



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

CARLA DOS SANTOS MASCARENHAS

**DIVERSIDADE E PROSPECÇÃO DE BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS
DEGRADADORAS DE PETRÓLEO ISOLADAS DE MACRÓFITAS (*Eichhornia*
spp.) DA REGIÃO DE SANTARÉM-PA**

**Santarém-PA
2023**

CARLA DOS SANTOS MASCARENHAS

**DIVERSIDADE E PROSPECÇÃO DE BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS
DEGRADADORAS DE PETRÓLEO ISOLADAS DE MACRÓFITAS (*Eichhornia*
spp.) DA REGIÃO DE SANTARÉM-PA**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) - Campus Santarém, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: PhD Graciene do Socorro Taveira Fernandes

**Santarém-PA
2023**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SIBI/UFOPA

M395d Mascarenhas, Carla dos Santos

Diversidade e prospecção de bactérias endofíticas degradadoras de petróleo isoladas de macrófitas (*Eichhornia* spp.) da região de SantarémPa / Carla dos Santos Mascarenhas – Santarém, 2023.

32 f.: il.

Orientadora: Graciene do Socorro Taveira Fernandes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em Ciências Biológicas.

1. Biorremediação. 2. Biotecnologia 3. Endófitos bacterianos. 4. Plantas Aquáticas. I. Fernandes, Graciene do Socorro Taveira, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 581.76098115

Bibliotecária - documentalista: Mary Caroline Santos Ribeiro – CRB-2/566

CARLA DOS SANTOS MASCARENHAS

**DIVERSIDADE E PROSPECÇÃO DE BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS
DEGRADADORAS DE PETRÓLEO ISOLADAS DE MACRÓFITAS (*Eichhornia*
spp.) DA REGIÃO DE SANTARÉM-PA**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) - Campus Santarém, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: PhD Graciene do Socorro Taveira Fernandes.

TERMO DE APROVAÇÃO

Este trabalho de Conclusão de Curso foi analisado pelos membros da Banca examinadora, abaixo assinados:

CONCEITO:

APROVADO EM: 05/01/2023



Prof. Dr. Graciene do Socorro Taveira Fernandes - Orientadora
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas/ Universidade Federal do Oeste do Pará



Prof. Dr. Marcos Diones Ferreira Santana Meira - Membro Titular
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas/ Universidade Federal do Oeste do Pará



Prof. Dra. Dávia Marciana Talgatti - Membro Titular
Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas/ Universidade Federal do Oeste do Pará (Campus Oriximiná)

**Santarém-PA
2023**

AGRADECIMENTOS

“Que darei ao Senhor por todos os seus benefícios para comigo?” (Salmo 116:12).

Sou grata ao meu Deus a quem eu dou todo o mérito das conquistas obtidas em minha vida. Acredito que nada acontece por acaso quando entregamos nossa vida a um Deus onipotente, onisciente e onipresente. Aos meus Pais Marçal e Maria do Socorro, por todo apoio e esforço para que eu conquistasse os meus objetivos. Meu pai que foi o meu “motorista” durante as coletas, minha mãe que sempre fez o possível e o impossível para que eu realizasse meus sonhos, minha mãe eu sempre serei o meu melhor para que cada renúncia e esforço seu venha valer a pena.

A minha mãe do coração e irmã na fé Gercirlei e a toda sua família, sem a ajuda de vocês eu não estaria escrevendo esses agradecimentos hoje, manifesto a minha gratidão.

Ao Irineu e ao Irmão Rafael e sua esposa, que tiveram a preocupação de me inscrever e verem o resultado da chamada da Ufopa e se alegraram junto comigo, saibam que apesar de não ter como os recompensar, eu sempre oro para que Deus os recompense.

Aos amorzinhos: Ana Clara, Aline, Ellen, Fábio e Mauriele, por todo carinho e cuidado para comigo durante esses cinco anos. A Alice Nunes, por me fazer sorrir quando a vontade de chorar era muita, por estar ao meu lado durante os dias de cansaço quando dormíamos em qualquer lugar, por dividir o almoço e tudo mais que precisamos superar durante essa fase de nossas vidas.

Ao meu primeiro orientador Gustavo Canani por todo conhecimento a mim transmitido e por não ter desistido de me orientar, mesmo eu tendo dificuldade de fazer tarefas simples. A Ana Lívia que me ajudou muito nessa etapa da minha vida.

Ao Gustavo Henrique que me ajudou muito nesses últimos dias. A minha Jupiteriana favorita, que me inspira quando o assunto é escrever. A todos os meus amigos de turma, que são muitos, graças a Deus.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Anna Célia, Andreza Peixoto, Andressa Krislane, Carlos Henrique, Jandria, Letícia, Gabriel e ao “meu estagiário” e amigo Thiago, meu muito obrigada, cada um contribuiu de maneira única para

conclusão desse trabalho, as brincadeiras, as sugestões, os abraços, foram muito importantes.

A minha orientadora e coordenadora do Labac, Profa. Graciene Fernandes, por todo apoio e ensinamentos, que permitiram que esse estudo deixasse de ser apenas um projeto.

Aos técnicos do Labio, por compartilharem seus conhecimentos quando eu decidi iniciar essa aventura na microbiologia, em especial a minha amiga Gil que sempre cuidou de mim com muito carinho.

Aos professores do ICTA por todo conhecimento compartilhado, por me inspirarem com o amor que tem pela biologia e pela dedicação ao trabalho, pelo cuidado e preocupação com cada aluno e com o nosso futuro profissional. A UFOPA por toda estrutura que permitiu a conclusão dessa etapa em minha vida, meus agradecimentos.

Infelizmente não é possível agradecer citando o nome de todos que contribuíram direta e indiretamente, com esse trabalho, porque são muitos, mas eu sou grata a todos, principalmente aqueles que toleraram as minhas mudanças de humor repentina, nesses últimos dias.

RESUMO

A associação de vegetais com microrganismos que possuem capacidade endofítica conferem à planta algumas vantagens e funções relacionadas ao metabolismo secundário, lhes permitindo defesa e outras funções importantes para o desenvolvimento e sobrevivência. Essa relação ecológica se estende à espécies aquáticas também, como as macrófitas do gênero *Eichhornia* Kunth, que atuam em processos de biorremediação e no equilíbrio ecológico, com eficiência na depuração de áreas contaminadas por coliformes termotolerantes. Tendo em vista essa ação depuradora e o potencial dos microrganismos endófitos dessas plantas, o presente estudo teve como objetivo isolar, caracterizar e testar potencial de bactérias endofíticas de macrófitas aquáticas (*Eichhornia* spp.) de degradar hidrocarbonetos. Para isso foram realizadas coletas de *Eichhornia* spp. no Lago do Maicá e Bosque Vera Paz, ambas em Santarém, Pará, nos períodos sazonais (enchente, cheia e vazante) do rio Tapajós, entre os meses de janeiro a agosto de 2022, época de maior ocorrência das macrófitas. Para obtenção dos microrganismos endofíticos, fragmentos de folhas, caule, bulbo e raiz do vegetal foram cortados e inoculados em placas de Petri (90 mm) contendo 20mL de meio de cultura para crescimento bacteriano. A identificação dos isolados foi realizada por meio de teste bioquímicos. O teste de degradação de derivados de petróleo foi feito com o meio Ágar + Petróleo 0,5%. Foram obtidas 126 cepas de bactérias endofíticas cultiváveis nas duas áreas estudadas, sendo os gêneros *Clostridium* e *Corynebacterium* os de maior frequência nas amostras, estando estes presentes em todas as partes da planta e nas duas áreas amostradas, os demais gêneros foram: *Shigella*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* e *Mycobacterium*. Em comparação entre os períodos sazonais os testes estatísticos não demonstraram diferenças significantes. O gênero *Corynebacterium* apresentou maior número de cepas isoladas, estas apresentando capacidade de degradar hidrocarbonetos. Diante dos resultados obtidos conclui-se que as macrófitas aquáticas do gênero *Eichhornia* apresentam grande comunidade de bactérias endofíticas, algumas dessas com potencial biorremediador de derivados de petróleo, sendo necessárias pesquisas futuras para bioprospectar essa biodiversidade microbiana e contribuir na mitigação de problemas ambientais nos portos santarenos.

