



UNIVERSIDADE FEDERAL DO DELTA DO PARNAÍBA
CAMPUS MINISTRO REIS VELLOSO
CURSO DE BIOMEDICINA

BEATRIZ PEREIRA COSTA

ANÁLISE MICOLÓGICA DE SOLOS COSTEIROS DO LITORAL DO PIAUÍ:
foco em fungos negros

PARNAÍBA – PI
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO DELTA DO PARNAÍBA
CAMPUS MINISTRO REIS VELLOSO
CURSO DE BIOMEDICINA

BEATRIZ PEREIRA COSTA

ANÁLISE MICOLÓGICA DE SOLOS COSTEIROS DO LITORAL DO PIAUÍ:
foco em fungos negros

Trabalho de Conclusão apresentado à Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Campus Ministro Reis Velloso, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina e aprovação na disciplina de TCC III.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiane Caroline Daboit.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Belize Rodrigues Leite.

PARNAÍBA – PI
2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Delta do Parnaíba
Biblioteca Prof. Cândido Athayde – Parnaíba
Serviço de Processamento Técnico

C837a Costa, Beatriz Pereira.

Análise micológica de solos costeiros do litoral do Pauí: foco em fungos negros. [recurso eletrônico]
/Beatriz Pereira Costa. – 2021.

1 Arquivo em PDF

Monografia (Bacharel em Biomedicina) - Universidade Federal do Delta do Parnaíba - UFDPar,
2021.

Orientação: Profª. Drª. Tatiane Caroline Daboit.

Co-orientação: Profª. Drª. Belize Rodrigues Leite.

1. Micologia. – Solos Costeiros. 2. Fungos Melanizados. – Areia. 3. Infecções – Fungos Negros. 4. Período Chuvoso – Litoral do Piauí. I. Título.

CDD: 616.075. 81

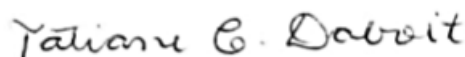
BEATRIZ PEREIRA COSTA

**ANÁLISE MICOLÓGICA DE SOLOS COSTEIROS DO LITORAL DO PIAUÍ:
foco em fungos negros**

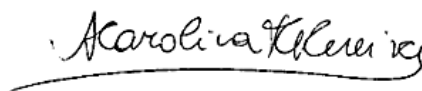
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Piauí - UFPI,
como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

APROVADA EM: 21/07/2021

BANCA EXAMINADORA



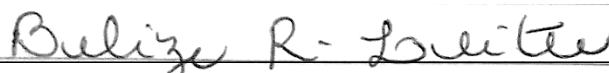
Prof^a. Dr^a. Tatiane Caroline Daboit
Presidente



Prof^a. Dr^a. Anna Carolina Toledo Cunha Pereira
Membro Interno



Prof. Dr. Leonardo Peres de Souza
Membro Interno



Prof^a. Dr^a. Belize Rodrigues Leite
Membro Externo

Dedico esse trabalho a minha família, em primeiro lugar, por todo o seu apoio.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado.

Aos professores, por toda ajuda ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado vida e saúde e por estar sempre me dando força e coragem para não desviar do caminho que trilho.

A minha família, que me apoiou em minhas decisões, estando sempre presente para me dar atenção, amor, e ser um porto seguro, onde encontro conforto depois de todas as batalhas enfrentadas.

A Universidade Federal do Piauí – *Campus* Ministro Reis Velloso, pela oportunidade de cursar o curso em Bacharel em Biomedicina.

As professoras Tatiane Caroline Daboit e Belize Rodrigues Leite, por me incentivarem e apoiarem pacientemente, e sobretudo, pela disponibilidade, sempre que precisei.

Aos meus amigos, que sempre foram companheiros essenciais nessa jornada e pelo grande apoio e incentivo que me deram durante toda a construção desse trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, perpassando pela viabilização, desenvolvimento e conclusão do mesmo.

“Sempre sorria, viva apenas com bons pensamentos. O passado não é nada, não é importante, só se vive uma vida.”

(Kill Me, Heal Me.)

RESUMO

As leveduras negras têm se destacado por causar danos à vida e ao bem-estar humano, já que podem causar infecções superficiais e subcutâneas, além de infecções sistêmicas fatais. É crescente o interesse pela caracterização de populações de leveduras que habitam ambientes costeiros, tais como praias, focando-se nas espécies patogênicas, as quais representam uma ameaça à saúde dos frequentadores destes locais. O levantamento das condições de qualidade das praias do Litoral do Piauí não é uma prática comum, não existindo dados sobre a qualidade microbiológica do solo das praias e do Delta do Rio Parnaíba, existindo apenas estudos que abordam a qualidade da água destes locais. Dessa forma, o objetivo do trabalho é quantificar os fungos presentes em amostras de solo do Litoral do Piauí, visando o isolamento de leveduras negras. A pesquisa foi realizada com amostras de areia seca coletadas de quatro praias ao longo do litoral do Piauí e do solo do Delta do Rio Parnaíba, nos períodos seco e chuvoso. Duas frações das amostras de sedimento e areia foram misturadas em água peptonada suplementada cloranfenicol, e homogeneizadas com vórtex, sendo uma delas acrescida de óleo vegetal. Alíquotas do extrato obtido da areia da primeira fração foram cultivadas em Ágar Sabouraud Dextrose e em Agar Batata Dextrose, que ficaram incubadas até o surgimento de colônias de coloração escura, além de serem inoculadas em CHROMagar® para a contagem de *Candida* spp. Além disso, alíquotas da segunda fração foram inoculadas em Ágar *Mycobio*, sendo posteriormente analisadas quanto à presença de colônias negras. Os ensaios foram realizados no Laboratório do Grupo de Estudos Avançados em Micologia Médica, da Universidade Federal do Delta do Parnaíba. A região que obteve a maior contagem total de colônias no período seco foi Delta do Parnaíba. Nesse mesmo período, a área urbana da praia do Atalaia e as áreas urbana e não urbana da Pedra do Sal foram as únicas que obtiveram contagens de leveduras negras. As praias do Coqueiro, Vila Itaqui, Barrinha, Barra Grande e o Delta do Parnaíba obtiveram contagens de fungos negros no período seco. Durante o período chuvoso, a área não urbana da praia do Coqueiro obteve a maior contagem total de colônias, sendo que todas as praias, à exceção da Vila Itaqui e da Barrinha, obtiveram contagens de leveduras negras. Observou-se que as maiores contagens totais de fungos são encontradas em regiões urbanizadas e durante o período chuvoso. Dessa forma, percebe-se que, como a população de fungos na areia do Litoral do Piauí é sensível à urbanização local, existe a necessidade de um monitoramento a longo prazo, já que a mesma pode indicar quais locais são mais afetados pela urbanização e que tais microrganismos são de grande importância clínica.

Palavras-chave: Areia; Fungos Melanizados; Infecções; Período Chuvoso; Praia.

ABSTRACT

Black yeasts have stood out for causing damage to life and human well-being, as they can cause superficial and subcutaneous changes, in addition to fatal systemic infections. There is a growing interest in the characterization of yeast populations that live in coastal environments, such as beaches, focusing on pathogenic species, such as which represent a threat to the health of those frequent in these places. The survey of the quality conditions of the beaches of the Piauí Coast is not a common practice, there is no data on the microbiological quality of the soil of the beaches and the Delta of the River Parnaíba, there are only studies that address the water quality of these places. So, the objective of this work is to characterize and quantify the fungi present coastal soils of the coast of Piauí, aiming at the isolation of black yeasts. The research was carried out with the dry sand group collected from four beaches along the coast of Piauí and the soil of the Delta of the River Parnaíba, in the dry and rainy periods. Two fractions of sediment and sand were mixed in supplemented peptone water chloramphenicol, and homogenized by vortexing, one of them being added with vegetable oil. Aliquots of the extract obtained from the sand of the first fraction were cultivated in Sabouraud Dextrose Agar and in Potato Dextrose Agar, which were incubated until the appearance of dark colored colonies, in addition to being inoculated in CHROMagar® to count *Candida* spp. In addition, aliquots of the second fraction were inoculated into Mycobio Agar, and later analyzed for the presence of black colonies. The tests were carried out at the Laboratory of the Group for Advanced Studies in Medical Mycology, at the Federal University of Delta do Parnaíba. The region that obtained the highest total count of colonies in the dry period was the Parnaíba Delta. During this same period, an urban area of Atalaia beach and an urban and non-urban area of Pedra do Sal were the only ones obtained from black yeast counts. The beaches of Coqueiro, Vila Itaquí, Barrinha, Barra Grande and the Delta do Parnaíba obtained black fungus counts in the dry period. During the rainy season, the non-urban area of Coqueiro beach had the highest total count of colonies, and all beaches, except Vila Itaquí and Barrinha, had black yeast counts. It was observed that the highest counts are found in urbanized regions and during the rainy season. So, it is clear that, as the population of fungi in the sand on the coast of Piauí is sensitive to local urbanization, there is a need for long-term monitoring, since it can indicate which places are most affected by urbanization and that such microorganisms are of great clinical importance.

Keywords: Beach; Infections; Melanized Fungi; Rainy Period; Sand.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Contagem de Colônias obtidas através da coleta de solos costeiros do Litoral do Piauí e do Delta do Rio Parnaíba nos períodos chuvoso e seco em UFC.100g ⁻¹	34
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho Representativo de Atividades Recreativas em Áreas Costeiras do Litoral do Piauí	19
Figura 2: Visualização da levedura negra <i>Hortaea werneckii</i> corada por Hematoxilina-Eosina em microscópio óptico (400x).....	25
Figura 3: Pluviometria do Piauí durante o período seco	29
Figura 4: Pluviometria do Piauí durante o período chuvoso	29
Figura 5: Mapeamento dos Pontos de Coletas dos Solos Costeiros do Litoral do Piauí	30
Figura 6: Fotos dos Pontos de Coleta das Amostras dos Solos Costeiros do Litoral do Piauí.....	30
Figura 7: Placas com o crescimento fúngico das amostras de solo das áreas urbanas e não urbanas dos locais de coleta, localizados no litoral do Piauí, no período seco.	33
Figura 8: Placas com o crescimento fúngico das amostras de solo das áreas urbanas e não urbanas dos locais de coleta, localizados no litoral do Piauí, no período chuvoso.	33
Figura 9: Quantidade de fungos cultiváveis nos solos costeiros do Litoral do Piauí	35

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Geral	15
2.2	Específicos.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	Litoral do Piauí.....	16
3.2	A Presença de Fungos em Areia de Praias	18
3.3	A Importância dos Fungos como Indicadores de Qualidade Ambiental	21
3.4	Leveduras Negras	24
3.5	Leveduras Negras em Solos Costeiros	27
4	METODOLOGIA	29
4.1	Autorizações Legais	29
4.2	Período de Estudo	29
4.3	Local de Estudo	30
4.3	Coleta	31
4.5	Processamento, Contagem e Isolamento.....	31
4.6	Análise de Dados	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Resultados	33
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

As leveduras negras compreendem fungos principalmente pertencentes à ordem Chaetothyriales, que são poliextremotolerantes - capazes de colonizar uma ampla gama de ambientes extremos. A tolerância a habitats hostis pode ser explicada por sua capacidade intrínseca de sobreviver em condições ácidas, alcalinas e tóxicas; sob altas temperaturas, baixa disponibilidade de nutrientes, e de estresse osmótico e mecânico. A melanização, que é a capacidade de produção de melanina e depósito na parede celular fúngica, confere proteção contra diversos estressores ambientais, incluindo a resistência à radiação ultravioleta (UV), à lise enzimática e, em alguns casos, a temperaturas extremas. Além disso, a tolerância a espécies reativas de oxigênio também conferida pela melanina permite que esses fungos sobrevivam à fagocitose. Uma vez que tenham penetrado no hospedeiro, podem causar infecções recalcitrantes, tanto em indivíduos imunocomprometidos como em imunocompetentes (MORENO et al., 2018).

