

Utilização de fungos filamentosos no biotratamento da água de igarapés na cidade de Manaus (Amazonas-Brasil)

Use of filamentous fungi in the biotreatment of water from streams in the city of Manaus (Amazonas-Brazil)

Uso de hongos filamentosos en el biotratamiento de agua de arroyos en la ciudad de Manaus (Amazonas-Brasil)

Recebido: 09/05/2023 | Revisado: 22/05/2023 | Aceitado: 24/05/2023 | Publicado: 29/05/2023

Ingrid Reis da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6987-9450>
Centro de Biotecnologia da Amazônia, Brasil
Email: ingridreis.alvrinho@gmail.com

Isaque Ferreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8841-7929>
Centro de Biotecnologia da Amazônia, Brasil
Email: ifds_23@yahoo.com.br

Maria Eduarda dos Santos Campos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3994-3918>
Centro de Biotecnologia da Amazônia, Brasil
Email: eduarda.camposcr@gmail.com

Rosângela Santana Martins Matos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6410-1230>
Centro de Biotecnologia da Amazônia, Brasil
Email: rosangelamm42@gmail.com

Ivanete Ferreira de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4357-1288>
Centro de Biotecnologia da Amazônia, Brasil
Email: ivaf300@gmail.com

Resumo

O Igarapé do Mindu vive uma constante ameaça de degradação. Uma alternativa que busca minimizar esses danos é a biorremediação, uma tecnologia que proporciona uma qualidade significativa da água, além de possuir baixo custo. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de um curso do Igarapé do Mindú e avaliar a utilização de fungos filamentosos para biorremediação deste ambiente. Amostras foram coletadas em 3 pontos e as análises realizadas no Laboratório de Microbiologia do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA). Os parâmetros físico-químicos foram: pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Compostos Nitrogenados (NH₄⁺). Os parâmetros microbiológicos foram coliformes totais e *Escherichia coli*. Para o biotratamento, foram avaliados 5 fungos. O efluente doméstico apresentou pH na faixa de 7, turbidez entre 14,05 a 21,45 NTU. A condutividade variou entre 429 e 666 µS/cm. OD ficou entre 0,64 - 1,08 mg/L. O (NH₄⁺) variou entre 7,92 e 10,22 mg/L. Os valores para DBO ficaram entre 18,99 e 31,48 e 44,16 e 73,11 para DQO. A análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos mostrou um significativo grau de degradação ambiental, indicando forte presença de matéria orgânica proveniente de resíduos lançados no igarapé. Após os 10 dias de tratamento os 5 fungos filamentosos, foram capazes de melhorar os parâmetros microbiológicos da água de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005.

Palavras-chave: Amazônia; Biodiversidade; Biodegradação; Impacto ambiental; Saneamento básico.

Abstract

The Igarapé do Mindu is under constant threat of degradation. An alternative that seeks to minimize these damages is bioremediation, a technology that provides significant water quality, in addition to having a low cost. The present work aimed to characterize the physical-chemical and microbiological parameters of a course of the Igarapé do Mindú and to evaluate the use of filamentous fungi for bioremediation of this environment. Samples were collected at 3 points and analyzes were carried out at the Microbiology Laboratory of the Amazon Biotechnology Center (CBA). The physical-chemical parameters were: pH, temperature, electrical conductivity, turbidity, Dissolved Oxygen (DO), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Nitrogen Compounds (NH₄⁺). Microbiological parameters were total coliforms and *Escherichia coli*. For the biotreatment, 5 fungi were evaluated. The domestic effluent had a pH in the range of 7, turbidity between 14.05 and 21.45 NTU. Conductivity varied

between 429 and 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The DO was between 0.64 - 1.08 mg/L. The (NH_4^+) varied between 7.92 and 10.22 mg/L. The values for DBO were between 18.99 and 31.48 and 44.16 and 73.11 for DQO. The analysis of the physical-chemical and microbiological parameters showed a significant degree of environmental degradation, indicating a strong presence of organic matter from waste released into the stream. After 10 days of treatment, the 5 filamentous fungi were able to improve the microbiological parameters of the water in accordance with CONAMA resolution 357/2005.

