mimetizadores é determinada por um somatório de fatores, na qual a
21 penetração nestas plantas apresenta-se baixa com translocação no floema limitada, devido a suas
22 estruturas anatômicas (Oliveira Júnior et al., 2011).

23 Nos resultados apresentados na Tabela 4, observa-se que nas unidades experimentais
24 tratadas previamente com o cultivo do capim-Braquiarão e capim-Mombaça em solo
25 contaminado com o 2,4-D + picloram, o rabanete utilizado como cultura bioindicadora,
26 apresentou maior tolerância ao herbicida em todos os parâmetros avaliados, quando comparada
27 ao cultivo em solo tratado com herbicida sem o tratamento prévio de gramínea, apresentando
28 brusca redução no seu crescimento e desenvolvimento.

29 Para as características comprimento aéreo e radicular, biomassa fresca radicular e biomassa
30 seca da parte aérea e raiz, o cultivo da bioindicadora em sucessão ao capim-Braquiarão
31 proporcionou melhor desenvolvimento quando comparada ao cultivo prévio do capim-Mombaça.
32 Ao comparar com o tratamento controle, observa-se menores danos às características
33 morfológicas do rabanete, no seu cultivo antecedido pelo capim-Braquiarão, apresentando

1 comportamento similar para os parâmetros altura das plantas e acúmulo de biomassa fresca e
2 seca radicular, indicando maior capacidade fitorremediadora da espécie no período avaliado.

3 Pires et al. (2005), objetivando avaliar sete espécies (*Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*,
4 *Dolichos lablab*, *Pennisetum glaucum*, *Estizolobium deeringianum*, *Estizolobium aterrimum* e
5 *Lupinus albus*) de plantas cultivadas para adubação verde, em solos contaminados com
6 tebuthiuron, utilizando aveia-preta como planta indicadora, observaram comportamento
7 semelhante das espécies para as características altura de plantas e biomassa seca da parte aérea.

8 Os resíduos do herbicida 2,4 D + picloram no solo, ocasionaram aumento de intoxicação
9 no rabanete ao longo do seu cultivo, para todos os tratamentos que receberam a aplicação do
10 herbicida, manifestando sintomas visuais nas folhas (Tabela 5). O cultivo prévio do capim-
11 Braquiarião, promoveu maior tolerância ao rabanete, apresentando sintomas leves de intoxicação
12 somente a partir dos 15 dias após a emergência (DAE). Quando cultivado em solo contaminado
13 em sequência ao capim-Mombaça, os danos preocupantes na planta teste originaram-se a partir
14 dos 10 DAE, apresentando anormalidade no crescimento (redução) das plantas em relação à
15 testemunha.

16 O herbicida, acarretou maior intoxicação às plantas de rabanete quando cultivadas em
17 solos sem atuação prévia de forrageira, apresentando sintomas pronunciados aos 5 DAE,
18 observando amarelecimento das folhas e retorcimento do caule, evoluindo para danos
19 irreversíveis promovendo a morte de 70% dos rabanetes cultivados aos 20 DAE, sendo os
20 sintomas de fitotoxicidade classificados como altas e muito altas.

21 Ao avaliar o comportamento de pepino, alface e tomate cultivados em solos contaminados
22 com subdoses do herbicida 2,4-D + Picloram, Nascimento & Yamashita (2009), verificaram
23 intoxicação nítida das olerícolas após 4 dias da semeadura, com danos que variavam de leves até
24 a morte completa das plantas. Assis et al. (2010), analisando plantas de *Panicum maximum* cv.
25 Tanzânia no programa de fitorremediação sob diferentes lâminas de água no solo contaminado
26 com o herbicida, verificaram que a espécie não foi eficiente em garantir pleno acúmulo de massa
27 verde e seca pelas plantas de soja (bioindicadora), quando cultivadas em solo que recebeu as
28 duas doses do herbicida picloram (80 e 160 g ha⁻¹), independentemente da reposição feita da
29 água evaporada do solo. Já Procópio et al. (2009), verificaram que a espécie *Panicum maximum*
30 cv. Tanzânia influenciou o nível de fitotoxicidade do herbicida picloram sobre a cultura da soja
31 semeada em sucessão e tem capacidade de remediar solos contaminados com esse herbicida,
32 quando cultivada em densidade populacional máxima de 122 plantas m².

33 Os resultados evidenciam a alta sensibilidade das plantas de rabanete à presença do
34 picloram e 2,4-D e reforça o cuidado com a semeadura de olerícolas em áreas com histórico de

1 aplicações de herbicidas que contenham este ingrediente ativo, indicando sintomas de
2 intoxicação aos 5 dias após a emergência. Determinar o período dos efeitos de intoxicação dos
3 compostos dos herbicidas sobre as plantas teste, define a persistência e qualifica a ação fitotóxica
4 dos mesmos, indicando a época segura para o plantio de novas culturas em sucessão àquela que
5 originalmente foi aplicado o herbicida.

6 A provável causa dos efeitos do herbicida 2,4-D + picloram observados na diminuição do
7 crescimento e desenvolvimento do rabanete, pode está relacionado ao mecanismo de ação na
8 planta e o longo período residual do picloram no solo, que induzem mudanças metabólicas e
9 bioquímicas às espécies sensíveis ao composto auxínico, ocasionando senescência das plantas. A
10 ação inicial desses compostos envolve o metabolismo de ácidos nucléicos e a plasticidade da
11 parede celular, afetando o crescimento das plantas de modo similar a auxina natural, provocam
12 danos no cloroplasto, ocasionando clorose da estrutura foliar e a diminuição da taxa de clorofila,
13 levando a dessecação e necrose do tecido. Em altas concentrações de herbicida, o crescimento é
14 inibido devido o composto atingir as regiões meristemáticas da planta, as quais acumulam tanto
15 assimilados provenientes da fotossíntese, quanto o herbicida transportado via floema. A
16 intoxicação, provoca ainda a síntese de ácido abscísico (ABA), acarretando no fechamento
17 estomático, limitando a assimilação de carbono e conseqüentemente a produção de biomassa,
18 além de contribuir para a inibição da atividade enzimática fotossintética, resultando na
19 senescência foliar e morte das plantas (Hansen & Grossmann, 2000; Oliveira Júnior et al., 2011),
20 conforme observado neste trabalho.

21 A relevância dos resultados na planta teste cultivada em sequência ao capim-Braquiarião,
22 podem ter relação intrínseca as características morfológicas da espécie, uma vez que, de acordo
23 com Kanno (1999) a espécie apresenta alta produção e volume de raízes, proporcionando maior
24 aérea ocupada facilitando a absorção de água e nutrientes e, portanto, dos compostos
25 xenobióticos presentes no solo, além de exibir maior rusticidade inerentes as condições
26 edafoclimáticas quando comparada ao capim-Mombaça.