Como a melanina é um fator de virulência que aumenta a resistência desses microrganismos, os fungos negros são agentes etiológicos de infecções. Tipicamente, eles têm sido citados coletivamente como fungos “demáceos” ou “feóides”, nomes que se referem à presença de hifas ou células leveduriformes de coloração marrom. Estes fungos causam quadros clínicos que podem variar de infecções superficiais leves a doenças cerebrais fatais (CHOWDHARY et al., 2015). Um exemplo de um fungo demáceo neurotrópico que está envolvido na feohifomicose cerebral é a *Rhinocladiella mackenziei*, cuja taxa de mortalidade é próxima de 100%, mesmo com terapia antifúngica e realização de cirurgias (YUSUPOV et al., 2017). As formas presentes no tecido do hospedeiro variam de hifas melanizadas a células leveduriformes ou aglomerados de células muriformes. Estas últimas representam o sinal patognomônico utilizado para o diagnóstico da cromoblastomicose, micose crônica, granulomatosa, supurativa da pele e do tecido subcutâneo, causada pela inoculação traumática de fungos demáceos da família Herpotrichiellaceae (BRITO; BITTENCOURT, 2018).

As últimas duas décadas foram marcadas pela mudança no padrão epidemiológico de micoses oportunistas. Estas mudanças não se referem apenas às espécies que causam infecções oportunistas comuns, como candidíase, aspergilose ou criptococose, mas também a novos e emergentes patógenos fúngicos

(EFSTRATIOU; VELEGRAKI, 2010). Entre estes, as leveduras negras têm se destacado por causar danos à vida e ao bem-estar humano, já que podem causar infecções superficiais e subcutâneas, e também infecções sistêmicas fatais em casos mais raros (MORENO et al., 2018).

A ocorrência e a atividade de leveduras em águas marinhas costeiras estão bem estabelecidas devido ao seu papel na decomposição de substratos orgânicos, na reciclagem de nutrientes e na biodegradação de hidrocarbonetos, bem como por serem recurso alimentar para uma variedade de organismos presentes nesse habitat. Mais recentemente, é crescente o interesse pela caracterização de populações de leveduras de ambientes costeiros como praias, focando-se, particularmente, nas espécies patogênicas, que podem representar uma ameaça à saúde dos frequentadores destes locais (WEISKERGER et al., 2019).

Em virtude de atuar tal qual um filtro, a areia da praia recebe constantes insumos microbiológicos da água durante os ciclos das marés e da lavagem durante os eventos de chuva. Os usuários das praias também contribuem diretamente, impactando na qualidade microbiana da areia (GHINSBERG et al., 1994). As partículas de areia fornecem um micro-habitat ideal à sobrevivência de leveduras. Uma vez que cerca de 150 espécies de leveduras são patogênicas para humanos e animais, a areia representa um importante reservatório desses microrganismos e, consequentemente, de doenças (VOGEL et al., 2007). Além disso, áreas de manguezais, que podem ser visualizadas no Delta do Rio Parnaíba, funcionam como filtros depuradores de acordo com Lacerda et al. (2002) e, acabam acumulando muito sedimento por encontrarem-se em uma área de deposição, onde as águas perdem a capacidade de transporte, o que resulta em um acúmulo de microrganismos no solo destes locais.

O levantamento das condições de qualidade das praias do Piauí não é uma prática comum (SOUZA et al., 2013), não existindo dados sobre a qualidade microbiológica do solo das praias e do Delta do Rio Parnaíba. Por isso, vê-se a necessidade de uma avaliação dos microrganismos destes locais, sobretudo dos fungos pertencentes ao grupo das leveduras negras, já que, são microrganismos que estão se destacando pelos problemas que causam a saúde humana.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho tem como objetivo quantificar os fungos presentes em amostras de solos costeiros do Litoral do Piauí, visando o isolamento de leveduras negras.

2.2 Específicos

- Analisar quantitativamente a presença de fungos e leveduras nas areias do Litoral do Piauí e no solo do delta do Parnaíba.
- Verificar a presença de leveduras negras nas areias do Litoral do Piauí. e no solo do delta do Parnaíba.
- Verificar se os grupos isolados variam em áreas com e sem urbanização.
- Verificar se os grupos isolados variam conforme a sazonalidade dos locais avaliados.
- Mapear os nichos naturais de fungos potencialmente patogênicos, com foco em leveduras negras.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Litoral do Piauí

As áreas costeiras ocupam 80% da zona litorânea brasileira e possuem uma riqueza significativa de recursos naturais e ambientais (LACERDA et al., 1993). No entanto, são ambientes frágeis, com condições naturalmente restritivas, e sofrem vários distúrbios antrópicos (EMERY; RUDGERS, 2010), incluindo a depleção de significativas quantidades de areia e mineração a céu aberto, uma das principais causas da degradação da paisagem do ambiente costeiro (ANDRÉS; MATEOS, 2006).

O litoral do Piauí localiza-se no setor norte desse Estado, nordeste setentrional do território brasileiro, compreendendo uma área de, aproximadamente, 1.200 km², entre as coordenadas geográficas de 2°42'35" e 3°05'02" Latitude Sul e 41°14'53" e 41°52'46" Longitude Oeste (BAPTISTA, 2010). Apresenta 66 km referentes à linha de costa, com direção geral de Oeste-Leste, iniciando-se na baía das Canárias, no Delta do rio Parnaíba, fazendo o limite com o Estado do Maranhão e estende-se até a baía onde desaguam os rios Timonha e Ubatuba, no limite com o Ceará. No sentido norte-sul, essa faixa costeira encontra-se entre o Oceano Atlântico e os Tabuleiros Litorâneos, formados pelo Grupo Barreiras e também por afloramentos rochosos pré-Cambrianos (PAULA, 2013).

O clima característico da área de estudo é o Tropical Chuvoso (quente e úmido com chuvas de verão e outono), apresentando duas estações bem definidas: uma chuvosa, com abundância de chuvas no primeiro semestre e outra seca, predominante no segundo semestre. As temperaturas médias mensais apresentam-se com valores próximos a 27°C (LIMA et al., 2020).

De acordo com Cavalcanti (2005), no Estado do Piauí existem praias arenosas de areias claras, com granulometrias variáveis, desde muito finas até grossas, e também praias arenolodasas, com formação de areia e lama, provenientes de rios, em áreas de lagunas e estuários. Esses ecossistemas encontram-se predispostos a amplas alterações de fatores ambientais, como temperatura do ar e da água, exposição ao sol, intensidade e frequência dos ventos, taxas de oxigênio intersticial, granulometria do substrato, declive do terreno e ação das ondas. Alguns fatores afetam outros, influenciando-se mutuamente e resultando em ambientes muito dinâmicos.

A característica principal dessa faixa litorânea é a existência do delta do rio Parnaíba, sendo o maior delta das Américas em mar aberto e o terceiro maior sistema deltaico do mundo (SILVA; LIMA, 2020). Possuindo uma vasta área de cobertura com cerca de 2.750 Km², o local é descrito como um complexo mosaico de ecossistemas entrecortados por baías e estuários. Esse Delta está situado entre os Estados do Piauí e Maranhão, destacando-se como uma região fluvio-marinha bastante dinâmica formada pela tensão ecológica entre as formações de Cerrado, Caatinga e Sistemas marinhos (GUZZI, 2012). O compartimento Litoral Deltaico se inicia na desembocadura principal do rio Parnaíba, na baía das Canárias, no limite do Piauí com o Estado do Maranhão, e se expande para o leste até a desembocadura do rio Igaraçu, na baía de mesmo nome. O rio Igaraçu é um dos quatro canais secundários do Parnaíba que, juntamente com o canal principal deste rio, formam o grande delta em mar aberto (SILVA; LIMA, 2020). Além disso, o Delta do Parnaíba apresenta extensas planícies fluviomarinhas separadas por uma rede de canais distributários, formadores de inúmeras ilhas. Resultado de processos de acumulação fluviomarinha, amplas áreas de manguezais desenvolvem-se nas margens dos canais fluviais e em suas ilhas, com uma vegetação altamente especializada. Essas ilhas deltaicas apresentam também áreas recobertas por extensos campos de dunas móveis que se deslocam para seu interior, como resultado da sedimentação eólica (IBGE, 2011).

As praias do Piauí são amplamente utilizadas pela população como áreas de lazer. Algumas apresentam características selvagens e pouco habitadas, outras são muito frequentadas por banhistas, sobretudo, são destinadas à construção de casas de veraneios, passeios pela areia, prática de esportes náuticos e promoção de grandes eventos, e a minoria delas é usada para pesca artesanal (SILVA, 2013).

Souza et al. (2013) avaliaram durante um ano, a qualidade microbiológica das águas de três das praias mais visitadas do Piauí: Atalaia, Peito de Moça e Coqueiro no município de Luiz Correia. O mesmo observou que, a média do conjunto de dados obtidos por eles é maior na estação chuvosa do que na estação seca para coliformes totais e termotolerantes. Porém, a baixa contagem de coliformes termotolerantes no período estudado classificou o litoral piauiense como excelente no que se refere à qualidade microbiológica de acordo com Resolução n° 724 de 11 de novembro de 2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). No entanto, alguns fatores podem influenciar esses resultados, tais como a inativação da luz solar nos coliformes e o fato da costa ser pouco povoada no ano em que o estudo foi feito. Sendo assim,

monitoramento contínuo da qualidade desses ambientes é fundamental para a conservação da biodiversidade local e da saúde humana.

A ocupação humana bem como os impactos dela decorrentes ocorrem de modos distintos ao longo do Litoral do Piauí. É consenso que estas atividades provocam alterações na paisagem, bem como desequilíbrios na microbiota presente nestes locais (FRENKEL et al., 2020). Tendo em vista a importância ecológica e econômica das praias do Litoral do Piauí e do Delta do Parnaíba e a falta de estudos sobre a qualidade microbiológica desta área, torna-se evidente a necessidade da análise destes locais, sobretudo a verificação da presença de fungos, haja vista que estes representam um risco a saúde dos usuários dos mesmos.

3.2 A Presença de Fungos em Areia de Praias

As praias são interfaces dinâmicas entre a costa, a água e o leito submerso, fornecendo diversos habitats microbianos, que variam amplamente no espaço e no tempo. Estas desempenham um papel importante nas atividades recreativas (Figura 1) humanas, sustentando centenas de milhares de empregos ligados ao turismo, ao comércio, ao extrativismo, dentre outras atividades, e gerando bilhões de dólares em receitas anuais (KING, 1999). Os banhistas esperam que a areia e a água que encontram nas praias sejam seguras, o que não é o caso quando o esgoto e outras fontes de dejetos contaminam as praias com patógenos (GOODWIN et al., 2012).