Palavras-chave: Biorremediação; biotecnologia; endófitos bacterianos; plantas aquáticas.

ABSTRACT

The association of plants with microorganisms that have endophytic capacity gives the plant some advantages and functions related to secondary metabolism, allowing defense and other important functions for development and survival. This ecological relationship extends to aquatic species as well, such as the macrophytes of the genus *Eichhornia* Kunth, which act in bioremediation processes and in the ecological balance, with efficiency in the purification of areas contaminated by thermotolerant coliforms. In view of this purifying action and the potential of endophytic microorganisms from these plants, the present study aimed to isolate, characterize and test the potential of endophytic bacteria from aquatic macrophytes (*Eichhornia* spp.) to degrade hydrocarbons. For this, collections of *Eichhornia* spp. in Lago do Maicá and Bosque Vera Paz, both in Santarém, Pará, during the seasonal periods (flood, full and ebb) of the Tapajós River, between the months of January and August 2022, the time of greatest occurrence of macrophytes. To obtain the endophytic microorganisms, leaf, stem, bulb and root fragments of the plant were cut and inoculated in Petri dishes (90 mm) containing 20mL of culture medium for bacterial growth. The identification of isolates was performed by means of biochemical tests. The degradation test of petroleum derivatives was carried out with the Agar + Petroleum 0.5% medium. 126 strains of cultivable endophytic bacteria were obtained in the two areas studied, with the genera *Clostridium* and *Corynebacterium* being the most frequent in the samples, being present in all parts of the plant and in the two areas sampled, the other genera were: *Shigella*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* and *Mycobacterium*. In comparison between the seasonal periods, the statistical tests did not show significant differences. The genus *Corynebacterium* had the highest number of isolated strains, these having the ability to degrade hydrocarbons. In view of the results obtained, it is concluded that aquatic macrophytes of the genus *Eichhornia* have a large community of endophytic bacteria, some of which have the potential for bioremediation of petroleum derivatives, requiring future research to bioprospect this microbial biodiversity and contribute to the mitigation of environmental problems in the ports of Santarém.

Keywords: Bioremediation; biotechnology; bacterial endophytes; aquatic plants.

TABELA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa dos locais de coleta	14
Figura 2 - A: Coleta no lago do Maicá; B: Coleta no Bosque Vera Paz (Orla de Santarém)	15
Figura 3 - A: Desinfecção das partes vegetais; B: Inóculo do controle em placas contendo meio PCA	16
Figura 4 - A: Cortes de diferentes partes das plantas; B: Amostras em placas de Petri com meio PCA	16
Figura 5 (A-D) - Imagem da área portuária 1.....	18
Figura 6 (A-D) - Imagem da área portuária 2	19
Figura 7 - Índice de similaridade entre as partes das amostras de <i>E. crassipes</i> e <i>E. azurea</i>	21
Figura 8 - Representação gráfica do índice de dominância das partes vegetais das amostras de <i>E. crassipes</i> e <i>E. azurea</i>	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do Ágar + Petróleo 0,5%	17
Tabela 2 - Distribuição dos isolados bacterianos totais identificados (n) e frequência de ocorrência (%FR)	20
Tabela 3 - Cepas bacterianas endofíticas de <i>E. crassipes</i> (Mart.) Salms e <i>E. azurea</i> com capacidade de degradar derivados de petróleo	24

LISTA DE SIGLA

PTP	Fósforo total particulado
TSA	Trypticase Soy Agar
PCA	Plate Count Agar
UFC	Unidades formadoras de colônia
LABAC	Laboratório de Bacteriologia
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
PGPB	Bactérias promotoras de crescimento vegetal
PGPR	Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal
MNT	Micobactéria não tuberculosa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Área de Estudo	16
3.2 Coleta de Material biológico.....	16
3.3 Processamento da amostra, inoculação e cultivo dos microrganismos	17
3.3.1 Identificação e preservação das amostras vegetais.....	17
3.3.2 Preparo para obtenção dos microrganismos endofíticos.....	18
3.3.3 Obtenção dos isolados e identificação bioquímica	19
3.4 Teste de degradação de derivado de petróleo	19
3.5 Estatística	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Caracterização fenotípica dos isolados bacterianos endofíticos de macrófitas do gênero <i>Eichhornia</i>	22
4.2 Capacidade de degradações de derivados de petróleo.....	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

Segundo Irgang e Gastal (1996), macrófitas aquáticas são vegetais capazes de realizar fotossíntese, que ficam total ou parcialmente submersas podendo ser flutuantes em água doce ou salobra, durante todo o ano ou em alguns períodos. As macrófitas aquáticas do gênero *Eichhornia* Kunth, são importantes para o equilíbrio ecológico, além de servirem como berçários para a ictiofauna e herpetofauna (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020; GANANÇA *et al.*, 2021). Essas plantas também podem atuar na fitorremediação, como é o caso da espécie *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth comprovadamente eficiente na depuração de áreas contaminadas por coliformes termotolerantes (DA SILVA; FORTUNA, 2021). Embora o gênero *Eichhornia* (Pontederiaceae) não seja endêmico do Brasil, compõe a flora macrofítica nativa de cinco regiões brasileiras, sendo que na região norte ocorrem nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins (FLORA DO BRASIL, 2022).

Esses vegetais possuem em seu interior microrganismos, conhecidos como endófitos (BATISTA, 2019). Esta associação do vegetal com microrganismos endofíticos confere à planta a produção de metabólitos secundários, que lhe permite proteção contra herbívoros e microrganismos fitopatogênicos, contribuindo também com seu crescimento e modificação da fisiologia vegetal (ORTEGA-ENRIQUEZ, 2020).

Além de oferecerem vantagens aos vegetais, os microrganismos endofíticos produzem enzimas com aplicação biotecnológica, o que têm atraído o interesse em investimento de pesquisas em bioprospecção (TORRES *et al.*, 2022). Uma das principais linhas de pesquisas envolvendo esses organismos, é a biorremediação, sobretudo na aplicação de enzimas degradadoras de contaminantes ambientais (LIMA *et al.*, 2016, 2017). Contudo, a comunidade microbiana endofítica de macrófitas aquáticas de ocorrência natural de áreas contaminadas, como por exemplo, por petróleo, apresentam um maior potencial de remoção de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (LEE *et al.*, 2018; OYWOLE; OLUSANYA; AKINLADE, 2022).

Endófitos fúngicos e bacterianos associados a *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms de áreas contaminadas por hidrocarboneto demonstraram potencial para produção de biosurfactantes e capacidade de degradarem poluente ambiental (BATISTA, 2019; LIMA *et al.*, 2016, 2017). Assim quando esses microrganismos são

associados às plantas fitorremediadoras, observa-se uma maior eficiência na remoção dos contaminantes (IJAZ, *et al.*, 2015).

Considerando a ação de depuração das macrófitas, em especial as do gênero *Eichhornia*, e a capacidade natural de alguns microrganismos endofíticos de degradar alguns compostos devido a produção de enzimas e os problemas ambientais das áreas portuárias de Santarém estarem expostas a muitos contaminantes devido a constante movimentação cargueira e descarte inadequado de resíduos no meio aquático (TROLLY, 2019), o presente estudo visou o isolamento e caracterização de bactérias endofíticas de *E. crassipes* e *E. azurea* de dois corpos hídricos urbanos de área portuária de Santarém, cidade localizada à margem do rio Tapajós, no estado do Pará, com o intuito de prospectar cepas bacterianas degradadoras de derivados de petróleo.

2. OBJETIVOS:

2.1 Objetivo geral

Isolar e caracterizar bactérias endofíticas de macrófitas aquáticas (*E. azurea* (Sw.) Kunth e *E. crassipes* (Mart.) Solms) de áreas portuárias em Santarém, Pará, Brasil.