Keywords: Amazon; Biodiversity; Biodegradation; Environmental impact; Basic sanitation.

Resumen

El Igarapé do Mindu está bajo constante amenaza de degradación. Una alternativa que busca minimizar estos daños es la biorremediación, tecnología que brinda una importante calidad del agua, además de tener un bajo costo. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos de un curso del Igarapé do Mindú y evaluar el uso de hongos filamentosos para la biorremediación de este ambiente. Las muestras se recolectaron en 3 puntos y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Microbiología del Centro de Biotecnología de la Amazonía (CBA). Los parámetros físico-químicos fueron: pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Compuestos Nitrógenos (NH_4^+). Los parámetros microbiológicos fueron coliformes totales y *Escherichia coli*. Para el biotratamiento se evaluaron 5 hongos. El efluente doméstico tuvo un pH en el rango de 7, turbidez entre 14.05 y 21.45 NTU. La conductividad varió entre 429 y 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El DO estuvo entre 0,64 - 1,08 mg/L. El (NH_4^+) varió entre 7,92 y 10,22 mg/L. Los valores para DBO estuvieron entre 18,99 y 31,48 y 44,16 y 73,11 para DQO. El análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos mostró un grado significativo de degradación ambiental, indicando una fuerte presencia de materia orgánica proveniente de los desechos vertidos al arroyo. Después de 10 días de tratamiento, los 5 hongos filamentosos lograron mejorar los parámetros microbiológicos del agua de acuerdo con la resolución CONAMA 357/2005.

Palabras clave: Amazonía; biodiversidad; Biodegradación; Impacto ambiental; Saneamiento.

1. Introdução

A biorremediação é uma tecnologia que utiliza microrganismos para minimizar ou remover poluentes, entre os quais os hidrocarbonetos de petróleo, sem afetar o equilíbrio ecológico do ambiente (Soares *et al.*, 2011). Bactérias, leveduras e fungos filamentosos são agentes transformadores eficazes, pois têm a habilidade de degradar uma ampla variedade de substâncias orgânicas comumente encontradas nos efluentes gerados pelas refinarias e indústrias. Estratégias de biorremediação incluem: a utilização de microrganismos autóctones, ou seja, do próprio local, sem qualquer interferência de tecnologias ativas de remediação (biorremediação intrínseca natural); a adição de agentes estimulantes como nutrientes, oxigênio e biossurfactantes (bioestimulação); e a inoculação de consórcios microbianos enriquecidos (bioaumento) (Bento *et al.*, 2003; Mariano *et al.*, 2007). O benefício desses processos é a mineralização do poluente, isto é, a transformação em gás carbônico, água e biomassa. A assimilação de tais substâncias como fonte de carbono e/ou de energia destaca os microrganismos como importante alternativa aos métodos convencionais de tratamento, sendo cada vez mais empregados na resolução de problemas ambientais (Costa *et al.*, 2017; Francisco *et al.*, 2018). Os microrganismos também produzem biossurfactantes que possuem propriedades surfactante e emulsificante, sendo adicionados ao ambiente para estimular o processo de biorremediação, tornando os poluentes disponíveis à biodegradação (Faria, 2010). Neste sentido, os microrganismos podem ser utilizados na recuperação de águas de esgoto doméstico, na eliminação de contaminantes específicos de água de rios, lagos e igarapés, onde a biorremediação oferece algumas vantagens sobre outras técnicas de remediação, pois é ecologicamente correta, não altera o equilíbrio dos ecossistemas, visando somente à biodegradação dos compostos poluentes (Morais *et al.*, 2016).