A areia e a água de corpos d'água de uso recreativo, como mar, rios ou lagos, abrigam diversos microrganismos. Além disso, estes também podem afetar a saúde humana, atuando como fonte de infecções entéricas causadas por contaminação fecal de origem humana ou animal. As leveduras e os bolores, conhecidos coletivamente como fungos, também podem contaminar ecossistemas semelhantes. São organismos eucarióticos com distribuição global e um rico arsenal enzimático, que permite a sobrevivência em uma variedade de diferentes condições ecológicas, e possibilita que sejam encontrados em vários nichos ambientais, incluindo a areia da praia, a água do mar ou outros corpos d'água (FRENKEL et al., 2020).

Figura 1: Desenho Representativo de Atividades Recreativas em Áreas Costeiras do Litoral do Piauí



Fonte: Weiskerger et al. (2019).

Legenda: Atividades recreativas: Surf, nado, realização de churrascos em família, passeio com animais e presença de quiosques que resultam na poluição da água, e consequentemente da areia, representada pela mancha escura na imagem.

As praias, tanto costeiras, banhadas pelo mar, como interiores, banhadas por estuários e rios, estão entre os locais mais importantes para recreação aquática. Banhos, esportes aquáticos de contato e apreciação do ambiente geral são valiosos usos dessas áreas (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2003). Tendo em vista a importância econômica das praias para algumas cidades costeiras, ações de gestão ambiental e de saúde pública relacionadas ao uso recreativo sustentável das praias têm aumentado consideravelmente nos últimos anos. Iniciativas como o programa internacional Bandeira Azul, por exemplo, visam conectar as pessoas ao seu entorno, estimulando-as a aprender mais sobre o seu meio ambiente e premiam praias, marinas e embarcações que obedecem a critérios de cunho informacional e sanitário (ABAE, 2011).

A areia das praias comporta-se como elemento passivo de poluição cumulativa e pode ser contaminada por lixo, dejetos de animais ou a própria água que carrega microrganismos patogênicos e parasitas (SATO et al., 2005). Além disso, como resultado de sua capacidade de acumular poluentes, há muito é apontada como uma possível fonte de poluição da água por escoamento e pela retração da maré (WEISKERGER et al., 2019).

Ainda assim, os estudos epidemiológicos que relacionam doenças humanas com a qualidade da areia da praia são poucos (PRAVEENA et al., 2016). Embora contaminantes microbianos tenham sido relatados na areia das praias e estudos

relacionem a qualidade da mesma à saúde humana, nenhum relatório oficial de surtos em áreas litorâneas, que aponte a areia como vetor exclusivo de uma doença, foi publicado até o momento (SOLO-GABRIELE et al., 2016). Os poucos estudos conduzidos em habitats de areia descobriram que a umidade, a estrutura da comunidade microbiana, a temperatura, as algas marinhas encalhadas e os insetos associados afetam a sobrevivência dos patógenos (SWINSCOE et al., 2018).

Os fungos são componentes importantes dos ecossistemas, pois são cosmopolitas, geralmente isolados de países tropicais, subtropicais e temperados, além de serem considerados os microrganismos mais ativos na decomposição de compostos orgânicos, tanto na areia quanto na água. Apesar de existirem milhares espécies de fungos conhecidas em ambientes terrestres, apenas 500 foram descritas para oceanos e estuários, sendo as anamorfias de Ascomycota e de Basidiomycota, bem como algumas leveduras marinhas as principais espécies encontradas nestes ambientes (GOMES et al, 2008).

Os fungos são componentes críticos da biosfera, com diversos papéis na ciclagem de nutrientes, mas podem agir, eventualmente como patógenos oportunistas (VARGAS et al., 2015). Estes podem ser encontrados em todas as partes do ambiente marinho, associados a sedimentos, a invertebrados, a mamíferos, a algas, a troncos e em toda a coluna de água. Assim, existe uma grande biodiversidade inexplorada e desconhecida do Reino Fungi nos oceanos (MITCHISON-FIELD et al., 2019).

Os frequentadores de praias cuja areia apresenta patógenos fúngicos expõem-se via contato direto da pele e de membranas mucosas, de perfuração com detritos, os quais podem carrear material contaminado com esses fungos ou através da inalação de esporos (ABREU et al., 2016), o que, somado à exposição à poluição, dentre outros fatores, pode resultar em alergias e infecções de maior ou menor grau (SABINO et al., 2014). Os próprios usuários da praia, tanto pessoas quanto animais, podem ser parcialmente responsáveis pela contaminação da areia, seja pelo transporte de microrganismos ou pelo descarte de lixo orgânico - incluindo o lixo da pesca, que fornece a alimentação e a umidade necessárias para a preservação e o desenvolvimento de leveduras, bactérias e bolores. O potencial risco à saúde associado à exposição a contaminantes deve ser maior no período de férias, principalmente para crianças e jovens, que costumam ficar mais tempo em contato com a areia (SABINO et al., 2011).

3.3 A Importância dos Fungos como Indicadores de Qualidade Ambiental

Os aspectos recreativos da água em ambientes naturais e artificiais, tais como spas e piscinas, foram bem documentados desde as primeiras civilizações. No entanto, conforme a comunidade científica expandiu seu conhecimento sobre a presença de contaminação microbiana nesses ambientes, garantir a qualidade da água e a segurança dos usuários tem exigido abordagens cada vez mais complexas e multivariadas (WEISKERGER; BRANDÃO, 2020).

As praias ocupam um lugar de destaque entre as áreas de lazer em todo o mundo, e muitas delas estão localizadas próximas a áreas urbanas, onde a pressão antrópica é elevada e, conseqüentemente, observam-se notáveis impactos nas características físico-químicas e biológicas da água e da areia. O desenvolvimento urbano frequentemente resulta em alta deposição e concentração microbiana sob as praias. As principais ameaças às águas costeiras incluem a descarga de esgoto municipal, a descarga industrial, o escoamento superficial, os empreendimentos agrícolas, os animais domésticos, o derramamento de banhistas humanos e o tratamento ineficaz de águas residuais. Como a maioria das atividades de lazer dos residentes e de turistas das áreas costeiras envolve o contato com a água do mar e com a areia, existe uma preocupação crescente com a saúde dos banhistas expostos aos microrganismos presentes (WHITMAN et al., 2014).

O monitoramento da biodiversidade depende da observação precisa de organismos em vários níveis taxonômicos de classificação, em grandes áreas geográficas (SUKDEO et al., 2018). Nos últimos anos, vários estudos epidemiológicos revelaram uma correlação positiva entre nadar em praias afetadas por atividades humanas e apresentar sintomas de doenças gastrointestinais e dermatológicas, bem como infecções respiratórias, nos olhos, no nariz e na garganta (PAULINO et al.; LONDONO et al., 2018, 2017). A incidência destas doenças é consequência de diversos fatores, tais como a extensão da poluição, o tempo e o tipo de exposição e o estado imunológico dos usuários. As crianças, por exemplo, podem correr um risco maior de adoecer após tais exposições. Esses efeitos decorrem das diferenças na imunidade ou de fatores comportamentais diferentes, tal como a higiene precária, a exposição mais longa e a maior ingestão de água e de areia potencialmente contaminadas (WHITMAN et al., 2014).

Por décadas, administradores de praias e pesquisadores rastrearam a presença e a taxa microbiana patogênica e indicadora em águas recreativas. Em muitos casos, *Escherichia coli* ou enterococos são usados como indicadores de contaminação nas praias, mas podem não ser totalmente informativos sobre o histórico da segurança da praia e da saúde dos banhistas (SOLO-GABRIELE et al., 2016).

Tem havido uma discussão substancial sobre a adequação dos táxons que são utilizados como indicadores de contaminação em praias atualmente. Além disso, microrganismos que causam doenças além da gastroenterite, incluindo aqueles que causam doenças respiratórias e de pele, recentemente ganharam atenção por seu impacto na saúde humana (BRANDÃO et al., 2021). Os microrganismos oportunistas, incluindo muitos gêneros de fungos, foram observados em praias recreativas (SABINO et al., 2011), contribuindo potencialmente para riscos adicionais à saúde dos banhistas em áreas costeiras. O estudo da contaminação em áreas recreativas tem permanecido amplamente concentrado em táxons bacterianos e virais de interesse para a saúde humana, apesar da prevalência desses outros microrganismos (WEISKERGER; BRANDÃO, 2020).

Além dos indicadores tradicionalmente utilizados, outros parâmetros microbiológicos podem ser adotados para melhorar a avaliação da qualidade da água e da areia. As leveduras são uma alternativa, pois esses microrganismos representam um grupo amplamente distribuído e de fácil cultivo (BUZZINI et al., 2017). Em uma escala local, as comunidades fúngicas são mais influenciadas pelas propriedades do solo e diferenças micro-climáticas do que as comunidades de plantas (DREESENS et al., 2014; SILVA et al. 2014). O conhecimento sobre a diversidade de fungos e os fatores que afetam a comunidade e a distribuição de espécies no tempo e no espaço tornou-se importante devido às mudanças crescentes no clima e no uso da terra e à consequente perda de biodiversidade (TAYLOR et al. 2014).

A diversidade e a densidade de leveduras em ambientes aquáticos podem ser influenciadas pela presença de fontes alóctones, como solo, restos de plantas e de esgoto, bem como por fatores como pH, temperatura e radiação UV. Diversas espécies de *Candida* do clado *Candida albicans/Lodderomyces*, por exemplo, são frequentemente associadas a habitats aquáticos que possuem fontes de poluição de origem humana ou animal (BUZZINI et al., 2017). Como exemplo, Shah et al. (2011) e Vogel et al. (2007) relataram a presença de *Candida* sp. em amostras de areia de

Miami Beach e do sul da Flórida (EUA), respectivamente. Além disso, *Candida albicans* já foi sugerido como um microrganismo indicador fecal para ambientes aquáticos (MACIEL et al., 2019).

Loureiro et al. (2005), analisou amostras de areia de duas praias de Olinda, Pernambuco (A Praia de Casa Caiada, presente em uma área urbana e a Praia do Bairro Novo, uma praia não urbanizada, a qual apresenta altas taxas de contaminação). Estes observaram que as populações de leveduras em águas costeiras são formadas por vários gêneros como *Candida*, *Trichosporon*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces* e *Pichia*. As três primeiras foram isoladas das praias do Bairro Novo e Casa Caiada. A *Candida parapsilosis*, fungo detectado neste estudo, é mais comum em tecidos humanos, excrementos animais, produtos alimentícios e bebidas, o que demonstra que a presença humana influencia a presença destes microrganismos nestes locais.

