

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**ETEC DE CUBATÃO**  
**ENSINO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE**

**UTILIZAÇÃO DO FUNGO *Pleurotus ostreatus* COMO ORGANISMO  
BIORREMEDIADOR EM SOLOS CONTAMINADOS POR ACETATO  
DE CHUMBO**

Aísha Vitória Clemente Dantas da Silva  
Estéfani Oliveira Ferreira dos Santos  
Isabelly Oliveira Batista  
Larissa Oliveira do Nascimento  
Manuella Layra Barros de Aquino

**RESUMO**

O presente artigo discute a eficiência do *Pleurotus ostreatus* (shimeji branco) como agente biorremediador em solos contaminados por acetato de chumbo ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ), apresentando-o como uma alternativa sustentável em comparação aos métodos convencionais de descontaminação, especialmente em áreas impactadas por ações antrópicas. A pesquisa apresenta uma metodologia quali-quantitativa, com o objetivo de analisar a capacidade do *P. ostreatus* em promover a descontaminação de um ambiente simulado. Desse modo, a prática do trabalho foi desenvolvida a partir da contaminação de um determinado solo por acetato de chumbo e da inserção do substrato do shimeji, além de serragem de hamster e borra de café, que foram posicionadas em uma divisão de 4 camadas, (substrato > solo > substrato > solo), para a análise das hipóteses. Ao longo de uma semana, foi possível observar que o substrato do fungo *P. ostreatus* demonstrava um crescimento favorável do micélio do cogumelo shimeji. Com isso, a eficiência do fungo como organismo biorremediador para solos contaminados foi comprovada, demonstrando ser uma alternativa promissora a ser utilizada por órgãos federais, estaduais e municipais responsáveis pelo monitoramento ambiental em regiões degradadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biorremediação, Solo Contaminado, Acetato de Chumbo, Shimeji Branco, *P. ostreatus*

Aísha Vitória Clemente Dantas da Silva [aisha.silva01@etec.sp.gov.br](mailto:aisha.silva01@etec.sp.gov.br)  
Estéfani Oliveira Ferreira dos Santos [estefani.santos27@etec.sp.gov.br](mailto:estefani.santos27@etec.sp.gov.br)  
Isabelly Oliveira Batista [isabelly.batista@etec.sp.gov.br](mailto:isabelly.batista@etec.sp.gov.br)  
Larissa Oliveria do Nascimento [larissa.nascimento168@etec.sp.gov.br](mailto:larissa.nascimento168@etec.sp.gov.br)  
Manuella Layra Barros de Aquino [manuella.aquino@etec.sp.gov.br](mailto:manuella.aquino@etec.sp.gov.br)

## **ABSTRACT**

This article discusses the efficiency of *Pleurotus ostreatus* (white shimeji mushroom) as a bioremediation agent in soils contaminated with lead acetate ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ), presenting it as a sustainable alternative to conventional decontamination methods, especially in areas affected by human activity. The research follows a qualitative-quantitative methodology, aiming to analyze the ability of *P. ostreatus* to promote the decontamination of a simulated environment. For this purpose, the practical experiment was carried out by contaminating a portion of soil with lead acetate and introducing the shimeji substrate, along with hamster bedding and coffee grounds. These materials were arranged in four layers (soil > substrate > soil > substrate) to test the proposed hypotheses. Over the course of one week, it was possible to observe favorable mycelial growth from the *P. ostreatus* substrate. In total, four experimental procedures were performed; the one described above yielded the most significant results for the study. Thus, the efficiency of the fungus as a bioremediation organism for contaminated soils was proven, demonstrating that it is a promising alternative to be used by federal, state, and municipal agencies responsible for environmental monitoring in degraded regions.

**KEYWORDS:** Bioremediation, Contaminated Soil, Lead Acetate, White Shimeji Mushroom, *Pleurotus ostreatus*

## **1. INTRODUÇÃO**

O fungo *Pleurotus ostreatus*, conhecido popularmente como Shimeji, (no caso da espécie utilizada Shimeji Branco), é comumente conhecido por ser um dos cogumelos mais consumidos no Brasil, devido a sua facilidade de cultivo e acessibilidade econômica. Sua importância vai além da culinária, destacando-se também como agente biorremediador, atuando na recuperação de solos contaminados por chumbo, devido a sua capacidade de produzir enzimas que promovem a absorção desse metal. (MEDEIRO, 2022)

No ambiente, grande parte dos casos a contaminação de chumbo é resultante de ações antrópicas, provenientes de resíduos industriais (PERALTA, 2022). Sua presença no solo representa um grande risco ao meio ambiente, pois permanece por longos períodos e pode se acumular em camadas mais profundas. Isso reduz a fertilidade do solo, compromete a qualidade dos alimentos cultivados e causa implicações negativas para a fauna local (NASCIMENTO, 2015). Como problema de pesquisa busca-se responder a seguinte questão “O fungo *P.*

*ostreatus* pode ser um microrganismo eficiente para ser utilizado na biorremediação de solos contaminados por acetato de chumbo?”

