



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
CAMPUS X – TEIXEIRA DE FREITAS
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (LICENCIATURA)

**MICROBIOTA DE TRÊS TIPOS DIFERENTES DE SOLO: FLORESTA
PRESERVADA, BOSQUE PLANEJADO E PASTO**

ULISSES BEZERRA DE LIMA

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Fortuna.

Teixeira de Freitas-BA
2025

ULISSES BEZERRA DE LIMA

**MICROBIOTA DE TRÊS TIPOS DIFERENTES DE SOLO: FLORESTA
PRESERVADA, BOSQUE PLANEJADO E PASTO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências
Biológicas (Licenciatura), da Universidade do
Estado da Bahia – *Campus X*, para obtenção do
título de Licenciado em Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Fortuna.

Teixeira de Freitas-BA
2025

ULISSES BEZERRA DE LIMA

MICROBIOTA DE TRÊS TIPOS DIFERENTES DE SOLO: FLORESTA PRESERVADA, BOSQUE PLANEJADO E PASTO


Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas (Licenciatura), da Universidade do Estado da Bahia – *Campus X*, para obtenção do título de Licenciado em Biologia.

Aprovação em 28 de março de 2025.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jorge Luiz Fortuna (Orientador)
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)



Prof. Dr. Frederico Monteiro Neves
Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)



Eng.ª FI. Luciana Gomes de Oliveira
Coordenadora do Programa Arboretum de Conservação e
Restauração da Diversidade Florestal

Teixeira de Freitas-BA
2025

A dedicatória maior refere-se à minha querida mãe, pessoa de uma força incrível, de coração gigante, que sempre direcionou seus filhos ao caminho do bem. Dedico também aos meus queridos colegas de classe, que me ensinaram que as coisas podem ser observadas de formas diferentes e que isto é deveras importante. Menciono ainda os grandes mestres da instituição UNEB, Campus X, que se dedicam em prol da educação e em formar pessoas melhores, na esperança de uma sociedade melhor e mais consciente.

AGRADECIMENTOS

Sou grato ao pai celestial e à espiritualidade que sempre estiveram ao meu lado, me dando forças, me direcionando ao caminho que devo seguir.

Agradeço à minha família, amigos e professores, partes importantes neste percurso, que tornaram a caminhada mais amena e possível.

"Quando você quer alguma coisa, todo o universo conspira para que você realize o seu desejo." (Paulo Coelho)

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Pontos das coletas dos diferentes tipos de solo (floresta, bosque e pasto), na área do Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal, p. 20
- FIGURA 2.** Três diferentes áreas onde foram coletadas as amostras de solo. **(A)** Floresta. **(B)** Bosque. **(C)** Pasto, p. 21
- FIGURA 3.** **(A)** Esquema demonstrando o método de coleta das amostras do solo nas diferentes áreas. **(B)** Momento da coleta onde eram mensurados a temperatura e pH do solo e também a temperatura e umidade relativa do ar do ambiente, p. 24
- FIGURA 4.** **(A)** Diluição seriada da amostra do solo. **(B)** Inoculação em meio de cultura. **(C)** Placas de Petri incubadas em estufa B.O.D., p. 25
- FIGURA 5.** Contagem das Unidades Formadoras de Colônias fúngicas **(A)** utilizando um contador de colônias eletrônico **(B)**, p. 26
- FIGURA 6.** Resultados da contagem de unidades formadoras de colônias de fungos por grama de solo na base logarítmica (log UFC/g) em dois meios de cultura (Ágar Batata Dextrose e Ágar Rosa Bengala) em relação aos diferentes locais de coleta do solo (pasto, bosque e floresta) e suas respectivas médias, p. 28
- FIGURA 7.** Médias das temperaturas do ambiente e do solo durante as coletas de amostras de solo em diferentes ambientes (pasto, bosque e floresta), p. 30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Resultados da contagem de unidades formadoras de colônias de fungos por grama de solo (UFC/g e log UFC/g) em dois meios de cultura (Ágar Batata Dextrose e Ágar Rosa Bengala) em relação aos diferentes locais de coleta do solo (pasto, bosque e floresta) e suas respectivas médias, p. 27

TABELA 2. Valores de temperatura ambiente (°C); umidade relativa do ar (%); temperatura do solo (°C) e pH do solo, durante as coletas das amostras de solo e suas respectivas médias, p. 30

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	porcentagem
±	mais ou menos
°C	grau(s) Celsius
ABD	Ágar Batata Dextrose
ANOVA	<i>Analisis Of Variance</i> (Análise de Variância)
ARB	Ágar Rosa Bengala
B.O.D.	<i>Biochemical Oxygen Demand</i> (Demanda Bioquímica de Oxigênio)
cm	centímetro(s)
CO ₂	Dióxido de Carbono
DP	Desvio Padrão
<i>et al.</i>	<i>et alli</i> ; e outros; e colaboradores
<i>etc.</i>	<i>et cetera</i> ; e outras coisas
FMA	Fungos Micorrízicos Arbusculares
g	grama(s)
H ₂ O	água
log UFC/g	Unidade Formadora de Colônia por grama na base logarítmica
mL	mililitro(s)
N ₂	Nitrogênio
p.	página(s)
pH	potencial Hidrogeniônico
PPG7	Projeto Piloto do Grupo dos Sete
SPC&T	Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia
SSP	Solução Salina Peptonada
UFC/g	Unidade Formadora de Colônia por grama
UNEB	Universidade do Estado da Bahia
\bar{x}	média

SUMÁRIO

RESUMO, p. 10

ABSTRACT, p. 11

1 INTRODUÇÃO, p. 12

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, p 14

2.1 RELAÇÃO ENTRE FUNGOS E SOLO p. 14

2.2 FUNGOS E AMBIENTES DEGRADADOS, p. 15

2.3 FUNGOS E BIORREMEDIAÇÃO, p. 17

3 METODOLOGIA, p. 20

3.1 ÁREA DE ESTUDO, p. 20

3.1.1 Fragmento de floresta, p. 20

3.1.2 Bosque planejado, p. 22

3.1.3 Pasto, p. 23

3.2 COLETA DAS AMOSTRAS, p. 23

3.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DO SOLO, p. 24

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA, p. 26

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO, p. 27

5 CONCLUSÃO, p. 32

6 REFERÊNCIAS, p. 33

LIMA, U. B. **Micobiota de três tipos diferentes de solo: floresta preservada, bosque planejado e pasto.** Teixeira de Freitas: Universidade do Estado da Bahia (UNEB). 2025. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Área de concentração: Micologia Ambiental. Orientador: Prof. Dr. Jorge Luiz Fortuna.

RESUMO

A análise dos habitats de ocorrência dos fungos configura-se como um estudo de verificação das propriedades dos ambientes que podem comportar uma alta diversidade de integrantes deste grupo e trazer a compreensão da relevância de se manter o meio ambiente livre das ações antrópicas. Este trabalho teve como objetivo enumerar e comparar a micobiota de três tipos diferentes de solo: floresta preservada; bosque planejado e pasto. As coletas das amostras de solo ocorreram na área onde se encontra o Projeto Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal, localizado na cidade de Teixeira de Freitas-BA. O local foi escolhido por apresentar os três tipos de solo (fragmento de floresta, bosque planejado e pasto) com as características procuradas para o desenvolvimento do estudo. Foram realizadas cinco incursões para a coleta das amostras de solo, sendo uma coleta por mês, no período de junho a outubro de 2024. A coleta do solo foi feita de forma aleatória em cinco diferentes pontos dos três diferentes solos. As amostras de solo foram coletadas aleatoriamente com a utilização de uma cruzeta que era lançada em cada uma das áreas, e a partir dela eram coletadas as amostras. Para a enumeração de colônias fúngicas utilizou-se o método da diluição decimal em série (10^{-1} a 10^{-3}) em Solução Salina Peptonada (SSP) a 0,9%. Após as diluições, placas de Petri contendo Ágar Batata Dextrose (ABD) e Ágar Rosa Bengala (ARB) foram inoculadas (técnica *spread plate*) e incubadas em estufa B.O.D. a 28°C/5-7 dias. Após este período foram feitas contagens em placas para determinar qual área produziu a maior quantidade de colônias fúngicas. Verificou-se que a área de bosque, tanto nas amostras de ABD, como as de ARB, apresentava maior formação de Unidades Formadoras de Colônia por grama (UFC/g). Através deste estudo pôde-se constatar que a preservação ambiental está relacionada com a presença e manutenção da micobiota do solo que presta muitos serviços ambientais como ciclagem de nutrientes, biorremediação de solos degradados e manutenção de ecossistemas terrestres.

Palavras-chave: Biodegradação, Biorremediação, Fungos, Microbiologia do Solo.