2.2 Objetivos específicos

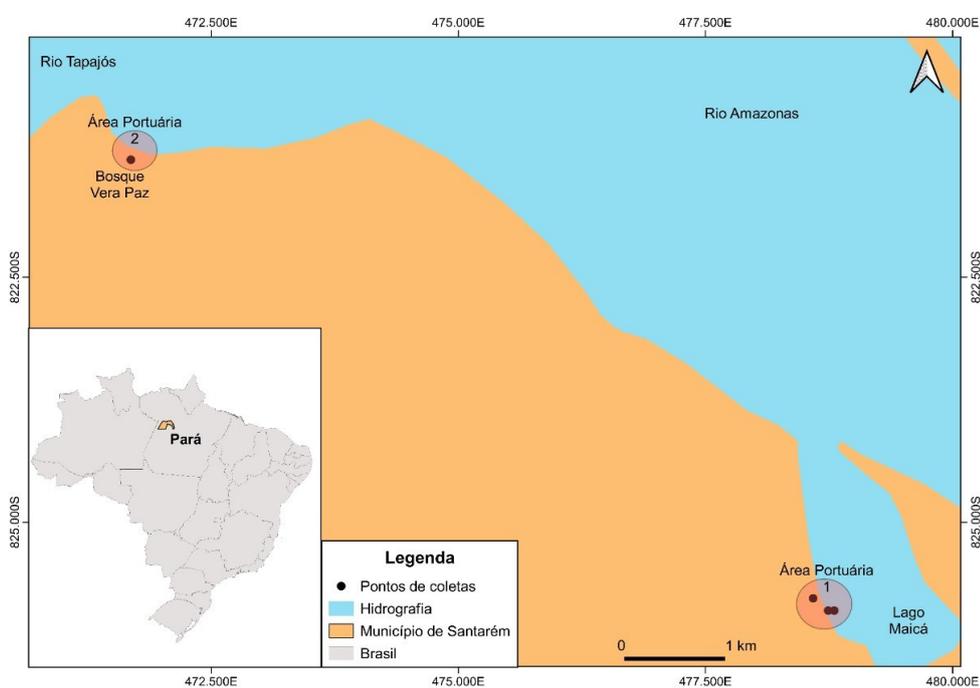
- Cultivar cepas primárias de bactérias endofíticas de macrófitas e fazer isolamento.
- Identificar os isolados bacterianos obtidos das amostras vegetal ao menor nível taxonômico possível;
- Verificar dentre os isolados bacterianos, a produção de enzimas degradadoras de hidrocarbonetos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Foram realizadas três coletas das macrófitas aquáticas entre os meses de janeiro a agosto de 2022, na margem direita do Lago do Maicá (área portuária 1), (S 02°27.617' W054°40.168' / S 02°27.624' W 054°40.143/ S 02°27.563 W 054° 40.260), e em parte da orla de Santarém, próximo ao Bosque Vera Paz (área portuária 2), (S 02°25.168' W054°44.028), Pará, Brasil (Figura 1).

Figura 1: Mapa dos locais de coleta das macrófitas aquáticas.



Fonte: Lucas Silva de Oliveira (2022)

3.2 Coleta de Material biológico

As coletas foram realizadas no período da manhã, no horário que variou entre 8 e 11 h, acompanhando a sazonalidade do rio Tapajós (enchente, cheia e vazante), períodos de maior ocorrência das macrófitas. As amostras das plantas foram coletadas nas áreas portuárias 1 e 2 de acordo com disponibilidade levando-se em consideração os indivíduos com aparência saudável (Figura 2 A-B).

Figura 2: A - Coleta no lago do Maicá; B - Coleta no Bosque Vera Paz (Orla de Santarém).



Fonte: Autor (2022).

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos individualizados e identificados, e transportadas em caixas isotérmicas para o Laboratório de Bacteriologia (LABAC), da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), campus Santarém, onde foram realizados os procedimentos para obtenção das cepas microbianas.

3.3 Processamento da amostra, inoculação e cultivo dos microrganismos

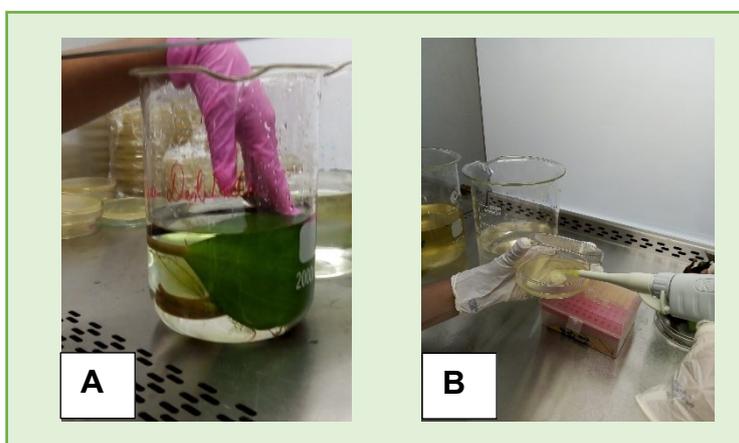
3.3.1 Identificação e preservação das amostras vegetais

Foram coletadas duplicatas férteis (com flores) das macrófitas utilizadas neste trabalho. Cada exemplar foi fotografado (para auxiliar na identificação), prensadas e colocada em estufa de secagem, durante aproximadamente duas semanas, para garantir a secagem completa das plantas. Posteriormente, foram levadas ao herbário HSTM, da Universidade Federal do Oeste do Pará e identificadas com ajuda da Professora Ma. Chieno Suemitsu, curadora do herbário, por meio de critérios morfológicos e de hábitat do vegetal. Após a identificação foram colocadas em sacolas e levadas ao freezer durante 7 dias para evitar sobrevivência de traças/insetos que pudessem danificá-las, e só então, foram montadas as exsicatas e feito o depósito na coleção.

3.3.2 Preparo para obtenção dos microrganismos endofíticos

Partes das amostras vegetais foram lavadas com detergente neutro e água corrente com auxílio de uma esponja de uso doméstico. Em seguida, os vegetais passaram por desinfecção no fluxo laminar com mergulhos de 1 minuto em solução de álcool 70% e hipoclorito de sódio a 0,3%, sendo esse procedimento realizado duas vezes. Posteriormente, foram mergulhadas em água destilada estéril. A água da última lavagem foi considerada como controle e 100 µL foram inoculados em placa de Petri de 90 mm de diâmetro contendo 20 mL de meio Plate Count Agar (PCA; Difco®) (PEREIRA; OLIVEIRA; PETRINE, 1993) (Figura 3 A-B).

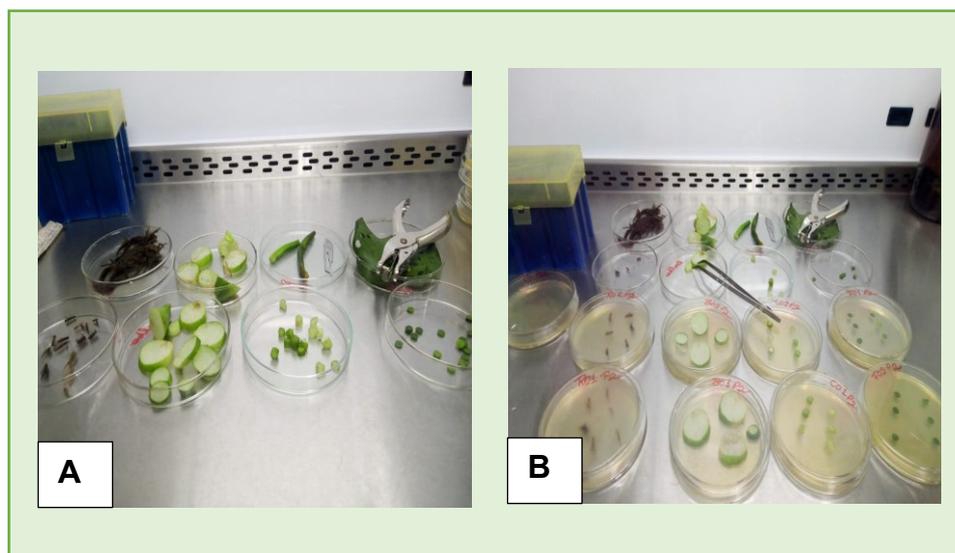
Figura 3: A - Desinfecção das partes vegetais; B - Inóculo do controle em placas contendo meio PCA.