A biorremediação com o fungo *P. ostreatus* surge como uma alternativa promissora em comparação às técnicas tradicionais de remediação, como a escavação e remoção do solo contaminado. Entre os benefícios desse método estão o baixo custo, o uso de resíduos orgânicos como substrato, a capacidade de bioacumular ou transformar metais pesados, pouca exigência quanto ao controle de temperatura e tempo de incubação e sua sustentabilidade ambiental. A biorremediação com o fungo *P. ostreatus* aproveita os mecanismos naturais de absorção e transformação de poluentes presentes no fungo que sustentadas por resultados experimentais com a espécie. Assim, a técnica propõe uma solução acessível para comunidades afetadas por atividades mineradoras ou industriais, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 15 (Vida Terrestre) e ODS 3 (Saúde e Bem-Estar).

Dentre as hipóteses destacam-se: Ao aplicar o fungo *P. ostreatus* em áreas contaminada por chumbo, há melhora significativa no solo; a presença do fungo acelera a decomposição de compostos orgânicos associados ao chumbo em solos contaminados.

Como objetivo geral, o referido artigo busca analisar a aplicabilidade do fungo *P. ostreatus* como organismo biorremediador em solos contaminados por acetato de chumbo ( $\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ ). Dentre os objetivos específicos destaca-se: identificar os impactos causados pelo acetato de chumbo na qualidade do solo e na saúde humana; compreender a anatofisiologia do *P. ostreatus* na absorção de acetato de chumbo; avaliar a eficiência do *P. ostreatus* na absorção de acetato de chumbo do solo; comparar amostras dos solos com o contaminante; monitorar o desenvolvimento do fungo na presença do solo contaminado; discutir a viabilidade do *P. ostreatus* como biorremediador.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A biorremediação consiste em uma técnica útil para a descontaminação ambiental, “Um processo que organismos vivos, plantas ou microrganismos são utilizados tecnologicamente para remover ou remediar poluentes no ambiente” (VICENTE, 2024).

Entretanto, existem diferentes meios de biorremediação: *in situ* e *ex situ*. A *in situ* é realizada na área contaminada, enquanto a *ex situ* é elaborada fora da área afetada, quando há risco de propagar a contaminação rapidamente, um ponto negativo é a necessidade de escavação e remoção de solo contaminado, pelo aumento de custos.

A micorremediação, biorremediação com o uso de fungos, normalmente basidiomicetos, que contém dentro de sua morfologia aspectos específicos que influenciam nessa degradação ou absorção de metais pesados, como a título de exemplo de fungo promissor, está o *P. ostreatus*, que se encontra inserido nessa categoria. (RODRÍGUEZ, 2005).

O fungo *P. ostreatus* comumente conhecido por cogumelo – ostra, conforme estudos e experimentos, refere – se a um organismo que apresenta um amplo potencial de modificar estruturas de produtos oriundos ou toxinas, como petróleo, corantes, metais pesados ou outros elementos tóxicos (APARECIDA, et al., 2025).

O fungo, mostra – se progressivamente mais eficaz, conforme indica estudos, sendo continuamente colocado como alternativa para a descontaminação de solos, visto que produzem enzimas extracelulares que possuem capacidade de degradar tanto ligninas, um composto aromático, quanto outros compostos que podem estar presentes no solo. Eles possuem essa facilidade de degradação, principalmente em bactérias, pois suas hifas podem penetrar no solo contaminado e produzir enzimas que o descontaminam, além de também apresentar vários outros benefícios, como o seu fácil acesso, pois podem ser encontrados em ambientes terrestres e sedimentos aquáticos, além da facilidade de cultivo (RODRÍGUEZ, 2005)

Possuindo cerca de 38 espécies descritas, das quais 31 são comestíveis, seu crescimento é mais produtivo em regiões de temperaturas amenas à quentes e é necessário que sua porcentagem de umidade seja consideravelmente elevada. (BOMFETI, et al., 2025). O *P. ostreatus* em específico possui diferentes linhagens que são diferenciadas principalmente pela cor, sendo elas o Shimeji Branco, Shimeji Preto e o Hiratake, que possui cores diferentes como cinza, salmão e marrom.

O Shimeji (*P. ostreatus*), como os outros tipos de fungo, possui sua estrutura de cogumelo, contendo o píleo ou chapéu que pode ter seu tamanho variado e levemente curvado sobre o himênio, onde ocorre a produção de esporos e do qual se conecta à estipe ou caule/talo, responsável por conectar o fungo à superfície/substrato (Figura 1). Como todo cogumelo, o *P. ostreatus* é um fungo multicelular, do qual é formado por diversos filamentos extensos conectados uns aos outros, chamados resumidamente de hifas, que em seu caso, são septadas (divididas por septos/paredes transversais). (BOMFETI et al., 2025).



