

DIVERSIDADE, ABUNDÂNCIA E FREQUÊNCIA DE OOMYCOTA, BLASTOCLADIOMYCOTA E CHYTRIDIOMYCOTA EM LAGOAS DE TERESINA, PIAUÍ

OSIEL CÉSAR DA TRINDADE JUNIOR^{1*}; JOSÉ DE RIBAMAR DE SOUSA ROCHA²

¹Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA, Universidade Federal do Piauí.

²Docente do Departamento de Biologia e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA, Universidade Federal do Piauí.

*Autor para correspondência: osiel.junior@ufma.edu.br

Recebido em 21 de junho de 2017. Aceito em 22 de março de 2018. Publicado em 20 de junho de 2018.

RESUMO - Organismos zoospóricos são comumente encontrados em ecossistemas aquáticos e terrestres, entretanto, pouco se conhece sobre sua distribuição e diversidade nesses ambientes. Este estudo avaliou a distribuição, frequência e diversidade de fungos zoospóricos pertencentes aos filos Oomycota, Blastocladiomycota e Chytridiomycota, em três lagoas na cidade de Teresina, Piauí. Amostras de água e de solo foram coletadas, nas estações chuvosa e seca, iscadas com substratos celulósicos, quitinosos e queratinosos. Utilizando a técnica de iscagem múltipla, foram obtidos 222 isolamentos, distribuídos em 34 espécies. A similaridade indicada pelo índice de Sorensen (Ss) e a diversidade (riqueza (S), equitatividade (E), índice de Shannon (H') e índice de Simpson (D)) mostraram-se alta. No entanto, a estrutura das lagoas, relacionada à ocorrência de fungos zoospóricos, apresentou algumas modificações, provavelmente influenciada pela presença de esgotos domésticos desembocando na lagoa Piçarreira do Cabrinha.

PALAVRAS-CHAVE: *ÁGUA; SOLO; FUNGOS ZOOSPÓRICOS; SAZONALIDADE.*

DIVERSITY, ABUNDANCE AND FREQUENCY OF OOMYCOTA, BLASTOCLADIOMYCOTA AND CHYTRIDIOMYCOTA IN LAGOONS OF TERESINA, PIAUÍ

ABSTRACT - Zoosporic organisms are commonly found in aquatic and terrestrial ecosystems, however, little is known about their distribution and diversity in these environments. This study evaluated the distribution, frequency and diversity of zoosporic fungi belonging to the Oomycota, Blastocladiomycota and Chytridiomycota phylum in three lagoons in the city of Teresina, Piauí. Water and soil samples were collected in the rainy and the dry season, baited with cellulosic, chitinous and keratinous substrates. Using the multiple baiting technique, 222 isolates were obtained, distributed in 34 species. The similarity indicated by Sorensen index (Ss) and diversity (richness (S), evenness (E), Shannon index (H') and Simpson index (D)) was high. However, some modifications were observed regarding the structure of lagoons related to the occurrence of zoosporic fungi, most likely influenced by the wastewater flowing into the Piçarreira do Cabrinha lagoon.

KEYWORDS: *WATER; SOIL; ZOOSPORIC FUNGI; SEASONALITY.*

DIVERSIDAD, ABUNDANCIA Y FRECUENCIA DE OOMYCOTA, BLASTOCLADIOMYCOTA Y CHYTRIDIOMYCOTA EN LAGUNAS DE LA CIUDAD DE TERESINA, PIAUÍ

RESUMEN - Organismos zoospóricos se encuentran comúnmente en los ecosistemas acuáticos y terrestres, sin embargo, poco se sabe acerca de su distribución y diversidad en estos ambientes. En este estudio se evaluaron la distribución, la frecuencia y la diversidad de hongos zoospóricos de los filos Oomycota, Blastocladiomycota y Chytridiomycota, en tres

lagunas en la ciudad de Teresina, Estado de Piauí, Brasil. Las muestras de agua y de suelo se recolectaron en las estaciones lluviosa y seca, cebadas con celulosa, quitina y sustratos de queratina. A través de la técnica de cebado múltiple se obtuvieron 222 aislamientos distribuidos en 34 especies. La similitud indicada por el índice de Sorensen (S_s) y la diversidad (la riqueza (S), la equidad (E), el índice de Shannon (H') y el índice de Simpson (D)) fueron altas. Sin embargo, la estructura de las lagunas, con respecto a la aparición de los hongos zoospóricos, tuvo algunas modificaciones, probablemente debido a las aguas residuales que desembocan en la laguna “Piçarreira do Cabrinha”.