Maciel et al. (2019) realizou uma análise incluindo 8 praias do litoral do Brasil (duas praias na cidade do Rio de Janeiro e seis praias do litoral do Paraná). A ocorrência de espécies de leveduras oportunistas em amostras de água e areia coletadas nestas praias brasileiras sugere um potencial risco à saúde dos usuários das mesmas, principalmente porque muitos isolados apresentaram fatores de virulência e baixa suscetibilidade aos antifúngicos. Além disso, os resultados de ensaios de infecção disseminada mostraram que leveduras isoladas de amostras ambientais podem reter sua virulência e causar doenças. Além disso, a areia mostrou abrigar uma alta densidade de bactérias indicadoras de fezes e leveduras, servindo assim como reservatório desses microrganismos. Portanto, parece razoável que as areias precisem ser incluídas urgentemente como parte dos programas de monitoramento de praias.

Um sinal de uma possível mudança de foco com relação aos microrganismos usados como indicadores de saúde ambiental em praias pode ser a decisão da Organização Mundial da Saúde de atualizar o Capítulo 6, sobre contaminantes de areia, durante a revisão de 2020 de suas Diretrizes para Ambientes de Águas Recreacionais Seguras. Estas orientações compõem o documento de referência para a regulamentação das águas balneares em todo o mundo e o Capítulo 6 havia sido editado pela última vez em 2003 (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2003).

As leveduras negras são um grupo de fungos que chama a atenção e que podem ser uma possível opção como indicadores de saúde ambiental de ambientes

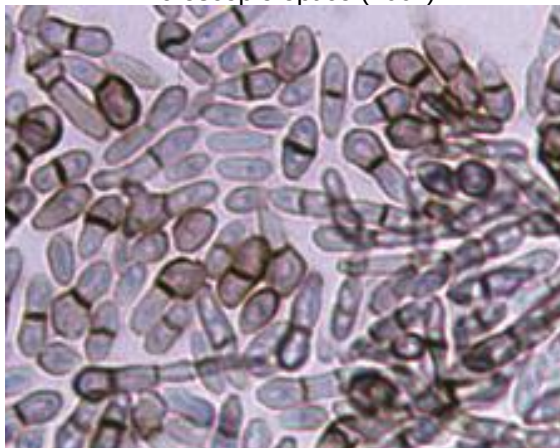
costeiros, visto que, vem sendo muito descritas nestes locais (VERONAEA; BABIČ; DE FÁTIMA COSTA, 2020, 2017) e por sua presença sofrer desequilíbrios por conta da presença humana (ZUPANČIČ et al., 2016).

3.4 Leveduras Negras

O termo "leveduras negras" compreende fungos melanizados capazes de se reproduzir por crescimento unicelular, pelo menos durante uma parte do seu ciclo de vida, e que apresentam como principal característica a parede celular melanizada. Um grande número de espécies de leveduras negras pertencem à ordem ascomiceta *Chaetothyriales*, família *Herpotrichiellaceae*, as quais são conhecidas como patógenos oportunistas em hospedeiros vertebrados imunossuprimidos e imunocompetentes. Estes agentes estão particularmente envolvidos em infecções superficiais, subcutâneas, sistêmicas ou disseminadas, dentre as quais temos a feohifomicose e a cromoblastomicose.. Essas infecções são invariavelmente crônicas e podem ser gravemente mutilantes ou até fatais (SELBMANN et al., 2013).

Estas leveduras formam um grupo de fungos bastante heterogêneo do ponto de vista taxonômico e filogenético, mas que possuem em comum as paredes celulares melanizadas e a formação de células-filhas semelhantes a levedura por brotamento multilateral ou polar. As células-filhas resultantes podem ser encapsuladas em uma matriz de substâncias poliméricas extracelulares. A maioria das leveduras negras adicionalmente exibe crescimento micelial e gera conídios de fiálides simples, com colaretes, aneladas, em ráquides ou em células conidiogênicas indiferenciadas. Os conídios podem não estar septados ou ter até três septos transversais. A formação de artroconídios de hifas fragmentadas também pode ocorrer em alguns gêneros. Apenas poucas espécies, por exemplo, *Phaeococcomyces exophialae*, não formam nenhum estado de hifas (STERFLINGER et al., 2006). Na figura 2 observamos a visualização da levedura negra *Hortaea werneckii* em microscópio óptico para verificação das características gerais desse grupo, tais como a parede celular enegrecida em decorrência da deposição da melanina e a presença das células filhas resultantes do processo de brotamento.

Figura 2: Visualização da levedura negra *Hortaea werneckii* corada por Hematoxilina-Eosina em microscópio óptico (400x).



Fonte: The University of Adelaide (2005).

As leveduras negras (do gênero *Exophiala*, particularmente a espécie *E. dermatitidis*), prosperam em habitats artificiais e construções, como máquinas de lavar louça, saunas, pias, e instalações de banho. Sua proximidade com hospedeiros humanos representaria um risco para a saúde pública se os fungos fossem genuinamente patogênicos. Mas as infecções adquiridas em casa geralmente são leves ou estão restritas a populações de pacientes suscetíveis com distúrbios genéticos, como aqueles com fibrose cística. No entanto, a ocorrência de infecções graves, por exemplo, em pacientes com imunodeficiências primárias, continua a ser uma área de preocupação (SAUNTE et al., 2011), pois, apesar de raras, podem levar ao óbito, como relatado por Chang et al (2011) em seu estudo de caso, sendo este ocasionado por uma feo-hifomicose do Sistema Nervoso Central causada por *Exophiala dermatitidis* em um paciente imunocompetente de 3 anos de idade.

Uijthof et al. (1994) e Sudhadham et al. (2011) demonstraram que *E. dermatitidis* tem distribuição mundial, mas a frequência a qual infecções humanas por fungos negros ocorre ainda não é conhecida. Assim, a triagem desses fungos em ambientes internos aumentaria nossa compreensão dos riscos potenciais à saúde. *E. dermatitidis* está regularmente presente em banhos turcos públicos e em máquinas de lavar louça, sendo a espécie também encontrada em águas quentes de fontes naturais na Tailândia (SUDHADHAM et al.; ZALAR et al.; MATOS et al., 2011, 2011, 2003). Esses habitats compartilham uma série de características, incluindo, pelo menos ocasionalmente, pH alto, temperaturas intermitentes de até 60-80°C e, altas concentrações de sal (ZALAR et al., 2011).

Informações sobre as leveduras negras são descritas desde o final do século XIX, mas estas ainda pertencem a grupos de fungos de difícil identificação e, portanto, o conhecimento sobre este grupo ainda é fragmentário. A confusão diagnóstica no passado não é surpreendente, uma vez que, mesmo com as tecnologias disponíveis no presente, a taxonomia de leveduras negras segue sendo considerada complexa. Com a aplicação de métodos moleculares, um grande número de espécies não descritas tem sido encontrado e, espera-se que esse número aumente ainda mais quando estudos detalhados sobre biodiversidade forem realizados em ambientes ainda pouco explorados pela comunidade científica. Táxons aparentemente não descritos para o ambiente, e até mesmo para pacientes humanos, são encontrados regularmente, e seu número tende a aumentar exponencialmente quando fontes menos comumente estudadas são amostradas (HOOG, 2000).

As leveduras negras conseguem adaptar-se a uma vasta gama de condições ambientais. Os fatores de importância ecológica que contribuem para essa resistência incluem a presença de melanina e caroteno; a formação de paredes espessas e o crescimento meristemático; a presença de fase semelhante à levedura e de formas adicionais de conidiogênese; a termo e a osmotolerância; a adesão; a hidrofobicidade; a produção de polissacarídeos extracelulares, de sideróforos e de metabólitos secundários - ácidos ou alcalinos (COSTA et al., 2020).

As leveduras negras são encontradas em nichos hostis a outros microrganismos e, portanto, exibem um grau significativo de tolerância extrema. Essa tolerância geral ao estresse permite que sobrevivam dentro do tecido vivo do hospedeiro e causem infecção, mas como a maioria deles não pode ser transmitida do hospedeiro, esta não é uma estratégia para aumentar sua aptidão evolutiva. Dada a notável prevalência de alguns agentes da Cromoblastomicose em hospedeiros humanos, pode-se especular que algumas leveduras negras adaptaram-se à patogenicidade, sendo capazes de escapar do hospedeiro e transmitir mutações adquiridas para as próximas gerações (MORENO et al., 2018).

Nessa perspectiva, observa-se que as leveduras negras são microrganismos de perceptível importância clínica (CHOWDHARY et al., 2015) e que, além disso, sua presença é relatada em ambientes costeiros, sobretudo aqueles que apresentam maior presença humana, sendo vistos como um provável risco ao bem-estar dos frequentadores destes locais (EFSTRATIOU E VELEGRAKI; SABINO et al., 2010, 2011).

3.5 Leveduras Negras em Solos Costeiros

As leveduras negras têm atraído a atenção dos pesquisadores devido ao seu potencial biotecnológico, à alta tolerância ao estresse e à capacidade de causar micoses severas (GOSTINČAR et al., 2012). Esses fungos não foram identificados apenas em ambientes marinhos, mas também em habitats extremos, como salinas, rochas, gelo e esteiras desérticas. Especula-se que sua adaptabilidade pode refletir um extenso repertório de mecanismos que regulam o crescimento e os ciclos de divisão (GOSTINČAR et al., 2018).

A ocorrência de leveduras negras no ambiente dominado por humanos foi subestimada anteriormente devido à aplicação de métodos de isolamento microbiano de rotina. Sob condições comuns de cultura de laboratório, leveduras negras são raramente encontradas devido ao seu crescimento lento e habilidades competitivas limitadas. Numerosos protocolos para o isolamento seletivo de leveduras negras foram desenvolvidos nas últimas décadas, os quais renderam novos dados sobre a presença desses fungos em uma ampla gama de ambientes artificiais, às vezes sem contrapartida óbvia na natureza. Vários métodos são baseados nas capacidades osmotolerantes e oligotróficas dos fungos-alvo. Com esses regimes, os isolados de leveduras negras são selecionados em razão de sua osmotolerância, principalmente membros da ordem saprofítica Dothideales (ZHAO et al., 2010).

Vários estudos detectaram diferentes grupos de fungos na areia da praia, sejam eles leveduras, fungos potencialmente patogênicos e alergênicos ou dermatófitos. Além disso, foram encontrados nas praias da costa portuguesa fungos negros que podem infectar a pele e as unhas, como *Trichophyton* sp., *Aspergillus* sp., *Scytalidium* sp. e *Scopulariopsis* sp., (SABINO et al., 2011). A presença de leveduras negras, também foi relatada por Efstratiou e Velegraki (2010) em praias da Grécia. Tais autores isolaram leveduras negras em 3 das 60 amostras de areia que foram avaliadas, em 3 dos 4 locais amostrados no estudo. Os mesmos declararam a presença de *Aureobasidium pullulans*, que é responsável por ocasionar infecção nosocomial, abscesso no baço, infecção pulmonar invasiva, entre outras enfermidades (CHAN, 2011), e *Exophiala dermatitidis*, que causa feo-hifomicoses localizadas ou profundas (BABIČ, 2017), por meio de métodos tradicionais de cultivo, de testes morfológicos e fisiológicos e de identificação molecular. Ainda, de acordo com estes autores, até o momento, as informações sobre a ocorrência de qualquer

tipo de levedura na areia em áreas balneáveis de praias são limitadas. Sendo assim, a investigação da ocorrência de leveduras negras em ambientes usados para atividades recreativas é de sumária importância para a saúde pública.