Figura 1. Ilustração do *P. ostreatus* feita por um integrante do grupo evidenciando sua morfologia externa. Fonte: Autoral, 2025

Seu corpo é desenvolvido em forma de cogumelo em superfícies de fácil alcance, dessa forma tornando o acesso ao fungo para colheita de grande facilidade. Possuem um papel importante na cadeia alimentar, visto que realizam a decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, como o carbono (BOMFETI et al., 2025).

Ao considerar o contato direto das hifas vegetativas com o solo, a absorção dos contaminantes pode demonstrar maior potencial em comparação com outros ambientes contaminados. Quando é aplicado em ambientes aquáticos, o processo é feito especificamente com o micélio do fungo, sendo colocado no ambiente em um filtro, assim facilitando o processo (BOMFETI et al., 2025).

Ao considerar o grande consumo do cogumelo, vale ressaltar a importância de monitorar a procedência de seu cultivo, visto que a utilização de agrotóxicos, bem como substratos ou solos não tratados devidamente, possui direta influência negativa no produto final.

O chumbo, elemento químico de símbolo Pb, número atômico 82 e massa atômica de 207,2u, pertence à família 14 da Tabela Periódica, também conhecida como família do carbono ou grupo IV-A. É um metal tóxico, macio, pesado, maleável, mau condutor de eletricidade e encontrado em estado sólido à temperatura ambiente (CRUZ, 2012). Trata-se de um elemento de ocorrência natural, amplamente utilizado há milhares de anos em diversos setores devido à sua capacidade de formar ligas com outros elementos (CRUZ, 2012). Estima-se que cerca de 40% do chumbo seja utilizado na forma metálica, 25% em ligas e 35% em compostos químicos (CETESB, 2012, apud CHASIN; PANTALEÃO, 2014).

Apesar de sua ampla aplicação, o chumbo é considerado altamente tóxico. Mesmo que suas utilizações tenham sido reduzidas ao longo do tempo em razão de sua toxicidade e da adoção de medidas de proteção ambiental, ainda não existe um método eficaz para sua

completa substituição (CHASIN, PANTALEÃO, 2014). Além disso, o elemento não possui função biológica conhecida em organismos vivos. Sua persistência no ambiente e capacidade de bioacumulação o tornam um poluente de relevância global.

O chumbo pode ser encontrado no ar, na água e no solo. Sua extração em larga escala industrial o tornou um dos contaminantes mais comuns do meio ambiente, com concentrações que cresceram proporcionalmente ao aumento do uso industrial (CRUZ, 2012). As principais fontes de contaminação de solos e águas por chumbo são de origem antropogênica, já as fontes naturais incluem emanações vulcânicas e alterações geoquímicas (CORTECCI, 2002, apud CHASIN, PANTALEÃO, 2014). Ambas contribuem para o enriquecimento do solo e da água com concentrações anormais do metal, frequentemente acima dos valores de referência estabelecidos por órgãos ambientais.

No ambiente edáfico, a contaminação por este metal ocorre devido principalmente à sua baixa mobilidade no perfil do solo e a elevada adsorção na fase sólida, fazendo com que o chumbo se acumule principalmente nos primeiros centímetros de solo (FERNANDES et al., 2011, apud TRENTIN et al., 2020). A disponibilidade de Pb no solo é principalmente absorvida pelas plantas, porém, nem toda quantidade de chumbo encontrada no solo pode ser absorvida pelas plantas pois depende de fatores do próprio solo e do ambiente, como o pH, condições microbianas e o tipo de planta crescendo no local (RAJ, DAS, 2023). Segundo Trentin et al. (2020), o solo apresenta elevada aptidão para reter o chumbo, sobretudo por processos de adsorção. No entanto, essa retenção não é permanente, pois alterações nas condições ambientais podem modificar as reações químicas do meio, fazendo com que o metal volte a se tornar móvel e tóxico. Nesses cenários, há maior risco de lixiviação, o que pode resultar na contaminação tanto de corpos d'água superficiais quanto das águas subterrâneas.

Em relação ao comportamento do chumbo em um solo com pH mais básico ou alcalino, o metal tende a ficar retido, pois se junta a outros elementos e forma compostos que precipitam, ou seja, ficam sólidos e param de circular. Já em solos mais ácidos, o chumbo tende a se soltar mais facilmente e ficar mais móvel, podendo se dissolver na água e no solo. Essa característica representa um problema, pois em condições ácidas o Pb pode se deslocar para águas subterrâneas, contaminando-as (TRENTIL et al., 2020).

Com isso, as atividades industriais agrícolas, mineradoras e siderúrgicas, junto de seus descartes indevidos, facilitam a interação negativa com os compostos orgânicos, sedimentos e

tecidos presentes no solo, o que consequentemente, são introduzidos no nosso organismo através do ar atmosférico e o contato com a água e solo.

Ao contrário dos compostos orgânicos, os metais pesados não são degradados no ambiente, mesmo quando as principais fontes da poluição são retiradas. Quando expostas a determinada quantidade de poluição dos metais pesados, as plantas podem sofrer estresse oxidante, quando há um desequilíbrio entre a produção e neutralização de espécies reativas do oxigênio (EROs), que são formas tóxicas do oxigênio e danificam as membranas celulares, proteínas e material genético, complicando seu metabolismo e fotossíntese. (ARAÚJO et al., 2019).

