



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**CAMPUS DE PATOS - PB**

**Biometria e Avaliação dos Efeitos Ecotoxicológicos do Chumbo na  
Germinação do Gergelim (*Sesamum indicum* L.)**

LadyannyNyelly Campos Pereira de Araújo

Patos – PB

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CAMPUS DE PATOS- PB**

LADYANNY NYELLY CAMPOS PEREIRA DE ARAÚJO

**Biometria e Avaliação dos Efeitos Ecotoxicológicos do Chumbo na  
Germinação do Gergelim (*Sesamum indicum* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Patos-PB, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Edevaldo da Silva

Patos – PB

2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSRT DA UFCG

A663b Araújo, LadyannyNyelly Campos Pereira de  
Biometria e avaliação dos efeitos ecotoxicológicos do chumbo na  
germinação do gergelim (*Sesamunindicum* L.) / LadyannyNyelly Campos  
Pereira de Araújo. – Patos, 2014.  
50f.: color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) – Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Edevaldo da Silva"

Referências.

1. Cultivar. 2. Agricultura. 3. Metais pesados. 4. Influência. I. Título.

CDU 664

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Biometria e Avaliação dos Efeitos Ecotoxicológicos do Chumbo na Germinação do Gergelim  
(*Sesamum indicum* L.)

AUTOR (A): LadyannyNyelly Campos Pereira De Araújo

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edevaldo da Silva

Aprovada em: 02/ 04/ 2014

---

Prof. Dr. Edevaldo da Silva– Orientador  
Universidade Federal de Campina Grande

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria de Fátima de Araújo Lucena  
Universidade Federal de Campina Grande- UFCG

---

Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos  
Universidade Federal de Campina Grande

*Dedico*

*A minha mãe*

*Maria Leni pelos seus conselhos e palavras de conforto.*

*Aos meus avós*

*Miro (in memoriam) e Francisca e vovó Maria (in memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

A *Deus*, minha fortaleza, e que essa caminhada não teria desenvolvimento sem a força e a sabedoria concedida por ele em minha vida.

A minha querida *mãe Maria Leni* por toda a sua força e garra para me manter estudando; confortando-me com suas palavras, dando-me seu colo acolhedor e todo o seu amor e carinho, pois todas as vitórias que sempre consigo na vida dedico a ti minha mãe, minha joia rara, te amo.

Ao meu *pai*, por toda a sua colaboração para a minha vitória.

Ao meu noivo *Tiago*, por sua paciência, seu apoio me dando força e dizendo que tudo iria dar certo, obrigada por todas as horas me fazendo companhia, te amo.

Ao meu orientador *Edevaldo*, por sua paciência durante toda a produção da monografia e estudos laboratoriais, e seus conselhos não apenas de professor, mas de um amigo, o qual você não se preocupa apenas com as notas, e sempre estava me ajudando no crescimento do meu currículo, me ensinando o caminho certo lutando por um futuro brilhante.

Aos meus avós, *Miro (in memoriam), Francisca e Maria (in memoriam)* obrigada pela educação que mim deram, e pode ter certeza que hoje sou muito grata a vocês por tudo o que sou.

Aos meus *famíliares*, pelo apoio em todos os momentos.

Aos meus colegas de trabalho, *Fátima, Haby, Wagner, Valdelúcia*, por toda ajuda nos testes laboratoriais, disponibilidade de ajuda e paciência para com todo meu trabalho.

A minha grande amiga *Thaisinha*, obrigada por tudo, foste mais que uma amiga, ou seja, uma grande irmã.

As companheiras *Danielly e Claudenice*, pelas primeiras orientações de projeto e em vários momentos da minha vida.

A todos os *professores*, os quais me ensinaram como sentir um sabor mais forte de uma coisa muito importante que é o estudo, como enfrentar o mundo fora da universidade, os conselhos em sala, isso tudo contribuiu para o meu crescimento.

A todos que contribuíram para a realização do meu trabalho, um muito obrigada.

*Que Deus abençoe a cada um de vocês!*

*“Sonhos são projetos de vida que criam raízes nas dificuldades.”*

*(Augusto Cury)*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 Germinação de Sementes .....	14
2.2 Biometria de sementes .....	14
2.3 Gergelim ( <i>Sesamum indicum</i> L) .....	14
2.4 Maturação de Sementes .....	15
2.5 Qualidade fisiológica de sementes .....	16
2.6 Vigor .....	16
2.7 Estudos Toxicológicos .....	17
2.8 Ecotoxicologia .....	18
2.9 Contaminação dos Alimentos .....	19
2.10 Contaminação Ambiental por Metais .....	20
2.10.1 Transporte de metais no solo .....	20
2.11 Sobre o Chumbo .....	20
2.12 Efeitos Tóxicos do chumbo em Plantas .....	21
<b>3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>
<b>4. CAPÍTULO- Biometria e Avaliação dos Efeitos Ecotoxicológicos do Chumbo na Germinação do Gergelim (<i>Sesamum indicum</i>L.).....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.1 Biometria .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2 Teste de Germinação.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.3 Avaliação dos Efeitos Toxicológicos .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.4 Germinação e Anormalidade .....</b>	<b>38</b>
<b>4.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>4.5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores biométricos (Média ± SD) para o comprimento, a largura e a espessura das variedades de sementes de gergelim (IAC China).....	36
Tabela 2- Valores biométricos (Média ± SD) para o alongamento nas três dimensões das variedades de gergelim investigadas .....	37
Tabela 3- Valores biométricos (Média ± SD) para o diâmetro médio geométrico DMG (mm), área superficial (mm <sup>2</sup> ), volume (mm <sup>3</sup> ), esfericidade (%) e densidade volumétrica de sementes de gergelim (IAC China). .....	37
Tabela 4- Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e plântulas anormais (%) de <i>Sesamum indicum</i> L. semeadas sob diversas concentrações de chumbo (em mMol). .	39
Tabela 5- Crescimento (cm) da parte aérea de sementes germinadas de <i>Sesamum indicum</i> L. sob diferentes concentrações de chumbo.....	43
Tabela 6- Crescimento (cm) da parte da raiz de sementes germinadas de <i>Sesamum indicum</i> L. sob diferentes concentrações de chumbo.....	43
Tabela 7- Equação e R <sup>2</sup> ajustado da regressão polinomial do crescimento das partes aérea e da raiz de <i>Sesamum indicum</i> L. sob diferentes concentrações de chumbo.....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Frequência percentual da germinação de sementes de durante sete dias após a semeadura.....	38
Figura 2- Frequência (%) de germinação e IVG de <i>Sesamum indicum</i> L. nas diversas concentrações de chumbo.....	40
Figura 3- Frequência percentual de plântulas anormais de <i>Sesamum indicum</i> L. nas diversas concentrações de chumbo.....	41
Figura 4- Frequência percentual de plântulas anormais de <i>Sesamum indicum</i> L. nas diversas concentrações de chumbo.....	42
Figura 5- Crescimento (cm) da parte aérea de sementes germinadas de <i>Sesamum indicum</i> L. sob diferentes concentrações de chumbo.....	44
Figura 6- Crescimento (cm) da parte da raiz de sementes germinadas de <i>Sesamum indicum</i> L. sob diferentes concentrações de chumbo.....	45

## RESUMO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma cultura oleaginosa, adaptada às condições semiáridas de diversas partes do mundo, com alto potencial econômico e possibilidades de exploração tanto no mercado nacional quanto internacional. O objetivo desse trabalho foi analisar a biometria e avaliar os efeitos ecotoxicológicos do chumbo na germinação das sementes e plântulas do gergelim (*Sesamum indicum* L.), avaliar e comparar as características físicas e qualidades fisiológicas entre as sementes cultivadas no Brasil. As sementes foram adquiridas no Instituto Agrônomo- IAC China (cultivar IAC China), São Paulo. Durante a pesquisa foi determinado o peso de mil sementes, a caracterização biométrica das sementes: comprimento, largura, espessura, alongamento, em três dimensões, diâmetro médio geométrico, área superficial, volume, esfericidade, densidade volumétrica e preparação das soluções do chumbo. Para análise toxicológica, verificou-se os seguintes parâmetros: percentual de germinação e de plântulas normais, Índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG) o crescimento das plântulas após 24h, 48h, 72h e 96h de semeadura. Na germinação com o chumbo verificou-se ainda que a aplicação de maiores doses de chumbo resultou na ausência de parte aérea (PA) e parte da raiz (PR), ocorrendo à exclusão da germinação. O chumbo apresentou potencial inibitório significativo no crescimento da parte aérea e da raiz das plântulas. Concentrações de chumbo iguais ou maiores de 6,0 mMol aumentou o número de plântulas anormais na semeadura, da ordem de 3 a 4 vezes diminuiu o crescimento das partes aérea e da raiz das plântulas. As concentrações de 4,0 e 6,0 mMol de chumbo provocaram uma inibição de 50% no crescimento da parte aérea e da raiz, respectivamente.

**Palavras- chave:** Cultivar, Agricultura, Metais pesados, Contaminação.

## ABSTRACT

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed crop adapted to semi-arid conditions in various parts of the world with high economic potential and possibilities in both the national and international market. The aim of this study was to analyze and evaluate biometrics ecotoxicological effects of lead on seed germination and seedlings of sesame (*Sesamum indicum* L.), to evaluate and compare the physical and physiological qualities among cultivated seeds in Brazil. The seeds used to conduct this study were acquired in Agronomic Institute-China IAC (IAC China), Sao Paulo. During the research it was determined the weight of a thousand seeds, biometric characterization of seeds: length, width, thickness, elongation, in three dimensions, geometric mean diameter, surface area, volume, sphericity, bulk density and preparation of solutions of lead. For toxicological analysis revealed the following parameter settings: percentage of germination and normal seedlings, germination speed index (GSI), mean germination time (MGT) seedling growth after 24h, 48h, 72h and 96h of seeding. In still lead to germination has been found that the application of larger doses of lead has resulted in the absence of aerial part (PA) and part of the root (PR) occurs to the exclusion of germination. Lead showed significant inhibitory potential in the growth of shoots and roots of seedlings. Lead concentrations equal to or greater than 6.0 mmol increased the number of abnormal seedlings planting in the order of 3 to 4 times decreased the growth of the aerial parts and roots of the seedlings. Concentrations of 4.0 and 6.0 mmol of lead caused a 50% inhibition of the growth of shoots and roots, respectively.

Keywords: Farming, Agriculture, Heavy Metals, Contamination.

## 1.INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamunindicum*L.) é uma cultura oleaginosa, adaptada às condições semiáridas de diversas partes do mundo, com alto potencial econômico e possibilidades de exploração tanto no mercado nacional e como internacional. Isso devido, principalmente, à sua composição apresentar alta concentração de óleo (cerca de 50%) o que a torna com grande potencial para indústria farmacêutica (ARRIEL et. al., 2007).