ABSTRACT

The analysis of the habitats in which fungi occur is a study to verify the properties of environments that can support a high diversity of members of this group and bring understanding of the relevance of keeping the environment free from anthropic actions that can compromise the environment of its development, or even the existence of this kingdom of great significance that actively participates in the biodegradation of organic matter and soil maintenance. This study aimed to enumerate the mycobiota of three different types of soil: preserved forest; planned woodland and pasture. Soil samples were collected in the area where the Arboretum Project for the Conservation and Restoration of Forest Diversity is located, in the city of Teixeira de Freitas, Bahia. The location was chosen because it has three types of soil (forest fragment, planned woodland and pasture) with the characteristics sought for the development of the study. Five forays were carried out to collect soil samples, one collection per month, from June to October 2024. Soil collection was done randomly at five different points in the three different soils. Soil samples were collected randomly using a crosspiece that was thrown into each of the areas, and samples were collected from it. To enumerate fungal colonies, the serial decimal dilution method was used (10^{-1} to 10^{-3}) in 0.9% Peptonated Saline Solution (PSS). After the dilutions, Petri dishes containing Potato Dextrose Agar (PDA) and Rose Bengal Agar (RBA) were inoculated (spread plate technique) and incubated in a B.O.D. incubator at 28°C/5-7 days. After this period, plate counts were performed to determine which area produced the largest number of fungal colonies. It was found that the forest area, in both the ABD and ARB samples, presented the highest formation of CFU/g. Through this study it was possible to verify that environmental preservation is related to the presence and maintenance of soil mycobiota that provides many environmental services such as nutrient cycling, bioremediation of degraded soils and maintenance of terrestrial ecosystems.

Keywords: Biodegradation, Bioremediation, Fungi, Soil Microbiology.

1 INTRODUÇÃO

Os fungos existem nos mais diversos ambientes, desde ecossistemas aquáticos e terrestres, até mesmo em regiões do ártico, compreendendo um reino muito vasto, aos quais integram-se cogumelos, bolores, boletos, orelhas de pau, *etc.* (Maia *et al.*, 2010).

Dentre os tipos de fungos conhecidos, sua maioria habita o ambiente terrestre (Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota), diferentemente do grupo dos Chytridiomycota, que necessitam do ambiente aquático para sua reprodução (Macedo, 2017).

A presença destes organismos é associada a uma boa qualidade ambiental que refere a microbiota como bioindicadores em diversos tipos de ecossistemas (Instituto Agrônomo de Campinas, 2007).

O solo, recurso natural de imensa importância para os organismos terrestres, armazena nutrientes que suprem as necessidades metabólicas destes. Tais nutrientes estão em constante renovação no solo e participam ativamente para a promoção da vida, isto se deve à atuação da microbiota, destacando-se a porção eucariótica (fungos), que se encarrega de realizar processos como a degradação da matéria, além de poderem contribuir como biorremediadores de áreas degradadas (Cardoso; Andreote, 2016).

A manutenção dos ecossistemas dá-se também pela atuação destes organismos, já que fazem parte da ciclagem de material orgânico, contribuindo de forma imensurável para que os ecossistemas se mantenham. Fator de igual importância é a associação simbiótica entre fungos e vegetais que indica uma estreita relação de preservação do ambiente e a presença de ambos reinos, levando-se em consideração também as características do solo nestes processos.

De acordo com Pereira *et al.* (2007), para que os ecossistemas terrestres funcionem adequadamente, propiciando o desenvolvimento da diversidade de organismos, o solo depende da presença da diversidade de microrganismos que participam de seus fatores químicos e físicos.

Nesta investigação foram analisados diferentes tipos de solo e características diferentes presentes nos espaços de floresta preservada, bosque planejado e pasto, do local de aplicação desta pesquisa no espaço do Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal, na cidade de Teixeira de

Freitas, Bahia, Brasil. Desta forma, buscou-se analisar estes três ambientes com o intuito de fazer a contagem de colônias fúngicas com a intenção de verificar se em relação à preservação ambiental diferentes tipos de solos apresentam quantidades diferentes de micobiota.

Tendo o solo características próprias relacionadas à sua composição química, pH, cobertura, localização geográfica, conservação ambiental e vegetação, buscou-se com este trabalho responder à questão anteriormente apresentada e contribuir para os estudos da Micologia.

Desse modo, este trabalho teve como objetivo enumerar e comparar a micobiota de três tipos diferentes de solo: floresta preservada; bosque planejado e pasto, para verificar em qual destes ambientes há a maior quantidade de colônias fúngicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RELAÇÃO ENTRE FUNGOS E SOLO

A biodiversidade da microbiota do solo é composta em sua maior parte por fungos e bactérias, sendo essenciais para a conservação do meio ambiente, participando em processos diversos na manutenção do ecossistema, tais como os ciclos biogeoquímicos, decomposição da matéria orgânica, estrutura e fertilidade do solo (Bertol *et al.*, 2019).

Para que ocorra um bom funcionamento dos ecossistemas terrestres, é necessário que a microbiota neles presente consiga obter os nutrientes e as condições favoráveis para poder desempenhar suas funções e contribuir com a manutenção do solo e a ciclagem da matéria orgânica, estabelecendo uma relação estreita entre a qualidade ambiental e a conservação dos microrganismos (Instituto Agrônomo de Campinas, 2007).

Conforme Silva *et al.* (2016), a fragmentação e o manejo inadequado do solo para finalidades diversas podem comprometer sua composição, assim como também podem desfavorecer o desenvolvimento de microrganismos como os fungos micorrízicos arbusculares.

Fungos são organismos de muita importância para a manutenção do solo; estes podem produzir uma proteína chamada glomalina que desempenha um papel fundamental na estabilidade do solo e na bioestabilização de solos que venham a estar contaminados (Pereira *et al.*, 2012).

A manipulação inadequada do solo para uso agrícola, com revolvimentos, retirada de vegetação nativa ocasionando a falta de cobertura, são fatores que podem comprometer a qualidade do solo e o desenvolvimento dos microrganismos que podem determinar as características específicas deste solo (Costa *et al.*, 2006).

A utilização de defensivos agrícolas é uma das atividades que ocasionam a contaminação do solo quando realizada indiscriminadamente e, desta maneira, pode afetar processos bioquímicos e microbiológicos, impedindo o desenvolvimento da microbiota e tornando o solo mais fraco (Silva *et al.*, 2005).

A biodiversidade presente nos diversos tipos de solo compreende uma complexa e vasta cadeia de microrganismos que participam de muitas funções

importantes para a manutenção e conservação dos ecossistemas terrestres (Bell *et al.*, 2005).

O solo é um recurso natural de importância imensurável, que acomoda e sustenta desde os organismos mais simples aos mais complexos, sendo fundamental para a subsistência das populações humanas e integrantes de outros reinos, dentre eles, encontram-se os recicladores, que devolvem os nutrientes através da biodegradação da matéria, participando do incessante ciclo de manter os ecossistemas terrestres, ficando estabelecida a dependência entre os seres (Hallam; McCutcheon, 2015).

E um dos aspectos altamente relevantes da microbiologia do solo, cada vez mais pesquisada, é a grande quantidade de “serviços ambientais” ou “serviços do solo” que são prestados por grande variedade de microrganismos do solo, auxiliando de uma maneira fundamental os sistemas agrários e naturais. Tal como se reconhece hoje, a importância ímpar das abelhas para a polinização da maioria das plantas, tanto na natureza como na agricultura, também se verificou a presença de bactérias e fungos, além de arqueias, algas e protozoários, que atuam na proteção de plantas contra doenças e pragas, na fixação biológica de N₂, na solubilização de fosfatos, no fornecimento de hormônios vegetais, na transferência de nutrientes diretamente do solo para as raízes e em muitas outras funções (Cardoso; Andreote, 2016, p. 13).

A biomassa microbiana está diretamente relacionada às funções intrínsecas do solo, de modo que esta participa ativamente dos processos que estão relacionados à transformação de matéria orgânica em nutrientes disponíveis ao ambiente. Desta maneira, estes microrganismos são considerados indicadores da qualidade do solo, já que, por sua vez, necessitam da disponibilidade de material que os suprirão e que geralmente estão disponibilizados no solo, ocorrendo que a escassez destes materiais modifica o ambiente, impactando negativamente a microbiota (Tótola; Chaer, 2002).

2.2 FUNGOS E AMBIENTES DEGRADADOS

A retirada indiscriminada de vegetação aumenta a exposição do solo à radiação solar, eleva a temperatura e reduz a umidade do solo. Por sua vez, isso diminui a biodiversidade dos microrganismos (fungos e bactérias) que habitam o solo, o que minimiza a sua qualidade (Lopes *et al.*, 2023).

Segundo Antonioli *et al.* (2010), fungos são capazes de proteger o ambiente da toxidez dos metais pesados, mas, a depender das concentrações,

pode inibir o crescimento destes, prejudicando a simbiose micorrízica alterando o desenvolvimento de espécies que ocorram em tal local.

De acordo com Baker *et al.* (1994), os metais pesados como cádmio, chumbo e mercúrio, não têm funções biológicas conhecidas. Quando em excesso no solo, esses elementos podem inibir o crescimento das plantas e causar alterações danosas à microbiota.