No solo, a concentração de chumbo (Pb) pode ser mais elevada em regiões industriais e onde há tráfego intenso nas regiões mais isoladas. A contaminação ocorre quando a capacidade de reter o metal é menor e que a quantidade presente no solo, sendo assim absorvida pelas plantas ou carregado pelos lençóis freáticos, contaminando a água. (ARAÚJO et al., 2019). A toxicidade no solo pode ser observada a partir dos impactos morfológicos, fisiológicos e químicos nas plantas. (ARAÚJO et al., 2019).

Em relação aos corpos hídricos, mesmo quando não estão em contato direto com os poluentes, os corpos d'água tornaram-se um depósito para o chumbo (Pb), pelo fato de diversos rios e córregos atravessarem áreas agrícolas onde pesticidas e fungicidas são utilizados em grande escala. Conforme o movimento dos leitos, os corpos carregam consigo as substâncias tóxicas. (SOUZA et al., 2015). Desse modo, a contaminação pode prejudicar a fauna, como em peixes que podem apresentar alta concentração do metal em seus organismos. Já o seu impacto no organismo humano, a acumulação de chumbo pode afetar severamente as funções cerebrais, rins, sistema digestivo, sistema reprodutor e até mesmo produzir mutações genéticas em seus descendentes.

No entanto, apesar dos fatos apresentados, no Brasil existem legislações para o controle das exposições de poluentes no meio ambiente. A resolução CONAMA nº 420 de 2009, estabelece critérios e valores orientadores de qualidade do solo em relação a presença de metais tóxicos no solo. A resolução estabelece três categorias de valores orientadores:

Valor de Referência de Qualidade (VRQ), que é a concentração de determinada substância, que irá definir a qualidade natural do solo, baseada em estudos prévios para cada estado brasileiro; o Valor de Prevenção (VP), que se refere à concentração de valor limite de

determinada substância no solo; e o Valor de Investigação (VI), que é a concentração de determinada substância no solo da qual derivam riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana (SOUZA et al. 2015). Além disso, a resolução CONAMA nº 401, de 2008 estabelece o limite máximo de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território brasileiro e padrões e critérios para o gerenciamento ambientalmente adequado, tendo em vista que, quando as pilhas e baterias são descartadas, prejudicam o meio ambiente com os metais tóxicos presentes em suas estruturas.

## 2.1 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, foram realizadas pesquisas em artigos científicos com foco na morfologia do *P. ostreatus*, na biorremediação e nos malefícios do chumbo. Ao longo do trabalho foram realizadas diferentes práticas de cultivo do fungo, a fim de analisar qual possui maior eficácia. Também foi utilizado um teste de detecção de chumbo composto por palitos que possuem, em suas pontas, um reagente sensível aos íons de chumbo. Dessa forma, quando o palito entra em contato com o material analisado, ocorre uma reação química que altera a coloração da ponta, indicando a presença ou ausência de chumbo na amostra, sendo a cor rosa para presença de chumbo e laranja para a ausência

## 2.2 PRÁTICA 1 – SUBSTRATO EM SERRAGEM DE MADEIRA

Iniciamos um processo de cultivo utilizando um kit comprado no Mercado Livre, no valor de R\$39,00, contendo: 600 g de substrato em pallets prensados e esterilizados, 1 embalagem de 10 ml com semente líquida de *P. ostreatus*, 1 saco resistente para o cultivo, 1 par de luvas e 1 filtro para o fechamento da embalagem (**Figura 2**).

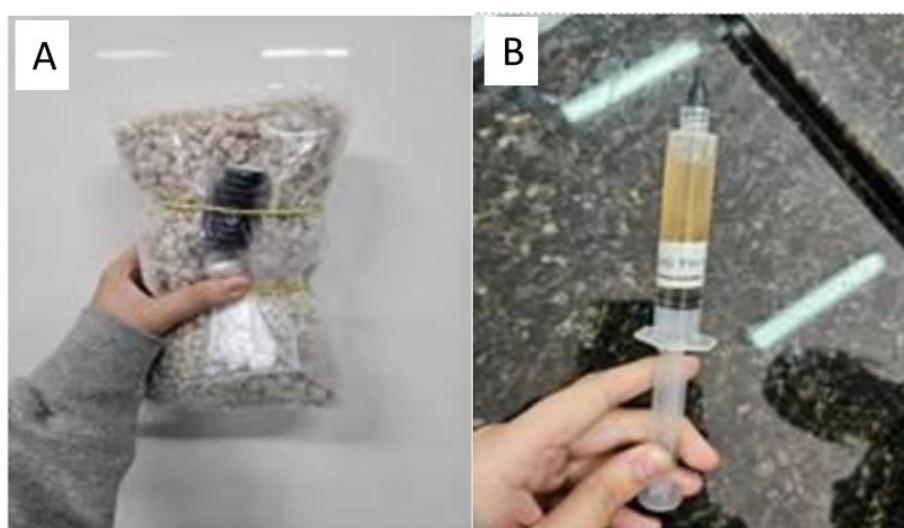


Figura 2. Kit de cultivo de fungo *Pleurotus Ostreatus*. A- 600 g de substrato); B- Semente líquida. Fonte: Autoral, 2025