Fonte: Autor (2022).

Seguindo o método aplicado por Batista (2009), com modificações, as folhas foram cortadas com o auxílio de um furador de papel estéril com o furo de 5 mm. A raiz, caule e bulbo das plantas, foram cortados com auxílio de lâminas de bisturi estéreis em sessão transversal, sendo que para este último houve variação no tamanho de acordo com o tamanho do bulbo. Esses fragmentos foram inoculados em placas de Petri de 90 mm de diâmetro contendo 20 mL de meio Plate Count Agar (PCA; Difco®) em duas linhas, sendo cada uma destas com três fragmentos (Figura 4 A-B). Os fragmentos foram incubados em estufa bacteriológica com temperatura média de 37°C por 24 h.

Figura 4: Obtenção de cepas de bactérias endofíticas de macrófitas aquáticas. A - Cortes de diferentes partes das plantas; B - Amostras em placas de Petri com meio Plate Count Agar (PCA).



Fonte: Autor (2022).

3.3.3 Obtenção dos isolados e identificação bioquímica

Passado o tempo de cultivo, foi realizada a contagem de unidades formadoras de colônias (UFC/mL) nas placas controle. Posteriormente, as placas de Petri contendo os fragmentos e indícios de crescimento bacteriano foram levadas ao fluxo laminar para retirada das cepas com auxílio de agulha bacteriológica e transferidas para tubos de ensaio inclinado de 13x100 mm contendo meio 3 mL de Tryptic Soy Agar - TSA (Kasvi®). Os isolados retirados da cultura inicial foram incubados em estufa bacteriológica à 37° C por 24 h.

Após a constatação de crescimento dos isolados, foi realizado teste de coloração de Gram, seguido de leitura em microscopia para verificar morfologia, tipo de parede celular e pureza (uma única colônia bacteriana). As cepas que apresentaram pureza foram repicadas novamente em tubos contendo meio de cultura TSA (Kasvi®) e acondicionadas para posterior teste bioquímico, como anaerobiose, catalase, fermentação de glicose, oxidase, coloração de Ziehl-Neelsen, entre outros testes específicos.

3.4 Teste de degradação de derivado de petróleo

Para testar o potencial degradador de derivado de petróleo, foi utilizado o meio Ágar + Petróleo 0,5% cuja formulação está descrita na tabela 1. Todas as cepas foram inoculadas em meio Ágar + Petróleo 0,5% e levadas para estufa bacteriológica

a 37° C por 48 h. A leitura do resultado foi feita observando a mudança na cor do meio de laranja para rosa nas colônias, considerando positivo (capazes de degradar petróleo e ou derivados) aquelas que apresentaram mudança na coloração como sendo (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

Tabela 1: Composição do Ágar + Petróleo 0,5%

Componente	Quantidade/L
Peptona	10 g
Agar	15 g
Óleo queimado	0,5%
Vermelho de fenol	0,003%
Água destilada	1 L

Fonte: TEIXEIRA *et al.*, (2011) p. 164, com modificações.

3.5 Análises estatísticas

Para comparar a riqueza de gêneros entre as coletas sazonais (enchente, cheia e vazante) foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. A diversidade de gêneros entre diferentes partes das plantas e a dominância de gênero entre as partes das plantas foi obtida através do índice de Simpson (SIMPSON, 1949). O teste T foi utilizado para comparar a riqueza de gêneros de bactérias entre os pontos amostrados, Maicá e Vera Paz. Estas análises foram realizadas através do programa RSTUDIO (R Core Team, 2022) a nível de significância de 95% ($\alpha = 0,05$). Para verificar a similaridade qualitativa de gêneros de bactérias entre as diferentes partes das plantas foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard, através do programa Paleontological Statistics (PAST) (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando comparada a riqueza de gêneros entre os períodos sazonais pelo teste Kruskal-Wallis ($p = 0,2649$) e pelo teste T ($p = 0,4913$), demonstrou não existir diferença significativa entre as áreas portuárias 1 e 2. A área portuária 1, que equivale a margem direita do Lago do Maicá, não apresenta poluição tão visível, em comparação com a área portuária 2 que corresponde a parte da orla conhecido como

Bosque Vera Paz, mas é possível observar o descarte inadequado de lixo nessa área (Figura 5). O Lago do Maicá está inserido em uma região de várzea, composto por áreas periodicamente inundáveis, de dezembro a junho, formado por um sistema de lagos cujas águas são de origem do rio Amazonas com forte influência do rio Tapajós (DE MATO VAZ *et al.*, 2017), já as águas da área portuária 2 (Figura 6), são de origem do rio Tapajós sem influência direta do rio Amazonas, esse local também é uma área periodicamente inundável de acordo com sazonalidade do rio.

Figura 5 (A-D): Imagem da área portuária 1 - Lago do Maicá.



Fonte: Autor (2022).

Figura 6 (A-D): Imagem da área portuária 2 - Orla de Santarém (Bosque Vera Paz)



Fonte: Autor (2022).

A bacia do Tapajós é uma das maiores bacias hidrográficas do Brasil, tendo em sua margem cidades como Santarém, que apresenta pouca estrutura de

saneamento (OLIVEIRA; HENRIQUE; LESS, 2021), estando entre as vintes cidade no ranking de pior saneamento básico do Brasil (SNIS, 2020). O estudo de Monte (2021) demonstrou que as águas coletadas na orla dessa cidade apresentam altas concentrações de coliformes fecais, *E. coli* e maiores concentrações de PTP (fósforo total particulado) indicando deterioração da qualidade da água resultado da ação antrópica.

As áreas portuárias, 1 e 2, estão expostas a diversos xenobióticos, assim como ocorre na maioria das cidades da região, isso porque as cidades comumente atuam como pontos de descarga de resíduos industriais, urbanos e de combustíveis fósseis sem tratamentos em suas águas (TROLLY, 2019).

4.1 Caracterização fenotípica dos isolados bacterianos endofíticos de macrófitas do gênero *Eichhornia*

Obteve-se nesta pesquisa 126 cepas cultiváveis de bactérias endofíticas das macrófitas, incluindo as cepas isoladas das placas controle, das quais foram identificadas 26 cepas, para verificar se essas apresentariam gêneros semelhantes sendo possivelmente parte da microbiota epifítica. Entre o total de cepas obtidas, os gêneros com maior frequência foram *Clostridium*, seguido de *Corynebacterium*, ambos estando presentes em todas as partes das plantas e nas duas áreas amostradas. Outros gêneros identificados incluem bactérias da família Enterobacteriaceae (*Shigella*, *Serratia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*), *Pseudomonas*, *Staphylococcus* e *Mycobacterium* (Tabela 2).

Tabela 2: Distribuição dos isolados bacterianos endofíticos totais identificados (N) e frequência de ocorrência (FR %).

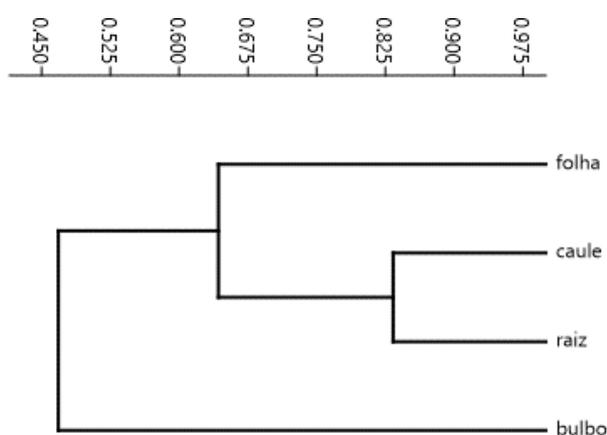
Táxons	N	AP1	AP2	Controle	FR (%)
<i>Clostridium</i> spp.	59	35	24	13	57
<i>Corynebacterium</i> spp.	41	25	16	12	42
<i>Serratia</i> spp.	9	8	1	0	7
<i>Enterobacter</i> spp.	7	6	1	0	6
<i>Pseudomonas</i> spp.	4	3	1	1	4
<i>Shigella</i> spp.	3	2	1	0	2
<i>Mycobacterium</i> sp.	1	1	0	0	1
<i>Klebsiella</i> sp.	1	0	1	0	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	0	1	0	1
Total		80	46	26	
Total (N + Controle)	152				

Fonte: Autor (2022).