Conforme Freitas (2001), perturbações antrópicas que venham a fragmentar áreas florestais, certamente modificarão a diversidade fúngica e a propagação de espécies que vivam em uma estreita relação harmônica com os microrganismos dos quais dependem para suas funções metabólicas.

O uso recorrente de queimadas como método de preparo menos oneroso do solo na agricultura familiar e limpeza de pastagens na Amazônia resulta em uma grande alteração do ecossistema, causando impactos para a biodiversidade do solo. Resultados anteriores mostraram que a densidade de esporos de fungos micorrízicos e o número de colonizações nas plantas por arbúsculos e hifas podem ser indicadores da intensidade de uso nos sistemas mais comuns da região. Sabe-se também que diferentes formas e intensidades de usos da terra têm um impacto significativo sobre a população e a composição da macro, meso e microfauna dos solos tropicais (Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fase II/PPG7, 2008, p.446).

Assim como afirma Pereira (2017), a falta de cobertura vegetal também está associada à degradação do solo, e geralmente é proveniente de ações antrópicas afetando o desenvolvimento das comunidades microbianas, alterando a disponibilidade de nutrientes para sua alimentação, podendo modificar toda a cadeia que faz parte de determinado ecossistema.

No Brasil, a quantidade de áreas degradadas vem aumentando com o passar dos anos, em consequência disso, ocorrem diversos impactos ao meio ambiente, como os processos de erosão, e isto geralmente se deve a ações antrópicas. Esta degradação é decorrente da manipulação e manejo inadequado do solo ocasionando perda das propriedades específicas do solo, podendo comprometer o desenvolvimento ou o estabelecimento da fauna, flora e da microbiota do local (Souza, 2018).

O estudo a respeito dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) é considerado como uma investigação de extrema importância, e isso se deve ao fato de se obter ou descobrir informações sobre espécies fúngicas capazes de tolerar as

condições estressantes dos solos degradados, sendo tais informações cruciais para o restabelecimento das características naturais do solo e podendo ser úteis em processos referentes também à revegetação (Cavalcante *et al.*, 2009).

Uma medida para a recuperação de áreas degradadas é a incorporação de FMA, que facilitarão a absorção de água e nutrientes pelas plantas, desse modo, atuando como colaboradores na reestruturação de solos que sofreram estresses e que modificaram as características originais desta área (Silva, 2013).

A atividade de inocular os FMA em espécies vegetais, com o intuito de revegetar áreas que sofreram grande degradação, configura-se como um processo muito favorável e de benefício ao meio ambiente, pois, esta prática, pode colaborar para o restabelecimento da microbiota e devolver as características específicas de determinado ambiente terrestre que tenha sofrido perturbações (Caproni *et al.*, 2005).

A grande demanda mundial para suprir as necessidades alimentares da população, aliada às práticas de produção agrícolas que se valem grandemente da monocultura da soja e de outros monocultivos, contando também com o uso de pesticidas e fertilizantes tóxicos ao ambiente, culminando em um uso indiscriminado do solo, sem se levar em consideração o desgaste que estas áreas sofrem, têm sido os maiores responsáveis pela perda das condições naturais do solo e compromete toda uma cadeia biológica que está diretamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes e manutenção da vida em nível micro e, conseqüentemente, microbiológico (Hungria, 2013).

2.3 FUNGOS E BIORREMEDIAÇÃO

Segundo Oliveira (2008), pode-se definir como biorremediação a utilização de tecnologias que usam processos biológicos com o intuito de recuperar ou remediar áreas que foram contaminadas por resíduos industriais, pesticidas, petróleo, metais pesados. Para tal finalidade também são utilizados microrganismos, tais quais os fungos, que realizarão a mineralização que transformará as moléculas dos poluentes em CO₂ e H₂O ao fim de todo o processo.

Dentre as alternativas que existem para a recuperação de áreas com problemas de contaminação ambiental está uma que se destaca pela viabilidade econômica e eficácia, que é a técnica da biorremediação. Esta técnica baseia-se na utilização de organismos vivos como fungos e suas enzimas na biodegradação de

compostos xenobióticos, que são aqueles compostos cuja composição é muito diferente da do ambiente natural, na diminuição, erradicação ou transformação destes resíduos em compostos menos agressivos ao ambiente (Tomassoni *et al.*, 2014).

Uma das grandes causas de impactos ambientais de origem antrópica relacionadas ao solo, é a contaminação do solo por uso de herbicidas e inseticidas em atividades referentes à agricultura. Esta prática ocorre no mundo todo e é preocupante devido ao acúmulo destes produtos no solo. A depender do tipo da composição desses insumos, pode-se usar microrganismos como fungos para a degradação destes materiais. A biorremediação é uma atividade de custo menos elevado e é favorável para ser utilizada em áreas contaminadas (Cardoso; Andreote, 2016).

Áreas que sofreram perturbações ambientais severas, tais como, excesso de pesticidas utilizados na agricultura, retirada de cobertura vegetal, deposição de metais pesados, revolvimentos constantes no solo, agricultura intensa, podem ser beneficiadas ou mesmo restabelecidas através do uso de FMA, que têm a capacidade de promover a nutrição vegetal, e, a partir desta associação, melhorar a qualidade do solo (Cavalcante, 2009).

Assim como afirma Araújo (2002), alguns herbicidas como o glifosato são utilizados na agricultura para o controle de ervas daninhas perenes, e estes produtos são absorvidos pelas plantas, mas não são metabolizados por elas. Deste modo, a ação dos microrganismos do solo é extremamente eficiente, pois, na maioria dos casos, a degradação microbiológica consegue quebrar as moléculas destes produtos, transformando insumos danosos ao ambiente em materiais menos nocivos.

De acordo com Salvi (2008), fungos que possuem a capacidade de degradação da lignina (fungos lignocelulósicos), como fungos causadores da podridão branca, são utilizados como agentes em biorremediação, o que sugere que determinados fungos conseguem ser utilizados na degradação de poluentes ambientais por conseguirem também quebrar as moléculas tóxicas como as dos pesticidas.

É conhecido que os fungos são degradadores em potencial e apresentam boa resposta às condições de estresse, como sobrevivência em meios com baixos valores de pH e pobres em nutrientes. Os fungos filamentosos estão presentes em qualquer sistema contaminado e podem utilizar até compostos recalcitrantes existentes no petróleo como fonte de energia. Por outro lado, os fungos quando comparados com as bactérias e as leveduras, apresentam uma capacidade maior de adaptação em meios com baixa atividade de água,

tornando-se os microrganismos mais promissores em condições de baixa umidade relativa. Em resumo, os fungos se adequam em sistemas inóspitos, geralmente características de sítios contaminados (Oliveira, 2008, p. 44).

Em decorrência da elevada atividade industrial e agrícola, muitos tipos de metais tóxicos ao ambiente como o chumbo, arsênio, mercúrio, causadores de mutações e quadros carcinogênicos, têm gerado preocupação quanto à contaminação ambiental. A capacidade dos fungos de atuarem como elementos eficazes na biorremediação tem tomado espaço de importância em relação a outros meios de limpam o ambiente (Takahashi *et al.*, 2017).

Devido ao tamanho do território brasileiro existe uma diversidade muito grande de fungos, onde muitas espécies estão sendo estudadas e catalogadas como potenciais para o desenvolvimento de tecnologias biológicas que possam ser utilizadas para finalidades de restauração de solos, que, por motivos diversos, apresentem contaminação e que possam ser nocivas, acarretando em áreas insalubres e perigosas ao ambiente e conseqüentemente ao ser humano e aos outros animais (Crecca, 2022).

De acordo com os estudos de Cavalcante (2024), a diversidade dos fungos é muito grande e várias são as características que este grupo possui e que precisam ser estudadas, sendo elevada a importância desses estudos para aumentar as tecnologias relativas à biorremediação, aumentando assim, o número de agentes conhecidos e de uso efetivo em prol de recuperar ambientes degradados por pesticidas, herbicidas, metais pesados e outros produtos nocivos ao solo e aos seres vivos.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

As coletas das amostras de solo ocorreram na área onde se encontra o Projeto Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal, localizado na cidade de Teixeira de Freitas-BA. O local foi escolhido por apresentar os três tipos de solo (fragmento de floresta, bosque planejado e pasto) com as características procuradas para o desenvolvimento do estudo (**FIGURA 1**).



FIGURA 1. Pontos das coletas dos diferentes tipos de solo (floresta, bosque e pasto), na área do Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal. (Fonte: Google Maps).

3.1.1 Fragmento de floresta

O fragmento de floresta encontra-se em estado de regeneração natural, já que este fragmento de Mata Atlântica apresenta um histórico de desmatamento e uso

antrópico, porém, atualmente está em estágio inicial de regeneração natural. Ainda apresenta grande número de clareiras, alta incidência de cipós, um sub-bosque ralo e presença de espécies exóticas (**FIGURA 2A**).