A inoculação foi realizada distribuindo pequenos jatos de micélio na superfície do substrato (Figura 3A), utilizando-se luvas, o material foi cuidadosamente amassado. Com isso, realizou-se o fechamento do aquário utilizando plástico. No plástico, foi feita uma abertura para um filtro contendo algodão sintético, impedindo a entrada de insetos e permitindo a troca gasosa (Figura 3B). O aquário permaneceu no laboratório, sendo recomendado de 21 e 30 dias para que ocorresse a colonização do substrato. Entretanto, após 57 dias, não houve desenvolvimento, com o substrato não apresentando resultados concretos. Contudo, a ausência de desenvolvimento pode estar relacionada a falta de umidade no substrato. (Figura 3C).



Figura 3. Processo de preparação do experimento de biorremediação utilizando *Pleurotus Ostreatus*. A- Inoculação do substrato; B- Substrato inoculado; C- Substrato após 57 dias. Fonte: Autoral, 2025

### 2.3 PRÁTICA 2 – CULTIVO EM SUBSTRATO PRONTO (COGUBOX)

O grupo realizou a compra de um CoguBox®, uma caixa que possuía o substrato com os micélios do fungo *P. ostreatus* (Figura 4A). Para fazer com que o cogumelo se desenvolvesse e crescesse, era necessário regar o substrato 15 vezes durante os períodos da manhã, da tarde e da noite. Durante esse processo, nos primeiros 3 dias foi possível notar que o corpo de frutificação dos fungos estava totalmente desenvolvido no substrato (Figura 4B e C).



Figura 4. Substrato com micélios de *Pleurotus. Ostreatus*. A- Substrato Cogubox®; B e C- *P. ostreatus* em processo de desenvolvimento. Fonte: Autoral, 2025

Porém, no 4º dia em diante, o cogumelo começou a demonstrar sinais de ressecamento e murchamento, e tendo em vista que a parte do chapéu do cogumelo indica o que ocorre em seus micélios, demonstrava que o fungo estava se deteriorando (Figura 5). Esses fatores levaram o grupo a pensar que, o que contribuiu para que o cogumelo manifestasse esses sinais, foi o fato do seu período de colheita ser a partir do quarto dia, além do fato do substrato do CoguBox® possuir, propositalmente, poucos nutrientes para a manutenção do cogumelo. Depois de utilizar os recursos para produzir uma leva de cogumelos, o micélio precisa de tempo para se recuperar e acumular mais nutrientes.



Figura 5. Fotos do fungo *Pleurotus. ostreatus* cultivado com CoguBox® evidenciando ressecamento do cogumelo. Fonte: Autoral, 2025

## 2.4 PRÁTICA 3 – CRESCIMENTO EM SOLO CONTAMINADO (1º TESTE)

Para a terceira prática, procedemos o cultivo de *P. ostreatus* em solo contaminado, utilizamos 750g de terra da horta da Etec de Cubatão, que foi adicionada a serragem de hamster macerada (Figura 6A) e borra de café a fim de aumentar a quantidade de nutrientes presentes.

A solução de acetato de chumbo foi preparada utilizando 15,27g de acetato que foram diluídos em 250ml de água destilada (Figura 6B). O substrato CoguBox® foi previamente dividido em cubos pequenos (Figura 6C) para ser unido ao solo previamente contaminado.



Figura 6. Preparo da prática de crescimento de *Pleurotus ostreatus* em solo contaminado. A- Maceração da serragem; B- Separação do substrato; C- Preparo de solução de acetato de chumbo; D- Mistura da terra com acetato de chumbo; E- Teste de chumbo; F- Diluição do solo após preparo para teste de contaminação. Fonte: Autoral, 2025

O processo de contaminação do solo se deu adicionando a terra no aquário e despejando o contaminante aos poucos, misturando com as mãos utilizando luvas como equipamento de proteção (**Figura 6D**). Após isso, realizou-se o teste de contaminação com o Teste de Chumbo em cotonetes (AssuTest®), o qual indicaria se a terra apresenta chumbo em sua composição (**Figura 6E**), caso indicasse, o cotonete apresentaria uma coloração rosa, caso contrário, uma coloração amarelada. Utilizou-se uma pequena quantidade do solo contaminado, colocando no bêquer limpo e diluindo-o com água destilada (**Figura 6F**), em seguida, um cotonete deixando em contato com o solo diluído por trinta segundos, sendo retirado e posteriormente colocando

apenas em água destilada, apresentando após poucos segundos a coloração rosa, indicando que o solo apresenta contaminação por chumbo/variantes do elemento (acetato de chumbo).