27 O cultivo da olerícola antecedido pelas gramíneas, proporcionou melhores condições de
28 desenvolvimento ao rabanete, porém não foi suficiente para a retirada total do composto
29 xenobióticos do solo. Dessa forma, estudos com um período maior de cultivo das espécies
30 devem ser considerados, uma vez que à medida em que as plantas crescem, sua ação
31 fitorremediadora é incrementada pela maior capacidade de absorção, podendo apresentar maior
32 eficiência na retirada de compostos xenobióticos, e estes conseqüentemente, causar menores
33 danos à cultura sensível ao herbicida.

CONCLUSÃO

1 O capim-Braquiarião e capim-Mombaça, apresentam características fitorremediadora para
2 herbicidas auxínicos, com destaque ao capim- Braquiarião;

3 O rabanete demonstra potencial como indicador biológico da presença do herbicida 2,4-D
4 + picloram, apresentando sintomas aos 5 DAE.

5 O período estudado comprova que é insuficiente para a retirada total dos efeitos do
6 herbicida, sendo necessária continuidade no processo de descontaminação;

REFERÊNCIAS

AGROFIT - SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS: 2013. [acesso 04 de jan. 2017]. Disponível em: www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit.

Assis RL, Procópio SO, Carmo ML, Pires FR, Cargnelutti Filho A, Braz GBP, Silva WFP. Fitorremediação de solo contaminado com o herbicida picloram por plantas de *Panicum maximum* em função do teor de água no solo. Eng Agríc. 2010; 30:845-853.

Belo AF, Coelho ATCP, Tironi SP, Ferreira LR, Silva AA. Atividade fotossintética de plantas cultivadas em solo contaminado com picloram. Planta Daninha. 2011; 29:885-892. [acesso 15 dez 2016]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262758677>

Brito NM, Amarante Júnior OP, Abakerli R, Santos TCR, Ribeiro ML. Risco de contaminação de águas por pesticidas aplicados em plantações de eucaliptos e coqueiros: análise preliminar. Pesticidas: R de Ecot e Meio Amb. 2001; 2:93-104.

Carmo ML, Procópio SO, Pires FR, Cargnelutti Filho A, Barroso ALL, Silva GP, Carmo EL, Braz GBP, Silva WFP, Braz AJBP, Pacheco LP. Seleção de plantas para fitorremediação de solos contaminados com picloram. Planta Daninha. 2008a; 26:301-313. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000200006>

Carmo ML, Procópio SO, Pires FR, Cargnelutti Filho A, Braz GBP, Silva WFP, Barroso ALL, Silva GP, Carmo EL, Braz AJBP, Assis RL. Influência do período de cultivo de *Panicum maximum* (cultivar Tanzânia) na fitorremediação de solo contaminado com picloram. Planta Daninha. 2008b; 26:315-322. [acesso em 10 de fev 2017]. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pd/v26n2/a07v26n2>

D'Antonino L, Silva AA, Ferreira LR, Cecon PR, Quirino ALS, Freitas, LHL. Efeitos de culturas na persistência de herbicidas auxínicos no solo. Planta Daninha. 2009; 27:371-378.

Fulaneti FS, Alves GS, Alencar CC, Ferreira MM, Cortes AF. Utilização de plantas em cultivos consorciados para fitorremediação de solo contaminado com herbicida picloram. In: Anais do VI Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão; novembro de 2014. Bagé-RS. Bagé: Universidade Federal do Pampa 6(2). [acesso 23 de mar 2017]. Disponível em: <http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/7953/0>

Franco MHR, França AC, Albuquerque MT, Schiavon NC, Vargas GN. Fitorremediação de solos contaminados com picloram por *Urochloa brizantha*. Pesq Agro Trop. 2014; 44:460-467. [acesso 21 jul 2017]. Disponível em: www.agro.ufg.br/pat

Hansen H, Grossmann K. Auxin - induced ethylene triggers abscisic acid biosynthesis and growth inhibition. *Plant Physiology*. 2000; 124:1437-1448.

Haque N, Peralta-Videa JR, Jones GL, Gill TE, Gardeatorresdey JL. Screening the phytoremediation potencial of desert broom (*Braccharis sorothroides* Gray) growing on mine tailings in Arizona, USA. *Environ mental Pollution*. 2008; 153:362-368. [acesso 28 de mai 2017]. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.08.024>

Kanno T, Macedo MCM, Euclides VPB, Bono JA, Santos Junior JDG, Rocha MC, Beretta LGR. Root biomass of live tropical grass postures under continuous grazing in Brazilian. *Savanas Grassland Science*. 2011; 45:9-14.

Madalão JC, Pires FR, Chagas K, Filho AC, Procópio OS. Uso de leguminosas na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. *Pesq Agro Trop*, 2012; 42:390-396. [acesso 10 de mai 2017]. Disponível em: www.agro.ufg.br/pat

Melo RF, Dias LE, Mello JWV, Oliveira JA. Potencial de quatro espécies herbáceas forrageiras para fitorremediação de solo contaminado por arsênio. *R Bras de Ci Solo*. 2009; 33:455-465.

Nascimento ER, Yamashita OM. Desenvolvimento inicial de olerícolas cultivadas em solos contaminados com resíduos de 2,4-d + picloram. *Ci Agra*. 2009; 30:47-54.

Oliveira DM, Cara DVC, Xavier PG, Paula MS, Sobral LGS, Lima RB, Loureiro A. Fitorremediação: O estado da arte. 39 ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM); 2007.

Oliveira Júnior RS. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: Oliveira Júnior RS, Constantin J, Inoue MH (eds). *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax; 2011. [acesso 12 de mai 2017]. Disponível em: <http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-cap7.pdf>

Pires FR, Souza CM, Silva AA, Cecon PR, Procópio SO, Santos JB, Ferreira LR. Fitorremediação de solos contaminados com tebuthiuron utilizando-se espécies cultivadas para adubação verde. *Planta Daninha*. 2005; 23:711-717.

Procópio SO, Pires FR, Santos JB dos, Silva AA. Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas. 1 ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2009.

Santos MV, Freitas FCL, Ferreira, FA, Viana RG, Tuffi SLD, Fonseca DM. Eficácia e persistência de herbicidas utilizados em pastagem. *Planta Daninha*. 2006; 24:391-398. [acesso 12 de jan 2017]. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000200024>.

Gazziero DLP, Velini ED, Osipe R. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. *Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas*. Londrina: SBCPD; 1995.