O seu óleo também é usado na indústria alimentar, na produção de tempero para produção de farinha, pães, biscoitos e doces. Na indústria química, ele é utilizado na fabricação de margarinas, cosméticos, perfumes, remédios, lubrificantes, sabão tintas e inseticidas (BELTRÃO et. al., 1994; FIRMINO, 1996).

A germinação da semente envolve processos iniciais do desenvolvimento da planta e diversos fatores a influência tal como a temperatura, podendo ser expressa em termos de temperatura ótimas ou extremas e atual e percentual de germinação e desenvolvimento da espécie (LABOURIAU 1983, MALAVASI, 1988). Além desse fator, ela também depende de outros fatores ambientais, como a luz, a disponibilidade hídrica e de oxigênio (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989). A importância do fator luz, além da germinação afeta estabelecimento de plântulas no seu habitat natural (YU et. al. 2008).

Além desses fatores, a presença de poluentes químicos no ambiente também pode inibir a germinação de sementes, como por exemplo, o metal pesado chumbo.

O chumbo é um elemento químico utilizado desde a antiguidade, sendo que a partir do século XIX ele ganhou notoriedade como poluente ambiental, devido à contaminação do ambiente durante o seu uso em atividades como: mineração, fundição, uso de combustíveis fósseis, defensivos agrícolas, indústria de baterias e outras atividades industriais (SHARMA; DUBEY, 2005). A contaminação do solo por metais pesados se destaca entre os problemas ambientais, decorrência devido ao uso desses elementos pela indústria e agricultura, sendo o chumbo considerado um poluente devido seu efeito tóxico para plantas e animais (GRATAO, et. al., 2005; SHEN et. al., 2002).

Os estudos toxicológicos tiveram um notável desenvolvimento a partir da década de 1960, com a avaliação e risco na utilização de substâncias químicas e na aplicação de dados gerados em estudos toxicológicos, regulando substâncias químicas no alimento, no ambiente, e nos locais de trabalho. A toxicologia presente nas plantas vem sendo utilizada pelas

civilizações como alimento, medicamento e inclusive como agentes tóxicos (DEVIENE, et. al. 2004), tais como os elementos traço tóxicos.

A contaminação ambiental por elementos tóxicos causam efeitos nocivos devido à interação desses agentes químicos contaminantes com o ambiente – água, solo e ar (CÂMARA, 2002).

A ecotoxicologia contribui na avaliação dos efeitos tóxicos de substâncias químicas que representam risco e sugere a utilização de medidas para prevenção antes que os danos possam vir a existir nos ecossistemas naturais (PAASIVIRTA, 1991).

Este trabalho tem como objetivo analisar a biometria e avaliar os efeitos ecotoxicológicos do chumbo na germinação das sementes e plântulas do gergelim (*Sesamum indicum* L.)

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Germinação de Sementes**

Durante a germinação ocorre um conjunto de etapas de processos associados à fase inicial do desenvolvimento da estrutura reprodutiva de uma semente. A entrada de água na semente (embebição) ativa o metabolismo, culminando com crescimento do eixo embrionário (KERBAUY, 2008).

A germinação torna-se completa quando uma parte do embrião, geralmente a radícula, penetra e trespassa os tecidos que o envolvem. Um dos principais fatores para o início da germinação é o potencial hídrico, visto que o embrião não se desenvolve sem a entrada da água nos tecidos, gerando a pressão de turgescência, isso para a expansão celular. A quantidade de água tanto pode promover como inibir a germinação. Entretanto, são diversos os fatores que atuam na germinação da semente, tais como: Fatores ambientais (luz, temperatura, potencial hídrico; Fatores químicos (aleloquímicos e íons) e Fatores bióticos e endógenos (morfologia e viabilidade) (KERBAUY, 2008)).

### **2.2 Biometria de sementes**

A biometria é importante para detecção da variabilidade genética, isso dentro de uma população da mesma espécie, relacionando a variabilidade e fatores ambientais, como informações de aspectos ecológicos, entre estes, tipos de dispersão, agentes dispersores e estabelecimento de plântulas (CRUZ et al. 2001; ALVES et al., 2007).

Para a caracterização das dimensões, levam-se em consideração as medidas de comprimento, largura e espessura das sementes. Isoladamente ou agrupadas entre si, além de serem de média a alta herdabilidade, as relações biométricas por sua vez tem demonstrado correlações genéticas e fenotípicas significativas (PEIXOTO, 1990).

### **2.3 Gergelim (*Sesamum indicum* L.)**

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) pertencente à família Pedaliaceae. É a oleaginosa mais antiga, na região tropical e subtropical, sua produção é proveniente de pequenos e

médios agricultores, e exerce uma função social, segundo (LAGO, et. al., 2001) adaptada às condições semiáridas de diversas partes do mundo. Ele é cultivado em mais de 71 países em especial na África e Ásia, sendo o Brasil um pequeno produtor (BELTRÃO et. al., 2008).

Tem alto potencial econômico, possibilidades de exploração tanto no mercado nacional como internacional. Isso se deve ao fato deste apresentar uma elevada concentração de óleo em suas sementes, cerca de 50% desta apresenta alto potencial para indústria farmacêutica (ARRIEL et. al., 2007).

Os grãos do gergelim têm excelente óleo comestível, grande estabilidade, uma resistência a rancificação, além de uma grande utilidade na produção de massas, doces, tortas, tintas, sabões, cosméticos e remédios (SAVY FILHO et. al., 1998). Na indústria química, esse óleo é utilizado na fabricação de margarinas, cosméticos, perfumes, remédios, lubrificantes, sabão tintas e inseticidas (BELTRÃO et. al., 1994, FIRMINO, 1996).

Em 2009 o Brasil, apresentou uma produção de 16.000 toneladas dessa oleaginosa em 25 mil hectares com rendimento de 640 kg/há (FAO, 2012), essa produção foi basicamente proveniente do cultivo em áreas de pequenos e médios produtores dos Estados de GO, MT, MG, SP, PB, BA, PE, CE, PI e RN com a utilização da mão de obra familiar (BARROS et. al., 2001).As sementes do gergelim (*Sesamum indicum L.*) exibem um comportamento germinativo com o conhecimento em diferentes faixas de temperatura bem como uma rápida e uniforme germinação, visto que ela é de fácil acesso no setor comercial.

O gergelim apresenta-se como uma semente que mesmo com a presença ou ausência de luz consegue germinar, podendo ser considerada uma semente afotoblástica, e apresenta amplo espectro germinativo quanto à temperatura (CARVALHO et. al., 2001).

## **2.4 Maturação de Sementes**

É um processo considerado como resultado de todas as alterações morfológicas, físicas e fisiológicas, levando em consideração o aumento do tamanho e as variações no grau de umidade, no vigor e no acúmulo da matéria seca, dentre outras, tendo início com a fertilização se estendendo até a maturidade fisiológica (MARCOS FILHO, 2005).

Determinação de maturidade é de grande importância, ou seja, essa determinação está relacionada à maturidade fisiológica dos frutos, isso para orientação do tempo ideal para uma boa colheita, auxiliando no planejamento dessa operação, no processamento, na secagem e no armazenamento (AGUIAR et. al. 2007).

Existe um aspecto muito importante com relação ao ponto de maturação das cultivares do gergelim principalmente as brasileiras, é que após o ponto ótimo maturação, ocorre um processo chamado de deiscência natural dos frutos (Cápsula) e a consequência é a queda dos frutos, no caso a colheita é retardada, levando a sérias perdas de produção estimadas por WEISS (1971) em 20% a 50%.

## **2.5 Qualidade fisiológica de sementes**

A manutenção da qualidade de sementes com relação ao seu período de armazenamento tem aspecto importante considerando o processo produtivo, de uma cultura, pois uma boa implantação de uma lavoura, depende entre outros, da utilização de sementes bem cuidadas, sadias e com bom padrão de qualidade (AFONSO JUNIOR et. al. 2000).

Fator de grande importância na qualidade das sementes relaciona-se ao tamanho, pois as sementes de maior tamanho por terem o material de reserva maior, oferecem potencial fisiológico maior, em relação às menores, as quais exibem tendência à baixa germinação e vigor de plântulas (SANTOS et. al., 2010). Para CARVALHO E NAKAGAWA, 2000, as sementes maiores, mais vigorosas, possuem uma maior quantidade de nutrientes durante o seu desenvolvimento, tendo assim maior quantidade de substâncias de reservas e embriões bem formados.

## **2.6 Vigor**

O potencial fisiológico de sementes, é representado pela germinação e pelo vigor, determinando a capacidade da semente em produzir uma plântula normal. Compreende o conjunto de características que concedem o potencial para germinar, emergir de forma rápida e uniforme sob uma vasta diversidade de condições ambientais.

O baixo vigor de sementes podem causar uma redução na porcentagem e na velocidade de emergência de plântulas, no tamanho inicial, na produção da matéria seca, na área foliar e nas taxas de crescimento das plantas (SCHUCH et. al., 1999; SCHUCH et. al. 2000; HÖFS, 2003, MELO et. al. 2006).

Uma maneira geral de explicação para o vigor da semente é analisá-lo de modo semelhante ao processo de germinação e mede-se a velocidade de emergência e desenvolvimento de plântulas normais (LOPES, 2010).

## **2.7 Estudos Toxicológicos**

A Toxicologia surgiu desde os primórdios quando o homem em busca de alimento descobriu vegetais nocivos ao organismo passando a ser utilizados com esta finalidade. As plantas e animais eram classificados como seguros e nocivos, aqueles que possuíam veneno, este era extraído para finalidades de caçar e guerrear. O Papiro de Ebers, 1500 a.C. um dos documentos mais antigos registrou cerca de 800 princípios ativos (GALLO, 1996; OGA e SIQUEIRA, 2003).

Segundo o postulado de Paracelsus: “Todas as substâncias são venenosas; a dose correta diferencia o veneno do remédio”. Essa afirmação permanece válida até os dias atuais (PAOLIELLO e CAPITANI, 2000).

Dioscórides (40-90 d.C.) foi o primeiro a classificar venenos em animais (víboras e sapos), vegetais (ópio, acônito e degetáticos) e minerais (arsênio, chumbo, cobre e antimônio). As primeiras experiências toxicológicas foram realizadas por Mitridates em 120-63 a.C. A produção do conhecimento toxicológico experimentou notável desenvolvimento, após a segunda guerra mundial, a partir da década 1960, com avaliação de segurança e do risco na utilização de substâncias químicas e na aplicação de dados gerados em estudos toxicológicos, regulando substâncias químicas no alimento, no ambiente, locais de trabalho (OGA e SIQUEIRA, 2003).