1.1 Igarapés urbanos

A bacia hidrográfica do Mindu, é a bacia de maior expressividade na cidade, apresenta seu entorno na área urbanizada da cidade de Manaus, ocupa 1/4 do território do município, sendo seu curso principal o igarapé do Mindu (Manaus 2008). Esta bacia hidrográfica encontra-se em grande ameaça de poluição e contaminação de seus cursos d'água, apresentando grande

volume de dejetos orgânicos lançados sem tratamento e efluentes industriais lançados ao longo dos mananciais que compõem a bacia (Silva *et al.*, 2014).

Os esgotos domésticos provocam dois tipos de contaminação das águas: 1) Contaminação por bactérias - principalmente por coliformes presentes em fezes; 2) Contaminação por substâncias orgânicas recalcitrantes, como detergentes sulfônicos, cuja ação tóxica não é muito acentuada, mas os efeitos secundários são graves (Archela *et al.*, 2003). A resolução nº 357, de 17 de março de 2005, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (Brasil-Conama, 2005). Segundo levantamento divulgado pelo Instituto Trata Brasil (2018), a Cidade de Manaus-AM, encontra-se entre os 10 piores municípios com mais deficiência na coleta de esgoto. De acordo com esses dados, a cidade não atende toda a população e ainda colabora com sua ineficiência no saneamento básico para que sejam lançados diretamente 89,82% de esgoto in natura nas águas, com predominância nos córregos urbanos da cidade, apresentando alta contaminação e poluição dos rios e igarapés da cidade (Trata Brasil, 2018). Pesquisas apontam a utilização de fungos em processos de biorremediação como perspectivas de tratamento (Campos *et al.*, 2018). Dessa forma é de extrema importância a pesquisa e investimento em métodos alternativos de tratamento de efluentes e biorremediação dessas áreas contaminadas.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

A área de estudo foi nas proximidades do Parque Municipal do Mindu, onde as amostras foram coletadas em 3 pontos distintos: 1 (Montante - S: 03° 04' 42,4" - W: 059° 59' 56,0"); 2 (Meio Ponte - S: 03° 04' 46,6" - W: 059° 59' 55,9"); 3 (Final - S: 03° 04' 49,9" - W: 059° 59' 55,2"). As coletas de água foram realizadas conforme a Resolução ANA nº 724/2011. As amostras foram levadas ao Laboratório de Microbiologia do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA) para realização das análises físico-químicas e microbiológicas.

2.2 Parâmetros Físico

Os parâmetros físicos foram: pH, condutividade elétrica, temperatura da água e oxigênio dissolvido. Esses parâmetros foram avaliados no local de amostragem, com auxílio de um medidor (sonda) multiparâmetros. Essas análises foram realizadas em triplicata por imersão direta do eletrodo na água. A turbidez foi realizada por espectrofotometria com medição direta sem filtração da amostra de água. A determinação foi realizada método nefelométrico, medida por turbidímetro. (Resolução ANA nº 724/2011).

2.3 Parâmetros químicos

A metodologia utilizada foi conforme descrita em APHA (Standard methods 5220D), e os resultados comparados e analisados de acordo com as Normas e Padrões estabelecidos pelo CONAMA 430/2011. A análise para Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi realizada através da quantificação por titulometria com tiosulfato de sódio. Para Demanda Química de Oxigênio (DQO), o método foi realizado a partir da determinação por titulometria com reagente oxidante permanganato de potássio. A determinação de Compostos Nitrogenados (NH₄⁺) foi determinada pelo método colorimétrico e Kjeldahl por titrimetria.

2.4 Caracterização Microbiológica

As análises de caracterização microbiológica foram realizadas após a coleta de água e após o biotratamento com os microrganismos selecionados. A quantificação de *Escherichia coli* e coliformes totais foi realizada pela técnica da membrana

filtrante, um método rápido e preciso para isolamento e identificação de colônias de bactérias, conforme metodologia descrita em Standard Methods for the Examination of Wastewater (APHA, 2005). A determinação de coliformes totais e de *Escherichia coli* foi realizada a partir da utilização de meios seletivos e substrato cromogênico-fluorogênico-hidrolizáveis, empregando 100 mL de cada amostra, onde foram filtradas através de membrana filtrante de 47 mm de diâmetro e 0,45 µm de porosidade, e a utilização de funil de filtração Millipore e uma bomba a vácuo. As Colônias encontradas foram agrupadas de acordo com a morfologia e coloração conforme demonstrado na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Morfologia das colônias de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Meio de cultura	Grupo	Características morfológicas das colônias
Agar Endo Less	Coliformes Totais	Colônias róseas e vermelhas escuras com brilho
	<i>Escherichia coli</i>	Colônias verde brilhante
Agar m-FC	Coliformes Termotolerantes	Colônias azuis

Fonte: Autores (2023).