Song, Y. Insight into the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) as an herbicide. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2014; 56:106-113. [acesso 05 de mar 2017]. Disponível em: www.jipb.ne

Tavares SRL, Oliveira AS, Salgado CM (2013) Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. *Holos*, 5(29). Disponível em: <file:///C:/Users/jpalo/Downloads/1852-5520-1-PB.pdf>. Acesso 05 de jan. 2017.

Vasconcellos MC, Pagliuso D, Sotomaior VS. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. *Est Bio Amb e Div.* 2012; 34:261-267. doi: <http://doi:10.7213/estud.biol.7338>

Tabela 1. Característica químicas do Latossolo Amarelo utilizado no experimento

Análise química																		
pH	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H + Al	SB	t	T	m	v	Zn	Fe	Mn	Cu	B	MO	
H ₂ O	mg	dm ⁻³	_____			cmol _c	dm ⁻³	_____	_____	_____	_____	_____	mg dm ⁻³			_____	_____	dag
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
5,3	13	39	1,3	0,2	0,3	2,6	1,7	2	4,3	16	40,1	1,5	21,6	0,2	0,6	0,23	1,6	

pH água: relação solo-água 1:2,5; P e K:extrator HCl 0,05 mol/L +H₂SO₄ 0,025 mol/L; Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L⁻¹; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; m: saturação de alumínio; V: saturação por bases; MO: teor de matéria orgânica determinado pelo método de Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 2H₂O + 4 mol/L H₂SO₄ 10 mol/L.

*Análise realizada pela FULLIN - Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental.

Tabela 2. Escala de notas utilizada para avaliação visual de fitotoxicidade do herbicida 2,4-D + Picloram na espécie bioindicadora *Raphanus sativus* Crimson Gigante.

CONCEITO	NOTAS	OBSERVAÇÕES
Leve	0 – 1	Sintomas fracos ou poucos evidentes. Nota zero: não se observado quaisquer alterações nas plantas
Aceitável	2 – 3	Sintomas pronunciados, no entanto, totalmente tolerados pela planta
Preocupante	4 – 5	Sintomas maiores que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação, e se expectativas de redução no rendimento econômico.
Alta	5 – 7	Danos irreversíveis, com previsão de redução no rendimento econômico.
Muito alta	7 – 10	Danos irreversíveis muito severos, com previsão de redução drástica no rendimento econômico. Nota 10 para morte da planta.

Fonte: Adaptado Gazziero (1995).

Tabela 3. Dados biométricos obtidos da *U. brizantha* cv. Braquiarião e *Panicum maximum* cv. Mombaça, sob o tratamento do herbicida (dose) e o controle (testemunha).

TRATAMENTO	CA	CR	BFA	BFR	BSA	BSR
<i>U. brizantha</i> cv. Braquiarião (testemunha)	44,8a	30,0a	3,93a	2,95a	1,77a	1,85a
<i>U. brizantha</i> cv. Braquiarião (com dose)	33,8a	20,6a	2,80b	1,47b	1,30a	1,01b
C.V.	10,04%	8,75%	14,11%	10,17%	15,10%	13,49%
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça (testemunha)	59,0a	30,8a	5,23a	2,20a	2,27a	1,51a
<i>P. maximum</i> cv. Mombaça (com dose)	51,8a	24,8a	3,43b	2,08a	1,56b	1,32a
C.V.	10,03%	9,42%	13,79%	10,79%	11,71%	15,82%

Legenda: CA (comprimento aéreo); CR (comprimento radicular); BFA (biomassa fresca aérea); BFR (biomassa fresca radicular); BSA (biomassa seca aérea); BSR (biomassa seca radicular).

* Médias seguidas por mesma letra, na coluna, dentro de cada característica avaliada, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4. Dados biométricos do *Raphanus sativus* Crimson Gigante utilizado como planta bioindicadora do resíduo do herbicida 2,4-D + picloram, sendo RT1- solo livre de resíduo de herbicida; RT2- solo contaminado com cultivo prévio do capim-Braquiarião; RT3- solo contaminado com cultivo prévio do capim-Mombaça; RT4- solo contaminado sem o cultivo prévio de gramínea.

TRATAMENTO	CA	CR	BFA	BFR	BSA	BSR
RT1	13,13a	8,38a	4,56a	6,11a	1,29a	1,18a
RT2	11,62a	7,64a	3,44b	4,95a	1,13b	1,28a
RT3	8,27b	5,48b	2,87b	2,91b	0,71c	0,75b
RT4	2,96c	1,80c	0,74c	0,69c	0,3c	0,01b
C.V.	10,27%	10,43%	13,34%	10,43%	12,22%	10,91%

Legenda: CA (comprimento aéreo); CR (comprimento radicular); BFA (biomassa fresca aérea); BFR (biomassa fresca radicular); BSA (biomassa seca aérea); BSR (biomassa seca radicular).

* Médias seguidas por mesma letra, na coluna, dentro de cada característica avaliada, não diferem entre si pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Fitotoxicidade do rabanete utilizado como planta bioindicadora do resíduo do herbicida 2,4-D + picloram, sendo RT1- solo livre de resíduo de herbicida; RT2- solo contaminado com cultivo prévio do capim-Braquiarião; RT3- solo contaminado com cultivo prévio do capim-Mombaça; RT4- solo contaminado sem o cultivo prévio de gramínea.

TRATAMENTOS	DIAS APÓS A EMERGÊNCIA			
	5	10	15	20
RT1	5,5a	3,0a	3,0a	3,0a
RT2	5,5a	5,5a	8,0b	8,0b
RT3	5,5a	13,0b	13,0c	13,0c
RT4	13,0b	18,0c	18,0d	18,0d

* Médias seguidas por mesma letra, na coluna, dentro de cada característica avaliada, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade

ANEXO

Escopo e política editorial

A **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (R. Bras. Ci. Solo) é um periódico editado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) para divulgar contribuições originais e significativas sobre os novos conhecimentos nas seguintes áreas: Solo no Espaço e no Tempo (Gênese e Morfologia do solo; Levantamento e Classificação do solo; Pedometria), Processos e Propriedades do Solo (Biologia; Física; Mineralogia e Química do solo), Uso e Manejo do solo (Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas; Corretivos e Fertilizantes; Manejo e Conservação do solo e da água; Planejamento de Uso da Terra, Poluição; Remediação do solo e Recuperação de áreas degradadas) e Solo, Ambiente e Sociedade (Educação em solos e Percepção pública do solo; Solos e Segurança alimentar; História, Epistemologia e Sociologia da Ciência do solo). A R. Bras. Ci. Solo publica artigos científicos, notas científicas, revisões de literatura e cartas ao Editor.