O conhecimento toxicológico pode ser dividido em cinco grandes áreas: toxicologia ambiental, de alimentos, medicamentos e cosméticos, ocupacional e social. Isso porque em todas as situações tem sempre um risco relacionado à exposição, o que confere um caráter abrangente à toxicologia, apresentando interface com várias áreas de conhecimento. Nesse caso o conhecimento citado acima, é um conhecimento toxicológico (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

## 2.8 Ecotoxicologia

As atividades humanas com fatores ambientais adversos tornam-se um problema de grande preocupação. A contaminação ambiental por substâncias químicas, é consequência da grande industrialização, da utilização crescente de veículos e o uso intensivo dos recursos naturais pela agropecuária, silvicultura e mineração (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

O aumento de fatores ambientais como poeira, gases inorgânicos e orgânicos são ameaça ambiental e para os seres humanos (TELES, 2002). Ao mesmo tempo o aumento de metais tóxicos e compostos químicos orgânicos e persistentes, poluentes orgânicos persistentes (POPs) também representa perigo para o organismo humano como para a vida selvagem (FERNICOLA e SOUSA, 2002).

A ecotoxicologia vem como alerta vermelho para os consumidores, apresentando substâncias químicas que representam risco sendo sugerida a utilização de medidas de prevenção antes que os danos possam vir a existir nos ecossistemas naturais (PAASIVIRTA 1991).

Tanto a toxicologia ambiental e a ecotoxicologia são termos utilizados para explicar o estudo dos efeitos adversos sobre os organismos vivos pelas substâncias químicas liberadas no ambiente, a utilização da expressão da toxicologia ambiental é usado apenas para estudos dos efeitos diretos isso decorrentes das substâncias químicas ou xenobióticos ambientais sobre os seres humanos (AZEVEDO e CHASIN, 2003). A ecotoxicologia relaciona efeitos tóxicos das substâncias químicas e dos agentes físicos sobre organismos vivos em especial populações e comunidades dentro de um ecossistema definido, envolvendo caminhos da transferência desses agentes e sua interação com o ambiente (TRUHAUT, 1978). Ela envolve inúmeras áreas, ao analisar os locais de pesquisa os mecanismos utilizados resultam de um infinito número de processos, podendo ser absorvidos desde o seu início que é os níveis de estrutura atômica e molecular até os mais altos de integração biológica.

No ambiente natural, estão presentes numerosas quantidades de xenobióticos que tem potenciais tóxicos. Cada um pode estar em um nível em que sozinhos não cause mal, mas com o contato com outras substâncias podem gerar danos. A produção de derivados mais tóxicos é o caminho para que tudo isso ocorra. Algumas condições climáticas influenciam no aumento da toxicidade das substâncias, como exemplo a incidência da luz ultravioleta. Por outro lado, essa luz acelera a degradação fotoquímica de numerosas substâncias químicas e causa a mortalidade de microrganismos patogênicos, podendo promover dispersão dessas substâncias

voláteis e sua perda para atmosfera a partir de animais, plantas, solo e água, por outro lado diminui a excreção renal de substâncias potencialmente tóxicas nos mamíferos. Aspecto de grande importância é a chuva e a neve considerando sua contribuição para o aporte das substâncias químicas da atmosfera (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Podemos diferenciar toxicologia e ecotoxicologia em quatro etapas principais (MILLER, 1978):

1. Liberações de substâncias no ambiente, a qual, as quantidades, formas, locais das liberações devem ser reconhecidos para o comportamento ser atendido de imediato.
2. Transporte de substâncias, a qual é transportada geograficamente para dentro de diferentes biotas, a qual, possivelmente, quimicamente transformada, dando lugar para compostos com padrão de comportamento ambiental pouco diferente.
3. Identificação a natureza do alvo, tais como: o homem, animais domésticos, recursos similares ou outros e mais o tipo de exposição a ser avaliado.
4. Avaliação do indivíduo da população ou da comunidade ao poluente específico em um período apropriado.

Desde os anos 60 a humanidade tem se mostrado preocupada com os efeitos adversos de muitas substâncias químicas, sendo este um potencial de risco para os ecossistemas aquáticos e terrestres, por causarem efeitos e/ou alterações físicas, químicas e biológicas nos ecossistemas como também em seu compartimentos. Os ciclos biogeoquímicos são componentes integrantes do ecossistema com função de manter em equilíbrios níveis de vários elementos químicos.

A desregulação dos ciclos, causados pelo homem como o agente contaminante do ambiente, é um problema preocupante. Ocorrências do avanço e quantidade de material no ciclo dos metais pesados impacta água, solo, plantas, animais e pessoas. O homem vem aumentando a taxa de várias entradas de substâncias como dióxido de carbono, de enxofre e chumbo na atmosfera (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

## **2.9 Contaminação dos Alimentos**

A contaminação dos alimentos pode conter substâncias químicas e outras substâncias, provenientes da contaminação ambiental e da adição intencional ou não de compostos, desde o plantio até a produção e processamento.

Vários aditivos intencionais, usados para melhorar as propriedades nutricionais e organolépticas, dos alimentos ajudam a conservá-los, vem crescendo significativamente as propriedades toxicológicas dos mesmos. Alguns aditivos são conhecidos como seguros, pois são utilizados há muitos anos e não apresentaram efeitos adversos. Os contaminantes apresentam-se como diretos, ou seja, neles são encontradas substâncias nos alimentos em decorrência de processos naturais, como microtoxinas, nitrosaminas e metais que contaminam o meio ambiente. Os indiretos são utilizados em todas as etapas da produção, alterando os potenciais permitidos e componentes do material da embalagem que migram para o alimento durante seu armazenamento (MÍDIO e MARTINS, 2000).

Esses níveis de concentrações nos alimentos dependem da técnica e da quantidade aplicada da substância não-nutriente, dos fatores ambientais, tais como: luz, temperatura, umidade e características do solo (MÍDIO & MARTINS, 1997).

## **2.10 Contaminação Ambiental por Metais**

### *2.10.1 Transporte de metais no solo*

A velocidade de difusão dos contaminantes depende do peso molecular, da temperatura e do pH do solo, do gradiente de concentração do contaminante, bem como os constituintes do solo (matéria orgânica, cátions e ânions), dentre outros fatores (WALKER, 2001; VAN STRAALLEN, 1996).

Metais e outras substâncias inorgânicas nos sedimentos e no solo podem ser encontrados adsorvidos à superfície de óxidos ou à matéria orgânica, como ácidos húmicos e fúlvicos. Esses ácidos húmicos derivam-se da decomposição de plantas e animais constituídos por componentes da parede celular da planta como lignina e polissacarídeos naturais, e de lipídios e material proteico (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

## **2.11 Sobre o Chumbo**

O chumbo é um dos elementos químicos dentre os metais pesados tem-se destacado como um dos maiores poluentes do meio ambiente, originando-se principalmente da

indústria(indústria extrativa, petrolífera, de acumuladores, tintas e corantes, etc(KABATA-PENDIAS et. al., 2000)).

Dentre os ambientes terrestres, a água tem sido objeto de muitos estudos sobre sua contaminação, especialmente em áreas urbanas. Para a água, a OMS estabelece o limite de 0,05 ppm de chumbo. O solo é outra fonte que pode ser contaminado, de forma geológica ou natural, com influência do homem, mineração, indústria e transporte. O teor de chumbo é variável com relação à região, ou seja, regiões próximas de vias de tráfego intenso, os teores são mais elevados que em áreas isoladas. Quantidade de chumbo diretamente no organismo humano tem reportado valores entre 300 a 460 µg, correspondente fundamentalmente aos alimentos (220 a 400 µg), a água (10 a 100 µg) ao urbano (20 a 80 µg; LARINI, 1997).

A absorção do chumbo pelo homem pode ser via inalação (ar atmosférico), ingestão (água e alimentos contaminados) e via cutânea (compostos de chumbo lipossolúveis). Sua absorção depende de sua concentração, do tempo de exposição e de fatores relacionados com o indivíduo (idade, estado fisiológico, etc.). A deposição, retenção e a absorção de partículas no trato respiratório é muito difícil ser avaliado, já na via digestiva, o chumbo quando incorporado à dieta é absorvido em cerca de 10%. Algumas propriedades são referências da absorção como físico-químicas dos campos do chumbo, dos níveis de cálcio, magnésio, ferro, fósforos e vitamina D. A via cutânea na absorção do chumbo assume importância principalmente nas exposições ocupacionais (LARINI, 1997).

Com o aumento progressivamente do chumbo no ambiente, o qual, considerado um metal pesado, tendo principalmente respostas às atividades humanas, despertando interesse dos malefícios, que esses poluentes causam ao ecossistema e a saúde humana (ALVES et. al. 2008).

## **2.12Efeitos Tóxicos do chumbo em Plantas**

As plantas absorvem os elementos do solo, de forma iônica, complexa, ocorrendo em pequenas concentrações na solução do solo (KABATA-PENDIAS et. al., 1992). A translocação do chumbo pelas raízes, parte aérea da planta, representa apenas 3%, sendo que a fonte principal de contaminação se dá nas folhas emitido na forma de gases (BIEGO et al., 1998).

A maneira de utilização, não apropriada de defensivos agrícolas, de águas de irrigação de baixa qualidade e a disposição indiscriminada de resíduos industriais ou domésticos, pode

provocar, por exemplo, o acúmulo de substâncias impróprias, especialmente metais pesados, os quais podem ser tóxicos para as plantas podendo entrar na cadeia alimentar, afetando o ser humano (GARACHO et. al. 2004).

A acumulação de metais pesados nas plantas pode ocorrer sem haver manifestações de sintomas de toxicidade e prejuízo para produção das culturas (JEEVAN RAO e SHANTARAN, et. al. 1996).

A forma de distribuição do chumbo nas plantas é bastante variável com a espécie, depende principalmente das condições ambientais em que a planta está inserida (PAIVA et. al. 2003).

### 3. REFERÊNCIAS

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. FARONI, L. R. D. A. **Efeito das condições e período de armazenagem sobre a viabilidade de sementes de soja.** Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v. 4, n. 1, p. 1- 7. 2000.

AGUIAR, F. A.; PINTO, M. M.; TAVARES, A. R.; KANASHIRO, S. **Maturação de frutos de *Caesalpiniaechinata*Lam, pau- brasil.** Revista Árvore, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2007.

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A. U.; CARDOSO, E. A.; GALINDO, E. A.; BRAGA JUNIOR, J. M. **Germinação e biometria de frutos e sementes de *Bauhinia divaricata* L. Sitientibus.**Série Ciências Biológicas, v.7, n.3, p. 193- 198, 2007.