Legenda: N – número de isolados bacterianos endofíticos; AP1 – Área portuária 1; AP2 - Área portuária 2; FR – Frequência relativa.

O Índice de Similaridade de Jaccard entre as partes das plantas variou de 45% a 82%. As partes caule e raiz possuem mais gêneros em comum se comparado à folha e ao bulbo, sendo que esses últimos apresentam maior diferença na similaridade possuindo poucos gêneros em comum (Figura 7).

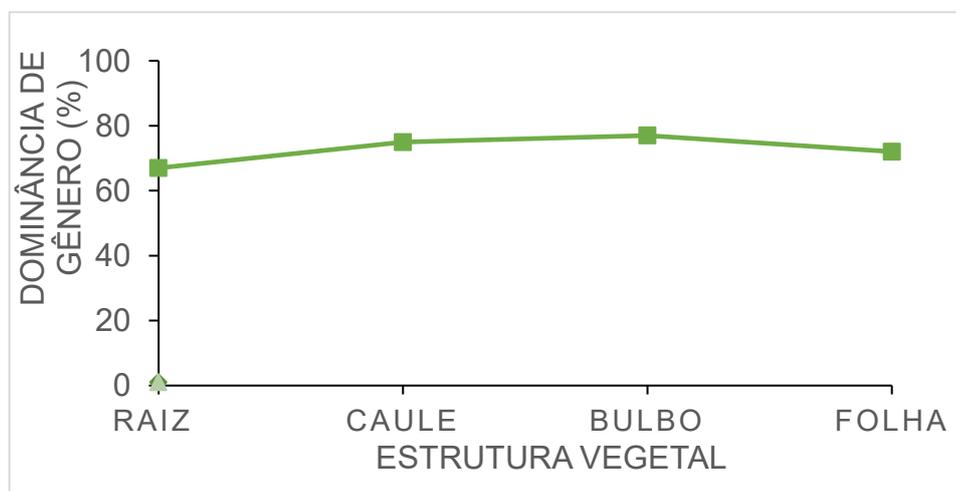
Figura 7: Índice de similaridade entre as partes das amostras de *Echhornia crassipes* e *Eichhornia azurea*



Fonte: Autor (2022).

O Índice de Simpson revelou que o bulbo e o caule apresentaram as maiores dominâncias, havendo, portanto, menor diversidade nessas partes da planta. A raiz, seguida da folha, apresentaram menor dominância, ou seja, maior diversidade (Figura 8).

Figura 8: Índice de dominância de gênero por estrutura vegetal de *Echhornia spp.*



Fonte: Autor (2022).

É consenso que avaliar um total da população de bactérias, sobretudo a população endofítica, é impossível, uma vez que parte da comunidade microbiana existente em um ambiente ou nicho não é cultivável (PATIL *et al.*, 2020). Além disso, há que se considerar que as diferenças ou variações nos resultados obtidos para estudos da comunidade microbiana endofítica estão dependentes de fatores como o meio de crescimento, variações no crescimento, fisiologia, dentre outras variáveis do vegetal que se pretende obter os isolados (LODEWYCKX *et al.*, 2002). No que diz respeito aos microrganismos buscados, deve-se levar em consideração os métodos como processamento e esterilização, e em relação ao cultivo e isolamentos, o meio de cultura utilizado, fatores que podem afetar grandemente o sucesso dos resultados (ANJUM; CHANDRA, 2015).

Estudos semelhantes de comunidade fúngica endofítica de fragmentos foliares de *E. crassipes* e *E. azurea* demonstraram pouca diferença de diversidade quando comparadas a comunidade microbiana das duas espécies (ALMEIDA *et al.*, 2015). Os gêneros bacterianos *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Kurthia*, *Listeria* e *Chromobacterium* foram descritos associados a rizosfera de *E. crassipes* em ecossistemas pantanosos em províncias da Índia (KABEER, 2014). Na Amazônia, a tese de Batista (2009) descreveu, como bactérias mais frequentes para microbiota endofítica e epifítica de *E. crassipes*, os gêneros *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Stenotrophomonas*, sendo os táxons identificados como exclusivamente endofíticos *Pantodea dispersa*, *Hebaspirillum*, *Alcalignes*, *Uncultured Burkholderia*. É importante ressaltar que, no trabalho citado, houve maior infecção por bactéria epifítica nas raízes e no que se refere a bactérias endofítica houve maior infecção nas folhas, já no presente estudo a raiz foi a parte que apresentou maior riqueza de bactérias endofíticas como demonstrado acima na Figura 8.

O gênero *Clostridium* foi o mais abundante encontrado nesse estudo, isso pode ser explicado por possuir espécies que podem atuar no crescimento vegetal, fazendo parte do grupo conhecido como bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPB), como a *C. pasteurianum*, sendo que gênero também apresenta espécies que atuam na fixação de nitrogênio (FIGUEIREDO *et al.*, 2020). De forma geral, é caracterizado por apresentar forma de bacilo gram-positivo esporulado, podendo ser anaeróbios obrigatórios, outros aerotolerantes e até mesmo raros, esse táxon está

amplamente distribuído pela natureza, em solos, vegetação, sedimentos marinhos e fazendo parte da microbiota intestinal humana (BHATTACHARJEE, 2022).

O gênero *Corynebacterium* pertence ao filo Actinobacteria, pode ser encontrado em solos, esgotos, superfícies vegetais, assim como fazem parte da microbiota nativa da pele e mucosa de animais e humanos (OLIVEIRA *et al.*, 2016; ALIBI *et al.*, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2018). As espécies desse gênero são bastonetes Gram-positivos, imóveis, não esporulados, apresentando crescimento aeróbico e produtores da enzima catalase. Esse gênero possui espécies patogênicas, oportunistas e simbiotes, entre as patogênicas tem-se como principal a espécie *C. diphtheriae*, causadora da difteria (PAVLOV, 2004; EGGELING *et al.*, 2008; BERNARD, 2005, 2012; BERNARD; FUNKE, 2015). A não patogênicas e ou simbiote pode ser mencionada a *C. glutamicum*, nas quais suas cepas são amplamente utilizadas na produção de aminoácidos, assim como em finalidades biotecnológicas (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Segundo Bernard e Funke (2015) o gênero *Corynebacterium* apresenta 84 espécies descritas em microbiota de humanos, animais, meio ambiente ou de água, sendo 51 de interesse clínico descritas como causadoras de infecção ocasional em humanos ou são transmitidas aos humanos por meio zoonótico. Tendo estudos revelando a capacidade de algumas espécies desse gênero em degradar petróleo em ambientes salobros (OYWOLE; OLUSANYA; AKINLADE, 2022) e outras aplicações biotecnológicas das espécies *C. glutamicum* e *C. efficiens* (PLOTKIN; ORENSTEI, OFFIT, 2017). A espécie *C. glutamicum*, por exemplo, tem sido amplamente investigada nos seus potenciais aplicações na biorrefinarias, processo em que o microorganismo é concebido como fábrica de células microbianas que pode usar biomassa para produzir produtos químicos e polímeros de plataforma de valor agregado (LIN; HAN; ZHENG, 2017).

As bactérias do gênero *Pseudomonas* podem ser encontradas tanto na água quanto no solo e inclui mais de 100 espécies (BENNASAR *et al.*, 2010). As espécies de *Pseudomonas* fazem parte do ambiente aquático e possuem a característica de se adaptar a diversas condições ambientais (DUMAN *et al.*, 2021; GASPAROTTO *et al.*, 2020).