O manuscrito submetido à publicação é, inicialmente, avaliado pelo Editor Técnico quanto ao escopo, à adequação às normas da revista e à qualidade de quadros e figuras. Se for julgado adequado o Editor designa um Editor Assistente da área pertinente e o manuscrito é encaminhado a três revisores especialistas da área. Com base nos pareceres de pelo menos dois revisores e sua própria análise, o Editor Assistente recomenda o aceite ou a rejeição do manuscrito. Compete ao Editor Chefe coordenar as atividades dos Editores Assistentes e revisores e manter um canal de comunicação com os autores. Durante todo o processo é preservada a identidade do Editor Assistente, Revisores e Autores.

Não são aceitos pedidos de reconsideração de pareceres não favoráveis à publicação, nem a solicitação de avaliação por outros Revisores e Editor Assistente.

O artigo publicado torna-se propriedade da R. Bras. Ci. Solo e será disponibilizado com acesso livre e irrestrito nos sites: SBCS (www.sbcs.org.br), SciElo (www.scielo.br) e Redalyc (www.redalyc.org) ou em outras bases de dados que a R. Bras. Ci. Solo seja futuramente indexada. Permite-se a reprodução total ou parcial dos trabalhos, desde que indicada explicitamente a fonte.

Os conceitos emitidos nos artigos, notas, revisões ou cartas são de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do Corpo Editorial da R. Bras. Ci. Solo ou da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Informações gerais

Tipos de manuscritos:

Aceitam-se manuscritos escritos em português ou inglês, redigidos seguindo as normas para redação de trabalhos científicos e que não foram submetidos ou publicados em outra revista, conforme declarado pelos autores. Excetuam-se aqueles cujo conteúdo tenha sido apresentado em congressos na forma de resumo ou resumo expandido. Para manuscritos em inglês, recomenda-se que o texto seja revisado por profissional fluente em inglês e familiarizado com terminologia e textos científicos.

A subdivisão de trabalhos em parte (I, II, ...) deve ser evitada, mas se necessário, os manuscritos devem ser submetidos em sequência e deve-se fazer menção às partes nas cartas de apresentações dos manuscritos.

Artigo Científico: Manuscrito fundamentado em uma hipótese científica original e ainda não esclarecida, que é validada, ou não, por meio de experimentação e, ou modelos teóricos, fundamentados no método científico consagrado, com adequado planejamento estatístico e discussão com adequada argumentação científica. Ele entra no mérito científico de um problema para o qual se procura uma solução, que é parcial ou totalmente apresentada. As comparações de métodos, de variedades, de tipos de manejo, etc. adequarão, excepcionalmente, à categoria de artigo científico apenas quando apresentarem base e, ou, justificativas científicas bem argumentadas e discutidas. O texto deve ter no máximo 25 páginas, incluindo figuras, quadros e referências.

Nota científica: Categoria de manuscrito científico que descreve uma técnica, um aparelho, uma nova espécie ou observações e levantamentos de dados limitados a experimentos não repetíveis ou outras situações únicas. É, em geral, mais curta que o artigo científico, não precisando obedecer a estrutura clássica, mas deve obedecer ao mesmo rigor científico do Artigo Científico e tem o mesmo valor como publicação. Deve conter no máximo 15 páginas, incluindo figuras, quadros e referências.

Revisão de Literatura: A revisão além de apresentar o estado do conhecimento a respeito de um tema específico, deve ter um caráter analítico e crítico. O texto deve ter no máximo 40 páginas, incluindo figuras, quadros e referências.

Carta ao Editor: Deve conter: comunicação de matéria relevante ligada à Ciência do Solo ou comentário crítico de trabalhos publicados na R. Bras. Ci. Solo. Nessa circunstância será concedido o direito de contra argumentar aos autores. O manuscrito deve ter no máximo duas páginas.

Submissão manuscritos

A submissão do manuscrito será por meio eletrônico utilizando os links disponíveis no site da SBCS (www.sbcs.org.br) ou na página da R. Bras. Ci. Solo no SciELO (http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0100-0683&lng=en&nrm=iso).

Para a submissão requer-se uma carta de apresentação do manuscrito (*cover letter*) na qual se destaca a relevância dos resultados para o ganho de conhecimentos e argumentos que justifiquem a adequação do manuscrito ao escopo da R. Bras. Ci. Solo. Solicita-se, ainda, que os autores indiquem três potenciais revisores para o manuscrito, com os respectivos endereços eletrônicos. No entanto, o Editor se reserva o direito de encaminhar ou não o manuscrito aos revisores indicados.

Preparo do manuscrito

O manuscrito deve ser digitado com fonte “Times New Roman 12” no espaço 1,5, alinhado à esquerda (não justificar com alinhamento à esquerda e à direita), com página em tamanho A4, com 2,5 cm nas margens superior e inferior e 2,0 cm nas margens direita e esquerda. As páginas devem ser numeradas no canto inferior à direita e as linhas do texto devem ser

numeradas de forma contínua. O título de cada seção deve ser escrito em letras maiúsculas, em negrito. Subdivisões devem ter apenas a primeira letra maiúscula, com destaque em negrito.

O manuscrito deve ser estruturado com as seções: Resumo, *Abstract* (obrigatórios), Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão ou (preferencialmente) Resultado, Discussão, Conclusões, Agradecimentos (opcional) e Referências. Essa estrutura não se aplica, obrigatoriamente, aos manuscritos sobre Educação, Revisões de Literatura e Notas Científicas, embora estes devam conter, obrigatoriamente, o Resumo e o *Abstract*. O manuscrito submetido em inglês deve conter Resumo em português e aquele submetido em português deve conter o *Abstract* em inglês.

O manuscrito deve conter uma página de rosto com o título, nomes dos autores por extenso com a indicação da formação profissional, o vínculo profissional e o endereço eletrônico. O autor correspondente deverá ser marcado por um asterisco e o número de telefone para contato deve ser indicado. Devem-se incluir ainda chamadas que serão vinculadas ao título do manuscrito. A primeira página do manuscrito deve conter o título seguido imediatamente do texto de acordo com as seções.

Seções dos manuscritos

Título: Deve ser conciso e indicar o seu conteúdo, contendo no máximo 20 palavras escritas em letras maiúsculas e alinhado à esquerda (não justificar com alinhamento à esquerda e à direita).

Resumo/Abstract: Para artigos científicos e revisões de literatura, cada um deve conter até 400 palavras e, para notas científicas, até 150 palavras. Todos os resumos e *abstracts* devem iniciar com uma breve frase que justifique o trabalho. Para artigos e notas científicas, deve-se apresentar de forma objetiva o material e método e os resultados mais importantes e conclusões. Não se devem incluir citações bibliográficas e símbolos ou siglas que requeiram a leitura do texto para sua decodificação.