ALVES, J. C.; SOUZA, A. P.; PORTO, M. L.; ARRUDA, J. A.; ARAUJO, U. JUNIOR, T.; SILVA, G. B.; ARAUJO, C. e SANTOS, D. **Absorção e Distribuição de Chumbo em Plantas de vetiver, jureminha e algaroba.** Revista Bras.de Solo, 2008.

ARRIEL, N. H. C.; FIRMINO, P. De T.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, J. J. ARAÚJO, A. E. ; SILVA, A. C.; FERREIRA, G. B. **A cultura do gergelim.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, ( Cartilha Plantar, 50), 72p. 2007.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; AZEVEDO, C. A. V.; SILVA, M. M.; PORDEUS, R. V. **Germinação e vigor no desenvolvimento inicial do gergelim: efeito da salinidade da água de irrigação.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande- PB, v. 5, n.2, p. 167- 172, 2003.

BARROS, M. A.; SANTOS, R. F.; BERNATI, T.; FIRMINO, P. T. **Importância econômica e social.** In: BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. **O Agronegócio do gergelim no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 21-35. 2001.

BELTRÃO, N. E, de M.; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F. **Gergelim cultura no trópico semi-árido nordestino.** Campina Grande: Embrapa- CNPA, 52p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 18). 1994.

BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, L.; SILVA, O. R. F. de. Grãos Oleaginosos. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Eds.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas (Parte 8. Agroenergia).** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 4. p. 753- 766. 2008.

BIEGO, G. H., JOYEUX, M. HARTEMANN, P., DEBRY, G. **Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from foods in France.** *Sci Total Environ.*, v.217, p.27-6, 1998.

CÂMARA, V. M. **Epidemiologia e ambiente.** In: MEDRONHO, R.; CARVALHO, D.M.; BLOCH, K.V.; LUIZ, R. R.; WERNWCK, G. L. *Epidemiologia.* São Paulo: Atheneu, P. 371-383. 2002.

CAMARGO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciências tecnologia e produção.** 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 588 p., 2000.

CARVALHO, P. G. B.; BORGHEHI, F.; BUCKERIDEE, M. S.; MORTHY, L.; FERREIRA – FILHO, E. X. F. **Temperature – dependent germination and endo- b- mannase activity in sesame seeds.** *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 13, n. 2: 139 – 148, 2001.

CHASIN, A. M.; AZEVEDO, F. A. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia.** São Paulo. Editora RiMa, p. 1-25, 221- 242, 2003.

CRUZ. , E. D.; MARTINS, F. O.; CARVALHO, J. E. U. **Biometria de frutos e sementes e germinação de Jatobá- curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, *leguminosae-Caesalpinhoideae*).** *Revista brasileira de Botânica*, v. 24, n.2, p. 161-165, 2001.

DEVIENE, K. F.; RADDI, M. S. G., POZETTI, G. L. **Das plantas medicinais aos fitofármacos.** *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Brasil, v. 6., p. 11 – 14, 2004.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Statistical Data. Disponível em: <http://faostat.fao.org/faostat>.> Acesso: em 07 maio 2012.

FERNICOLA, N. A. G.G. de; SOUZA O. S. de. **Poluentes orgânicos persistentes: POPS.** Série Cardenos de Referência Ambiental. Salvador: CRA, V.13, 500p., 2002.

FIRMINO, P. de T. **Gergelim: Sistemas de produção e seu processo de verticalização, visando produtividade no campo melhoria da qualidade da alimentação humana.** Campina Grande, Embrapa – CNPA, p. 65, 1996.

GALLO, M. A. **History and scope of Toxicology.** In: KLAASSEN, C. D.; AMDUR, M. O.; DOULL, J. Casarett and Doull's. *Toxicology: the basic science of poisons.* 5 ed. New York: McGraw- Hill, p. 3- 11. 1996.

GUARACHO, V.V.; PONTE, M.J.J.S.; ADAMOSKI, L.F. & OLIVEIRA, M. **Utilização da Técnica de Remediação Eletrocinética para Remoção de Chumbo e Níquel de Solos de Landfarming de Refinaria de Petróleo**. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Curitiba, 2004.

GRATÃO, P. L.; PRASAD, M. N. V.; CARDOSO, P. F.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R. A. **Phytoremediation: Green technology for the clean up of toxic metals in environment**. *BrasilianJournalofPlantPhysiology*, v.17, n. 1, p. 53 – 64, 2005.

HÕFS, A. **Vigor de sementes de arroz e desempenho da cultura**. 2003. 44f. Tese (Doutorado em ciência e tecnologia de sementes)- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas 2003.

JEEVAN RAO, K. & SHANTARAM, M.V. **Effect of urban solid wastes on dry matter yield, uptake of micronutrients and heavy metals by maize plants**. *J. Environ. Biol.*, 17:25-32, 1996.

KABATA- PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 4 ed. Boca Raton, CRC Press, 331p. 2000.

KABATA- PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2ed. New York: CRC PRESS, 365p. 1992.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2.ed. 2008.

LABORIAU L. G. **A germinação das Sementes**. OEA, Washington. 1983.

LAGO, A. A.; CAMARGO, O. B. A.; FILHO, A. S.; MAEDA, J. A. **Maturação e produção de sementes de sorgo cultivar IAC China**. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, v. 36, n.2, p. 363-369, fev. 2001.

LARINI, L. (org.); PLANETA, C. S.; LEPERA, J. S.; SALGADO, P. E. T.; CECCHINI, R. **Toxicologia**. São Paulo- SP, Editora: Manole Ltda, v. 1. p. 131-135, 1997.  
LOPES, I. S. **Índices visuais indicadores de maturação e colheita da semente da amburana cearensis (Allem) A. C. Smith** / Izabela Souza Lopes. – Patos, PB: UFCG, CSTR, 2010.

MALASI, M .M. **Germinação de Sementes**. In: F. C. M. Piña- Rodrigues (Coord.). *Manual de Análise de Sementes Florestais*. Fundação Cargill, p. 25 – 40. 1988.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 489p., 2005.

MAYER, A. M.; PALJAKOFF- MAYER, A. **The Germination of Seeds**. Pergamon Press, Oxford, 1989.

MELO, P. T. B. S.; SCHUCH, L. O. B.; ASSIS, F. N.; CONCENÇO, G. **Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado**. Revista Brasileira de Sementes, v. 28, n.2, p. 84- 94, 2006.

MÍDIO, A. F.; MARTINS, D. Y. **Herbicidas em alimentos**. São Paulo: Varela, 1997.

MÍDIO, A. F.; MARTINS, D. Y. **Toxicologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000.

MILLER, D. R. General considerations. In: BUTLER, G. C. **Principles of Toxicology. Scientific Committee Problems of the Environment (SCOPE) of the International Council of Scientific Unions**. SCOPE report 12. John Wiley&Sons., 350p.1978.

OGA, S.; SIQUEIRA, M. E. P. B. **Introdução à Toxicologia**. São Paulo: Atheneu, 2. ed., p. 1 – 8, 2003.

PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O.; FERNANDES, A. R.; MIRANDA, J. R. P. **Influência de doses crescentes de chumbo sobre o teor e o conteúdo de nutrientes e Pb em mudas de Ipê – Roxo (*Tabebuia impetiginosa*(Mart.) Standl. R. Árvore. Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 151-158, 2003.**

PAOLIELLO, M.M B., CAPITANI, E.M. **de Saber Y Ciencia: los desafios de La Toxicologia. Revis. Toxicol.,v.17, p.55-60, 2000.**

PASSIVIRTA, J. **Chemical Ecotoxicology**. Chelsea: Lewis Publishers, Inc., 210p, 1991.  
PEIXOTO, A. M. **Exterior e julgamento de bolvinos**. SB2. Piracicaba. FEAHQ, 222p. 1990.

SANTOS, V. J.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; EICHELBERGER, L. **Qualidade fisiológica de sementes de cenoura elassificadas por tamanho**. Ciências Rural, Santa Maria, v.40, n. 9, p. 1903-1908, set, 2010.

SAVY FILHO, A. et. al. Gergelim (*Sesamum indicum* L.). In: FAHL, J.I. et. al. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 6. ed. Campinas: Instituto Agrônomo**, 396p. 1998.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. de; MAIA, M. S. **Crescimento em laboratório de plântulas de aveia- preta (*Avena strigosa* Schreb) em função do vigor das sementes. Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 229 – 234, 1999.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. **Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p.305 – 312, 2000.

SHARMA, P.; DUKEY, R. S. Lead toxicity in plants. **Brasilian Journal of Plants Physiology**, v. 17, n. 1, p. 35- 52, 2005.

SHEN, Z. G.; LI, X. D.; WANG, C. C.; CHEN, H. M. e CHUA, H. **Lead phytoextration from contaminated soil with high biomass plant species. J. Environ. Qual.**, 31: 1893- 1900, 2002

TELES, A. M. S. F. **Rumo a um desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais.** Salvador: Centro de Recursos Ambientais, V. 9, 242p. 2002. (Série Cadernos de Referência Ambiental).

TRUHAUT, R., 1977. In: BUTLER, G. C. **Introducion. Principles of toxicology. Scientific Comminttee the Problems of the Environmentat (SCOPE) of the Internacional Council of Scientific Unions.** SCOPE Report 12. John Wiley & Sons, 350 p. 1978.

VAN STRAALEN, N. M. **Ecotoxicology.** In: NIESINK, R. J.; HOLLINGER, M. A. Toxicology. New York: Boca Raton, 1996.

WALKER, C. H.; HOPKIN, S. P.; SIBLY, R. M.; PEAKALL, D. B. **Principles of ecotoxicology.** 2. Ed. London: Taylor & Francis, 2001.

WEISS, E. A. Castor, Sesame and safflower. London: Leonard Hill, p. 901, 1971.