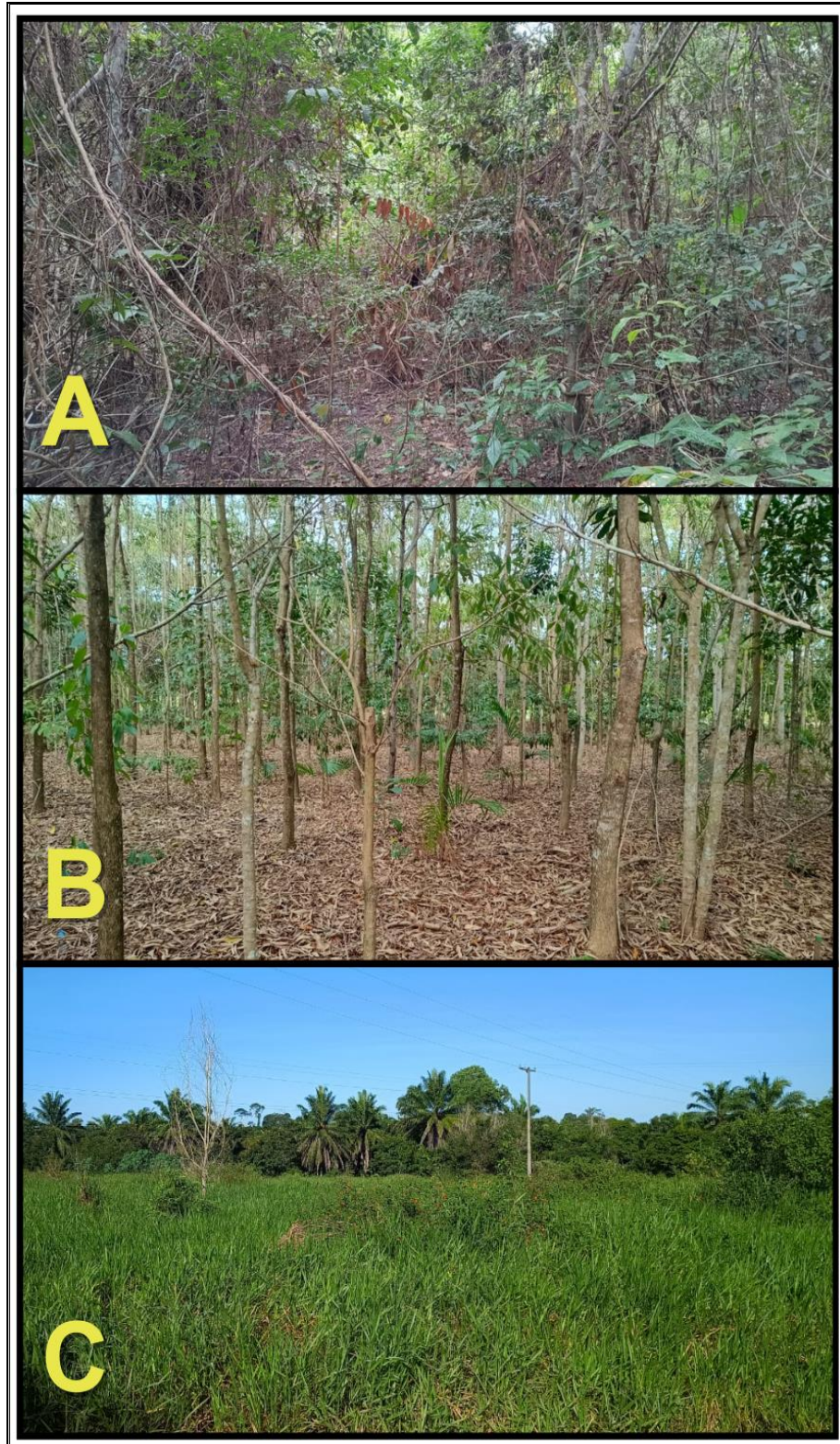


FIGURA 2. Três diferentes áreas onde foram coletadas as amostras de solo. (A) Floresta. (B) Bosque. (C) Pasto. (Fotos: Jorge Luiz Fortuna).

O entorno é predominantemente composto por monoculturas de eucalipto, seringueira e pasto. O fragmento possui aproximadamente 30 hectares e está parcialmente conectado a outros fragmentos menores, principalmente áreas de preservação permanente (APP) ao longo de cursos d'água¹.

3.1.2 Bosque planejado

Esta é uma área de restauração realizada pelo próprio Programa Arboretum, que foi implantada em uma área anteriormente ocupada predominantemente por braquiária. A restauração iniciou-se no período de 2018 a 2020, sendo dividida em três diferentes áreas e diversas etapas, tais como roçagem, gradagem, abertura manual de berços e plantio de árvores. O espaçamento entre as espécies variou de 2,0 x 2,0 m; 3,0 x 1,0 m 8,0 x 1,0 m. Também foram consorciadas culturas de feijão guandu e milho nas entrelinhas¹.

Cada linha de plantio recebeu uma única espécie colonizadora, que podia se repetir em diferentes linhas, desde que não em linhas sucessivas. Essas espécies colonizadoras desempenham papel fundamental na criação de sombra e na formação de um microclima favorável ao desenvolvimento das espécies secundárias tardias e clímax. Tais categorias se enquadra a maior parte das espécies de interesse do Programa Arboretum¹.

Posteriormente, foi realizado um adensamento com a introdução da espécie tucaneiro. O espaçamento adotado, aliado ao manejo adequado, incluindo adubações de cobertura com 100 g da formulação 20-05-20 a cada aproximadamente quatro meses, foram fatores determinantes para o rápido crescimento das espécies¹.

Adicionalmente, foi aplicada cobertura nas linhas de plantio com pó-de-serra e casca de café carbonizada, formando uma camada de 3,0 a 5,0 cm de altura ao longo de toda a linha. A roçagem mecanizada entre as linhas gerava resíduos vegetais que eram acomodados entre as mudas, com o objetivo de melhorar a temperatura do solo. Também foram realizadas podas para a condução das árvores e a manutenção da estrutura geral dos plantios¹.

¹ Dados fornecidos por e-mail, no dia 14/04/2025, pela Engenheira Florestal Luciana Gomes de Oliveira, Coordenadora Administrativa e Financeira do Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal.

Durante o período de coleta das amostras de solo, esta área apresentava-se sombreada e com uma rica camada de serapilheira (**FIGURA 2B**).

3.1.3 Pasto

Esta área, durante as coletas do solo, apresentava-se predominantemente coberta por braquiária (cerca de 1,5 m de altura), com presença de poucos indivíduos arbóreos, em sua maioria exóticos, como sabiá e acácia (**FIGURA 2C**).

Não é mais usada para alimentação do gado e a área é eventualmente roçada pelo próprio Programa Arboretum, deixando-se o capim no solo. Possui aproximadamente 2,6 hectares. Em 2015 esta área passou por um experimento de restauração com o objetivo de combater a braquiária. A etapa de preparo do solo incluiu aragem, gradagem, nivelção e incorporação de calcário. Na etapa de plantio, foi realizada a adubação de berço com fosfato simples, seguida da semeadura de leguminosas como crotalária, girassol, feijão-guandu e feijão-de-porco, além do plantio de diversas espécies arbóreas e mudas de amendoim forrageiro. No entanto, devido à falta de manutenção, a braquiária acabou dominando novamente o plantio².

3.2 COLETA DE AMOSTRAS DO SOLO

Foram realizadas cinco incursões para a coleta das amostras de solo, sendo uma coleta por mês, no período de junho a outubro de 2024. A coleta do solo foi feita de forma aleatória em cinco diferentes pontos dos três diferentes solos (**FIGURA 2**).

Na área de coleta foi arremessada uma cruzeta de madeira e a partir do local de sua queda foram determinados os cinco locais de coleta do solo. Um ponto de coleta foi o centro da cruzeta e os outros quatro pontos foram determinados 20 metros a partir de cada ponta da cruzeta. Cada ponto de coleta foi uma subamostra, totalizando cinco subamostras. Foram coletados cerca de 100 g de solo de uma profundidade de 10 cm em cada ponto (subamostras), totalizando cerca de 500 g de amostra (Santos *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2011; Rodrigues *et al.*, 2023) (**FIGURA 3A**). Durante a coleta das amostras foram mensurados os valores de pH e temperatura dos

² Dados fornecidos por e-mail, no dia 14/04/2025, pela Engenheira Florestal Luciana Gomes de Oliveira, Coordenadora Administrativa e Financeira do Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal.

diferentes solos utilizando-se um termohigrômetro e um medidor de pH. Também foram mensurados a umidade relativa do ar e a temperatura dos três diferentes ambientes (**FIGURA 3B**).