4 METODOLOGIA

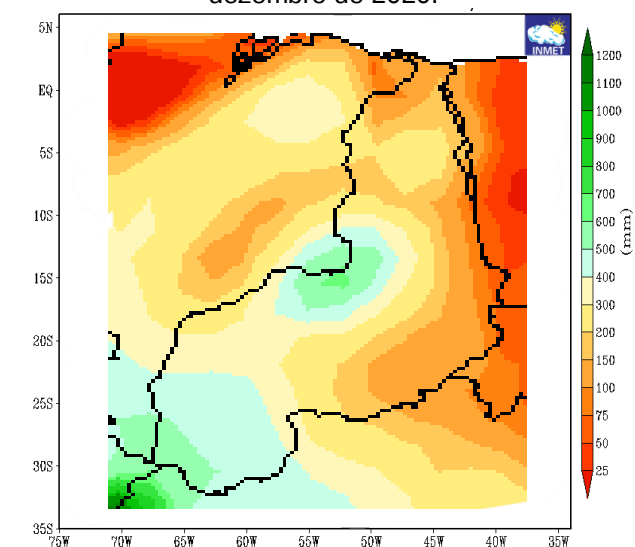
4.1 Autorizações Legais

O projeto foi cadastrado na plataforma SisGen sob o nº A22E225.

4.2 Período de Estudo

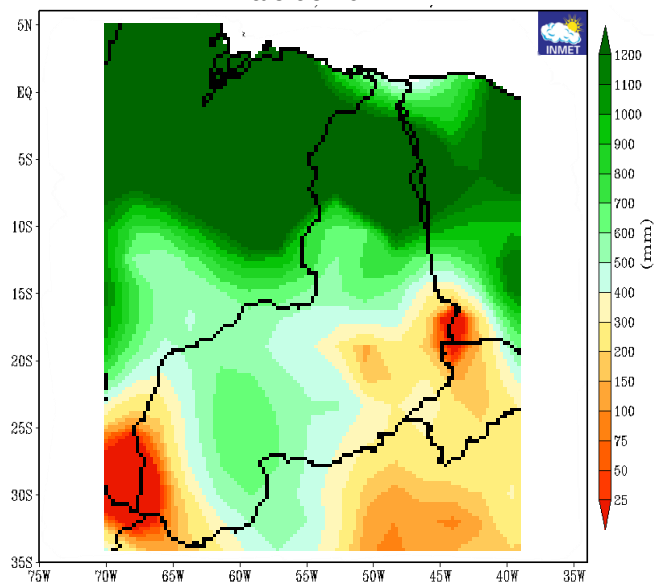
O presente estudo foi realizado no período de outubro a dezembro de 2020 (Período Seco) – Figura 3 – e de abril a maio de 2021 (Período Chuvoso) – Figura 4.

Figura 3: Pluviometria do Piauí durante os meses de outubro a dezembro de 2020.



Fonte: INMET (2020).

Figura 4: Pluviometria do Piauí durante os meses de abril a maio de 2021.



Fonte: INMET (2021).

4.3 Local de Estudo

Foram coletadas amostras de areia seca em dois pontos (urbanizado e não urbanizado) de quatro praias ao longo do litoral do Piauí - a Praia da Pedra do Sal (Parnaíba), Praia de Atalaia (Luís Correia), Praia do Coqueiro (Luís Correia) e Praia de Barra Grande (Cajueiro da Praia); além de amostras de dois pontos (urbanizado e não urbanizado) do solo do Delta do Parnaíba (Parnaíba). Em todas os pontos foram amostradas áreas com e sem urbanização. Na Figura 5 é apresentado o mapa com a localização dos pontos de coleta, enquanto na Figura 6 observamos imagens de cada um desses pontos.

Figura 5: Mapeamento dos Pontos de Coletas dos Solos Costeiros do Litoral do Piauí



Fonte: LEITE (2020).

Legenda: A: Delta do Rio Parnaíba (Área Não Urbana); B: Delta do Rio Parnaíba (Área Urbana); C: Praia Pedra do Sal (Área Não Urbana); D: Praia Pedra do Sal (Área Urbana); E: Praia do Atalaia (Quebra Mar); F: Praia do Atalaia (Área Urbana); G: Praia do Coqueiro; H: Vila Itaquí; I: Praia de Barra Grande; K: Praia da Barrinha.

Figura 6: Fotos dos Pontos de Coleta das Amostras dos Solos Costeiros do Litoral do Piauí.



Fonte: A, B, E e G – LEITE (2020); C – Reprodução “Globo Repórter” (2021). D – Portal “Jornal da Parnaíba” (2012). F – Portal “Go Hurb” (2020). H – Página do Condomínio “Reserva Barra Grande”(2020).

Legenda: A: Praia Pedra do Sal (Área Não Urbana); B: Praia Pedra do Sal (Área Urbana); C: Praia do Atalaia (Quebra Mar); D: Praia do Atalaia (Área Urbana); E: Praia do Coqueiro; F: Vila Itaquí; G: Praia da Barrinha; H: Praia de Barra Grande .

Os experimentos foram realizados no Laboratório do Grupo de Estudos Avançados em Micologia Médica (GEAMICOL), da Universidade Federal do Delta do Parnaíba.

4.3 Coleta

As amostras de areia e sedimento foram obtidas e estocadas em sacos plásticos assépticos e este material foi transportado ao abrigo da luz e mantido a 4 °C até o processamento, o qual ocorreu no mesmo dia em que as amostras foram obtidas.

4.5 Processamento, Contagem e Isolamento

As amostras de sedimento e areia (5 g) foram misturadas em 25 mL de água peptonada suplementada com 200 mg/L de cloranfenicol, e homogeneizadas por vórtex durante 2 minutos. Alíquotas de 0,1 mL do extrato obtido da areia foram cultivadas com o auxílio da alça de Drigalski em 3 placas de Petri com Agar Sabouraud Dextrose (KASVI®) e 3 placas com CHROMagar (INTERLAB), que ficaram incubadas por até 10 dias, a 28 °C, até o surgimento de colônias de coloração escura, e em Agar Batata Dextrose (KASVI®) suplementado com cloranfenicol 0,1%, que ficaram acondicionados por até 7 dias à temperatura ambiente (24 °C, em média), sendo estes dois últimos empregados, respectivamente, para a contagem de *Candida* spp. (ao 3° dia) e de fungos heterotróficos totais (ao 7° dia). Além disso, outra alíquota de 5 g das amostras foi misturada a 25 mL de água peptonada suplementada com 200 mg/L de cloranfenicol, sendo acrescidos 2 mL de óleo vegetal. As amostras também foram homogeneizadas por vórtex durante 5 minutos, e alíquotas de 0,1 mL foram inoculadas em 3 placas de Ágar *Mycobio* (HIMEDIA®). As placas inoculadas foram incubadas até 30 dias, a 28 °C, sendo posteriormente analisadas quanto à presença de colônias negras.

As colônias características foram purificadas pela técnica do esgotamento em Ágar Sabouraud Dextrose (KASVI®), cujo cultivo foi de até 10 dias, a 28 °C. A coleção de fungos está sendo preservada em Ágar Sabouraud inclinado, à temperatura ambiente (24 °C, em média).

4.6 Análise de Dados

A média das contagens foi transformada na base logarítmica, a fim de reduzir a assimetria gráfica e estabilizar a variação entre os grupos de dados avaliados. A análise de dados foi realizada com o auxílio do software GraphPad prisma 9.1.2, onde foi feita uma comparação do crescimento fúngico de diferentes grupos por praia e por estação, por meio da análise de variância ANOVA de dois fatores, com nível de significância $p < 0,05$. Diferentes combinações dos dados também foram avaliadas através de pós-teste de Tukey, cujos níveis de significância variaram de $p < 0,01$ a $p < 0,05$. Além disso, o mesmo software foi utilizado para a criação dos gráficos presentes no trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados

Na Figura 7, visualizamos placas com o crescimento fúngico das amostras das áreas urbanizadas e não urbanizadas das praias Atalaia e Pedra do Sal e do Delta do Parnaíba no período seco.

Figura 7: Placas com o crescimento fúngico das amostras de solo das áreas urbanas e não urbanas dos locais de coleta, localizados no litoral do Piauí, no período seco.

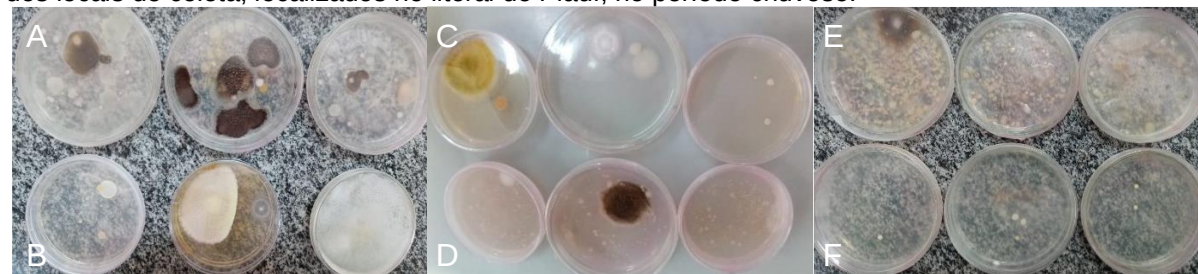


Fonte: LEITE (2020).

Legenda: A: Amostra de Areia da Praia do Atalaia (Área Não Urbanizada); B: Amostra de Areia da Praia do Atalaia (Área Urbanizada); C: Amostra de Areia da Praia Pedra do Sal (Área Não Urbanizada); D: Amostra de Areia da Praia Pedra do Sal (Área Urbanizada); E: Amostra de Solo do Delta do Parnaíba (Área Não Urbanizada); F: Amostra de Solo do Delta do Parnaíba (Área Urbanizada).

Na figura 8 observamos as placas com a representatividade fúngica das áreas urbanas e não urbanas da Praia do Atalaia, praia de Barra Grande e da praia do Coqueiro no período chuvoso.

Figura 8: Placas com o crescimento fúngico das amostras de solo das áreas urbanas e não urbanas dos locais de coleta, localizados no litoral do Piauí, no período chuvoso.



Fonte: LEITE (2021).

Legenda: A: Amostra de Areia da Praia do Atalaia (Área Urbanizada); B: Amostra de Areia da Praia do Atalaia (Área Não Urbanizada); C: Amostra de Areia da Praia de Barra Grande (Área Urbanizada); D: Amostra de Areia da Barra Grande (Área Não Urbanizada); E: Amostra de Areia da Vila Itaqui (Área Urbanizada do Coqueiro); F: Amostra de Areia da Praia do Coqueiro (Área Não Urbanizada).

Na Tabela 1 observa-se a contagem de colônias em Unidades Formadoras de Colônias por 100g de amostra de solo (UFC.100g⁻¹) de todos os locais onde foram realizadas as coletas, sejam estes urbanizados ou não, nos períodos seco e chuvoso.