Palavras-chave/Keywords: Usar no mínimo três e no máximo cinco termos diferentes daqueles constantes no título. Não utilizar termos compostos por mais de três palavras.

Introdução: Deve ser breve, mas suficiente para esclarecer o problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e atualizada, e finalizar com a indicação do objetivo.

Material e Métodos: Deve conter informações necessárias e suficientes para percepção dos resultados e que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores. Deve conter informações sobre o(s) método(s) utilizados, o delineamento experimental, os tratamentos, números de repetições, unidades experimentais (número e tamanho) e os métodos estatísticos utilizados.

Resultados e Discussão: Deve conter uma apresentação concisa dos dados obtidos e podem ser apresentados conjuntamente ou, preferencialmente, em separado. Se apresentados em separado, a Discussão não deve conter repetição da descrição dos resultados.

Conclusões: Devem ser concisas e coerentes com os objetivos e com os dados apresentados

no trabalho.

Agradecimentos: Opcionais. Devem ser sucintos e localizados após as conclusões. Incluem-se nesta seção as indicações de suporte financeiro ao projeto de pesquisa do qual originou o trabalho.

Quadros: Devem ser numerados sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer acima do quadro e deve conter os elementos que possibilite a sua leitura e compreensão sem recorrer ao texto. Os quadros devem ser produzidos com a ferramenta "Tabela" do MS Word ou MS Excel, ou *softwares* equivalentes. Utilizar a fonte Times New Roman com tamanho não maior que 10. As unidades são colocadas no corpo do quadro, na linha acima dos valores numéricos. No corpo do quadro não devem aparecer linhas verticais e horizontais. Os quadros devem ser inseridos no formato editável (illustrator/eps/corel draw/jnb/excel, doc ou docx etc.), após as Referências, com quebra de página. Não serão aceitos manuscritos contendo quadros inseridos como imagem.

Figuras gráficas: Devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. O título deve aparecer abaixo da figura e deve conter os elementos que possibilitem a sua leitura e compreensão sem a leitura do texto. As figuras serão inseridas após os quadros em formato editável (illustrator/eps/coreldraw/jnb/excel, etc.). Não serão aceitos manuscritos contendo figuras gráficas inseridas como imagem.

Figuras fotográficas: Fotografias devem ser apresentadas como arquivo "tagged image format [TIF]" com 500 dpi.

Fórmulas e equações: Devem ser escritas com ferramentas do editor que possibilitem sua editoração. Não serão aceitas fórmulas e equações inseridas como imagem. Equações de regressões devem ser apresentadas com notação estatística ($\hat{y} = \alpha + \beta_1^{**} x + \dots + \beta_n^{**} x$) e não na notação matemática, usual nos *softwares* ($y = \beta_n x + \dots + \beta_1 x + \dots + \alpha$). A indicação de significância (**) deve ser indicada sobrescrito aos coeficientes. Os coeficientes das equações de regressões devem ter um número adequado de decimais significativas.

Referências: Deve conter relação dos trabalhos citados no texto, quadro(s) ou figura(s) e inserida em ordem alfabética, obedecendo o estilo denominado Vancouver. Seguem modelos para as referências mais frequentes:

a) Periódicos: Nome de todos os autores. Título do artigo. Título abreviado do periódico. Ano de publicação; volume: páginas inicial e final. Exemplo:

Fonseca JA, Meurer EJ. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras Ci Solo. 1997;21:47-50.

Rodrigues DT, Novais RF, Alvarez V VH, Dias JMM, Villani EMA, Otoni WC. *In vitro* germination of *Cattleya intermedia* R. Graham by means of chemical disinfection and without laminar flow. Prop Ornament Plants. 2011;11:19-24.

Artigos com DOI:

Zirlewagen D, Raben G, Weise M. Zoning of forest health conditions based on a set of soil, topographic and vegetation parameters. For Ecol Manage. 2007;248:43-55.

doi:10.1016/j.foreco.2007.02.038

A abreviatura dos periódicos pode ser verificada nos endereços: http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISLabbr/C_abrvjt.html, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>

b) Livro: Autores. Título da publicação. Número da edição. Local da publicação: Editora; ano de publicação. Exemplo:

Konhnke H. Soil physics. 2nd ed. New York: MacGraw Hill; 1969.

c) Participação em obra coletiva: Autor(es). Título da parte referenciada seguida de In: Nome(s) do(s) editor(es), editores. Título da publicação. Número da edição. Local de publicação: Editora; ano. Páginas inicial e final. Exemplos:

Jackson ML. Chemical composition of soil. In: Bear FE, editor. Chemistry of the soil. 2nd ed. New York: Reinhold; 1964. p.71-141.

Sharpley AN, Rekolainen S. Phosphorus in agriculture and its environmental implications. In: Tunney H, Carton OT, Brookes PC, Johnston AE, editors. Phosphorus loss from soil to water. New York, CAB International; 1997. p.1-53.

d) Publicação em Anais: Autor(es). Título do trabalho. In: Tipo de publicação, número e título do evento [CD-ROM, quando publicado em]; data do evento (dia mês ano); cidade e país de realização do evento. Cidade (da Editora): Editora ou Instituição responsável pela publicação; ano de edição (nem sempre é o mesmo do evento). Paginação do trabalho ou do resumo. Exemplos:

Ferreira DF. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Anais da 45ª. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria; julho 2000; São Carlos. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos; 2000. p.255-8.

Gomes SLR. Novos modos de conhecer: os recursos da internet para uso das bibliotecas universitárias. In: Anais do 10º. Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias [CD-ROM]; 25-30 out 1998. Fortaleza. Fortaleza: Tec Treina; 1998.

e) Citação de fonte eletrônica:

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica. Projeção do agronegócio 2009/2010 a 2019/2020 [internet]. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2011 [acesso em 10 nov 2010]. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/MAIS%20DESTAQUES/Proje%C3%A7%C3%B5es%20Agroneg%C3%B3cio%202009-2010%20a%202019-020.pdf.

f) Dissertações e teses: Autor. Título da tese (inclui subtítulo se houver) [grau]. Cidade: Instituição onde foi defendida; ano.

Silveira AO. Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de

solos agrícolas do Rio Grande do Sul [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

Vieira FCB. Estoques e labilidade da matéria orgânica e acidificação de um Argissolo sob plantio direto afetado por sistemas de cultura e adubação nitrogenada [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

g) Boletim técnico

Tedesco MJ, Gianello C, Bissani CA, Bohnen H, Volkweiss SJ. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

h) Citação de citação

Citação de citação deve ser utilizada em situações estritamente necessárias. Neste caso, citar no texto o sobrenome do autor do documento não consultado com o ano da publicação, seguido da expressão citado por seguida do sobrenome do autor do documento consultado e do ano da publicação (Abreu, 1940, citado por Neves, 2012). Nas Referências, deve-se incluir apenas a fonte consultada.

i) Comunicação pessoal

Deve ser colocada apenas em nota de rodapé. Inclui-se o nome do informante, a data que a informação foi dada, nome, estado e país da Instituição de vínculo do informante seguido pela expressão: comunicação pessoal. Por exemplo: Comunicação pessoal Joaquim da Silva, em 22 de janeiro de 2011, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil - recebida por correio eletrônico.