Palabras clave: AGUA; SUELO; HONGOS ZOOSPÓRICOS, ESTACIONALIDAD.

INTRODUÇÃO

Estudos que relacionam a diversidade e a distribuição de fungos zoospóricos foram relatados em diversas regiões do planeta, confirmando a sua ampla ocorrência. Alguns foram registrados em localidades tão distintas, como na Polônia (Kiziewicz 2012), Coreia (Lee 2000), Egito (El-Hissy e Ard 1989), Espanha (Willoughby e Rigg 1983), e muitas outras localidades. Nas Américas foram relatados nos Estados Unidos (Larkin et al. 1991, Letcher e Powell 2001, 2002), na Venezuela (Karling 1981), dentre vários outros países.

No Brasil, esses trabalhos concentram suas informações para o estado de São Paulo, onde os estudos foram pioneiros sobre a diversidade (Joffily 1947, Beneke e Rogers 1962); sistemática (Furtado 1965), distribuição geográfica (Milanez 1984, Pires-Zottarelli 1990, Milanez et al. 1995, 1996, 2007, Pires-Zottarelli et al. 1995, 1996a, 1996b, Rocha e Pires-Zottarelli 2002, Gomes et al. 2003), e ecologia (Milanez e Trufen 1984, Baptista et al. 2004, Shearer et al. 2007, Marano et al., 2008, 2011, 2014, Nascimento e Pires-Zottarelli 2009, Nascimento 2010, Jesus et al. 2013, Jeronimo et al. 2015).

Os filos Blastocladiomycota e Chytridiomycota estão incluídos no reino Fungi (Hibbett et al. 2007). Blastocladiidiales antes era uma ordem de Chytridiomycota, mas, baseado na filogenética molecular e características ultraestruturais, foi elevada em nível de filo por James et al. (2006). Os dois filos se reproduzem com esporos móveis, os zoósporos. Característica dos denominados fungos zoospóricos.

Uma visão geral filogenética e taxonômica atualizada de Straminipila (Labyrinthulomycota, Hyphochytridiomycota e Oomycota) foi apresentada por Beakes et al. (2014), com base em dados de sequência molecular, biologia e história evolutiva. O filo Oomycota é caracterizado por apresentar organismos sapróbios presentes em ecossistemas aquáticos e terrestres que desempenham um papel importante na decomposição de matéria orgânica, a participação ativa na ciclagem de nutrientes; alguns dos seus representantes são parasitantes de peixes, algas, crustáceos, outros fungos, larvas de mosquitos, nemátodos, rotíferos, mamíferos e até mesmo humanos.

A distribuição de fungos zoospóricos, na água e no solo, em ecossistemas preservados ou degradados, tem sido a preocupação de muitos autores para tentar explicar quais fatores abióticos influenciam em suas ocorrências nesses locais (Pires-Zottarelli, 1999, Nascimento e Pires-Zottarelli 2009, Nascimento 2010, Jesus et al. 2013, Jeronimo et al. 2015). Nos Estados Unidos, Rooney e McKnight (1972) observaram que um aumento na temperatura e a diminuição do oxigênio dissolvido na água, são fatores que aumentam o número de fungos zoospóricos. Na Índia, Khulbe e Bhargava (1977) analisaram o efeito da temperatura na alta ocorrência de fungos zoospóricos no solo e na água. Khallil (1990), no Egito, observou que a temperatura não influenciava na ocorrência de fungos zoospóricos na água, sendo outros fatores abióticos os responsáveis pela distribuição desses

organismos. Na Argentina, Steciow (1997) encontrou *Achlya recurva* em solos contaminados por hidrocarbonetos. Além disso, foi observado que fatores abióticos, tais como a temperatura, pH e oxigênio dissolvidos, bem como a sazonalidade, podem afetar a ocorrência e distribuição de organismos zoospóricos, alterando a estrutura da comunidade onde podem ser encontrados (Marano et al. 2008).