Pseudomonas é um gênero de grande interesse clínico, possui espécies fitopatogênicas como a *Pseudomonas syringae* pv *tomato*, que causa a pinta bacteriana do tomateiro (SILVA *et al.*, 2008). Esse gênero apresenta capacidade

endofítica, sendo encontrado associado a espécies de macrófitas aquáticas (CHEN *et al.*, 2012). Espécies de *Pseudomonas* fazem parte do grupo das rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR), desempenhando papel significativo, por ser comum em diferentes ecossistemas de solo e por suas interações fitomicrobianas, são também agentes no controle contra fitopatógenos de solo (DAS *et al.*, 2020).

Dentre as 152 cepas isoladas, foi identificada uma pertencente ao gênero *Mycobacterium*, grupo representado por bacilos álcool-ácido resistentes, conhecidos por causarem patologias em humanos como tuberculose (NATARAJAN *et al.*, 2020). Porém, há espécies nesse gênero conhecidas como micobactérias não tuberculosas (MNT) associadas ao ambiente natural, entre eles, o aquático, como *M. marinum* que são bactérias de vida livre associadas tanto a água fria quanto morna, doce e salgada podendo causar doenças em peixes, anfíbios, cobras enguias, lagartos e até mesmos em humanos (CANETTI *et al.*, 2022). Não foi possível nesse trabalho a identificação a nível de espécie impossibilitando uma melhor compreensão da relação dessa bactéria com a *E. crassipes* e com a área de coleta (AP1).

Assim como o gênero *Mycobacterium*, o gênero *Staphylococcus* apareceu uma única vez nas amostras. A espécie *Staphylococcus aureus*, tem importância clínica, apesar de faz parte da microbiota indígena de humanos e animais, sendo, portanto, um patógeno oportunista (LIMA, *et al.*, 2015; HAAG; FITZGERALD; PENADÉS, 2019;). Até o momento, não foram encontrados trabalhos que tenham registrado relação de mutualismo ou de patogenicidade de *S. aureus* com vegetais. O que se pode inferir é a relação da capacidade de filtração dessa planta e alguma relação com microbiota de animais presentes no ambiente aquático, como anfíbios e peixes que utilizam das macrófitas aquáticas como berçário. No caso dessa amostra que foi obtida de *E. crassipes* da área portuária 2, pode estar associado também a poluição decorrente da ação antrópica por ser um ambiente visivelmente poluído.

Os representantes da família Enterobacteriaceae identificados no presente trabalho foram *Shigella*, *Serratia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo identificadas em menor nível taxonômico as cepas de *Enterobacter intermedius* e *Serratia fonticola*.

Enterobacteriaceae se mostraram predominante em amostras de microbiota endofítica de morangueiro, onde foram representadas principalmente por *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* e *Shigella* (ZHANG *et al.*, 2020). Tais gêneros possuem capacidade endofita já comprovada, fazendo parte da microbiota de *E.*

crassipes na Amazônia, de local contaminado por petróleo (BATISTA *et al.* 2019), também compõem a microbiota endofítica de feijão (BIND; NEMA, 2019).

Os gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Serratia* possuem espécies que são encontradas em toda a natureza, sendo consideradas onipresentes, habitando diferentes ecossistemas, quando relacionadas a plantas atuam como PGPB e PGPR, apresentando capacidade de aumentar a produtividade, e sendo usados no biocontrole de fitopatógeno (BARMAN; BHATTACHARYA; MANDAL, 2020; KHALIFA, 2020; SHI *et al.*, 2020).

O gênero *Serratia* é um gênero associado a maioria dos ambientes naturais, possui espécies com capacidade endofíticas que estão associadas ao desenvolvimento vegetal, secretando substâncias promotoras de crescimento, apresentando potencial no biocontrole de pragas (BARMAN *et al.*, 2020; MAHDI, *et al.*, 2021; DINIZ, *et al.*, 2022), entre elas, a espécie *S. fonticola* que é comumente encontradas em amostras ambientais de água e solo, a espécie em questão também é um patógeno humano, porém são raros os registros de infecções comprovadamente causadas por esta (ESPINOZA *et al.*, 2021).

4.2 Capacidade de degradações de derivados de petróleo

Foram testadas 126 bactérias isoladas das diferentes partes das amostras vegetais, destas 18 cepas apresentaram capacidade potencial de degradar substâncias derivadas de petróleo. Sendo *Corynebacterium xerosis* a espécie que apresentou maior número de cepas com essa capacidade. Em relação ao número de cepas com potencial degradador, observou-se que a área portuária 1 apresentou maior número, sendo 3 de *C. xerosis* e 3 de *Enterobacter* spp. (Tabela 4).

Tabela 3: Cepas bacterianas endofíticas de *E. crassipes* (Mart.) Salms e *E. azurea* com capacidade de degradar derivados de petróleo.

TÁXONS	(n total cepas)	P1	P2
<i>Corynebacterium xerosis</i>	7	3	4
<i>Enterobacter</i> spp.	3	3	0
<i>Pseudomonas</i> spp.	2	1	1
<i>Clostridium</i> sp.	1	0	1
<i>Serratia</i> sp.	1	1	0

<i>Serratia fonticola</i>	1	1	0
<i>Enterobacter intermedius</i>	1	1	0
<i>Shigella</i> sp.	1	1	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	0	1
TOTAL	18	11	7

Fonte: Autor (2022).

Estudos realizados para verificar potencial de produção de biossurfactantes em bactérias epifíticas e endofíticas isoladas de macrófitas aquáticas *E. crassipes* na Amazônia de locais contaminadas por petróleo demonstram que as cepas *Klebsiella* sp., *Enterobacter* sp., e *Methilobacterium radiotolerans* e as endofíticas *Stenotrophomonas* sp e *Acinetobacter baumannii*, foram as cepas mais promissoras (BATISTA, 2019), neste estudo apenas o gênero *Enterobacter* apresentou potencial degradação de petróleo.

Corynebacterium e *Pseudomonas* são gêneros de bactérias que podem ser utilizados na biorremediação, pois apresentam potencial de produção de biossurfactante e na composição de consórcios bacterianos, bem como capacidade de degradar hidrocarbonetos (RAHMAN *et al.*, 2002; EKANEM; OGUNJOBI, 2017). No estudo de Oywole; Olusanya e Akinlade (2022), isolou-se cepas de *Corynebacterium xerosis* e evidenciou-se a capacidade degradadora de derivados de petróleo dessa espécie.

Enterobacter foi uma das cepas destaque na degradação de petróleo em estudos de produção de biossurfactante com endofíticos de *E. crassipes*, juntamente com *Klebsiella* sp. (BATISTA *et al.* 2019). No entanto, no presente estudo, as cepas *Klebsiella* sp. testadas não revelaram serem capazes de degradação deste composto. O gênero *Serratia* possui espécies como *S. marcescens* que apresentam capacidade de produção de biossurfactante (DUSANE *et al.*, 2011), e nesta pesquisa das nove cepas desse gênero testadas, duas apresentaram capacidade degradadora de petróleo.

Para o gênero *Staphylococcus*, há estudos publicados comprovando essa capacidade (EKANEM; OGUNJOBI, 2017; OYWOLE; OLUSANYA.; AKINLADE 2022). No entanto, até o momento não foram encontrados estudos relacionados a produção de enzimas com capacidade de degradar hidrocarbonetos para a espécie *S. aureus*, assim como, para o gênero *Clostridium*.

Os estudos realizados com bactérias endofíticas em sua maioria estão voltados para vegetais com importância agrícola, para controle de pragas e promoção de crescimento vegetal. No cenário mundial já existe um olhar voltado para associação de microrganismos e vegetais com potencial biorremediador, mas no Brasil ainda são poucas as pesquisas nessa área, sendo a maioria estudos de base. Portanto se faz necessário um maior investimento de tempo e recursos, que permitam a bioprospecção de microrganismos, e sua aplicação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, ressalta-se que as macrófitas aquáticas *E. crassipes* (Mart.) Salms e *E. azurea* Kunth apresentam um grande número de endofíticos bacterianos, alguns deles capazes de degradar derivados de petróleo com os gêneros *Serratia*, *Enterobacter*, *Corynebacterium*, *Pseudomonas*, *Shigella*, *Clostridium* e *Staphylococcus*. É importante enfatizar que os gêneros encontrados nesse estudo possuem importância biotecnológica, reforçando ainda mais o potencial desses microrganismos. Contudo, são necessários mais estudos voltados para microbiota endofítica, para compreensão do papel exercido pelos microrganismos e para a relação ecológica junto às macrófitas.