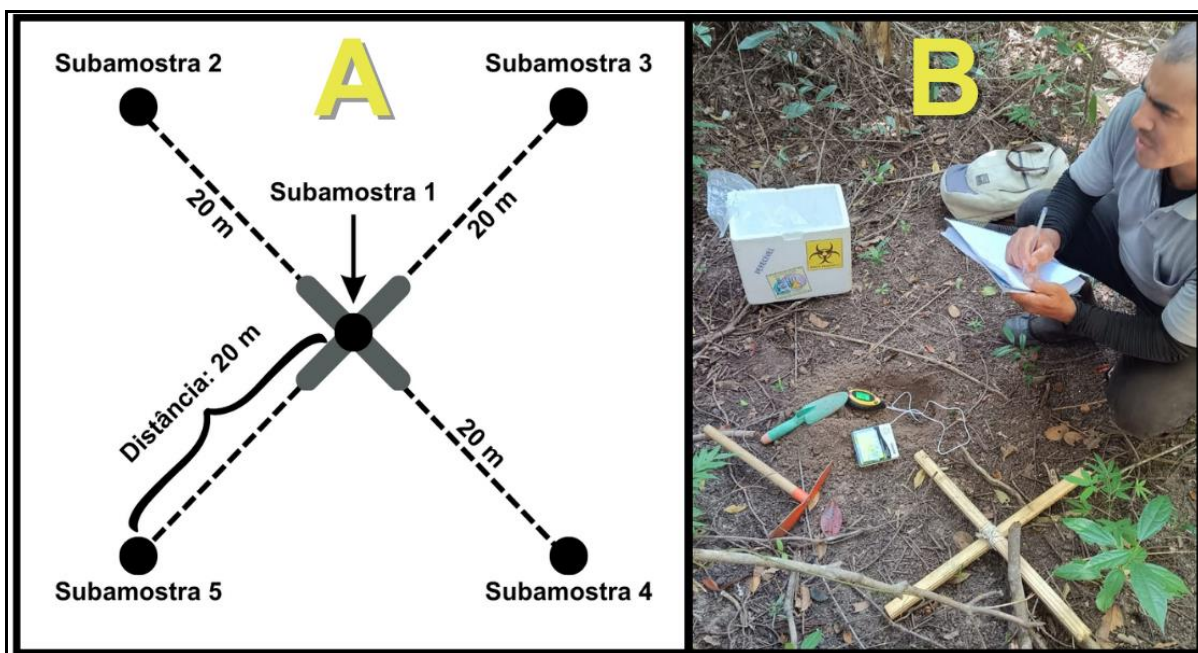


FIGURA 3. (A) Esquema demonstrando o método de coleta das amostras do solo nas diferentes áreas. (B) Momento da coleta onde eram mensurados a temperatura e pH do solo e também a temperatura e a umidade relativa do ar do ambiente. (Foto: Jorge Luiz Fortuna).

Para acondicionar as amostras coletadas foram utilizados sacos plásticos disponibilizadas pelo Laboratório de Microbiologia do *Campus X*, da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Os sacos contendo as amostras de solo foram identificados conforme o ambiente de coleta e enumerados de acordo com a ordem de retirada das amostras, sendo posteriormente colocados em recipiente isotérmico, onde foram transportadas até o Laboratório de Microbiologia para as análises. Ao fim de todos os meses de coleta de solo, obteve-se o total de 75 amostras que foram devidamente tratadas para a inoculação nos meios de cultura.

3.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DO SOLO

No Laboratório de Microbiologia do *Campus X* da UNEB, cada uma das cinco subamostras, de cada área, foram unidas em um Becker esterilizado e

homogeneizadas separadamente, ou seja, cinco subamostras da área de pasto para um Becker e assim da mesma forma para as amostras de floresta e bosque.

Para o isolamento dos fungos utilizou-se a técnica da diluição decimal em série, onde 10 g de solo foram diluídos e homogeneizadas em 90 mL de Solução Salina Peptonada (SSP) a 0,9% formando a diluição 10^{-1} e a partir desta foram realizadas sucessivas diluições até 10^{-3} . Em seguida, foram inoculados 0,1 mL de cada diluição em placas de Petri contendo o meio de cultura Ágar Batata Dextrose (ABD) e também em placas contendo Ágar Rosa Bengala (ARB), através do método de inoculação em superfície (*spread plate*) utilizando a alça de Drigalsky. As placas foram posteriormente incubadas em estufa B.O.D. a 28 °C/5-7 dias (Cavalcanti *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2011; Ribeiro; Soares, 2002; Rodrigues *et al.*, 2023) (**FIGURA 4**).

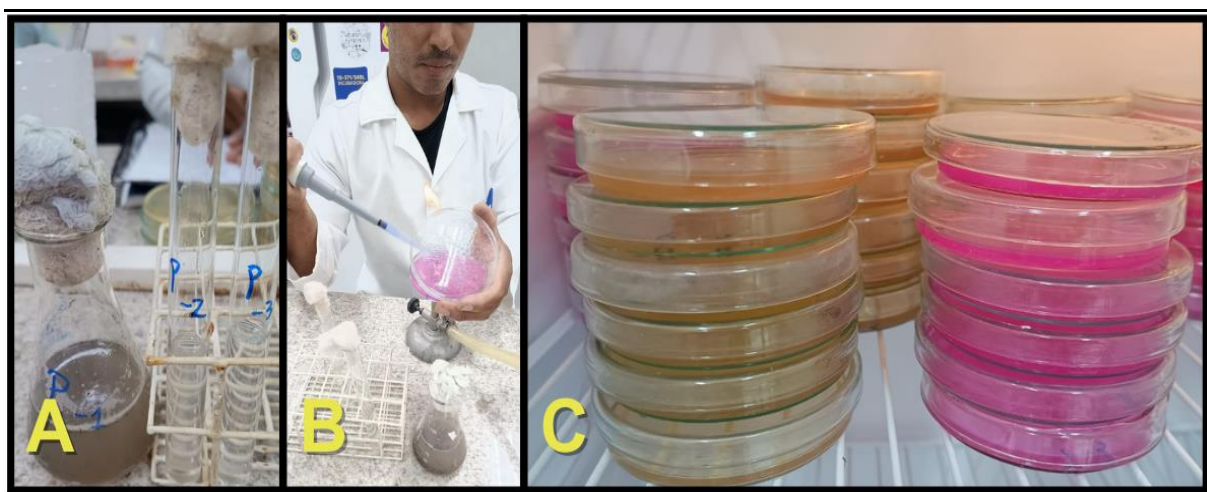


FIGURA 4. (A) Diluição seriada da amostra do solo. (B) Inoculação em meio de cultura. (C) Placas de Petri incubadas em estufa B.O.D. (Fotos: Jorge Luiz Fortuna).

Após o período de incubação as placas foram retiradas da estufa e foram feitas as contagens das Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de fungos, utilizando-se o contador eletrônico de colônias, para verificar onde houve a maior quantidade de microbiota (**FIGURA 5**).