YU, Y.; BASKIN, J. M.; BAKIN, C. C.; TANG, Y. e CAO, M. **Ecology of seed germination of eight non- pioneer tre species from a tropical seasonal rain forest in southwest china.** *Plant Ecology* 197: 1- 16, 2008



#### 4. CAPITULO

---

Manuscrito a ser submetido ao JournalofSeed Science

# **Biometria e Avaliação dos Efeitos ecotoxicológicos do Chumbo na Germinação do Gergelim (*Sesamum indicum* L.)**

**LadyannyNyelly Campos Pereira de Araújo\***  
**Edevaldo da Silva**

## **Resumo**

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma cultura oleaginosa, adaptada às condições semiáridas de diversas partes do mundo, com alto potencial econômico e possibilidades de exploração tanto no mercado nacional quanto internacional. O objetivo desse trabalho foi analisar a biometria e avaliar os efeitos ecotoxicológicos do chumbo na germinação das sementes e plântulas do gergelim (*Sesamum indicum* L.), avaliar e comparar as características físicas e qualidades fisiológicas entre assementes cultivadas no Brasil. As sementes foram adquiridas no Instituto Agrônomo- IAC China (cultivar IAC China), São Paulo. Durante a pesquisa foi determinado o peso de mil sementes, a caracterização biométrica das sementes: comprimento, largura, espessura, alongamento, em três dimensões, diâmetro médio geométrico, área superficial, volume, esfericidade, densidade volumétrica e preparação das soluções do chumbo. Para análise toxicológica, verificou-se os seguintes parâmetros: percentual de germinação e de plântulas normais, Índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG) o crescimento das plântulas após 24h, 48h, 72h e 96h de semeadura. Na germinação com o chumbo verificou-se ainda que a aplicação de maiores doses de chumbo resultou na ausência de parte aérea (PA) e parte da raiz (PR), ocorrendo à exclusão da germinação. O chumbo apresentou potencial inibitório significativo no crescimento da parte aérea e da raiz das plântulas. Concentrações de chumbo iguais ou maiores de 6,0 mMol aumentou o número de plântulas anormais na semeadura, da ordem de 3 a 4 vezes diminuiu o crescimento das partes aérea e da raiz das plântulas. As concentrações de 4,0 e 6,0 mMol de chumbo provocaram uma inibição de 50% no crescimento da parte aérea e da raiz, respectivamente.

**Palavras- chave:** Cultivar, Agricultura, Metais pesados, Contaminação.

## **ABSTRACT**

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an oilseed crop adapted to semi-arid conditions in various parts of the world with high economic potential and possibilities in both the national and international market. The aim of this study was to analyze and evaluate biometrics ecotoxicological effects of lead on seed germination and seedlings of sesame (*Sesamum indicum* L.), to evaluate and compare the physical and physiological qualities among cultivated seeds in Brazil. The seeds used to conduct this study were acquired in Agronomic Institute-China IAC (IAC China), Sao Paulo. During the research it was determined the weight of a thousand seeds, biometric characterization of seeds: length, width, thickness, elongation, in three dimensions, geometric mean diameter, surface area, volume, sphericity, bulk density and preparation of solutions of lead. For toxicological analysis revealed the following parameter settings: percentage of germination and normal seedlings, germination speed index (GSI), mean germination time (MGT) seedling growth after 24h, 48h, 72h and 96h of seeding. In still lead to germination has been found that the application of larger doses of lead has resulted in the absence of aerial part (PA) and part of the root (PR) occurs to the exclusion of germination. Lead showed significant inhibitory potential in the growth of shoots and roots of seedlings. Lead concentrations equal to or greater than 6.0 mmol increased the number of abnormal seedlings planting in the order of 3 to 4 times decreased the growth of the aerial parts and roots of the seedlings. Concentrations of 4.0 and 6.0 mmol of lead caused a 50% inhibition of the growth of shoots and roots, respectively.

**Keywords:** Farming, Agriculture, Heavy Metals, Contamination.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamunindicum L.*) é de cultura oleaginosa, adaptada às condições semiáridas de diversas partes do mundo, com alto potencial econômico e possibilidades de exploração tanto no mercado nacional e como internacional. Isso devido, principalmente, à sua composição apresentar alta concentração de óleo (cerca de 50%) o que a torna com grande potencial para indústria farmacêutica (Arriel et. al., 2007). A germinação da semente envolve processos iniciais do desenvolvimento da planta. De modo geral, há duas mudanças fundamentais durante o desenvolvimento da semente que é o aumento do volume da semente e mudanças bioquímicas e fisiológicas (Chung et al., 1995).

A temperatura também é um fator ambiental (Labouriau, 1983; Marcos Filho, 2005), como a luz, a disponibilidade hídrica e de oxigênio (Mayer e Poljakoff-Mayber 1989). Além disso, a presença de poluentes químicos no solo pode interferir no processo germinativo da semente. Dentre esses poluentes, os metais pesados são de grande preocupação ambiental na atualidade.

Os metais pesados têm capacidade de acúmulo nos rios, oceanos, nas plantas e assim pode afetar toda alimentação humana e animal, isso devido a sua ampla distribuição ambiental. A possibilidade de contaminação ambiental está relacionada diretamente com os processos de adsorção-dessorção desses elementos no solo (Bertoli, 2011).

A ecotoxicologia com o chumbo vem sendo bastante estudada. A mesma alerta para as substâncias químicas que representam risco e, sugere a aplicação de medidas preventivas antes que ocorram graves danos aos ecossistemas naturais (Paasivirta, 1991).

Muitos metais são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde bactérias, plantas até seres humanos (Baird, 2002). Alguns metais pesados, tal como o chumbo, não apresentam quaisquer benefícios aos organismos vivos e, atualmente, a contaminação dos solos e das águas por estes elementos é um grave problema ambiental,

devido à sua persistência e ao elevado poder de toxicidade (Bertoli, 2011), podendo causar danos biológicos pela sua característica bioacumulativa (Celere et.al.,2007).

O chumbo é um dos contaminantes tóxicos oriundo de inúmeras atividades industriais que favorecem a sua distribuição (Manzini, *et.al.* 2010). Ele é bastante utilizado desde a antiguidade, apresentando muitas utilidades como: fabricação de armas, utensílios domésticos, recipientes de alimento, reservatórios de fermentação e acondicionamento de bebidas alcoólicas (Rossi, 2013).

Fatores como teores e tipos de argila, capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica, entre outros, influenciam as reações de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução de metais no solo (Carvalho et. al. 2008), influenciando também, dessa forma a concentração e disponibilidade dos elementos traços para as plantas.

Devido ao avanço da degradação ambiental e a ampla toxicidade dos metais pesados para as plantas, animais e para saúde humana, e pelo fato de as plantas serem o principal ponto de ligação entre os metais pesados e o homem via cadeia alimentar, é que se torna necessária a realização de estudos que possibilitem a determinação do efeito desses elementos nas plantas (Bertoli, 2011). Além disso, os efeitos desses compostos químicos nas plantas podem gerar baixa produtividade agrícola.

Este trabalho tem como objetivo analisar a biometria e avaliar os efeitos ecotoxicológicos do chumbo na germinação das sementes e plântulas do gergelim (*Sesamum indicum* L.)

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

As pesquisas foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus de Patos, Paraíba. As sementes de gergelim foram do cultivar IAC China, fornecidas pelo Instituto Agrônômico, São Paulo- SP.

As medidas biométricas foram realizadas com a seleção aleatória de 200 sementes de gergelim IAC China. Foram aferidas as seguintes medidas: as dimensões (em mm) comprimento, largura (diâmetro maior) e a espessura (diâmetro menor), alongamento, densidade volumétrica, diâmetro médio geométrico (DMG), área superficial, volume e esfericidade.

As medidas do comprimento, largura e espessura foram aferidas utilizando-se paquímetro digital (0,01). A densidade volumétrica foi quantificada pela relação entre a massa de sementes necessária para preencher um recipiente de volume conhecido, sendo expressa em  $\text{g cm}^{-3}$ .

O DMG e a esfericidade das sementes foram determinados segundo Sahay e Singh, (1994) e o alongamento segundo Firatligil-Durmus, et al. (2010). A área superficial e o volume foram calculados segundo equações descritas por McCabe et al. (1986). O teor (%) de umidade foi determinado com base no peso úmido e peso seco de 5g de sementes submetidas à secagem em estufa a 105° por 24h. As análises das variedades tiveram realização em duplicatas, seus resultados foram expressos em percentual médio.

O peso de mil sementes foi determinado a partir da pesagem de oito subamostras de 100 sementes puras (BRASIL, 2009).

A densidade volumétrica teve determinação por meio da relação massa/volume, e foi utilizada a média de massa (10 repetições) de sementes necessárias para preencher um volume de 25 ml. Os resultados obtidos na pesagem foram convertidos e expressos em  $\text{kg m}^3$ .

Para o teste de germinação, as sementes foram previamente desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio (2,5%) e água deionizada por 10 minutos. O teste de germinação foi realizado em placas de Petri forrada com camada dupla de papel para germinação (germitest) esterilizado, umedecido com água destilada em quantidade 3 vezes maior ao peso do papel utilizado na placa. (BRASIL, 2009). Os testes foram realizados em quadruplicatas, com 50 sementes.

Para a avaliação toxicológica, as sementes foram submetidas a germinação em placas de Petri com camada dupla de papel germitest embebidas em 10 (dez) concentrações diferentes de solução de chumbo (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0; 14,0 mMol). Antes da semeadura, as sementes foram submetidas à embebição, por 20 minutos, nas concentrações de soluções de chumbo que iriam ser semeadas. O experimento de cada solução foi feito em triplicatas, com 30 sementes em cada.

As soluções de chumbo foram preparadas a partir da solução de acetado de chumbo. Os testes foram conduzidos sob condições controladas onde, todas as placas foram mantidas na temperatura de  $30^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 horas de escuro.

As sementes foram avaliadas no período de 4 dias, após 24h da semeadura. Os parâmetros de crescimento das partes aéreas (PA) e das raízes (PR) foram observados nos tempos de 24h, 48h, 72h, 96h, realizadas com o paquímetro digital. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram crescimento de radícula a partir de 1 mm, classificando-as em plântulas normais e anormais.

As análises estatísticas dos resultados das medidas foram realizadas no software estatístico SPSS 20.0 por meio da Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey para determinar significância estatística da diferença entre as variâncias. A análise do crescimento das plântulas, ao longo do tempo, foi realizada por meio do modelo de regressão polinomial.

## 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.3.1 Biometria

O peso de mil sementes (em gramas) e o teor de umidade (%) foi de  $3,8 \pm 0,03$  e IAC  $5,50\% \pm 0,23$ . Segundo Carvalho e Nakagawa, 2000, a massa das sementes é influenciada por alguns fatores: presença de ar (espaços vazios) na parte interna, composição química, maturidade e teor de água. No entanto, é considerado que as sementes de maior massa, com sua qualidade de ser bem nutridas afeta durante o seu desenvolvimento, as mesmas possuem embriões bem formados, com maior quantidade de reservas, por conseguinte, mais vigorosas, dando origem a plântulas com bom desenvolvimento.

Os resultados biométricos para o comprimento, largura e espessura estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3. De acordo com os resultados, as medidas de comprimento, largura e espessura apresentaram as seguintes faixas de medidas, respectivamente: 2,47 - 3,38; 1,58 - 2,14 e 0,70 - 1,04mm. Esses valores biométricos estão similares aos valores descritos por Silva 1993, onde afirma que as sementes do gergelim são pequenas com 3 mm de comprimento, 2 mm de largura e 1mm de espessura.

Tabela 1 – Valores biométricos(Média  $\pm$  SD) para o comprimento, largura e espessura (em mm) das variedades de sementes de gergelim (IAC China).