Assim, esses resultados demonstram a necessidade de aumentar os investimentos em pesquisas que visem a bioprospecção de microrganismos biorremediadores de ambientes contaminados, sobretudo de ambientes portuários, com o intuito de mitigar os impactos causados pelos derivados de petróleo.

REFERÊNCIAS

ANJUM, N.; CHANDRA, R. Endophytic bacteria: Optimizaton of isolation procedure from various medicinal plants and their preliminary characterization. **Article in Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, v. 8, 2015.

ALIBI, S. *et al.* Occurrence of *Corynebacterium striatum* as an emerging antibiotic-resistant nosocomial pathogen in a Tunisian hospital. **Scientific Reports**, v.7, n.1, p.1-8, 2017.

ALMEIDA, T. T. *et al.* Molecular characterization of the endophytic fungal community associated with *Eichhornia azurea* (Kunth) and *Eichhornia crassipes* (Mart.) (Pontederiaceae) native to the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 2, p. 4920-4931, 2015.

ARAÚJO, C. L. *et al.* The Genus *Corynebacterium* in the Genomic Era. *In: ENANY, S.. Basic Biology and Applications of Actinobacteria*. IntechOpen. p.59-77. 2018.

BARMAN, S.; BHATTACHARYA, S. S.; MANDAL, N. C. *Serratia*. Beneficial Microbes in Agro-Ecology. **Academic Press**. p. 27-36, 2020.

BATISTA, I. H. **Biorremediação de ambientes aquáticos contaminados por resíduos de petróleo: um estudo com bactérias isoladas de *Eichhornia crassipes* na Amazônia**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Programa Multi-institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2009.

BATISTA, I. H. *et al.* Potencial para produção de biossurfactantes em bactérias isoladas de macrófita aquática na Amazônia. **Marupiará - Revista Científica do Centro de Estudos Superiores de Parintins**, 2019.

BENNASAR, A. *et al.* Pseudo MLSA: a database for multigenic sequence analysis of *Pseudomonas* species. **BMC Microbiology**, v. 10, n. 1, p. 1-6, 2010. Disponível em: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2180-10-118>. Acesso em: 03 set. 2022.

BERGEY, D. H. O manual de Bergey de bacteriologia determinante. **Lippincott Williams & Wilkins**, 1994.

BERNARD, K. A.; FUNKE, G. *Corynebacterium*. **Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria**, p. 1-70, 2015.

BERNARD, K. *Corynebacterium* species and coryneforms: An update on taxonomy and diseases attributed to these taxa. **Clinical Microbiology Newsletter**, v. 27, n. 2, p. 9–18, 2005.

BERNARD, K. O gênero *Corynebacterium* e outras bactérias semelhantes a corineformes clinicamente relevantes. **Jornal de Microbiologia Clínica**, v. 50, n. 10, p. 3152-3158, 2012.

BHATTACHARJEE, D. *et al.* Diversity and prevalence of *Clostridium innocuum* in the human gut microbiota. **Msphere**, p. e00569-22, 2022.

BIND, M.; NEMA, S. Isolation and molecular characterization of endophytic bacteria from pigeon pea along with antimicrobial evaluation against *Fusarium udum*. **Applied Microbiology**, v. 5, n. 163, p. 1-12, 2019.

CANETTI, D. *et al.* *Mycobacterium marinum*: A brief update for clinical purposes. **European Journal of Internal Medicine**, 2022.

CHEN, W. M. *et al.* Distribution of culturable endophytic bacteria in aquatic plants and their potential for bioremediation in polluted waters. **Aquatic biology**, v. 15, n. 2, p. 99-110, 2012.

DA SILVA, T. L.; FORTUNA, J. L. Capacidade de *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth de depurar água contaminada por coliformes termotolerantes. **Scientia Plena**, v. 17, n. 10, 9 nov. 2021.

DAS, K. *et al.* *Pseudomonas*. Beneficial Microbes in Agro-Ecology. **Academic Press**. p. 133-148. 2020.

DE MATOS VAZ, E. *et al.* A pesca artesanal no lago Maicá: aspectos socioeconômicos e estrutura operacional. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 4, p. 6-12, 2017.

DE OLIVEIRA, L. S. *et al.* Bancos de macrófitas aquáticas como locais de desenvolvimento das fases iniciais de peixes em várzea do Baixo Amazonas. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 644-660, 2020.

DINIZ, G.F.D. *et al.* Microorganisms from corn stigma with biocontrol potential of *Fusarium verticillioides*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022.

DUMAN, M. *et al.* The diversity of *Pseudomonas* species isolated from fish farms in Turkey. **Aquaculture**, v. 535, p. 736369, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621000314>. Acesso em: 03 set. 2022.

DUSANE, D. H. *et al.* Potencial anti-biofilme de um surfactante glicolipídico produzido por uma cepa marinha tropical de *Serratia marcescens*. **Biofouling**, v. 27, n. 6, pág. 645-654, 2011.

EGGELING, L.; BOTT, M. The Genus *Corynebacterium*. In: GOLDMAN, E.; GREEN, L. H. **Practical Handbook of Microbiology**. Washington: CRC Press Taylor & Francis Group, p.355-374, 2008.

EKANEM, J. O.; OGUNJOBI, A. A. Hydrocarbon degradation potentials of bacteria isolated from spent lubricating oil contaminated soil. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 21, n. 5, p. 973-979, 2017.

ESPINOZA, V. *et al.* The First Case Report of Endocarditis Caused by *Serratia fonticola*. **Journal of Investigative Medicine High Impact Case Reports**, v. 9, p. 23247096211044915, 2021.

FLORA e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB13742>. Acesso em: 11 dez. 2022.

FIGUEIREDO, G. G. O. *et al.* *Clostridium*. Micróbios Benéficos em Agro-Ecologia. **Academic Press**. p. 477–491, 2020.

IRGANG, B. E.; GASTAL JR., C. V. S. Plantas aquáticas da planície costeira do Rio Grande do Sul. **Porto Alegre: Ed. dos autores**, 1996.

GANANÇA, P. H. S. *et al.* Habitats determining local frog assemblages within aquatic macrophyte meadows in Amazonia, through species traits filtering. **Austral Ecology**, v. 46, n. 4, p. 574-587, 2021.

GASPAROTTO, P. H. G. *et al.* Detection of *Pseudomonas* sp. in pirarucu (*Arapaima gigas*): a case report in the Western Amazon. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 14, n. 4, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/acta/article/download/9204/10431>. Acesso em: 03 set. 2022.

HAAG, A. F.; FITZGERALD, J. R.; PENADÉS, J. R. *Staphylococcus aureus* em Animais. **Microbiology Spectrum**, v. 7, n. 3, pág. 7.3, 2019.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9p. 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: 26 de nov. 2022.

IJAZ, A. *et al.* Enhanced remediation of sewage effluent by endophyte-assisted floating treatment wetlands. **Ecological engineering**, v. 84, p. 58-66, 2015.

KABEER, R. *et al.* Removal of Copper by *Eichhornia crassipes* and the Characterization of Associated Bacteria of the Rhizosphere System. **EnvironmentAsia**, v. 7, n. 2, 2014.

KHALIFA, A. *Enterobacter*. Beneficial Microbes in Agro-Ecology. **Academic Press**, p. 259-270, 2020

LEE, D. W. *et al.* Composição da comunidade microbiana e potencial de remoção de PAHs de bactérias indígenas em sedimentos contaminados por óleo da costa de Taean, Coréia. **Poluição ambiental**, v. 234, p. 503-512, 2018.