Dando seguimento ao processo, despejou-se a serragem e o substrato do cogumelo em cubos aos poucos, misturando com o solo a fim de deixar o substrato bem distribuído. Após isso, deu-se cerca de 15 borrifadas de água destilada. O aquário utilizado como recipiente foi deixado próximo de uma janela a fim de ter contato com iluminação natural de forma indireta.

## 2.5 PRÁTICA 4 – CRESCIMENTO EM SOLO CONTAMINADO (2ºTESTE)

No dia 31 de outubro de 2025, foi realizada uma segunda montagem do experimento no aquário, utilizando solo contaminado por acetato de chumbo e substratos para o desenvolvimento do *P. ostreotus*. O solo utilizado para a realização da prática foi coletado na horta, totalizando 1,435 kg, o qual passou por um teste da presença prévia de chumbo na terra. Em seguida, foi adicionada água fria à serragem de hamster, para que ela fosse hidratada e pudesse ser desprendida cuidadosamente. Quando a serragem já estava completamente solta, e na forma adequada, foi adicionado a borra de café (Figura 7A), que misturado à serragem, totalizou 1,009 kg. Ambos os materiais foram pesados em uma balança de precisão para determinar a quantidade exata. Além disso, o substrato do fungo foi cortado em blocos e separado (**Figura 7A**).

Posteriormente a pesagem, ambos os materiais foram colocados em recipientes grandes de vidro e semelhantes com o auxílio de uma colher (Figura 7B). Em seguida, foram tampados com papel-alumínio e colocados na autoclave por cerca de 15 minutos a 120 °C, para que pudesse ser esterilizados (**Figura 7D**). Enquanto os materiais estavam sendo esterilizados, foi iniciada a preparação de 100 ml de solução de acetato de chumbo a 0,05g/L.

Depois que a solução estava pronta e o tempo de esterilização havia terminado, os dois potes dentro da autoclave foram retirados com luvas, devido à alta temperatura (**Figura 7E**). Eles foram colocados sobre a bancada. O primeiro, a ser utilizado foi o pote contendo o solo, para que pudesse ser contaminado. Toda a terra presente no pote foi retirada e colocada em outro recipiente para a contaminação. Pequenas quantidades da solução foram adicionadas à terra aos poucos, sendo misturadas continuamente com o auxílio de uma colher até que toda a solução tivesse sido incorporada (**Figura 7F**).



Figura 7. Preparação de substratos. A- Serragem com adição de borra de café e substratos do fungo *Pleurotus ostreatus* em pedaços; B- Frascos de vidro com serragem + borra de café e terra da horta da Etec de Cubatão; C- Detalhe substrato do fungo em pedaços; D- Frascos de vidro prontos para esterilização; E- Materiais já esterilizados; F- Adição de acetato de chumbo a terra. Fonte: Autoral, 2025

Em seguida, foi realizado novamente o teste de presença de chumbo, para confirmar se o solo havia sido efetivamente contaminado. Depois disso, iniciamos a montagem da prática em forma de camadas (**Figura 8A - C**) dentro do aquário: primeiro uma camada da serragem com borra de café sobre essa camada, uma camada de solo contaminado; sobre o solo, mais uma camada da serragem; e, em seguida, os blocos de substrato que haviam sido separados no início da prática, posicionados de forma mais compactada. Por fim, mais uma camada de solo contaminado foi adicionada.



Figura 8. Montagem do experimento no aquário. A- Primeira camada: de serragem enriquecida com borra de café; B- Segunda camada: substratos do fungo *Pleurotus ostreatus* em pedaços; C- Terceira camada: terra contaminada com acetato de chumbo, mais serragem enriquecida com borra de café. Fonte: Autoral, 2025

Após a montagem, a amostra foi regada com água utilizando o borrifador. Em seguida, foi tampada com tecido de TNT e selada com fita adesiva. Depois, foi colocada em um local escuro, úmido e com pouca ventilação, onde ficou em observação.

## 2.6 PRÁTICA 5 – MONTAGEM DO GRUPO CONTROLE

Na prática realizada no dia três de novembro de 2025, foi feita a montagem de duas amostras adicionais, sendo uma delas o grupo controle. A montagem seguiu o padrão realizado no segundo teste, porém em escala menor. Foram utilizados dois frascos de vidro de azeitona de 500g, que foram anteriormente autoclavados. Para essa montagem foram mantidas as proporções iniciais, sendo utilizados 200g de serragem enriquecida com borra de café, 286g de solo, a solução de acetato de chumbo foi mantida a uma concentração de 0,05g/L, sendo utilizado um volume de 10mL e TNT. Após a pesagem, os bêqueres com a serragem e o solo foram tampados com papel alumínio e uma colher que seria usada na montagem das amostras foi envolvida por papel pardo, esses materiais foram levados à autoclave a uma temperatura de 121°C por 15 min (**Figura 9 A**).