Cultivar	Comprimento	Largura	Espessura
IAC China	$2,90 \pm 0,16$	$1,87 \pm 0,11$	$0,87 \pm 0,07$
Faixa (n = 200)	2,47 - 3,38	1,58 - 2,14	0,70 - 1,04
CV (%)	5,57	5,73	8,43

Na Tabela 2, estão descritos os valores biométricos para o alongamento das sementes nas três dimensões, representado como alongamento: vertical, de comprimento e de espessura. Por meio dos valores de ampliação é possível classificar as sementes quanto à forma. De acordo

com os valores de alongamento, as sementes de gergelim são elípticas (elipsoides), apresentando valores de alongamento no comprimento menores que o alongamento vertical.

Tabela 2 – Valores biométricos (Média ± SD) para o alongamento nas três dimensões das variedades de gergelim investigadas (em mm).

Espécie/ Variável	Alongamento		
	Vertical	Comprimento	Espessura
Gergelim	2,16 ± 0,20	1,55 ± 0,10	3,34 ± 0,31
Faixa (n = 200)	1,64 - 2,74	1,35 - 1,82	2,68 - 4,29
CV (%)	9,16	6,57	9,08

Outros autores tais como Rocha (2012), o gergelim possui ampla variação morfológica e o conhecimento dessa variabilidade é uma importante etapa no processo de seleção e exploração dos caracteres desejáveis.

Para Elias et. al. 2006, a classificação das sementes pelo tamanho pode ser uma estratégia para conseguir uma germinação rápida e uniforme, assim, diminuindo o período de exposição das sementes as condições.

Então, fazendo uma breve comparação relacionando ao tamanho das sementes, pode-se perceber que não houve valores com diferença exorbitante nesse trabalho, no caso, referindo-se ao tamanho das sementes, pode-se considerar que iriam obter uma excelente germinação.

Os valores biométricos para as medidas do DMG, área superficial, volume e densidade volumétrica estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores biométricos (Média ± SD) para o diâmetro médio geométrico DMG (mm), área superficial (mm<sup>2</sup>), volume (mm<sup>3</sup>), esfericidade (%) e densidade volumétrica de sementes de gergelim (IAC China).

Espécie/ Variedade	DMG	Área Superficial	Volume	Esfericidade	Densidade Volumétrica
Gergelim	1,68 ± 0,08 <sup>b</sup>	8,84 ± 0,83 <sup>b</sup>	2,48 ± 0,35 <sup>b</sup>	65,34 ± 2,46 <sup>a</sup>	2,02 ± 0,02 <sup>a</sup>
Faixa (n = 200)	1,48 - 1,83	6,91 - 10,49	1,71 - 3,20	51,58 - 65,01	2,00 - 2,04
CV (%)	4,74	9,39	13,98	4,24	0,9

Letras minúsculas diferentes para médias de uma mesma coluna apresentam valores que são estatisticamente diferentes (p<0,05).

### 4.3.2 Teste de Germinação

As sementes IAC China foram avaliadas quanto o potencial germinativo para se testar que o lote adquirido era viável para a pesquisa experimental. As sementes apresentaram valores de percentual de germinação e de tempo médio de germinação, respectivamente iguais a: 96,0% e 2,5 dia<sup>-1</sup>. Esses resultados demonstram que as sementes apresentaram alto percentual germinativo e vigor germinativo, onde todas as sementes viáveis germinaram em um tempo médio de 2,5 dias. Isso pode ser verificado na Figura 1, onde observa-se que no primeiro dia já houve a germinação de 94% das sementes semeadas e, no terceiro dia, a germinação atinge o número constante de sementes germinadas

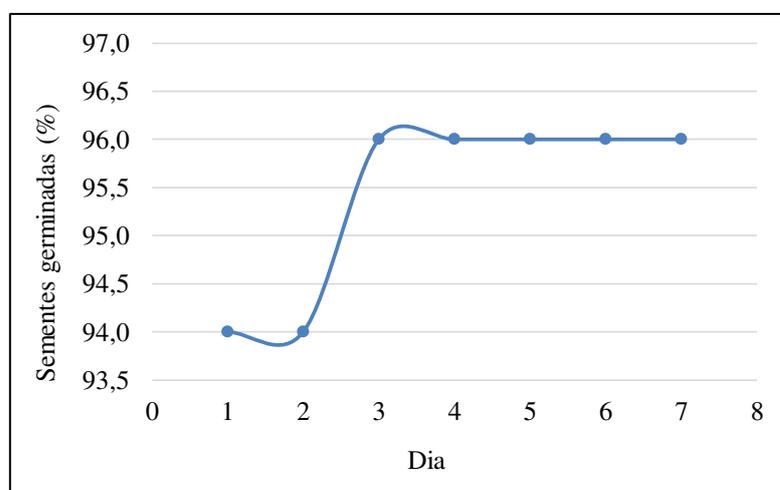


Figura 1 – Frequência percentual da germinação de sementes de durante sete dias após a semeadura

### 4.3.3 Avaliação dos Efeitos Toxicológicos

### 4.3.4 Germinação e Anormalidade

A Tabela 4 relaciona os resultados de germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG) e a frequência percentual de plântulas anormais (PA) das sementes de gergelim submetidas a diferentes concentrações de chumbo.

Tabela 4 – Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e plântulas anormais (PA) (%) de *Sesamum indicum* L. semeadas sob diversas concentrações de chumbo (em mMol).

Experimento	G (%)	IVG	PA (%)
Controle	100,0	15,6	16,1
0,2	93,8	10,8	17,8
0,4	88,9	10,8	10,8
0,6	88,7	11,2	14,7
0,8	94,4	11,8	10,8
1,0	96,6	12,0	13,1
2,0	91,1	11,1	19,5
4,0	93,5	10,1	22,2
6,0	84,4	6,7	59,2
10,0	68,3	1,3	72,1
14,0	68,3	1,5	53,3

De acordo com os resultados, as sementes de gergelim mostraram-se com percentagem de germinação alta para o controle e o percentual de germinação nas placas entre 0,2 e 4,0 mMol. Apesar das concentrações 0,4 e 0,6 mMol apresentarem valores mais baixos, a sua variabilidade estatística não a distingue dos percentuais encontrados para as outras concentrações (entre 0,2 e 4,0 mMol). Entretanto, houve variação significativamente estatística entre as concentrações 6,0, 10,0 e 14,0mMol de chumbo, havendo diminuição no percentual germinativo do gergelim. Esse valor é muito menor para as concentrações de 10,0 e 14,0 mMol.

Tendência semelhante foi observada para O IVG, onde observou-se diminuição significativa de seu valor a partir da concentração de 6,0 mMol. A análise da regressão linear dos valores de germinação (%) e IVG podem ser visualizadas na Figura 2.

Mendes et. al. 2006, verificaram suas pesquisas realizadas com as sementes de alface, uma regressão pouco significativa, com tendência descendente, e apresentam uma pequena diminuição na germinação com o aumento da concentração do chumbo.

Entretanto, a análise da influência do chumbo fica mais notória quando, além do percentual germinativo, se avalia a influência das suas diferentes concentrações no valor do IVG, onde apresenta regressão polinomial com decaimento bem mais expressivo que o do percentual de germinação, apresentando assim, valor de R<sup>2</sup> maior (0,83).

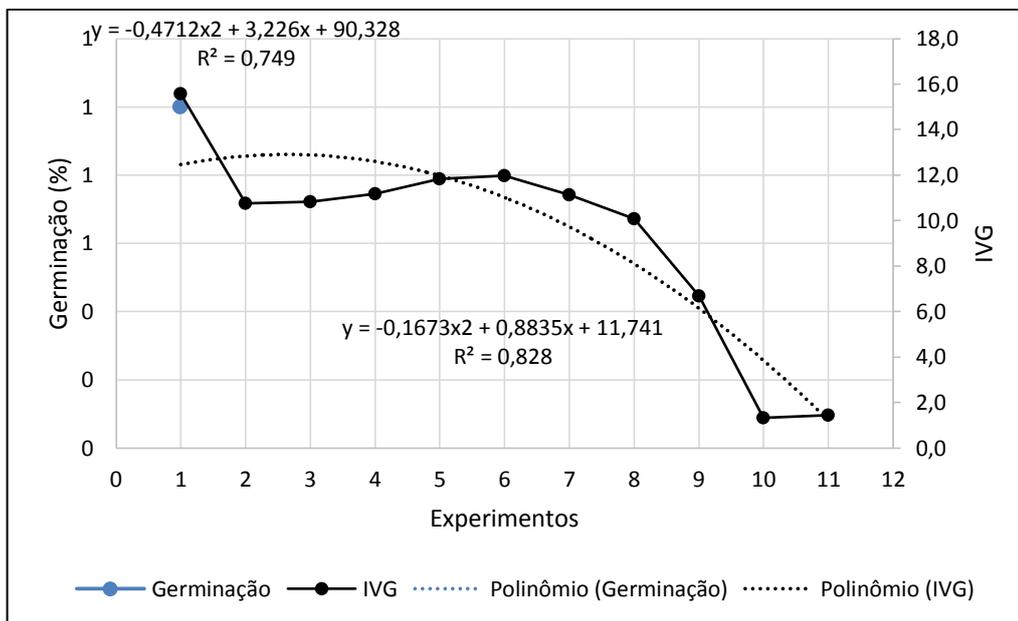


Figura 2 – Frequência (%) de germinação e IVG de *Sesamum indicum* L. nas diversas concentrações de chumbo.

Legenda: 1: Controle; 2: 0,2 mMol; 3: 0,4 mMol; 4: 0,6 mMol; 5: 0,8 mMol; 6: 1,0 mMol; 7: 2,0 mMol; 8: 4,0 mMol; 9: 6,0 mMol; 10: 10,0 mMol; 11: 14,0 mMol.

O percentual do surgimento de plântulas anormais apresentou grande variabilidade entre as diversas concentrações de chumbo, não podendo ser afirmado que seu aumento foi correlacionado com o aumento progressivo da concentração de chumbo. Entretanto, observou-se que a presença de chumbo em concentrações iguais ou maiores de 6,0 mMol causa aumento significativo da presença de plântulas anormais na sementeira, da ordem de 3 a 4 vezes mais do que a condição controle. (Figura 3).