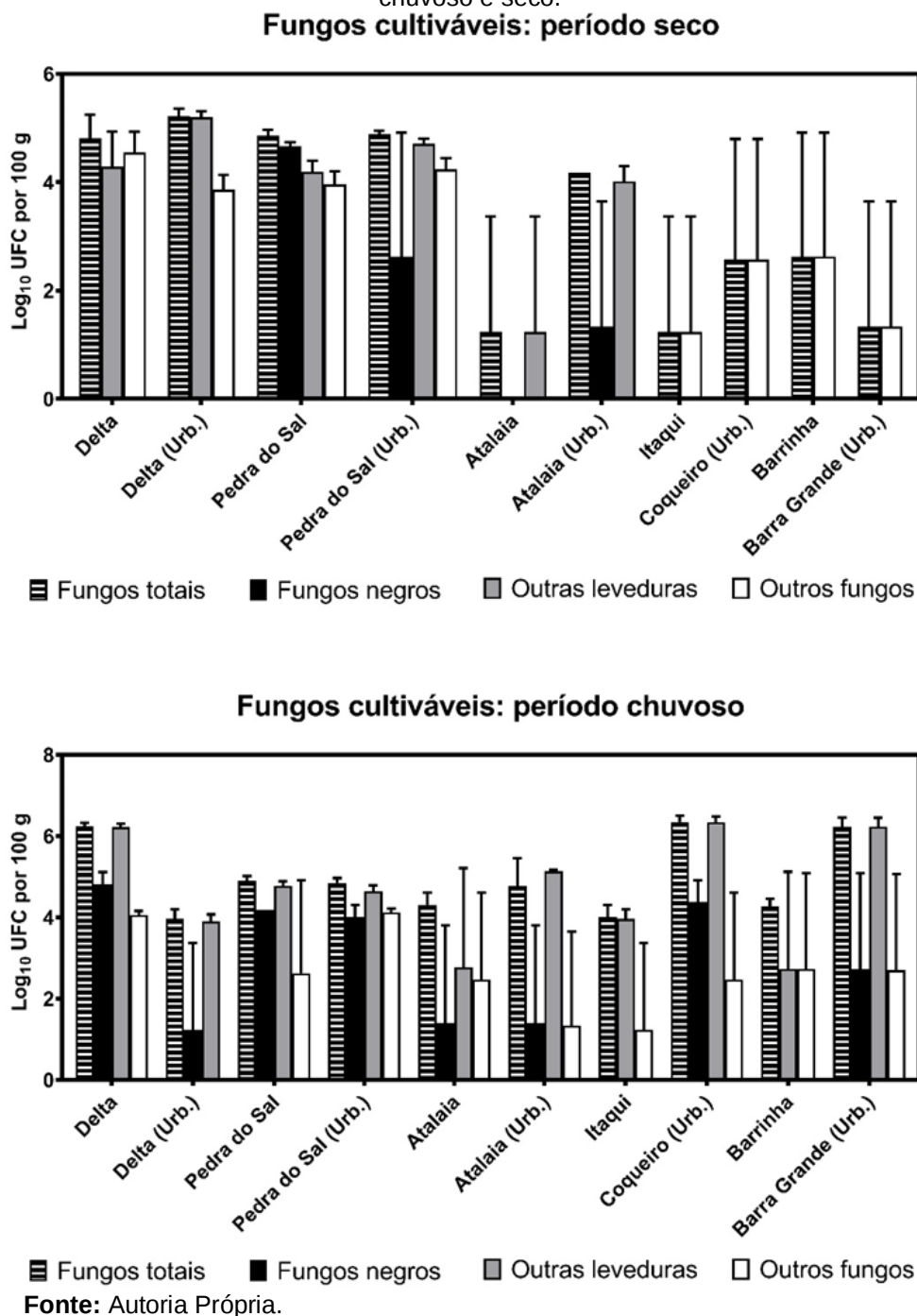
Tabela 1: Contagem de Colônias obtidas através da coleta de solos costeiros do Litoral do Piauí e do Delta do Rio Parnaíba nos períodos chuvoso e seco em UFC.100g⁻¹.

Local de Coleta	Total		Fungos negros		Outras Leveduras		Filamentosos	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Pedra do Sal	92263	100596	54304	15000	24304	75000	15000	14304
Pedra do Sal (Área Urbana)	88214	92483	14304	19304	63214	60000	25971	16220
Atalaia	4553	38608	0	13660	4553	36794	0	6220
Atalaia (Área Urbana)	15000	182030	9107	13660	17440	147075	0	9107
Coqueiro	10000	3143726	0	87697	0	3051417	10000	6220
Itaqui (Área Urbana do Coqueiro)	4553	19304	0	0	0	15000	4553	4553
Barrinha	14304	28660	0	0	0	27739	14304	15971
Barra Grande (Área Urbana)	9107	1868333	0	15971	0	2848749	9107	23229
Delta	140196	2064192	0	117729	87662	2004318	81055	14553
Delta (Área Urbana)	226742	15000	0	4553	203599	11220	14107	0

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 9 visualizamos gráficos com uma expressão mais detalhada das contagens das colônias, cujos valores foram apresentados na Tabela 1. Em ambos, as contagens dos fungos melanizados, sejam eles leveduriformes, filamentosos ou tipo-levedura (“*yeast-like*”), foram agrupadas, já que muitas leveduras melanizadas apresentaram dimorfismo posteriormente e também para melhorar a representação visual dos dados.

Figura 9: Quantidade de fungos cultiváveis nos solos costeiros, do Litoral do Piauí, nos períodos chuvoso e seco.



A partir da análise da tabela e do gráfico, percebe-se que, no período seco, a região urbana do Delta do Parnaíba foi o local que demonstrou maior contagem total de colônias. Em contrapartida, a praias do Atalaia possuiu as menores contagens de fungos, provavelmente ocasionadas pela redução da presença humana devido à pandemia do vírus SARS-CoV-2, que ocorre atualmente. As praias de Atalaia (área urbana) e da Pedra do Sal (área urbana e não urbana) foram as únicas praias que tiveram contagens de fungos negros, sendo que a segunda obteve maior número de

colônias destes fungos, diferindo significativamente da primeira ($p < 0,0001$). As praias do Coqueiro, Vila Itaquí, Barrinha, Barra Grande e Delta do Parnaíba (Área urbana e não urbana) não obtiveram nenhuma colônia de levedura negra. Por outro lado, as áreas do Delta do Parnaíba obtiveram contagens significativas de fungos filamentosos de coloração negra frente aos outros grupos de fungos durante o período seco (área urbana $p = 0,0087$ e área não urbanizada $p = 0,0111$). No período chuvoso, observou-se que a praia de Itaquí, área não urbanizada, obteve a maior contagem total de colônias de fungos, ao passo que, a área urbana do Delta obteve as menores contagens totais. Neste período, Itaquí e Barrinha foram os únicos locais onde não foi notada a presença de leveduras negras, enquanto a área não urbana do Delta obteve maiores contagens desses fungos em relação às outras leveduras e outros fungos avaliados neste mesmo período, com grau de significância de $p = 0,0325$ e $p = 0,0111$, respectivamente.

5.2 Discussão

5.2.1 Contagem de Colônias

Quando comparamos a contagem de leveduras no período seco a de Mendes e colaboradores (1998) (1000-28000 UFC.100g⁻¹), percebemos que a única praia que apresenta contagens semelhantes é a Praia do Atalaia (área urbana), enquanto as demais apresentam contagens muito superiores ou nenhuma contagem, sendo que o autor analisou doze praias na zona costeira de Lisboa e do Vale do Tejo, em Portugal. Da mesma forma, o estudo de Sabino e colaboradores (2011), que analisaram 33 praias do litoral português, também apresenta discrepâncias com relação às contagens de leveduras (0-1997 UFC.100g⁻¹) do litoral piauiense.

De forma distinta, o estudo de Maciel e colaboradores (2019) apresenta contagens de leveduras semelhantes (0-40850 UFC.100g⁻¹) a do presente estudo, e isso pode ser explicado pelo fato da análise incluir 8 praias do litoral do Brasil (duas praias na cidade do Rio de Janeiro e seis praias do litoral do Paraná), as quais apresentam condições semelhantes àsquelas deste estudo. O litoral português tem clima do tipo mediterrânico (MIRANDA et al., 2006), ou seja, apresentam verões quentes e secos, (SANTOS, 2010), enquanto o litoral brasileiro apresenta clima tropical (IBGE, 2011), que apresenta verões quentes e chuvosos (SANTOS, 2010).

Durante o período chuvoso, pode-se observar apenas as praias Itaqui e a parte urbana do Delta apresentaram contagens semelhantes à realizada por Mendes e colaboradores (1998), enquanto as outras apresentaram contagens extremamente superiores ao mesmo, resultado semelhante ao obtido no período seco. Da mesma forma, os valores obtidos no período de chuvas apresentam distinções daqueles obtidos por Sabino e colaboradores (2011) e semelhanças aos resultados relatados por Maciel e colaboradores (2019), o que pode mais uma vez ser explicado pelas condições, principalmente climáticas, as quais os locais de estudo são expostos.

5.2.2 Regiões Urbanizadas e Regiões Não Urbanizadas

Podemos perceber que se encontra uma maior presença de fungos nas áreas urbanizadas do que suas respectivas áreas não urbanizadas, principalmente durante o período chuvoso. Vemos uma diferença significativa das contagens de fungos totais entre as regiões urbanizadas e não urbanizadas da Pedra do Sal, do Coqueiro e de

Atalaia, com níveis de significância de, nessa mesma ordem, $p=0,0235$, $p=0,0348$ e $p=0,0197$. Tal fato pode ser explicado, pois nas regiões urbanas das praias, por conta do seu nivelamento ao mesmo nível do mar, ou seja, durante o período chuvoso, onde há presença de chuvas intensas e consequentes enxurradas de água, acaba por existir uma liberação de resíduos das fossas sanitárias que são utilizadas nestes locais, já que tais sistemas de esgotamento não são eficientes (ÁVILA; EMBRAPA, 2005, 2019).

Adjacente a isso, a presença de urbanização e de bares e restaurantes nestes locais acarreta na concentração de mais pessoas e no maior impacto de atividades antrópicas, contribuindo para que haja um aumento de matéria orgânica por conta da dispersão de dejetos de esgotos pluviais; enquanto nas áreas com a ausência desses indivíduos pode-se verificar uma menor riqueza nutricional, como afirmado por Frenkel et al. (2020). Segundo Sato et al. (2005), a areia das praias comporta-se como elemento passivo de poluição cumulativa, por conta de sua atuação como uma espécie de filtro, podendo ser contaminada por lixo, dejetos de animais ou a própria água que carrega microrganismos patogênicos e parasitas. A área do Delta, por sua vez, deve ter sofrido um deslocamento de matéria orgânica durante o período chuvoso, ou seja, as contagens de fungos totais, fungos negros e outras leveduras diferiram significativamente durante as estações, apresentando níveis de significância de, seguindo essa ordem, $p=0,0128$, $p=0,0104$ e $p=0,0116$. Dessa forma, a maior quantidade dos fungos, que se encontrava na região urbanizada deste local acabou sendo levada pela lavagem das chuvas e acumulando-se nas áreas de manguezais, que funcionam como filtros depuradores e acumulam muito sedimento por encontrarem-se numa área de deposição onde as águas perdem a capacidade de transporte (LACERDA et al., 2002).