Na Tabela 1, é possível verificar as características morfológicas das colônias que foram observadas para cada grupo de microrganismos identificados no ensaio.

2.5 Biotratamento

Foram avaliados 5 fungos filamentosos depositados na Coleção Microbiológica do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA): CBA 2601 (*Trichoderma* spp.), CBA 2345 (*Trichoderma* spp.), CBA 2255 (*Penicillium* spp.), CBA 22 (*Acremonium* spp.) e CBA 2236 (*Acremonium* spp.). Os referidos gêneros já foram reportados na literatura, como promissores em processos de biorremediação. Para o preparo do inóculo, foi utilizada a metodologia de Steluti *et al.*, (2004), com algumas modificações. Foi transferida uma alçada de micélio do fungo para placas de Petri contendo meio BDA com cloranfenicol 500 mg/L. As placas foram incubadas em estufa a 28 °C por 7 dias. Foram transferidos 20 fragmentos medindo 5 mm de diâmetro para cada frasco erlenmeyer de 2L contendo 500 mL de meio mínimo para fungos adaptado, utilizando a água coletada do Igarapé do Mindu (Araújo *et al.*, 2010). Os tratamentos foram incubados por 10 dias, a 28 °C e agitação de 120 rpm (Heinz *et al.*, 2017). Após o período de biotratamento foram realizadas as análises dos parâmetros microbiológicos descritos no item anterior. Os resultados obtidos foram comparados com os resultados iniciais sem o tratamento biológico e verificados se houve melhora dos parâmetros microbiológicos de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005.

3. Resultados e Discussão

3.1 Parâmetros Físico-Químicos

Segundo Souza *et al.* (2018), os principais agentes poluentes encontrados no igarapé do parque do mindu, em sua maioria, é de origem doméstica, tendo forte influência na qualidade de suas águas, acarretando nas alterações dos parâmetros físico-químicos de acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005). Os resultados das análises da primeira coleta realizada no entorno do Igarapé do Mindú estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos Avaliados.

PARÂMETROS FÍSICOS	UNIDADE	CONAMA N° 357/2005	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Condutividade Elétrica *	µS/cm	-	435,33	429,33	666
PH *	-	6 - 9	7,1	7,12	7,09
Oxigênio Dissolvido *	mg/L	Mín 5	0,9	1,08	0,64
Turbidez **	NTU	100	20,65	21,45	14,05
Temperatura *	°C	-	28	28	28
PARÂMETROS QUÍMICOS	UNIDADE	CONAMA N° 357/2005	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Nitrogênio Amoniacal **	mg/L	3,7	9,36	7,92	10,22
Demanda Bioquímica de Oxigênio **	mg/L	5	18,99	19,37	31,48
Demanda Química de Oxigênio **	mg/L	-	44,16	45,04	73,11
Razão de Biodegradabilidade DBO/DQO			0,43	0,43	0,43

OBS: *Determinação do parâmetro in loco / **Determinação do parâmetro pelo Laboratório. Fonte: Autores (2023).