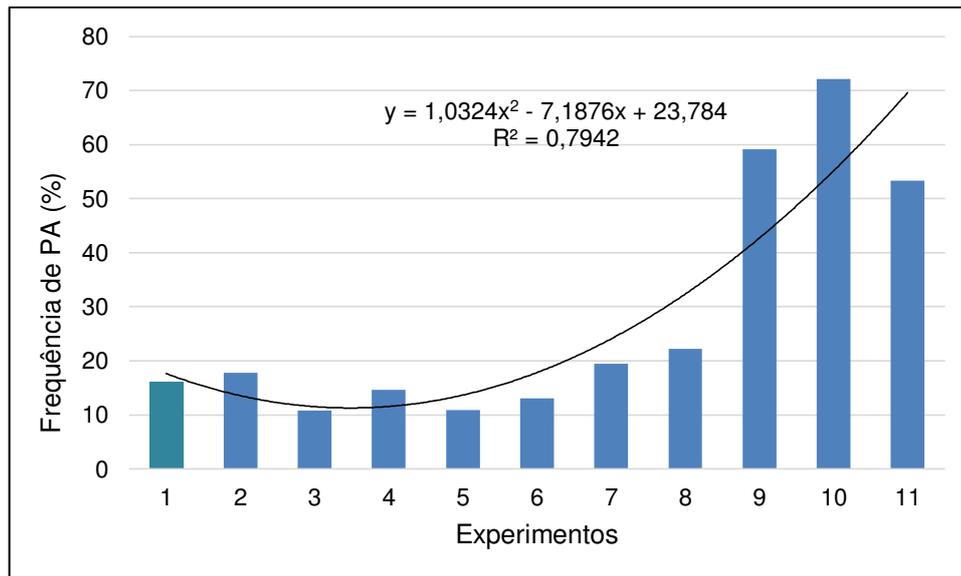


Figura 3 – Frequência percentual de plântulas anormais de *Sesamum indicum* L. nas diversas concentrações de chumbo.  
 Legenda: 1: Controle; 2: 0,2 mMol; 3: 0,4 mMol; 4: 0,6 mMol; 5: 0,8 mMol; 6: 1,0 mMol; 7: 2,0 mMol; 8: 4,0 mMol; 9: 6,0 mMol; 10: 10,0 mMol; 11: 14,0 mMol.

Dessa forma, a presença de chumbo com concentrações iguais ou maiores de 6,0 mMol de chumbo pode interferir significativamente na germinabilidade de sementes de gergelim. Segundo Alvarenga, 2004 uma das maneiras de controlar esses problemas de contaminação do solo seria o uso de sistemas hidropônicos de cultivo, em que os nutrientes do solo são fornecidos por meio da solução aquosa contendo apenas os elementos químicos essenciais aos vegetais.

Pereira et. al. 2013, afirmam que a produção de plântulas anormais observadas na presença de chumbo, propondo deformações no sistema radicular, pode ser relacionada à anormalidades cromossômicas, durante o desenvolvimento desse órgão no vegetal.

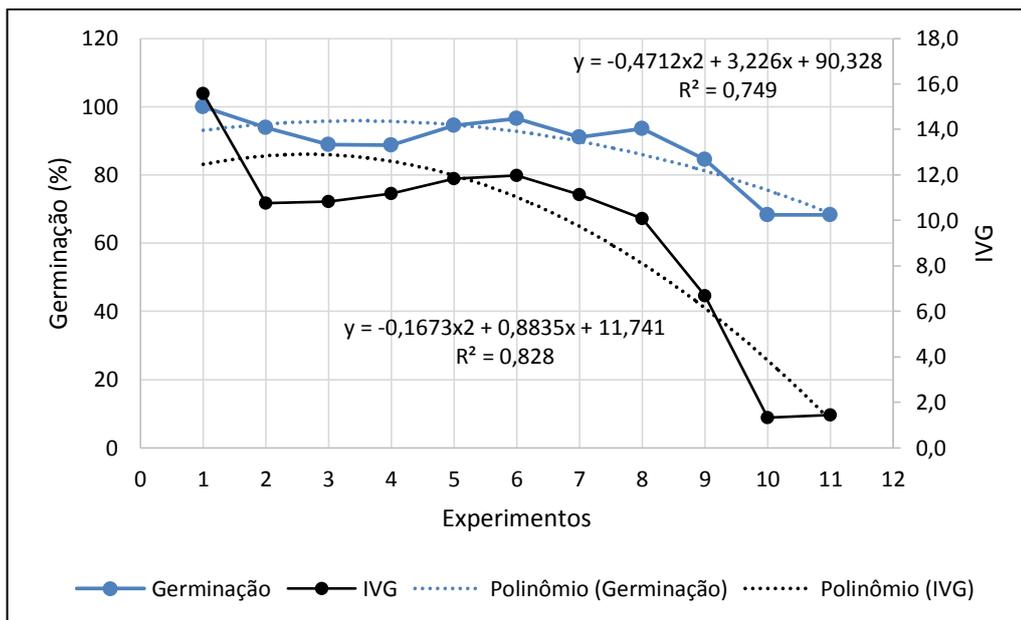


Figura 4 – Frequência (%) de germinação e IVG de *Sesamum indicum* L. nas diversas concentrações de chumbo.  
 Legenda: 1: Controle; 2: 0,2 mMol; 3: 0,4 mMol; 4: 0,6 mMol; 5: 0,8 mMol; 6: 1,0 mMol; 7: 2,0 mMol; 8: 4,0 mMol; 9: 6,0 mMol; 10: 10,0 mMol; 11: 14,0 mMol.

Com relação ao crescimento da parte aérea (PA) e da parte da raiz (PR) das sementes germinadas de gergelim sob diferentes concentrações de chumbo, foram observadas diferenças significativas entre as medias de crescimento para ambas as partes (Tabelas 5 e 6).

Essas diferenças foram aumentando ao longo dos dias de observação.

A parte aérea emergiu depois de 24h de semeadura (Tabela 5). Enquanto que a parte da raiz emergiu no primeiro dia de semeadura (Tabela 6).

As plantas das placas de controle tiveram o seu crescimento estatisticamente maior que os demais contendo chumbo evidenciando a relação do crescimento dessas estruturas com este metal.

A emergência do epicótilo e, conseqüentemente, de toda a parte aérea da plântula foi inibida completamente a partir de 10,0 mMol de chumbo na solução de embebição da semente semeada, sendo que na concentração de 4,0 mMol há um potencial inibitório de 50% com

relação ao crescimento das sementes sob condição controle (Tabela 5). A Figura 5 ilustra bem esse declínio maior do crescimento das plântulas.

Tabela 5– Crescimento (cm) da parte aérea de sementes germinadas de *Sesamum indicum* L. sob diferentes concentrações de chumbo.

Experimento (mMol)	24h	48h	72h	96h
Controle	nd	6,40 ± 0,80 <sup>a</sup>	11,94 ± 0,33 <sup>a</sup>	13,43 ± 0,34 <sup>a</sup>
0,2	nd	4,85 ± 0,02 <sup>b</sup>	10,37 ± 1,30 <sup>ab</sup>	10,58 ± 0,22 <sup>bc</sup>
0,4	nd	4,96 ± 0,17 <sup>b</sup>	10,70 ± 0,24 <sup>ab</sup>	11,15 ± 0,21 <sup>b</sup>
0,6	nd	4,66 ± 0,06 <sup>b</sup>	10,10 ± 0,86 <sup>b</sup>	9,90 ± 0,28 <sup>cd</sup>
0,8	nd	4,63 ± 0,04 <sup>b</sup>	9,63 ± 0,41 <sup>bc</sup>	10,50 ± 0,54 <sup>bc</sup>
1,0	nd	4,57 ± 0,38 <sup>b</sup>	8,44 ± 0,14 <sup>cd</sup>	9,00 ± 0,63 <sup>de</sup>
2,0	nd	4,50 ± 0,10 <sup>b</sup>	7,82 ± 0,25 <sup>d</sup>	8,15 ± 0,62 <sup>e</sup>
4,0	nd	3,10 ± 0,04 <sup>c</sup>	5,89 ± 0,10 <sup>e</sup>	6,07 ± 0,56 <sup>f</sup>
6,0	nd	3,08 ± 0,22 <sup>c</sup>	4,90 ± 0,05 <sup>e</sup>	5,18 ± 0,07 <sup>f</sup>
10,0	nd	nd	Nd	Nd
14,0	nd	nd	Nd	Nd

nd – radícula não desenvolvido.

Letras diferentes na mesma coluna indica diferença significativa entre as médias (p<0,001).

Tabela 6 – Crescimento (cm) da parte da raiz de sementes germinadas de *Sesamum indicum* L. sob diferentes concentrações de chumbo.

Experimento (mMol)	24h	48h	72h	96h
Controle	3,52 ± 0,17 <sup>a</sup>	15,64 ± 0,92 <sup>a</sup>	21,31 ± 0,92 <sup>a</sup>	21,45 ± 1,47 <sup>a</sup>
0,2	2,15 ± 0,13 <sup>b</sup>	10,32 ± 0,33 <sup>b</sup>	16,41 ± 1,44 <sup>b</sup>	18,40 ± 0,76 <sup>b</sup>
0,4	2,24 ± 0,11 <sup>b</sup>	8,18 ± 0,07 <sup>c</sup>	11,93 ± 0,39 <sup>c</sup>	12,33 ± 0,59 <sup>c</sup>
0,6	2,26 ± 0,11 <sup>b</sup>	6,98 ± 0,11 <sup>d</sup>	9,72 ± 0,71 <sup>de</sup>	9,51 ± 0,05 <sup>d</sup>
0,8	2,35 ± 0,10 <sup>b</sup>	6,65 ± 0,07 <sup>de</sup>	8,34 ± 0,14 <sup>e</sup>	8,92 ± 0,11 <sup>de</sup>
1,0	2,34 ± 0,31 <sup>b</sup>	5,94 ± 0,21 <sup>ef</sup>	7,85 ± 0,18 <sup>e</sup>	8,26 ± 0,24 <sup>de</sup>
2,0	2,31 ± 0,19 <sup>b</sup>	5,3 ± 0,08 <sup>f</sup>	7,79 ± 0,07 <sup>e</sup>	7,57 ± 0,12 <sup>e</sup>
4,0	2,03 ± 0,30 <sup>b</sup>	2,39 ± 0,07 <sup>g</sup>	3,05 ± 0,15 <sup>f</sup>	4,95 ± 0,05 <sup>f</sup>
6,0	1,59 ± 0,06 <sup>cd</sup>	1,93 ± 0,04 <sup>gh</sup>	1,97 ± 0,13 <sup>fg</sup>	2,51 ± 0,03 <sup>g</sup>
10,0	1,30 ± 0,19 <sup>d</sup>	1,29 ± 0,06 <sup>h</sup>	1,27 ± 0,07 <sup>g</sup>	1,54 ± 0,02 <sup>g</sup>
14,0	1,20 ± 0,04 <sup>d</sup>	1,16 ± 0,03 <sup>h</sup>	1,31 ± 0,05 <sup>g</sup>	1,38 ± 1,47 <sup>g</sup>

nd – radícula não desenvolvido.