Citações das referências

As Referências no texto devem ser citadas em ordem cronológica e nos seguintes formatos:

- a) Um autor: (Autor, ano) ou Autor (ano), como (Silva, 1975) ou Silva (1975);
- b) Dois autores: (Autor e Autor, ano) ou Autor e Autor (ano), como: (Silva e Smith, 1975) ou Silva e Smith (1975);
- c) Quando houver mais de dois autores, usar a forma reduzida (Autor et al., ano) ou Autor et al. (ano), como (Souza et al., 1975) ou Souza et al. (1975);
- d) Referências a dois ou mais artigos do(s) mesmo(s) autor(es), no mesmo ano, serão discriminadas com letras minúsculas (Ex.: Silva, 1975a,b).

Informações complementares

A RBCS utiliza o Sistema Internacional de Unidades. Seguem alguns exemplos de apresentação de valores numéricos que a RBCS adota. Considerar como padrão da RBCS o formato à direita: 72 horas = 72 h; 5 minutos = 5 min; 3 segundos = 3 s; 10 l (litros) = 10 L; 20 ml = 20 mL; 3 toneladas = 3 t ou Mg; 25°C = 25 °C; 3 m × 3 m = 3 × 3 m; 5% = 5 %; 4%, 6% e 12% = 4, 6 e 12 %; 5 m e 16 m = 5 e 16 m; 1 M HCl = 1 mol L⁻¹ ou mol/L de HCl (as duas formas são aceitas, porém solicita-se que estejam padronizadas no texto e quadros/figuras); 1 mM NaOH = 1 mmol/L ou mmol L⁻¹; grama por vaso = g/vaso; grama por

planta = g/planta; plantas por frasco = plantas/frasco; tonelada por hectare por ano = t ha-1 ano-1. Concentrações apresentadas em Normalidade (N) devem ser convertidas para o equivalente em mol/L ou mol L⁻¹.

A revista reserva-se o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores. As provas finais serão enviadas aos autores.

Sugere-se que os autores consultem artigos recentes publicados na RBCS para esclarecimento de dúvidas quanto à formatação do manuscrito.

Taxas editoriais

Para publicação de artigos na RBCS serão cobrados para sócios da SBCS (primeiro autor e, ou, autor correspondente) R\$ 80,00 por página editorada e para não-sócios(primeiro autor e, ou, autor correspondente) R\$ 200,00 por página editorada.

APÊNDICE

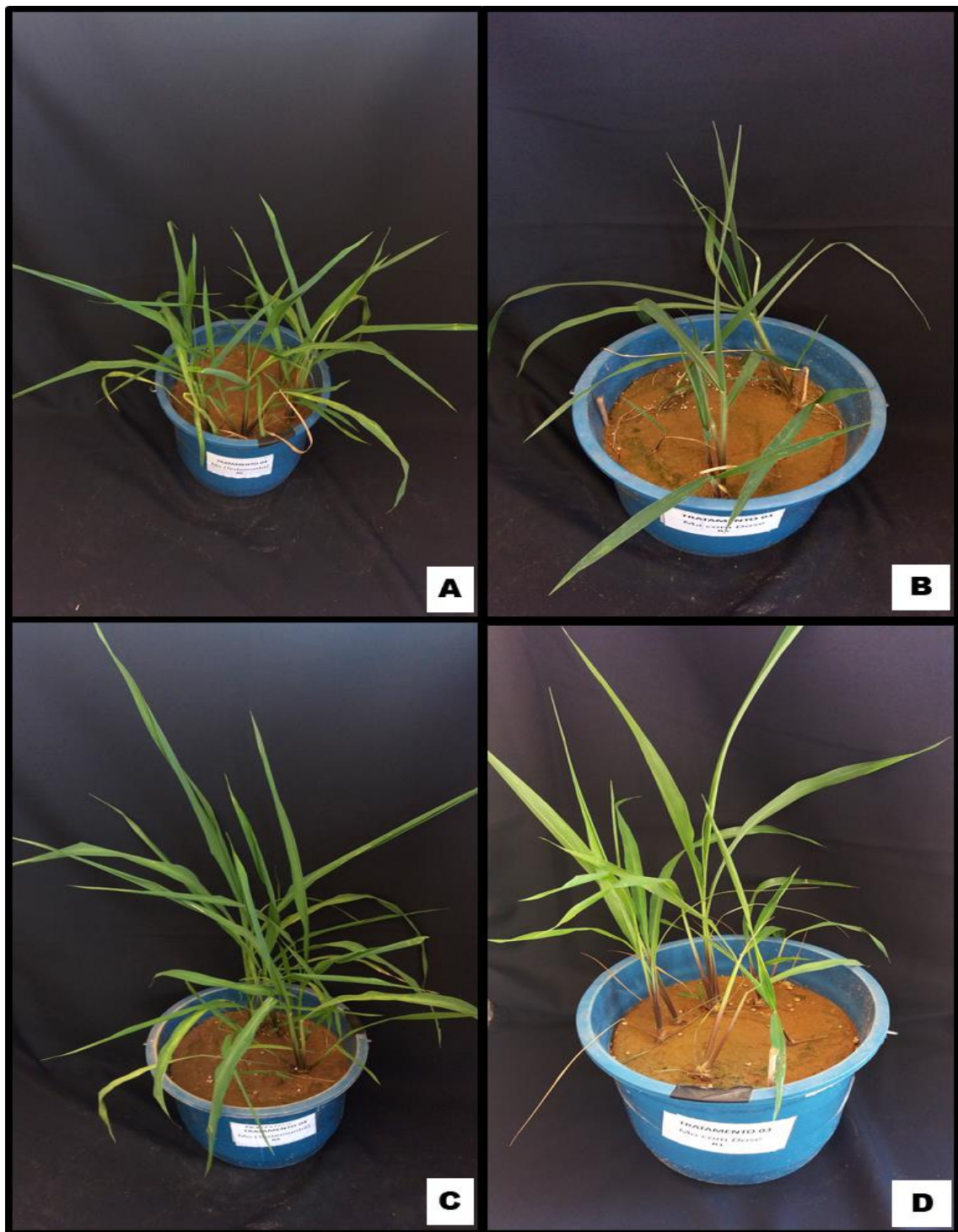


Figura 1. Cultivo das espécies fitorremediadoras aos 50 DAS. (A) *Urochloa brizantha* cv. Braquiarião cultivado em solo livre de resíduo de herbicida; (B) capim-Braquiarião cultivado em solo tratado com dose do herbicida; (C) *Panicum maximum* cv. Mombaça cultivado em solo livre de resíduo de herbicida; (D) capim-Mombaça cultivado em solo tratado com dose do herbicida.