Como pode ser observado na Tabela 2, o principal parâmetro físico avaliado foi o oxigênio dissolvido (OD). Para esta variável, os resultados encontrados variaram entre 0,64 - 1,08 mg/L, abaixo do que estabelece a Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe II (≥ 5 mg/L). Logo, indica entrada elevada de matéria orgânica no igarapé. Valores elevados indicam condição melhor da água, pois revela consumo de O₂ pelos microrganismos no processo de degradação da matéria orgânica (Machado, 2012). Dentre os parâmetros químicos avaliados, o resultado encontrado para Nitrogênio amoniacal total variou entre 7,92 e 10,22 mg/L. Os valores estão muito acima do que especifica a Resolução 357/2005 do CONAMA para águas doces classe II, o que indica um ambiente alterado com alta concentração de íons amônio, resultado da degradação de matéria orgânica. O valor para Demanda Química de Oxigênio (DQO) não é estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005). Para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) o valor estabelecido é ≤ 5 . No entanto, segundo Morales *et al* (2015), DQO e DBO são dois parâmetros importantes para definir a qualidade da água superficial pois a DQO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água e a DBO indica a quantidade de matéria orgânica e quanto mais o valor de DBO se aproximar da DQO, indica que mais biodegradável será o efluente. Como observa-se na Tabela 1, os valores encontrados estão extremamente elevados correspondendo a 18,99 (Ponto 1), 19,37 (Ponto 2) e 31,48 (Ponto 3) resultados totalmente fora do padrão, o que indica forte presença de matéria orgânica proveniente de resíduos lançados no igarapé. Os valores de DQO representando 44,14 (Amostra 1), 45,04 (Amostra 2) e 73,11 (Amostra 3), o que indica elevado consumo de oxigênio para o processo de oxidação da matéria orgânica. A razão de biodegradabilidade (DBO5/DQO), tem sido utilizada para expressar a biodegradabilidade dos efluentes, sendo este parâmetro uma ferramenta auxiliar na definição do procedimento técnico para o tratamento de efluentes. A razão DBO5/DQO encontrada foi de 0,43. Segundo, Jardim e Canela, (2004) efluentes com razão DBO5/DQO superiores a 0,4 são biodegradáveis, e neste sentido os valores de DBO5/DQO observados no efluente estudado, sugerem que tratamentos biológicos podem ter sucesso quanto à redução de carga orgânica do mesmo.

Souza *et al.* (2018), também analisaram amostras de águas coletadas do igarapé do Mindu, constatando que os parâmetros físico-químicos como Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e compostos nitrogenados (NH₄⁺), também não apresentaram conformidade em relação as suas especificações.

3.2 Parâmetros Microbiológicos

A determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças e de apresentar contaminação por fezes humanas e/ou de animais pode ser efetuada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes, cabendo à *Escherichia coli* um papel preponderante (Ortega, *et al.*, 2009).

Os resultados das análises da primeira coleta realizada no entorno do Igarapé do Mindú estão dispostos no Quadro 1, 2 e 3.

Segundo a Resolução do CONAMA, no 274 de 2000 a quantidade de coliformes não deve ser excedida em "um limite de 1000 coliformes" termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Para água destinada ao consumo humano, a Portaria nº 1469 do MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS, 2000) que define os padrões de potabilidade dos principais parâmetros de qualidade da água, estabelece que os coliformes totais e fecais sejam ausentes.

O resultado do ensaio microbiológico mostrou que nos pontos de coleta 1, 2 e 3 no pré tratamento existem 10.200, 13.700 e 400 UFC/100 mL coliformes termotolerante. Dessa forma, pode-se afirmar que as águas presentes no ponto de coleta 03 se encontra em condições de balneabilidades, necessário que seja feita um método de purificação. No entanto os 3 pontos de coleta, não estão em condições de potabilidade segundo a Portaria nº 1469 do MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS, 2000).

Breno *et al.* (2022), também analisaram amostras de águas coletadas em alguns igarapés de Manaus, inclusive o igarapé do Mindu, constatando que em todas as amostras coletadas há presença de Coliformes Termotolerantes (45 °C) e Coliformes Totais.

3.3 Biotratamento

Após os 10 dias de tratamento do efluente doméstico com fungos filamentosos da Coleção CBA, foram realizadas análises microbiológicas e comparados com parâmetros microbiológicos de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005. Os 5 fungos foram capazes de melhorar todos os parâmetros microbiológicos analisados. (Quadros 1, 2 e 3).