Com a solução pronta e os materiais devidamente esterilizados, foi iniciada a montagem das amostras (**Figura 9B**). A primeira amostra correspondia ao grupo controle, que não teria o solo contaminado. Primeiramente, uma quantidade de serragem enriquecida foi colocada no pote de vidro com o auxílio da colher. Em seguida, uma camada de solo foi adicionada e, sobre

ela, mais uma camada de serragem. Sobre a serragem foram colocados sete pequenos pedaços do substrato da caixa de cultivo de shimeji branco, que continham micélios do fungo. Para finalizar, foi colocada uma camada de solo livre de contaminação. A amostra foi borrifada e o recipiente, tampado com um pedaço de TNT. O mesmo processo foi repetido no outro pote de vidro, porém, 10 mL da solução de acetato de chumbo foram adicionados e misturados ao solo, caracterizando a amostra contaminada. Sendo assim, as duas amostras foram identificadas como “contaminada” e “não contaminada” e o grupo vem monitorando o desenvolvimento delas (Figura 9C).



Figura 9. Procedimentos de preparo para teste e controle. A- Autoclave dos materiais; B- Montagem dos meios com controle e teste; C- Materiais prontos. Fonte: Autoral, 2025

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após 19 dias de cultivo, observou-se o crescimento do fungo *P. ostreatus*. Em seguida, foi realizada a análise para verificar se o solo havia sido devidamente biorremediado. Utilizou-se o mesmo teste aplicado no início do experimento (Figura 10).



Figura 10. Crescimento do *P. ostreatus*. Fonte: Autoral, 2025

No início do experimento, foi retirada uma amostra do solo contaminado, tanto da superfície quanto do interior. Esse solo foi colocado em um béquer, macerado e adicionado à

água destilada. Após a homogeneização, um cotonete foi imerso na água destilada por dois segundos, e em seguida inserido na solução do solo por 30 segundos. Depois disso, o cotonete foi novamente colocado em um bêquer com água destilada, resultando na coloração laranja, indicando a ausência de chumbo. Logo em seguida, foram retirados os corpos frutíferos de *P. ostreatus* do solo contaminado. Os cogumelos foram lavados com água destilada para remover os resquícios de solo. Após a limpeza, foram colocados em um bêquer e macerados junto com água destilada. Em seguida, um novo cotonete foi utilizado, realizando-se novamente o procedimento, colocando- o por dois segundos na água destilada e depois na solução com o fungo macerado.

Como a presença do material dificultava a visualização da coloração, foi necessária uma etapa de peneiração para tornar o resultado mais evidente. Após essa separação, o teste revelou coloração rosa, indicando presença de acetato de chumbo no *P. ostreatus*., evidenciando a absorção do chumbo.

## **GRUPO DE CONTROLE**

O grupo efetuou a análise da presença de chumbo em ambas as amostras, utilizando de cotonetes para teste de chumbo. Nas amostras menores, foi observado que o fungo da amostra contaminada se desenvolveu, porém o fungo da amostra não contaminada não apresentou crescimento (Figura 11). Com isso, o teste de amostra de chumbo não detectou presença do metal nem no solo e nem no fungo. Entretanto, devido à pouca disponibilidade de testes, não foi possível analisar o solo após adicionarmos o acetato, podendo ter ocorrido um erro na concentração. De modo geral, é evidente que o fungo, por meio dos micélios, absorveu o chumbo presente no solo de uma das amostras, caracterizando o processo de biorremediação. O sucesso do potencial biorremediador do fungo é mais evidente quando cultivado em condições adequadas de substrato e volume de contaminação

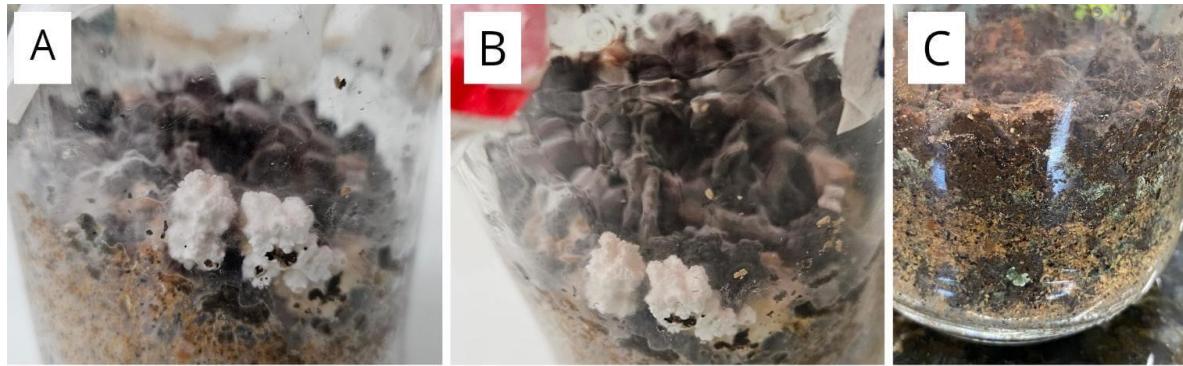


Figura 11. Resultados do grupo controle. A e B- amostra contaminada evidenciando o crescimento do fungo; C- amostra não contaminada sem apresentar o crescimento fúngico.  
Fonte: Autoral, 2025