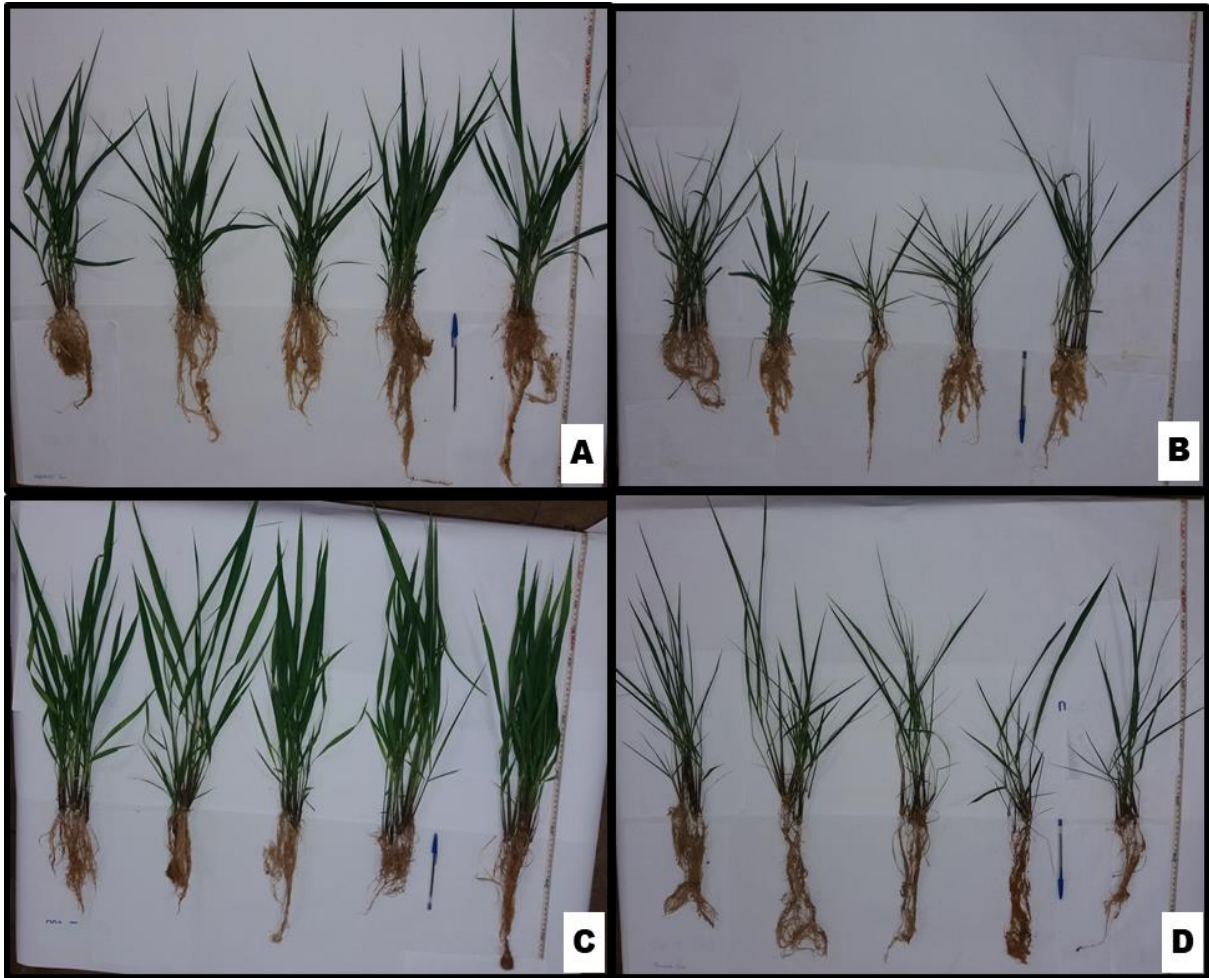


Figura 2. Avaliação das espécies fitorremediadora aos 50 DAS. (A) *Urochloa brizantha* cv. Braquiarão cultivado em solo livre de resíduo de herbicida; (B) capim-Braquiarão cultivado em solo tratado com dose do herbicida; (C) *Panicum maximum* cv. Mombaça cultivado em solo livre de resíduo de herbicida; (D) capim-Mombaça cultivado em solo tratado com dose do herbicida.