Quadro 1 - Resultado dos Parâmetros microbiológicos avaliados do Ponto 1 antes e após o biotratamento (Fungos CBA 2601 + CBA 2345).

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNID	CONAMA N° 357/2005	P 1 Controle Pré Tratamento	P 1 Biotratamento CBA 2601/ CBA 2345
Coliformes Termololerantes (45°C)	UFC/mL	1.000/100mL	10.200	99
Coliformes Totais	UFC/mL	800/100mL	3.530	Ausência/100 mL

Fonte: Autores (2023).

No Quadro 1, é possível verificar que os valores dos parâmetros microbiológicos encontrados no ponto de coleta 1, não estão de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005. Após o biotratamento, é possível observar uma expressiva melhora nos parâmetros microbiológicos avaliados.

Quadro 2 - Resultado dos Parâmetros microbiológicos avaliados do Ponto 1 antes e após o biotratamento (Fungos CBA 2255 + CBA 22).

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNID	CONAMA Nº 357/2005	P 2 Controle Pré Tratamento	P 2 Biotratamento CBA 2255/ CBA 22
Coliformes Termololerantes (45°C)	UFC/mL	1.000/100mL	13.700	4
Coliformes Totais	UFC/mL	800/100mL	1.620	Ausência/100 mL

Fonte: Autores (2023).

No Quadro 2, é possível verificar que os valores dos parâmetros microbiológicos encontrados no ponto de coleta 2, não estão de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005. Após o biotratamento, é possível observar uma expressiva melhora nos parâmetros microbiológicos avaliados.

Quadro 3 - Resultado dos Parâmetros microbiológicos avaliados do Ponto 1 antes e após o biotratamento (Fungos CBA 2236 + CBA 22).

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNID	CONAMA Nº 357/2005	P 3 Controle Pré Tratamento	P3 Biotratamento CBA 2236/ CBA 22
Coliformes Termololerantes (45°C)	UFC/mL	1.000/100mL	400	10,5
Coliformes Totais	UFC/mL	800/100mL	1.770	Ausência/100 mL

Fonte: Autores (2023).

No Quadro 3, é possível verificar que os valores dos parâmetros microbiológicos encontrados no ponto de coleta 3, não estão de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005. Após o biotratamento, é possível observar uma expressiva melhora nos parâmetros microbiológicos avaliados.

4. Considerações Finais

A contaminação do Igarapé do Mindú é muito preocupante, principalmente pelo elevado nível de DQO e DBO encontrado, assim como a presença de microrganismos patogênicos que podem comprometer a saúde da população ao seu entorno.

Os 3 biotratamentos, utilizando os 5 fungos filamentosos depositados na Coleção CBA, apresentaram potencial para biorremediação de efluentes domésticos e foram capazes de melhorar os parâmetros microbiológicos da água de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005.

Existem poucos trabalhos na literatura, com a utilização prática de fungos em processos de biorremediação de águas de igarapés. Portanto, esse estudo pode contribuir para novos trabalhos, auxiliando no planejamento ambiental de recursos hídricos.

Novos estudos estão sendo realizados, com o objetivo de formular um consórcio de fungos eficientes em processos de biorremediação em águas de igarapés. Um composto para agregação desses fungos, também estão sendo avaliados para trabalhos futuros.

Agradecimentos

Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM. Centro de Biotecnologia da Amazônia – CBA.