#### 4. CONCLUSÃO

Em suma, a partir das análises qualitativas do desenvolvimento do *Pleurotus ostreatus* e seu processo de biorremediação, foi possível afirmar que o uso desse fungo em locais degradados por metais pesados, especialmente chumbo, representa uma alternativa eficiente e mais sustentável diante das práticas convencionais para a descontaminação de solos, que implicam significativamente o meio ambiente. Dessa forma, também foi possível observar diferenças no comportamento do chumbo nas amostras do grupo controle, evidenciando que a ausência de condições adequadas para o manejo do fungo pode interferir nos resultados, reforçando a necessidade de processos específicos de cultivo.

Diante da elevada poluição de solos e rios causada por atividades industriais, este trabalho contribui para o conhecimento da aplicação do shimeji branco como método de biorremediação e reforça a importância de conscientizar sobre os impactos negativos da contaminação, que afetam a fauna, a flora local e a saúde humana, principalmente pela bioacumulação desses metais.

Por fim, conclui-se que a utilização do *P. ostreatus* no processo de biorremediação do acetato de chumbo se mostra eficiente. No entanto, tornam-se necessários estudos complementares, bem como a padronização das condições de cultivo para resultados mais consistentes. Além disso, é de extrema importância o engajamento em métodos sustentáveis de descontaminação, reforçando a busca por alternativas sustentáveis.

#### REFERÊNCIAS

BOMFETI, Cleide Aparecida; SANTOS, Sheila Renata; SANTOS, Maria Paula de Oliveira. Biorremediação de áreas contaminadas com emprego de fungos do gênero *Pleurotus*. **Série E-books SolloAgro**, n. 1. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2025. Disponível em:  
<https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1553>. Acesso em: 01 dez. 2025.

**BRASIL. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009.** Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acis.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2025.

**BRASIL. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em:  
[https://conama.mma.gov.br/?id=450&option=com\\_sisconama&task=arquivo.download](https://conama.mma.gov.br/?id=450&option=com_sisconama&task=arquivo.download). Acesso em: 01 dez. 2025.

CRUZ, Rothier Nathália da. Exposição Ambiental ao Chumbo: Um Problema de Áreas Contaminadas Próximas a Fábricas de Baterias. **Repositório UNESP**, Bauru, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e306021d-0d77-49cc-9955-f1ac70655b5d/content>. Acesso em: 7 set. 2025.

MEDEIRO, Luan. Desenvolvimento Shimeji branco e salmão. **ETEC- Padre Jose Nunes Dias Agropecuária**, Monte Aprazível, p. (1-10), 2024. Disponível em:  
[https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/26810/3/Mtec\\_T%a9c.agropecuaria\\_2semestre\\_LuanMedeiro\\_DesenvolvimentoShimeji\\_PDF.pdf](https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/26810/3/Mtec_T%a9c.agropecuaria_2semestre_LuanMedeiro_DesenvolvimentoShimeji_PDF.pdf). Acesso em: 01 dez. 2025.

NASCIMENTO, D. C. B.; SANTA ROSA, D. L.; SOARES, E. M.; PAULA, M. V. S. Chumbo: extração e aplicações, uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 11, p. 103824-103836, nov. 2021. Disponível em:

<file:///C:/Users/Isabely%20Oliveira/Downloads/admin,+Art.145.BJD.pdf>. Acesso em: 9 set. 2025.

PANTALEÃO, Simone Queiroz; CHASIN, Alice Aparecida da Matta. O chumbo como agente contaminante do meio ambiente. **Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz**, São Paulo, (s.d.). Disponível em:

[https://www.oswaldocruz.br/revista\\_academica/content/pdf/Simone%20Queiroz%20Pantale%C3%A3o.pdf](https://www.oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Simone%20Queiroz%20Pantale%C3%A3o.pdf). Acesso em: 7 set. 2025.

PERALTA, Rosane. Biodegradação e Biorremediação (ênfase em bactérias e fungos). **Mérida Publishers**, Canoas, p. 10-12, 2022. Disponível em: <https://meridapublishers.com/bio/bio.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2025.

SOARES, I. A. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. **Ambiente & Informação em Biologia**, [s. l.], v. 78, n. 2, p. 341-350, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/YfMrd83Hh6LtZvccwhYYmLL/>. Acesso em: 01 dez. 2025.

SOUZA, Silva Carla et al. Alocação de chumbo e nutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado por baterias. **Semina Ciências Agrárias**, v. 46, n. 6, 2025. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/index>. Acesso em: 01 dez. 2025.

VICENTE, Sarah de Oliveira. Biorremediação com fungos – um tratamento natural para poluição. MÉRIDA PUBLISHERS. **Conversando sobre meio ambiente e saúde**, v. 2. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024. Disponível em: <https://meridapublishers.com/cmas2/cap5.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2025.