LIMA, J. M. S. *et al.* Biosurfactants produced by *Microbacterium* sp., isolated from aquatic macrophytes in hydrocarbon-contaminated area in the Rio Negro, Manaus, Amazonas. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 39, n. 1, p. 13-20, 2017.

LIMA, J. M. S. *et al.* Potencial biossurfactante produtor de fungos endofíticos e epífitos, isolados de macrófitas no Rio Negro em Manaus, Amazonas, Brasil. **Jornal Africano de Biotecnologia**, v. 15, n. 24, p. 1217-1223, 2016.

LIMA, M. F. P. *et al.* *Staphylococcus aureus* e as infecções hospitalares – Revisão de Literatura. **Revista Uningá**, v. 21, n. 1, 2015.

LIN, K.; HAN, S.; ZHENG, S. Aplicação do sistema de exibição de engenharia *Corynebacterium glutamicum* em três gerações de biorrefinaria. **Microbial Cell Factories**, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2022.

LODEWYCKX, C. *et al.* Bactérias endofíticas e suas potenciais aplicações. **Resenhas Críticas em Ciências Vegetais**, v. 21, n. 6, pág. 583-606, 2002.

MAHDI, I. *et al.* Halotolerant endophytic bacterium *Serratia rubidaea* ED1 enhances phosphate solubilization and promotes seed germination. **Agriculture**, v. 11, n. 3, p. 224, 2021.

MONTE, C. *et al.* A influência antrópica na qualidade da água do rio Tapajós, na cidade de Santarém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 06, p. 3695-3710, 2021.

NATARAJAN, A. *et al.* A systemic review on tuberculosis. **Indian Journal Tuberculosis**, v. 67, n. 3, p. 295-311, 2020.

OLIVEIRA, A. *et al.* Insight of genus *Corynebacterium*: ascertaining the role of pathogenic and non-pathogenic species. **Frontiers in Microbiology, Lausanne**, v.8, n.1937. p.1-18, 2017.

OLIVEIRA, A. *et al.* *Corynebacterium pseudotuberculosis* may be under anagenesis and biovar Equi forms biovar Ovis: a phylogenic inference from sequence and structural 39 analysis. **BMC Microbiol.** 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27251711/>. Acesso: 10 de dez. 2022.

OLIVEIRA, J. C.; HENRIQUE, I.; LESS, D. D. S. F. Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Santarém, Pará. **Engenharia Urbana em Debate**, v. 2, n. 1. p. 279-292, 2021.

ORTEGA-ENRIQUEZ, J. Z. Control biológico de compuestos bioactivos a partir de hongos endófitos contra plagas de insectos. **INVURNUS**, p. 24-29, 2020.

OYEWOLE, A. O.; OLUSANYA, C. S.; AKINLADE, O. I. Biodegradation of Selected Petroleum Hydrocarbons Using Indigenous Microorganisms. **Research Square**, 2022.

PATIL, P. C. *et al.* An analysis of non-cultivable bacteria using WEKA. **Bioinformation**, v. 16, n. 8, pág. 620, 2020.

PAVLOV, D. *et al.* Potentially pathogenic features of heterotrophic plate count bacteria isolated from treated and untreated drinking water. **International journal of food microbiology**, v. 92, n. 3, p. 275-287, 2004.

PEREIRA, J. O., AZEVEDO, J. L.; PETRINI, O. Fungos Endofíticos de *Stylosanthes*: Um Primeiro Relatório. **Mycologia**, 85(3), p. 362–364, 1993.

PLOTKIN, S.A.; ORENSTEIN, W. A.; OFFIT, P. A. Plotkin's Vaccines. Genus *Corynebacterium*. **Elsevier: Philadelphia**. 7 ed, p. 262–263, 2017. Disponível em: <https://www.bacterio.net/genus/corynebacterium>. Acesso em: 17 ago. 2022.

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2022. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: 26 de nov. 2022.

RAHMAN, K. S. M. *et al.* Occurrence of crude oil degrading bacteria in gasoline and diesel station soils. **Journal of Basic Microbiology: An International Journal on Biochemistry, Physiology, Genetics, Morphology, and Ecology of Microorganisms**, v. 42, n. 4, p. 284-291, 2002.

SHI, Y. *et al.* *Klebsiella*. Beneficial Microbes in Agro-Ecology. **Academic Press**, p. 233-257, 2020.

SILVA, J. R. C. *et al.* Bactérias endofíticas no controle e inibição in vitro de *Pseudomonas syringae pv tomato*, agente da pinta bacteriana do tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1062-1072, 2008.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, p. 163-168, 1949.

SNIS. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. **Ranking do saneamento das 100 maiores cidades do Brasil**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/panorama-das-20-piores-cidades-do-ranking-dosaneamento-2022/>. Visitado em: 12 de jan. 2023.

TEIXEIRA, M. *et al.* **Fungos da Amazônia: uma riqueza inexplorada (aplicações biotecnológicas)**. Manaus: Edua, 2011. 255 p.

TORRES, F. L. *et al.* Bioprospecção e potencial biotecnológico de fungos endofíticos associados a plantas do Cerrado. **Concilium**, v. 22, n. 2, p. 256-272, 2022.

TROLLY, T. S. de. **Avaliação de genotoxicidade em peixes de duas áreas portuárias do Rio Tapajós, no Oeste do Pará**. 2019. Dissertação (Dissertação em Biociências) – Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2019.

ZHANG, H. *et al.* Enterobacteriaceae predominate in the endophytic microbiome and contribute to the resistome of strawberry. **Science of The Total Environment**, v. 727, p. 138708, 2020.



FEDERAL DO OESTE DO PARÁ REITORIA
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS
ACADÊMICOS**

1. Identificação do autor

Nome completo: Carla dos Santos Mascarenhas

CPF: 039.587.572-27 RG: 7986494 Telefone: (93) 992044460

E-mail: carla.mascarenhas@outlook.com

Titulação recebida: Bacharel em Ciências Biológicas

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página de rosto?

Sim () Não

2. Identificação da obra

Monografia () TCC () Dissertação () Tese () Artigo científico () Outros:

Título da obra: Diversidade e prospecção de bactérias endofíticas degradadoras de
petróleo isoladas de macrófitas (*Eichhornia spp.*) da região de Santarém-PA.

Programa/Curso de pós-graduação: Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas -
Bacharelado em Ciências Biológicas

Data da conclusão: 05/01/2023.

Orientador: Graciene do Socorro Taveira Fernandes

E-mail: gracienefernandes@hotmail.com

Co-orientador: _____

Examinadores: Prof. Dr. Marcos Diones Ferreira Santana Meira

Prof. Dra. Dávia Marciana Talgatti

3. Informação de disponibilização do documento:

O documento está sujeito a patentes? () Sim Não

Restrição para publicação: () Total () Parcial Sem restrição

Justificativa de restrição total*:

4. Termo de autorização

Autorizo a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) a incluir o documento de minha autoria, acima identificado, em acesso aberto, no Portal da instituição, na Biblioteca Ruy Barata, no Repositório Institucional da Ufopa, bem como em outros sistemas de disseminação da informação e do conhecimento, permitindo a utilização, direta ou indireta, e a sua reprodução integral ou parcial, desde que citado o autor original, nos termos do artigo 29 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Essa autorização é uma licença não exclusiva, concedida à Ufopa a título gratuito, por prazo indeterminado, válida para a obra em seu formato original.

Declaro possuir a titularidade dos direitos autorais sobre a obra e assumo total responsabilidade civil e penal quanto ao conteúdo, citações, referências e outros elementos que fazem parte da obra. Estou ciente de que todos os que de alguma forma colaboram com a elaboração das partes ou da obra como um todo tiveram seus nomes devidamente citados e/ou referenciados, e que não há nenhum impedimento, restrição ou limitação para a plena validade, vigência e eficácia da autorização concedida.

Santarém, 20/01/2023.

Carla dos Santos Maxarenhas.
Assinatura do autor

5. Tramitação

Secretaria / Coordenação de curso

Recebido em ____/____/____.

Responsável: _____

Siape/Carimbo