Referências

- ANA (2011). *Procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos*: Resolução ANA nº 724/2011.
- APHA (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. World Economic Forum. 21(1), 258-9.
- Araújo, W. L., Lacava, P. T., Marcon, J., Lima, A. O. S., Sobral, J. K., Pizzirani-Kleiner, A. A. & Azevedo, J. L. (2010). Guia prático: *Isolamento e Caracterização de Microrganismos Endofíticos*. Copiadora "Luiz de Queiroz".
- Archela, E., Carraro, A., Fernandes, F., Barros, O. N. F. & Archela, R. S. (2003). *Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos*. *Geografia*. 12(1), 517-25.
- Bento, F. M., Camargo, F. A. O. & Okeke, B. (2003). Bioremediation of soil contaminated by diesel oil. *Brazilian Journal of Microbiology*. 34, 65-8.
- Brasil. (2005). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 357, de 17/03/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>.
- Brasil. (2000). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 274, de 29/11/2000 - Define os critérios de balneabilidade em águas doces brasileiras. <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>.
- Brasil. (2011). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 430/2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente –
- Breno, S. D., Olinda, M. F. C., Roseane, P. G. M., Ingrid, R. S. (2022). Saneamento Básico: Impactos ambientais causados pelo despejo de esgoto no Rio Negro (Amazonas-Brasil). *Research, Society and Development*. 11 (13).
- Campos, R. F., Wendling, C. S. & Matias, C. A. (2018). Utilização de microalgas no processo de tratamento de efluentes: biorremediação e sua interação. *Revista UNIPLAC*. 6 (1), 1-20.
- CONAMA. 2011. <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>.
- Costa, M. L. (2017). Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*. 21(2), 146-60.
- Faria, A. F. (2010). Produção, Purificação e Caracterização Química de Biosurfactantes Produzidos por *Bacillus subtilis* em Glicerina Residual. Tese de Doutorado. UNICAMP.
- Francisco, W. C. & Queiroz, T. M. (2018). De. Biorremediação. *Nucleus*. 15(1), 249-56.
- Heinz, O. L. (2017). *Aplicação do fungo de degradação branca Pleurotus ostreatus (EB 016) na biorremediação do efluente da indústria de compensado*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.
- Instituto Trata Brasil. (2018). *Ranking do Saneamento 2018*. 118p.
- Machado, A. L. S. (2012). *A Educação Ambiental para Gestão Sustentável da Água: Estudo de Caso do Igarapé do Mindu - Manaus, AM*. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília.
- Manaus. (2008). *Plano de Manejo do Corredor Ecológico Urbano do Igarapé do Mindu/Parque Municipal do Mindu*. Manaus-AM.
- Mariano, A. P. (2007). Laboratory study on the bioremediation of diesel oil contaminated soil from a petrol station. *Brazilian Journal of Microbiology*. 38(2), 346-53.
- Morais, M. C. & Coriolano, A. C. (2016). Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera. *Holos*. 7 (1), 133-50.
- Ortega, C., Sologabriele, H. M., Abdelzaker, A., Wright, M. & Deng, Y. (2009). Correlations between microbial indicators, pathogens, and environmental factors in a subtropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*. 58(9), 1374-81.
- Silva, I. M. P. (2014). *Desafios de gestão do Parque Municipal do Mindu (Manaus-AM)*. Belém-PA. Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) - Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 85f.
- Silva, N., Junqueira, V. C. A., Silveira, N. F. A., Taniwaki, M. H., Gomes, R. A. R. & Okazaki, M. M. (2017). *Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água*. (5a ed.), 536p.
- Soares, I. A., Flores, A. C., Mendonça, M. M., Barcelos, R. P. & Baroni, S. (2011). *Fungos na biorremediação de áreas degradadas*. *Arquivos do Instituto Biológico, Arq. Inst. Biol.* 78(2), 341-50.
- Souza, D. N. S., Francielle, K. R., Reubysen, J. N., Guedes, AEDS. (2018). Análise da qualidade das águas do igarapé do parque do mindu da cidade de manaus com base nas condições físico-químicas. *Revista Científica Semana Acadêmica*. 000142.
- Steluti, R. M., Giese, E. C., Piggato, M. M., Sumiya, A. F. G., Covizzi, L. G., Cardoso, M. S., Silva, M. L. C., Dekker, R. F. H. & Barbosa, A. M. (2004). Comparison of Botryosphaeran production by the ascomycete fungus *Botryosphaeria* sp., grown on different carbohydrate carbon sources, and their partial structural features. *Journal of basic Microbiology*. 44(1), 480-6.