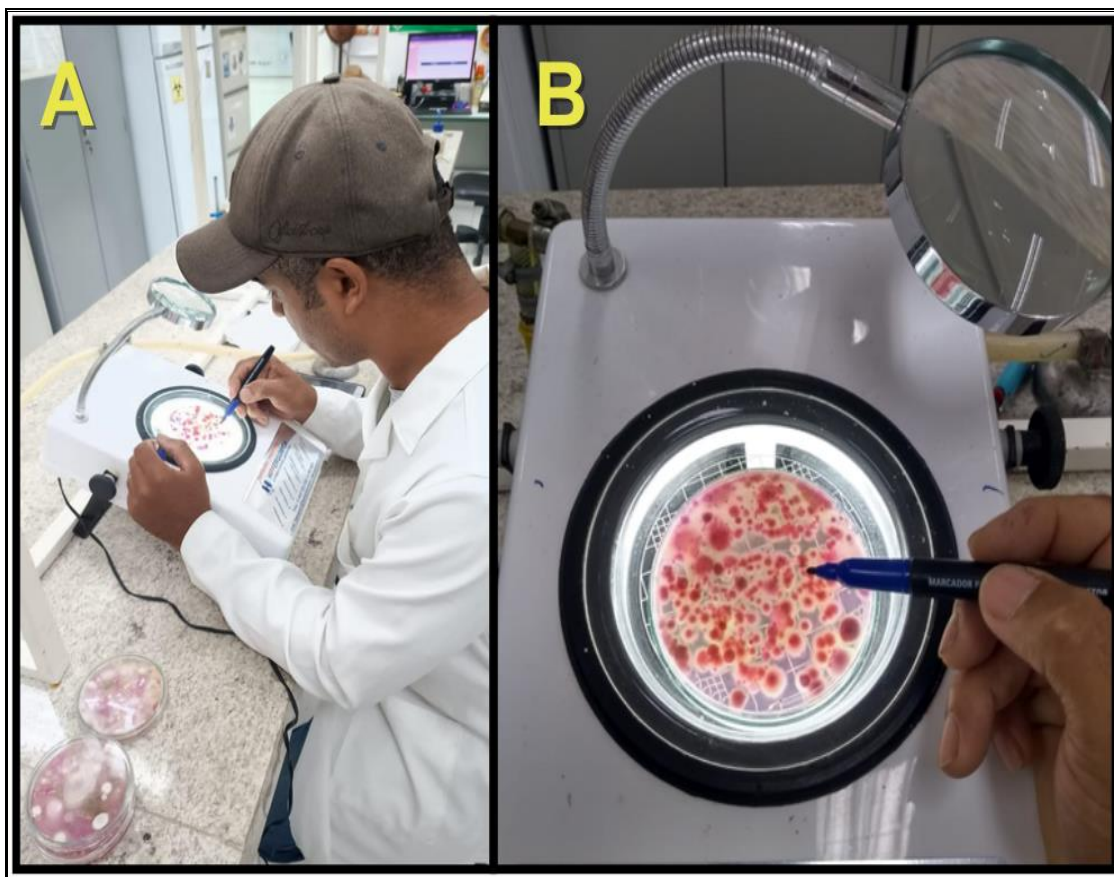


FIGURA 5. Contagem das Unidades Formadora de Colônias fúngicas (**A**) utilizando um contador de colônias eletrônico (**B**). (Fotos: Jorge Luiz Fortuna).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar se houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores das médias do número de colônias de fungos pelo método da placa de solo e entre as três áreas estudadas, foi realizada a análise de variância ANOVA, utilizando o programa *BioEstat*® 5.3 (Ayres et al., 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as análises laboratoriais dos diferentes tipos de solo, os resultados da enumeração da microbiota foram realizados através da contagem de unidades formadoras de colônias de fungos por grama de solo (UFC/g) e também na base logarítmica (log UFC/g), em dois diferentes meios de cultura (Ágar Batata Dextrose e Ágar Rosa Bengala) em relação aos diferentes locais de coleta do solo (pasto, bosque planejado e floresta preservada) e suas respectivas médias (**TABELA 1**).

TABELA 1. Resultados da contagem de unidades formadoras de colônias de fungos por grama de solo (UFC/g e log UFC/g) em dois meios de cultura (Ágar Batata Dextrose e Ágar Rosa Bengala) em relação aos diferentes locais de coleta do solo (pasto, bosque e floresta) e suas respectivas médias.

Data da Coleta	Meio de Cultura	Pasto	Bosque	Floresta
27.06.2024	ABD	8,7 x 10 ^{3*} (3,9395) [#]	2,0 x 10 ⁵ (5,3010)	8,1 x 10 ³ (3,9085)
	ARB	1,9 x 10 ⁴ (4,2788)	6,5 x 10 ⁶ (6,8129)	9,9 x 10 ³ (3,9956)
26.07.2024	ABD	3,9 x 10 ³ (3,5910)	1,0 x 10 ⁴ (4,0791)	1,9 x 10 ⁴ (4,2788)
	ARB	2,4 x 10 ⁴ (4,3802)	2,2 x 10 ⁴ (4,3424)	1,8 x 10 ⁵ (5,2552)
26.08.2024	ABD	9,3 x 10 ³ (3,9684)	3,4 x 10 ⁴ (4,5314)	1,9 x 10 ⁴ (4,2788)
	ARB	2,6 x 10 ⁴ (4,4149)	1,0 x 10 ⁵ (5,0000)	2,4 x 10 ⁴ (4,3802)
23.09.2024	ABD	1,9 x 10 ⁴ (4,2788)	1,0 x 10 ⁴ (4,0000)	2,0 x 10 ⁴ (4,3010)
	ARB	1,9 x 10 ⁵ (5,2788)	2,5 x 10 ⁴ (4,3979)	2,2 x 10 ⁵ (5,3424)
31.10.2024	ABD	1,0 x 10 ⁴ (4,0000)	1,9 x 10 ⁴ (4,2788)	1,5 x 10 ⁴ (4,1761)
	ARB	1,0 x 10 ⁵ (5,0000)	4,4 x 10 ⁴ (4,6435)	3,8 x 10 ⁴ (4,5798)
Média+DP	ABD	3,9555+0,24	4,4381+0,52	4,1886+0,16
	ARB	4,4705+3,91	5,0393+1,02	4,7106+0,58

ABD: Ágar Batata Dextrose / ARB: Ágar Rosa Bengala. DP: Desvio Padrão.

* UFC/g (Unidade Formadora de Colônia por grama de solo).

log UFC/g (Unidade Formadora de Colônia por grama na base logarítmica).

Em relação ao desenvolvimento de unidades formadoras de colônias (UFC), o meio de cultura Ágar Rosa Bengala (ARB) mostrou-se mais eficaz do que o meio Ágar Batata Dextrose (ABD) (**TABELA 1**). O ARB foi meio de cultura onde mais

criaram os microrganismos (**FIGURA 6**). Isto pode ser devido, principalmente, à sua especificidade em cultivar fungos existentes no solo.

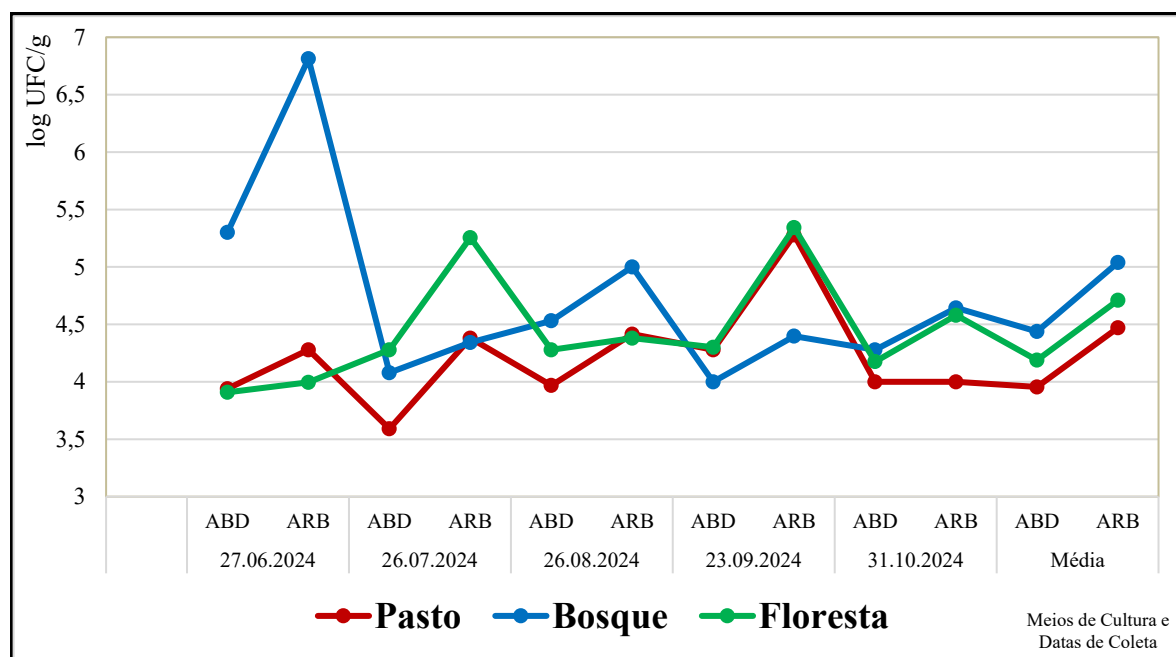


FIGURA 6. Resultados da contagem de unidades formadoras de colônias de fungos por grama de solo na base logarítmica (log UFC/g) em dois meios de cultura (Ágar Batata Dextrose e Ágar Rosa Bengala) em relação aos diferentes locais de coleta do solo (pasto, bosque e floresta) e suas respectivas médias.

As médias de enumeração da microbiota do solo foram maiores no bosque planejado em relação à floresta preservada e ao pasto (**FIGURA 6**). A maior predominância de espécies de fungos na área de bosque pode ter se dado devido à composição do solo, à diversidade de espécies vegetais que existem no local e que favorecem o desenvolvimento de FMA, ou mesmo a fatores como temperatura, umidade e sombreamento.

Utilizando-se o teste ANOVA fatorial $a \times b$ (dois fatores: meio de cultura e solo), verificou-se que houve diferença significativa entre os meios de cultura utilizados ($p = 0,007$), mas não houve diferença significativa entre os diferentes solos ($p = 0,2512$).

Tais resultados diferem-se do trabalho sobre diversidade fúngica em solos do bioma pampa, em que Rodrigues *et al.* (2022) analisaram os solos de área nativa, área de pasto e área de silvicultura, concluindo que a área de pasto obteve o maior diversidade de fungos, no entanto, de acordo com os resultados estatísticos obtidos, concluiu que não há uma diferença expressiva, carecendo de estudos relacionados à composição físico-química do solo.

Antunes *et al.* (1988), também demonstraram, em sua pesquisa, que diferentes tipos de solos estão relacionados ao desenvolvimento de FMA, sendo que fungos apresentam especificidades seletivas, e que solos diferentes podem promover ou não o desenvolvimento de certas espécies de fungos a depender da composição edáfica.

Belo (2013), em seu trabalho sobre fungos filamentosos isolados em diferentes tipos de solo de floresta e savana no estado de Roraima, obteve resultados que apontaram que amostras de latossolos de floresta resultaram em uma maior densidade de fungos filamentosos em relação à amostras de solos arenosos, o que relaciona a quantificação de indivíduos quanto ao tipo de solo e sua preservação.