Letras diferentes na mesma coluna indica diferença significativa entre as médias (p<0,001).

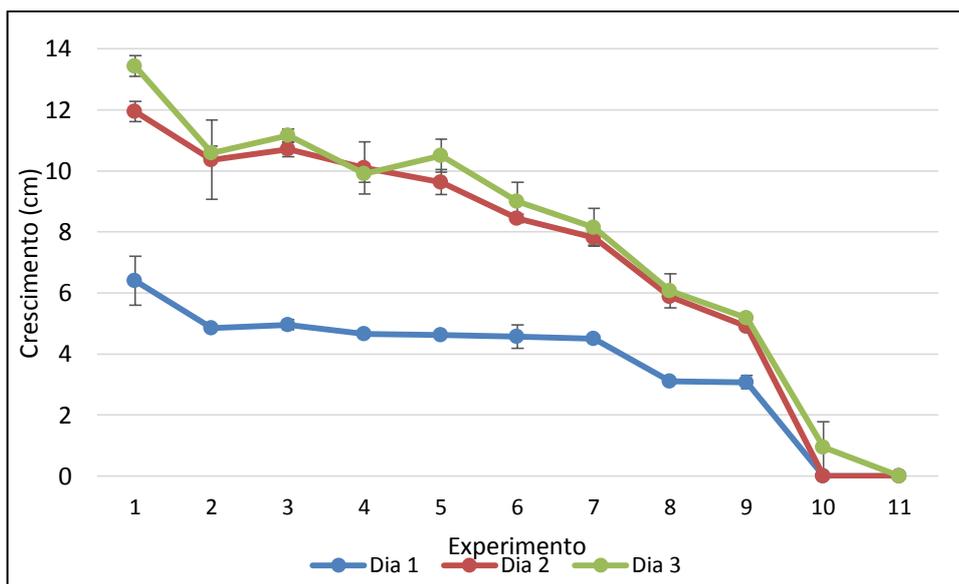


Figura 5 – Crescimento (cm) da parte aérea de sementes germinadas de *Sesamum indicum* L. sob diferentes concentrações de chumbo.

Legenda: 1: Controle; 2: 0,2 mMol; 3: 0,4 mMol; 4: 0,6 mMol; 5: 0,8 mMol; 6: 1,0 mMol; 7: 2,0 mMol; 8: 4,0 mMol; 9: 6,0 mMol; 10: 10,0 mMol; 11: 14,0 mMol.

A inibição da parte da raiz não foi completa para as concentrações de 10,0 e 14,0 mMol como observado para a parte aérea. Entretanto o percentual inibitório foi mais acentuado, onde, no último dia de observação, verificou-se inibição de 56% menor já em concentrações de 0,6 mMol de chumbo quando comparado com o crescimento das plântulas controle. Essa diminuição acentuada pode ser observada na Figura 6.

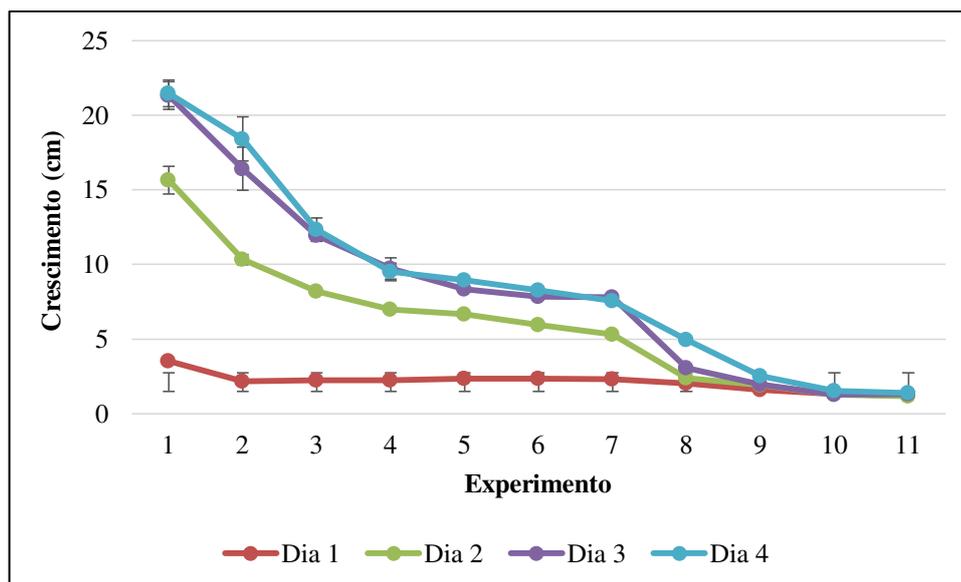


Figura 6 – Crescimento (cm) da parte da raíz de sementes germinadas de *Sesamum indicum* L. sob diferentes concentrações de chumbo.  
 Legenda: 1: Controle; 2: 0,2 mMol; 3: 0,4 mMol; 4: 0,6 mMol; 5: 0,8 mMol; 6: 1,0 mMol; 7: 2,0 mMol; 8: 4,0 mMol; 9: 6,0 mMol; 10: 10,0 mMol; 11: 14,0mMol.

O modelo que melhor expressa o comportamento descendente do desenvolvimento da parte aérea e da parte da raiz das plântulas devido a presença de diferentes concentrações de chumbo foi a regressão polinomial, onde exibiram altos valores de R<sup>2</sup> (Tabela 7).

Tabela 7 – Equação e R<sup>2</sup> ajustado da regressão polinomial do crescimento das partes aérea e da raiz de *Sesamum indicum* L. sob diferentes concentrações de chumbo.

Experimento (mMol)	R <sup>2</sup>	Equação Polinomial
Parte da raiz	0,952	$y = -0,1043x^2 + 0,2732x + 9,3828$
Parte aérea	0,958	$y = 0,1006x^2 - 2,4971x + 16,645$

#### 4.4 CONCLUSÕES

As sementes de gergelim são elípticas (elipsoides), apresentando valores de alongamento no comprimento menores que o alongamento vertical, com cerca de 5,5% de água em sua constituição.

Apresenta alta germinabilidade e baixo tempo médio de germinação, onde a maioria das sementes germinaram em 2,5 dias. Em sementes germinadas o epicótilo emerge após 24h de semeadura.

O chumbo diminui o potencial germinativo das sementes de gergelim, além de interferir no seu IVG e no aparecimento de maior quantidade de plântulas anormais. Esses efeitos foram mais acentuados a partir de 6,0 mMol de chumbo para a germinação e o IVG e, a partir de 4,0 mMol de chumbo para o percentual de plântulas anormais.

Concentrações de chumbo iguais ou maiores de 6,0 mMolaumentou o número deplântulas anormais na semeadura, da ordem de 3 a 4 vezes diminuiu o crescimento das partes aérea e da raiz das plântulas. As concentrações de 4,0 e 6,0 mMol de chumbo provocaram uma inibição de 50% no crescimento da parte aérea e da raiz, respectivamente.

## 4.5 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: Produção em Campo, em casa – de – vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, p. 400. 2004.

ARRIEL, N. H. C.; FIRMINO, P. De T.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, J. J. ARAÚJO, A. E. ;SILVA, A. C.; FERREIRA, G. B. A cultura do gergelim. Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, ( Cartilha Plantar, 50), 72p. 2007.

BAIRD, C. Química ambiental. Trad. Mara Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookeman, 2002.

BERTOLI, A. C. Efeitos do cádmio e do chumbo no crescimento, translocação e teor de nutrientes tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) cultivado em solução nutritiva. Lavras: UFLA, 95p. 2011.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.

CARVALHO, A. V. S. et. al. Produção de matéria Seca e de grãos por plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivadas em solos tratados com metais pesados. Química Nova, São Paulo, v. 31, n.5, p. 949- 955, set/out, 2008.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p. 2000.

CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA- MUNHÕZ, S. I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil e sua relevância para saúde pública. Caderno de Saúde pública, v. 23, n. 4, p. 939-947, 2007.

CHUNG, C. H.; YEE, Y. J. KIM, D. H.; KIM, H. K.; CHUNG, D. S. Changes of lipid, protein, RNA and fatty acid composition in developing sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. Plant Science, 109, p. 237-243, 1995.

ELIAS, M. E. A.; FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Emergência de Plântulas de Tucumã (*Astacaryum aculeatum*) em função da posição de semeadura. Acta Amazônica, v. 36, n.03, p. 385- 388, 2006.

FIRATLIGIL-DURMUŞ, E., ŠÁRKA, E., BUBNÍK, Z., SCHEJBAL, M., KADLEC, P. Size properties of legume seeds of different varieties using image analysis. Journal of food Engineering 99(4): 445-451.2010.

LABORIAU, L. G. A germinação das Sementes.OEA, Washington. 1983.

MANZINI, F. F.; SÁ, K. B.; PLICAS, L. M. A. ; Metais pesados: Fotne e ação toxicológica. Periódico Eletrônico, Forum Ambiental da Alta Paulista, Instituição Organizadora: ANAP: Associação amigos da Natureza da Alta Paulista, v. 6, 2010.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de Sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 489p., 2005.

MAYER, A.M e PALJAKOFF- MAYER, A. The Germination of Seeds. Pergamon Press, Oxford, 1989.

MCCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOT, P. Unit Operations of Chemical Engineering. McGraw-Hill Book Company, New York. 1986.

Mendes, A. M. S.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A. e SILVA, M. O. Bioavailability of cadmium and lead in a soil amended with phosphorus fertilizers. Sci. Agric., 63: 328 – 332, 2006.

MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publisher, New York. 1986.

PASSIVIRTA, J. Chemical Ecotoxicology. Chelsea: Lewis Publishers, Inc., 210p, 1991.

PEREIRA, P. M.; PEREIRA, J. F.; RODRIGUES, S. B.; CASTRO, M. E.; Fitotoxicidade do chumbo na germinação e crescimento inicial de alface em função da anatomia radicular e ciclo celular. Revista Agro@ambienteOn- line, v. 7, n.1, p. 36-43, janeiro-abril, 2013.

ROCHA, G. M. G. Caracterização de genótipos do gergelim utilizando Rapd e Microsatélite. UEPB- Campina Grande- PB, 2012.

ROSSI, S. C. Estudo Ecotoxicológico da exposição ao chumbo e a nanopartícula de dióxido de titânio em *Hoplismalabaricus*. Curitiba, 2013.

SAHAY, K. M., SINGH, K. K. Unit operations in agricultural processing. New Delhi: VikasPublishingHousePvtLtd. 1994.

SILVA, L. C. Cultura do gergelim. Campina Grande: Embrapa- CNPA, 1993. 15p  
(Treinamento para assistentes de pesquisa do Sistema Cooperativo de pesquisa agropecuária.  
Campina Grande, PB, ago., 1993.