Os resultados obtidos a partir das comparações entre as áreas urbanas e não urbanas divergem daqueles apresentados por Loureiro e colaboradores (2005), que analisou amostras de areia de duas praias de Olinda, Pernambuco. A Praia de Casa Caiada, presente em uma área urbana, apresentou uma contagem de colônias de leveduras ($3300 \text{ UFC} \cdot 100\text{g}^{-1}$) menor que a Praia do Bairro Novo, que é uma praia não urbanizada considerada inadequada para o uso humano ($11500 \text{ UFC} \cdot 100\text{g}^{-1}$). Isso é explicado pelo fato da Praia do Bairro Novo receber muitos dejetos domésticos e sólidos espalhados pelos pontos comerciais que ficam presentes próximos à praia e

pela própria população que frequenta a praia regularmente, de maneira muito mais excessiva que a Praia de Casa Caiada, que é urbanizada.

De Fátima Costa (2020), encontrou fungos dos gêneros *Cladophialophora*, *Exophiala*, *Fonsecaea* e *Rhinocladiella* em amostras ambientais (vegetação, solo, entre outros) em áreas tropicais do Brasil. Veronaea e Babič (2017), por sua vez, fizeram uma revisão bibliográfica sobre a presença da levedura negra *Exophiala dermatitidis* em ambientes habitados ou não pelo homem. Assim como no presente estudo, tais autores encontraram espécies de fungos melanizados do tipo levedura ou leveduras negras, que são fungos patogênicos, causadores de feohifomicoses. Ambos trabalhos encontraram tais microrganismos principalmente em áreas urbanizadas, como pode ser observado no litoral do Piauí. É consenso que a presença humana auxilia no aumento de matéria orgânica na areia (EFSTRATIOU e VELEGRAKI, 2010). Além disso, algumas espécies de leveduras negras, como a espécie *E. dermatitidis*, têm preferência por habitats artificiais, construídos pelo homem (VERONAEA; BABIČ, 2017). Apesar de não terem sido identificados os gêneros das leveduras encontradas, percebe-se que a presença de leveduras negras nas áreas de praia aumenta as chances de observar-se tais patógenos nestes locais.

5.2.3 Período Seco e Período Chuvoso

De acordo com o diagnóstico de 2019 do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2019), os municípios de Luís Correia, de Parnaíba, de Cajueiro da Praia e a região do Delta do Rio Parnaíba não possuem sistema de drenagem de água, porém todos possuem sistemas de tratamento de esgoto. As cidades de Luís Correia e de Cajueiro da Praia e as áreas urbanizadas do Delta apresentam fossas sépticas (SNIS, 2019), que são compartimentos hermeticamente fechados onde os esgotos são retidos por um período previamente determinado, utilizado por comunidades que geram vazões relativamente pequenas e empregado em áreas urbanas desprovidas de rede coletora pública de esgoto sanitário (JORDÃO; PESSÔA, 1995). Já Parnaíba possui uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) (SNIS, 2019), que é uma unidade operacional do sistema de esgotamento sanitário que através de processos físicos, químicos ou biológicos removem as cargas poluentes do esgoto, devolvendo ao ambiente o efluente tratado, com conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental (ÁVILA, 2005).

A partir da comparação entre os dados obtidos durante as diferentes estações, podemos perceber que apenas as contagens de fungos totais das praias Pedra do Sal, áreas urbana e não urbana e Delta, área urbana, demonstraram-se maiores no período seco do que no período chuvoso, apresentando diferença significativa de $p=0,0397$, $p=0,0201$, $p=0,0071$, nesta ordem. Ademais, as contagens totais de fungos apresentaram-se maiores no período chuvoso do que no período seco, ou seja, variaram significativamente entre essas estações, na região urbana da praia do Atalaia ($p<0,0001$), na Vila Itaqui, região não urbana do Coqueiro, ($p<0,0001$), na região urbana da praia do Coqueiro ($p=0,0001$), na Barrinha ($p=0,0034$) e na Barra Grande ($p=0,0006$). Além disso, observa-se que os locais que não obtiveram nenhuma colônia de leveduras negras no período seco, ou seja, Atalaia ($p=0,0127$), Coqueiro ($p=0,0339$) e Delta ($p=0,0104$), apresentaram contagens significativas destes fungos no período chuvoso.

Souza e colaboradores (2013) avaliaram durante um ano, a qualidade microbiológica das águas de três das praias mais visitadas do Piauí: Atalaia, Peito de Moça e Coqueiro, no município de Luiz Correia. O mesmo estudo observou que, a média do conjunto de dados obtidos por eles é maior na estação chuvosa do que na estação seca para coliformes totais e termotolerantes. Além disso, Soares et al. (2019), em seu estudo sobre o rio Parnaíba, que divide os municípios de Teresina – PI e Timon – MA, verificou que, no período chuvoso, a quantidade de bactérias do tipo *Escherichia coli* encontrada era maior que no período seco. Apesar desses estudos não terem abordado a pesquisa de fungos, é perceptível que ambos encontraram resultados semelhantes aos do presente trabalho durante a sua avaliação microbiológica, validando o fato de que, durante o período chuvoso, a concentração de microrganismos é muito maior do que no período seco, o que é explicado por Sterk et al. (2016). Esses autores afirmam que existe influência dos fatores climáticos sobre a precipitação da água, fato que aumenta o escoamento superficial, influenciando diretamente no aumento da densidade de microrganismos.

Nessa perspectiva, percebe-se que a maioria das praias do Litoral do Piauí apresentam diferenças significativas nas contagens fúngicas entre as estações seca e chuvosa, provavelmente devido ao maior acúmulo de matéria orgânica que ocorre durante a última. Durante o período chuvoso, ainda, notou-se uma diferença significativa entre as contagens realizadas nas áreas urbanas e não urbanas da maioria dos locais de coleta, o que não ocorreu durante o período seco, reforçando

que as chuvas devem explicar a variação observada entre os grupos. No entanto, atenta-se para o fato destes dados corresponderem a um curto recorte temporal e da diminuta presença antrópica durante o período pandêmico, sendo necessários maiores estudos na região para confirmar a repetição do padrão relatado no presente estudo, já que, a presença de seres humanos nos locais urbanizados leva a um aumento de matéria orgânica e, consequentemente, de microrganismos. Adjacente a isso, sabe-se que algumas espécies de fungos negros estão chamando atenção da comunidade científica mundial, como é o caso dos fungos negros do gênero *Rhizopus*, que estão sendo relatados como causadores de mucormicoses pulmonares (grupo de infecções fúngicas oportunistas causadas por Zigomicetos, ordem Mucorales). Eles podem se manifestar como infecções rino-órbito-cerebrais, pulmonares, gastrointestinais, cutâneas e disseminadas, sendo a pulmonar a segunda manifestação mais comum, secundárias a infecções ocasionada pelo vírus SARS-CoV-2 (ZURL et al.; KANWAR et al.; MAINI et al.; BELLANGER et al., 2021). Como fungos do gênero *Rhizopus* já foram encontrados em amostras de areias de praias, como no estudo de Candan (2018), vê-se a importância do monitoramento a longo prazo desses fungos, principalmente no cenário atual.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa forma, observa-se que a contagem de colônias de leveduras, principalmente, é semelhante às aquelas obtidas em trabalhos realizados em outras praias do litoral Brasileiro e que, na maioria dos locais de coleta, as colônias apresentam-se em maior número nas áreas urbanas do que nas áreas não urbanizadas, o que já era esperado, em virtude do impacto das atividades humanas. Além disso, foi notado que a concentração de fungos é maior no período chuvoso, já que as enxurradas de água resultantes das chuvas intensas podem gerar o aumento de matéria orgânica, além do fato das áreas costeiras da região estarem com menos atividades humanas, o que contribui com a redução da atividade fúngica. Com isso, percebe-se que, como a população de fungos na areia do Litoral do Piauí é sensível à urbanização local, existe a necessidade de um monitoramento a longo prazo, já que a mesma é amplamente distribuída, e que pode indicar quais locais são mais afetados pela urbanização.

REFERÊNCIAS

- ABAE. **Monitorização da qualidade das areias em zonas balneares – Época Balnear de 2010**. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, 2011.
- ABREU, Jéssica Aline Soares de et al. **FUNGOS DE INTERESSE: APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS**. Uningá Review, [S. l], v. 21, n. 1, p. 1-1, jan. 2015.
- ANDRÉS, Pilar; MATEOS, Eduardo. **Soil mesofaunal responses to post-mining restoration treatments**. Applied Soil Ecology, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 67-78, ago. 2006.
- ALMEIDA, João Ricardo Moreira de et al. **BIOPROSPECÇÃO MICROBIANA**. Brasília: Embrapa, 2015. 6 p.
- ÁVILA, Renata Oliveira de. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BAPTISTA, Elisabeth Mary de Carvalho. **Estudo morfossedimentar dos recifes de arenito da zona litorânea do estado do Piauí, Brasil**. 2010. 305 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- BELLANGER, Anne-Pauline; et al. **Mixed mold infection with *Aspergillus fumigatus* and *Rhizopus microsporus* in a severe acute respiratory syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) patient**. Infectious Diseases Now, [S.L.], p. 1-3, jan. 2021.
- BUZZINI, Pietro et al. **Yeasts in Natural Ecosystems: Diversity**. [S.L.]: Springer, 2017.
- BRITO, Arival Cardoso de; BITTENCOURT, Maraya de Jesus Semblano. **Chromoblastomycosis: an etiological, epidemiological, clinical, diagnostic, and treatment update**. Anais Brasileiros de Dermatologia, [S.L.], v. 93, n. 4, p. 495-506, jul. 2018.
- CANDAN, Esra Deniz. **Molecular identification of fungal isolates and hatching success of green turtle (*Chelonia mydas*) nests**. Archives Of Microbiology, [S.L.], v. 200, n. 6, p. 911-919, 26 fev. 2018.
- CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. **Delta do Parnaíba: uma caracterização geoambiental**. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade do Extremo Sul Catarinense, São Paulo, 2005.
- CHAN, Giek Far et al. **Emergence of *Aureobasidium pullulans* as human fungal pathogen and molecular assay for future medical diagnosis**. Folia microbiologica, v. 56, n. 5, p. 459-467, 2011.

CHOWDHARY, Anuradha et al. **Black Molds and Melanized Yeasts Pathogenic to Humans**. Cold Spring Harbor Perspectives In Medicine, [S.L.], v. 5, n. 8, p. 1-21, ago. 2015.

COSTA-REZENDE, Diogo Henrique et al. **Amauroderma calcitum sp. nov. and notes on taxonomy and distribution of Amauroderma species (Ganodermataceae)**. Phytotaxa, [S.L.], v. 244, n. 2, p. 101, 18 jan. 2016.

DE FÁTIMA E COSTA, Flávia et al. **Environmental prospecting of black yeast-like agents of human disease using culture-independent methodology**. Scientific Reports, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-9, 26 ago. 2020.

DREESENS, Lisa et al. **The Distribution and Identity of Edaphic Fungi in the McMurdo Dry Valleys**. Biology, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 466-483, 30 jul. 2014.

EFSTRATIOU, Maria Adamantia; VELEGRAKI, Aristeia. **Recovery of melanized yeasts from Eastern Mediterranean beach sand associated with the prevailing geochemical and marine flora patterns**. Medical Mycology, [S.L.], v. 48, n. 2, p. 413-415, mar. 2010.