Lanza *et al.* (2004) concluíram, na pesquisa de população de *Metarhizium anisopliae* em diferentes tipos e graus de compactação do solo, que fungos desta espécie tinham sua população diminuída quando a compactação alcançou um grau elevado, sendo mais propício para seu desenvolvimento o solo com textura areno-argilosa, com maior teor de matéria orgânica, que é maior em solo pouco compactado.

Percebeu-se que a média da umidade relativa do ar na área de bosque manteve-se mais elevada em relação a área de floresta e pasto (**TABELA 2**), fator que pode estar diretamente relacionado (aliado a outros fatores ou não) com a predominância de espécies de fungos nesta área.

Em relação ao pH, os resultados mostraram que os solos apresentaram um pH neutro cuja média variou entre 6,8-6,9 entre os diferentes solos analisados (**TABELA 2**).

Ao aplicar o teste ANOVA fatorial $a \times b \times c$ (três fatores: meio de cultura; solo e dias de coletas), verificou-se que houve interação significativa entre os dias de coleta e os diferentes solos ($p = 0,0093$), mas não houve interação significativa entre solo e meio de cultura ($p = 0,9521$) e não houve interação significativa entre meios de cultura e dias de coleta ($p = 0,5972$).

Os resultados das temperaturas médias de solo e ambiente apontam que o resultado da área de bosque apresentou uma temperatura intermediária às médias das áreas de pasto e floresta (**FIGURA 7**).

Dresch *et al.* (2019) reúne em seu apanhado bibliográfico, que a influência do tipo de solo nas comunidades fúngicas ainda é pouco estudada, contudo, alguns fatores como umidade, temperatura e composição do solo influenciam no desenvolvimento da microbiota, sendo que solos mais superficiais, maior

disponibilidade de matéria orgânica e maior umidade, contribuem para o aumento da presença da diversidade de fungos.

TABELA 2. Valores de temperatura ambiente (°C); umidade relativa do ar (%); temperatura do solo (°C) e pH do solo, durante as coletas das amostras de solo e suas respectivas médias.

Data da Coleta	Local	Temperatura Ambiente (°C)	Umidade Relativa (%)	Temperatura do Solo (°C)	pH do Solo
27.06.2024	Pasto	26,8	82	22,6	6,3
	Bosque	27,9	73	23,0	7,0
	Floresta	26,4	83	22,7	6,9
26.07.2024	Pasto	28,8	78	21,3	7,0
	Bosque	25,0	81	22,3	7,0
	Floresta	24,4	79	21,3	7,0
26.08.2024	Pasto	29,7	78	25,3	7,0
	Bosque	23,3	89	23,3	7,0
	Floresta	23,6	75	22,4	7,0
23.09.2024	Pasto	30,7	90	25,2	7,0
	Bosque	27,5	99	25,1	6,7
	Floresta	23,4	86	22,4	7,0
31.10.2024	Pasto	25,3	88	25,8	7,0
	Bosque	24,3	99	23,5	7,0
	Floresta	23,4	84	23,2	7,0
Média±DP	Pasto	28,3±2,19	83,2±5,59	24,0±1,98	6,86±0,31
	Bosque	25,6±2,01	88,2±11,37	23,4±1,03	6,94±0,13
	Floresta	24,2±1,28	81,4±4,39	22,4±0,70	6,98±0,04

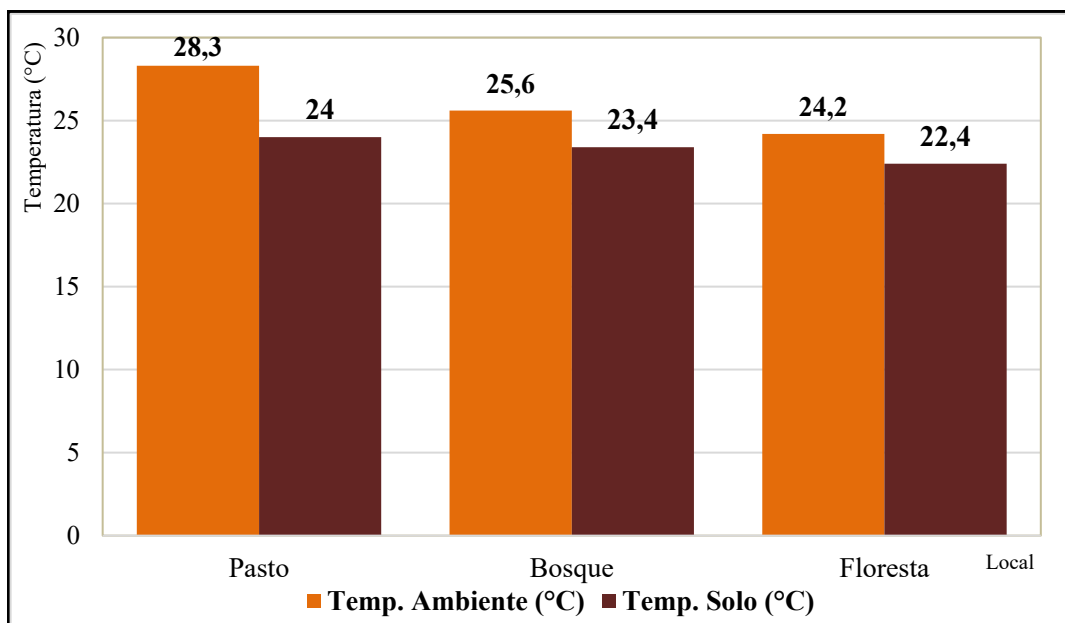


FIGURA 7. Médias das temperaturas do ambiente e do solo durante as coletas de amostras de solo em diferentes ambientes (pasto, bosque e floresta).

A maioria dos autores concorda que alterações que possam ocorrer na dinâmica dos solos podem ocasionar variações na disponibilidade ou no desenvolvimento da micobiota, podendo ser tais alterações a disponibilidade de matéria orgânica, cobertura vegetal, umidade, modificações na composição original do solo e alterações referentes a substituição de espécies vegetais.

Vale salientar que o intuito deste trabalho foi de enumerar a quantidade de colônias fúngicas, de maneira que as questões quanto aos fatores que favorecem a ocorrência das espécies de fungos encontradas naqueles ambientes são possibilidades de estudos que poderão ocorrer posteriormente.

5 CONCLUSÃO

Através das análises realizadas em laboratório pôde-se enumerar as quantidades de Unidades Formadoras de Colônias (UFC/g) de microfungos contidas nos diferentes tipos solos, chegando-se aos resultados que demonstraram que a área onde se localiza o bosque planejado do Programa Arboretum de Conservação e Restauração da Diversidade Florestal desenvolveu uma maior quantidade de colônias fúngicas tanto nas amostras de ABD, como em ARB. Os fatores que influenciaram para este resultado podem estar relacionados à umidade maior que a área de bosque apresentou durante as coletas de amostras nos resultados de umidade, temperatura ou composição do solo, cabendo esta investigação a possíveis estudos futuros. Deste modo, fica evidente que a preservação ambiental está diretamente relacionada com a presença da micobiota do solo e que ações antrópicas degradantes do solo limitam ou mesmo impossibilitam a atuação destes microrganismos tão necessários para a manutenção de ecossistemas terrestres equilibrados e provedores de vida.

6 REFERÊNCIAS

ANTONIOLLI, Z. I.; SANTOS, L. C.; LUPATIN, M.; L.; LEAL, L. T.; SCHIRMER, G. K.; REDIN, M. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 3, p. 419-428, 2010.

ANTUNES, V.; SILVEIRA, A. P.; CARDOSO, E. J. Interação entre diferentes tipos de solo e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na produção de mudas de café (*Coffea arabica*, L.). *Turrialba*, v. 38, n. 2, p. 117-122, 1988.

ARAÚJO, A. S. F. *Biodegradação, extração e análise de glifosato em dois tipos de solos*. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2002.

AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. *BioEstat 5.3 – Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biomédicas*. Belém: Instituto Mamirauá. 2007. 364 p.

BAKER, A. J. M.; McGRATH, S. P.; SODOLI, C. M. D.; REEVES, R. D. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metalaccumulating plants. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 11, p. 41-49, 1994.

BELL, T., NEWMAN, J. A., SILVERMAN, B. W., TURNER, S. I., LILEY, A. K. The contribution of species richness and composition to bacterial services. *Nature*, v. 436, p. 1157-1160, 2005.

BELO, S. C. B. *Produção de amilase e lipase por fungos filamentosos isolados de diferentes tipos de solo floresta e savana de Roraima*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Boa Vista, 2013.

BERTOL, I.; MARIAS, I. C.; SOUZA, L. S. *Manejo e Conservação do Solo e da Água*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2019.1.355p.

BEZERRA, F. B; OLIVEIRA, M. A. C. L; PEREZ, D. V; ANDRADE. A. G; MENEGUELLI, N. A. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 3, p. 469-476, 2006.