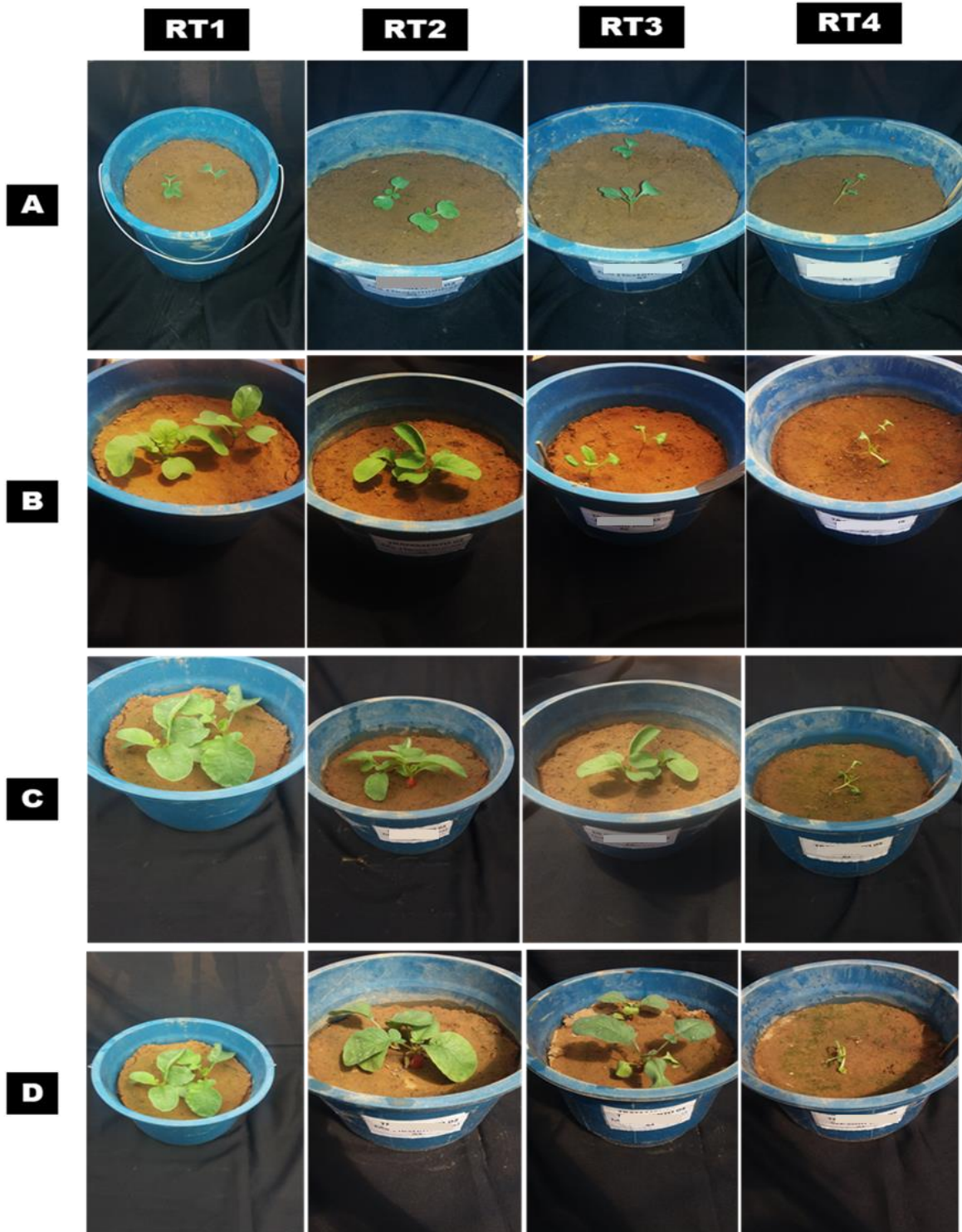


Figura 3. Intoxicação do rabanete (*Raphanus sativus* cv. Crimson Gigante), aos 5 DAS (A); 10 DAS (B); 15 DAS (C) e 20 DAS (D), cultivado em solo livre de resíduo de herbicida (RT1); solo contaminado com cultivo prévio do capim-Braquiarião (RT2); solo contaminado com cultivo prévio do capim-Mombaça (RT3); e solo contaminado sem o cultivo prévio de gramínea (RT4).

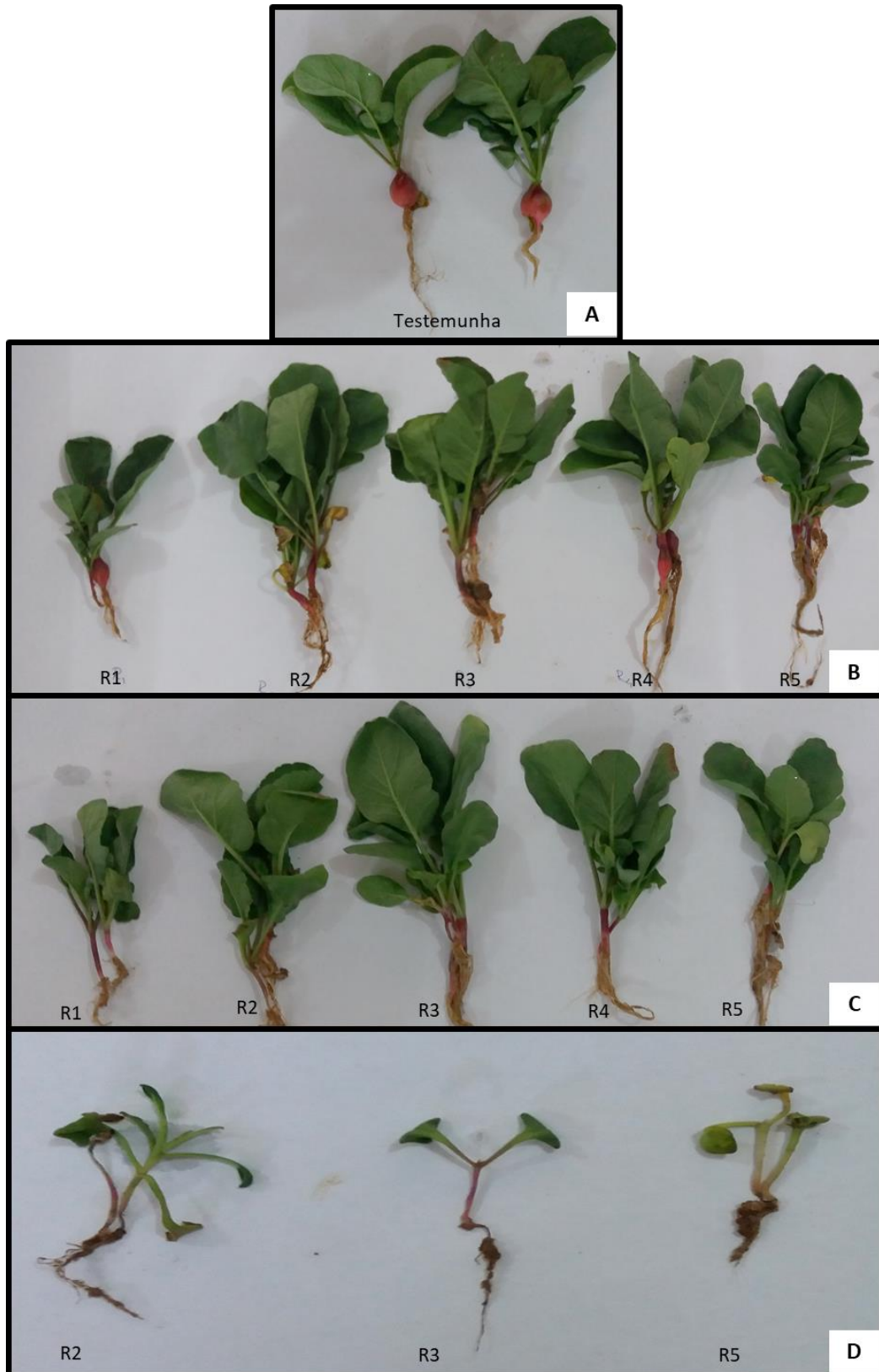


Figura 4. Rabanete cultivado em solo livre de resíduo de herbicida - testemunha - (A); cultivado em solo contaminado com cultivo prévio do capim-Braquiarião (B); cultivado em solo contaminado com cultivo prévio do capim-Mombaça (C); cultivado em solo contaminado sem o cultivo prévio de gramínea (D).