EMERY, Sarah; RUDGERS, Jennifer. **Ecological Assessment of Dune Restorations in the Great Lakes Region**. Restoration Ecology, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 184-194, set. 2010.

FRENKEL, Michael et al. **Fungi in sands of Mediterranean Sea beaches of Israel— Potential relevance to human health and well-being**. Mycoses, [S.L.], v. 1, p. 1-7, jul. 2020.

GOODWIN, Kelly et al. **A multi-beach study of Staphylococcus aureus, MRSA, and enterococci in seawater and beach sand**. Water Research, [S.L.], v. 46, n. 13, p. 4195-4207, set. 2012.

GOMES, Daniela Neto Ferreira et al. **Filamentous fungi isolated from sand and water of**. Brazilian Journal Of Biology, [S.L.], v. 68, n. 3, p. 577-582, ago. 2008.

GOSTINČAR, Cene et al. **Genomic evidence for intraspecific hybridization in a clonal and extremely halotolerant yeast**. BMC Genomics, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 1-12, 15 maio 2018.

GOSTINČAR, Cene et al. **Polyextremotolerant black fungi: oligotrophism, adaptive potential, and a link to lichen symbioses**. Frontiers In Microbiology, [S.L.], v. 390, n. 3, p. 1-6, 2012.

GUZZI, Anderson. **Biodiversidade do Delta do Parnaíba: litoral piauiense**. Parnaíba: A Biblioteca Setorial Prof. Cândido Athayde –, 2012. 466 p.

HOOG, Sybren de. **Black fungi: clinical and pathogenic approaches**. Medical Mycology, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 243-250, jan. 2000.

IBGE. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. **Censo Demográfico 2010 – Amostragem da população, Rio de Janeiro:** IBGE, 2011.

KANWAR, Anubhav et al. **A Fatal Case of *Rhizopus azygosporus* Pneumonia Following COVID-19.** Journal Of Fungi, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 174, 28 fev. 2021.

KING, Philip. **The Fiscal Impact of Beaches in California.** São Francisco: Public Research Institute, 1999. 29 p.

LACERDA, Luiz Drude de et al. **Acúmulo de mercúrio, zinco e cobre em sedimentos de manguezais em torno de um grande aterro no sudeste do Brasil.** Poluição Ambiental, [S.L.], v. 120, n. 2, p. 455-461, 1 dez. 2002.

LACERDA, Luiz Drude et al. **Dry Coastal Ecosystems of the Tropical Brazilian Coast.** In: MAAREL, Eddy van Der. Ecosystems of the World. [S.L.]: Elsevier, 1993. Cap. 32. p. 477-493.

LOUREIRO, Silvia Tereza Azedo, et al. **Yeasts isolated from sand and sea water in beaches of Olinda, Pernambuco State, Brazil.** Brazilian Journal Of Microbiology, [S.L.], v. 36, n. 0, p. 333-337, 13 nov. 2005.

MACIEL, Natália Oliveira Pereira et al. **Occurrence, antifungal susceptibility, and virulence factors of opportunistic yeasts isolated from Brazilian beaches.** Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 114, n. 1, p. 1-2, 15 fev. 2019.

MAINI, Aastha et al. **Sino-orbital mucormycosis in a COVID-19 patient: a case report.** International Journal Of Surgery Case Reports, [S.L.], v. 82, p. 105957, maio 2021.

MENDES, Benilde Simões et al. **Fungi as environmental microbiological indicators.** Water Science & Technology, [S.L.], v. 38, n. 12, p. 155-162, out. 1998.

MITCHISON-FIELD, Lorna et al. **Unconventional Cell Division Cycles from Marine-Derived Yeasts.** Current Biology, [S.L.], v. 29, n. 20, p. 3439-3456, out. 2019.

MIRANDA, Pedro et al. **Alterações Climáticas em Portugal.** [S.L.]: Gradiva, 2006.

MORENO, Leandro Ferreira et al. **Black yeasts in the omics era: achievements and challenges.** Medical Mycology, [S.L.], v. 56, n. 1, p. 32-41, 10 mar. 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Guidelines for safe recreational water environments.** [S.L.]: WHO, 2003.

PRAVEENA, Sarva Mangala. **Fecal indicator bacteria in tropical beach sand: Baseline findings from Port Dickson coastline, Strait of Malacca (Malaysia).** Marine Pollution Bull, Port Dickson, v. 110, n. 1, p. 609-612, set. 2016.

ROCHA, Bruno Benoliel. **Caracterização do perfil enzimático de um fungo isolado do cerrado brasileiro**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia Molecular, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SABINO, Raquel et al. **Pathogenic fungi: an unacknowledged risk at coastal resorts? new insights on microbiological sand quality in Portugal**. Marine Pollution Bulletin, [S.L.], v. 62, n. 7, p. 1506-1511, jul. 2011.

SABINO, Raquel et al. **Routine screening of harmful microorganisms in beach sands: implications to public health**. Science Of The Total Environment, [S.L.], v. 472, n. 1, p. 1062-1069, fev. 2014.

SANTOS, Alexandre Rosa dos. **Os climas do Mundo e do Brasil**. In: FEITOSA, Gabriel de Oliveira. CLIMATOLOGIA. Espírito Santo: Academia, 2010. p. 226-234.
SATO, Maria Inês Zanolli et al. **Sanitary quality of sands from marine recreational beaches of São Paulo, Brazil**. Brazilian Journal Of Microbiology, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 321-326, 17 nov. 2005.

SAUNTE, Ditte Marie Lindhardt et al. **Black yeast-like fungi in skin and nail: it probably matters**. Mycoses, [S.L.], jul. 2011.

SELBMANN, Laura et al. Black Yeasts in Cold Habitats. In: BUZZINI, Pietro et al. **Cold-adapted Yeasts. Biodiversity, Adaptation Strategies and Biotechnological Significance**. [S.L.]: Springer, 2013. Cap. 8. p. 173-187.

SHAH, Ashish et al. **Indicator microbes correlate with pathogenic bacteria, yeasts and helminthes in sand at a subtropical recreational beach site**. Journal Of Applied Microbiology, [S.L.], v. 110, n. 6, p. 1571-1583, 28 abr. 2011.

SILVA, Carlos Henrique Santos da; LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. **Litoral do Estado do Piauí: proposta de compartimentação**. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 17-32, 1 jan. 2020.

SILVA, Iolanda Ramalho da et al. **Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along an environmental gradient in the Brazilian semiarid**. Applied Soil Ecology, [S.L.], v. 84, p. 166-175, dez. 2014.

SILVA, Lucas Leonardo da et al. **Bioprospecção de Fungos de um Fragmento de Cerrado no Brasil Central para Aplicações Biotecnológicas**. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 288-305, 11 maio 2018.

SILVA, Maria Majaci Moura da. **O turismo nas ondas do litoral e das políticas públicas do Piauí**. 2013. 198 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2019. 190 p.

SOARES, Rafael Diego Barbosa et al. **A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba**. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 5, n. 9, p. 16645-16674, 2019.

SOLO-GABRIELE, Helena et al. **Beach sand and the potential for infectious disease transmission: observations and recommendations**. Cambridge University Press, [S. l.], v. 96, n. 1, p. 101-119, jul. 2015.

SOUZA, Luzeni Garcez et al. 2013, 46(2): 64 – 69. Arquivos de Ciências do Mar. **Microbiological monitoring of seawater in the coastal zone of Piauí Cte**, Brazil. LABOMAR, Fortaleza, v. 2, n. 46, p. 64-69, 2013.

STERFLINGER, Katja et al. **Black Yeasts and Meristematic Fungi: ecology, diversity and identification**. The Yeast Handbook, [S.L.], 2006. Cap. 20. p. 501-514.

STERK, Ankie et al. **Climate change impact on infection risks during bathing downstream of sewage emissions from CSOs or WWTPs**. Water Research, [S.L.], v. 105, p. 11-21, nov. 2016.

SUDHADHAM, Montarop et al. **Elucidation of distribution patterns and possible infection routes of the neurotropic black yeast *Exophiala dermatitidis* using AFLP**. Fungal Biology, [S.L.], v. 115, n. 10, p. 1051-1065, out. 2011.

SUKDEO, Nicole et al. **Selecting fungal disturbance indicators to compare forest soil profile re-construction regimes**. Ecological Indicators, [S.L.], v. 84, n. 0, p. 662-682, jan. 2018.

SWINSCOE, Isobel et al. **The seaweed fly (*Coelopidae*) can facilitate environmental survival and transmission of *E. coli* O157 at sandy beaches**. Journal Of Environmental Management, [S.L.], v. 223, p. 275-285, out. 2018.

TAYLOR, Lee; HOLLINGSWORTH, Teresa N.; MCFARLAND, Jack W.; LENNON, Niall J.; NUSBAUM, Chad; RUESS, Roger W.. **A first comprehensive census of fungi in soil reveals both hyperdiversity and fine-scale niche partitioning**. Ecological Monographs, [S.L.], v. 84, n. 1, p. 3-20, fev. 2014.

UIJTHOF, Jaap et al. **Pathogenicity of strains of the black yeast *Exophiala (Wangiella) dermatitidis*: an evaluation based on polymerase chain reaction**. Mycoses, [S.L.], v. 37, n. 7, p. 235-242, jun. 1994.

VARGAS, Audic Colomban de et al. **Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean**. Science, [S.L.], v. 348, n. 6237, p. 1261605-1261605, 21 maio 2015.

VOGEL, Christian et al. **Prevalence of yeasts in beach sand at three bathing beaches in South Florida**. Water Research, [S.L.], v. 41, n. 9, p. 1915-1920, maio 2007.

WEISKERGER, Chelsea J. et al. **Impacts of a changing earth on microbial dynamics and human health risks in the continuum between beach water and sand**. Water Research, [S.L.], v. 162, p. 456-470, out. 2019.

WEISKERGER, Chelsea; BRANDÃO, João. **Fungal contaminants in water and sand: a new frontier for quantitative microbial risk assessment**. Current Opinion In Environmental Science & Health, [S.L.], v. 16, p. 73-81, ago. 2020.

WHITMAN, Richard et al. **Microbes in Beach Sands: Integrating Environment, Ecology and Public Health**. Reviews In Environmental Science And Bio/technology, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 329-368, 01 set. 2014.

YUSUPOV, Natan et al. **Multiple brain abscesses caused by *Rhinocladiella mackenziei* in an immunocompetent patient: a case report and literature review**. Acta neurochirurgica, v. 159, n. 9, p. 1757-1763, 2017.

ZALAR, Peter et al. **Dishwashers – A man-made ecological niche accommodating human opportunistic fungal pathogens**. Fungal Biology, [S.L.], v. 115, n. 10, p. 997-1007, out. 2011.

ZHAO, Jingjun et al. **Isolation and Identification of Black Yeasts by Enrichment on Atmospheres of Monoaromatic Hydrocarbons**. Microbial Ecology, [S.L.], v. 60, n. 1, p. 149-156, 24 mar. 2010.

ZURL, Christoph et al. **Autopsy Proven Pulmonary Mucormycosis Due to *Rhizopus microsporus* in a Critically Ill COVID-19 Patient with Underlying Hematological Malignancy**. Journal Of Fungi, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 88, 27 jan. 2021.