BONFIM, J. A. V.; RAFAEL, L. F.; GUMIERE, T.; MESCOLOTTI, D. L. C.; OEHL, F.; CARDOSO, E. J. B. N. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a brazilian atlantic forest toposequence, *Microbial Ecology*, v. 70, p. 1-14, 2015.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; GRANHA, J. R. D. O.; MARINHO, N. F. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. *Revista Árvore*, v. 29, n. 3, p. 373-381, 2005.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. *Microbiologia do Solo*. 2 ed. Piracicaba: ESALQ. 2016.

CAVALCANTE, A. V. *Biorremediação de pesticida por consórcio fúngico*. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza. 2024.

CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. In: MOURA, R. M.; MENEZES, M.; MARIANO, R. L. R. (Eds.). *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*. UFPE – Imprensa Universitária, Recife, p. 180-208. 2009.

CAVALCANTI, M. A. Q.; OLIVEIRA, L. G.; FERNANDES, M. J.; LIMA, D. M. Fungos filamentosos isolados do solo em municípios na região Xingó, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, n. 4, p. 831-837, 2006.

Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fase II/PPG7 (2008: Belém, PA). *Anais da Conferência do Subprograma de Ciência e Tecnologia SPC&T Fase II/PPG7*, realizado em Belém, Pará, Brasil, de 1 a 4 de dezembro de 2008. Brasília: CNPq, 2009. p.446.

CORTAT, L. H.; RANGEL, D. S.; LAMBERT, J. C.; GOMES, J. P. A.; SILVA, M. A. B.; FIGUEIREDO, J. S. M.; ARAÚJO, O. P.; SOUZA, M. N. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA): alternativa agroecológica para recuperação biológica dos solos degradados. In: SOUZA, M. N. (Org.). *Tópicos em recuperação de áreas degradadas*. Canoas-RS: Mérida Publishers. 2021. p.158.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 1.185-1191, 2006.

CRECCA, V. M. T. *Prospecção tecnológica da biorremediação de solo com fungos: estudo fundamentado em artigos científicos e mapeamento patentário*. Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal do Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação. Cuiabá. 2022.

DRESCH, F.; LANA, D. F. D.; MACIEL, M. J. Avaliação das comunidades fúngicas encontradas em amostras de solo: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v. 10, n. 6, p. 67-76, 2019.

FREITAS, M. S.; LUIZÃO R. C. C.; PALHETA.C. *Anais... X Jornada de Iniciação Científica do PIBIC/INPA*, Manaus. p. 105. 04 a 06 de julho de 2001.

GENRE, A.; CHABAUD, M.; BALZERGHUE, C.; PAGÈS, V. P.; NOVERO, M.; REY, T.; FOUNIER, J.; ROCHANGE, S.; BÉCARD, G.; BONFANTE, P.; BARKER, D. G. Short chain chitin oligomers from arbuscular mycorrhizal fungi trigger nuclear Ca²⁺ spiking in *Medicago truncatula* roots and their production is enhanced by strigolactone. *New Phytologist*, v. 198, n. 1, p. 190-202, 2013.

HALLAM, S. J.; MCCUTCHEON, J. P. Microbes don't play solitaire: how cooperation trumps isolation in the microbial world. *Environmental Microbiology Reports*, v. 7, n. 1, p. 26-28, 2015.

HOFFMANN, L. V.; LUCENA, V. S. *Para Entender Micorrizas Arbusculares*. Embrapa Algodão (Campina Grande-PB), 2006.

HUNGRIA, M.; MEGÍAS; M. Uma década de ouro se aproxima para a microbiologia do solo: expectativas da pesquisa, da indústria, dos agricultores e da sociedade.

Anais... Iberoamerican Conference on Beneficial Plant - Microorganism - Environment Interactions, 2.; National Meeting of The Spanish Society of Nitrogen Fixation, 14.; Latin American Meeting on Rhizobiology, 26.; Spanish-Portuguese Congress on Nitrogen Fixation, 3., 2013, Sevilla. Microorganisms for future agriculture. Sevilla: Universidad de Sevilla; ALAR; SEFIN, 2013. p. 510-517. [online]. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/971192/1/Umadecadadeour oseaproximaparaamicrobiologiadosoloexpectativasdapesquisadaindustriadossagricult oresedasociedade.pdf>> Capturado em 22 de janeiro de 2025.

LANZA, L. M.; MONTEIRO, A. C.; MALHEIROS E. B. População de *Metarhizium anisopliae* em diferentes tipos e graus de compactação do solo. *Ciência Rural*, v. 34, n. 6, p. 1.757-1.762, 2004.

LOPES, M. J. S.; SANTIAGO, B. S.; SILVA, I. N. B.; GUERGEL, E. S. C. Impacto do desmatamento e queimas na biodiversidade invisível da Amazônia. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 16, n. 1, e9608, 2023.

MACEDO, E. C. *O ensino de fungos e a abordagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais nos livros didáticos de biologia aprovados pelo PNLD 2015*. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, 2017.

MAIA, L. C.; CARVALHO JUNIOR, A. A. Introdução: os fungos do Brasil. In: FORZZA, R. C., org., *Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010. p. 43-48.

MATHEUS, D. R.; BONONI, V. L. R.; MACHADO, K. M. G. Biodegradation of hexachlorobenzene by basidiomycetes in soil contaminated with industrial residues. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 16, p. 415-421, 2000.

OLIVEIRA, S. D.; LEMOS, J. L. S.; BARROS, C. A.; LEITE, S. G. F. *Emprego de Fungos Filamentosos na Biorremediação de Solos Contaminados por Petróleo*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, p. 20-44. 2008.

PEREIRA, A. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L. M. O.; CAMPO, R. J.; TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 31, p. 1.397-1.412, 2007.

PEREIRA, M. P. S.; FRANCELINO, M. R.; QUEIROZ, J. M. A Cobertura Florestal em Paisagens do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. *Floresta e Ambiente*, v. 24, p. 2-11, 2017.

PEREIRA, M. S. F.; HADDAD, L. S. M.; BAZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e tolerância das plantas ao estresse. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 36, p. 1.663-1.679, 2012.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. *Fungi and Food Spoilage*. 3. ed. Boston: Springer. 2009. 520 p.

RODRIGUES, D. H. G.; MÜLLER, T.; REMPEL, C.; SILVA, G. L.; HEIDRICH, D.; MACIEL, M. J. Diversidade fúngica em diferentes áreas de utilização do solo do Bioma Pampa. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 18, n. 1, p. 9-16, 2023.

SALVI, M. B. *Degradação química e biológica de ¹⁴C-Hexaclorobenzeno por polietilenoglicol/hidróxido de sódio e Trametes villosa (Sw.) Kriese*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Botânica, São Paulo. 150 p. 2008.

SANTOS, V. B.; WELLBAUM, C.; SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H. Fungos filamentosos do solo da ilha dos eucaliptos na represa do Guarapiranga em São Paulo, SP. *Acta Botanica Brasílica*, v. 12, n. 1, p. 101-110, 1998.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, V. L.; MIGUEL, D. V.; SILVA, E. M. R. Fungos micorrízicos arbusculares: composição, comprimento de micélio extrarradicular e glomalina em áreas de mata atlântica, Rio de Janeiro. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 2, p. 419-433, 2016.

SILVA, D. C. V.; TIAGO, P. V.; MATTOS, J. L. S.; LAURA MESQUITA PAIVA, L. M.; SOUZA-MOTTA, C. M. Isolamento e seleção de fungos filamentosos do solo de sistemas agroflorestais do Município de Bom Jardim (PE) com base na capacidade de produção de enzimas hidrolíticas. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 34, n. 4, p. 607-610, 2011.

SILVA, E. P. *Interação do fosfato de rocha, matéria orgânica e microbiota do solo na produção de mudas de arbóreas nativas de interesse econômico e ambiental do nordeste brasileiro*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Mestrado em Agronomia. 2013.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. *Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007.

SOUSA, I. R. L.; PAULETTO, D.; LOPES, L. S. S.; RODE, R. Decomposição de espécies utilizadas como adubação verde em sistema agroflorestal experimental, Santarém, Pará. *Agroecossistemas*, v. 10, n. 2, p. 50-63, 2018.

TAKAHASHI, J. A.; LIMA, G. S.; SANTOS, G. F.; LIRA, F. H.; SILVA-HUGHES, A. F.; GONÇALVES, F. A. G. Fungos Filamentosos e Química: Velhos Conhecidos, Novos Aliados. *Revista Virtual Química*, v. 9, n. 6, p. 2.351-2.382, 2017.

TOMASSONI, F.; SANTOS, R. F.; SANTOS, F. S.; CARPINSKI, M.; SILVEIRA, L. Técnica de biorremediação do solo. *Acta Iguazu*, v. 3, n. 3, p. 46-56, 2014.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos biológicos como indicadores da qualidade do solo. *Tópicos de Ciência do Solo*, v. 2, p. 195-276, 2002.