No Brasil, especialmente no Piauí, alguns estudos tem demonstrado a diversidade desses organismos em ambientes terrestres e aquáticos no estado (Rocha et al. 2014, 2016, Silva e Rocha 2017, Sousa e Rocha 2017). No Brasil, 348 táxons de fungos zoospóricos já foram relatados, correspondendo a quase 20% do total das espécies descritas no mundo (Milanez et al. 2007). Mas, considerando a dimensão continental do Brasil, poucos estudos foram realizados para avaliar a diversidade de organismos zoospóricos. Este estudo objetivou realizar uma análise de fungos zoospóricos dos filos Oomycota, Blastocladiomycota e Chytridiomycota, abordando a abundância, a frequência e a diversidade desses organismos em três lagoas, na zona Norte de Teresina, Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

Três lagoas da zona Norte de Teresina foram escolhidas para a realização da pesquisa: Lagoa do Mocambinho, no bairro Mocambinho; Lagoa Piçarreira do Cabrinha, no bairro Matadouro, e Lagoa Piçarreira do Lourival, no bairro São Joaquim.

Foram realizadas oito coletas bimestrais de água e de solo, nas lagoas, no período de março de 2011 a junho de 2012. As amostras de água foram acondicionadas em recipientes de vidro esterilizados de boca larga (frascos de Wheaton de 100 ml), com tampa plástica com furos para permitir a oxigenação da água. Em cada frasco foram adicionadas duas unidades de substratos celulósicos (palha de milho, sementes de sorgo, epiderme de cebola, papel celofane e papel filtro), quitinosos (asas de cupim) e queratinosos (ecdises de cobra e fios de cabelo humano), os quais serviam de substratos para colonização dos fungos zoospóricos.

As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de uma espátula metálica esterilizada, armazenadas em sacos de polietileno de capacidade de 500g, devidamente identificados com os respectivos pontos de coletas. Para coleta das amostras de solo, foram removidas as camadas superficiais até uma profundidade de aproximadamente 20 cm, coletando-se cerca de 250g de solo para cada ponto demarcado.

Amostras de água e solo coletadas foram tratadas de acordo com as técnicas descritas por Milanez (1989). Inicialmente, foram realizadas iscagem, em laboratório, utilizando os substratos celulósicos (palha de milho, sementes de sorgo, epiderme de cebola, papel celofane e papel filtro), quitinosos (asas de cupim) e queratinosos (ecdise de cobra e fios de cabelo), adicionados a 30 g de solo, em uma placa de Petri, dissolvidas em água. Após incubação por sete dias, os substratos foram observados ao microscópio ótico, para verificação de colonização por fungos zoospóricos. Estes foram separados, cultivados e identificados.

Para a análise dos dados relativos à abundância, à frequência e à diversidade desses organismos foram adotados os estudos de Letcher e Powell (2001). As lagoas, os compartimentos de água e solo, e as estações chuvosa e seca, foram tratados pelos cálculos do índice de similaridade de Sorensen (Ss), da riqueza de espécies (S), índice de diversidade de Shannon (H'), equitatividade (E), índice de Simpson (D). Os dados foram analisados estatisticamente usando o programa PAST 2.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos 222 isolamentos de fungos zoospóricos em oito coletas, realizadas nas estações chuvosa e seca, e identificados 34 táxons, de 12 famílias (Tabela 1).

As famílias foram representadas por Olpidiopsidaceae (1 espécie), Pythiaceae (4), Pythiogetonaceae (3), Leptolegniaceae (2), Saprolegniaceae (10), Blastocladiaceae (3), Catenariaceae (1), Chytridiaceae (1), Cladochytriaceae (4), Endochytriaceae (2), Gonapodyaceae (2) e Rhizophlyctidaceae (1).

Tabela 1 - Táxons de fungos zoospóricos identificados em oito coletas, no período de março de 2011 a julho de 2012, em três lagoas de Teresina, Piauí.

OOMYCOTA

Olpidiopsidaceae

Olpidiopsis achlyae McLarty

Pythiaceae

Pythium echinulatum Mattheus

P. graminicola Subramaniam

P. middletonii Sparrow

P. palingenes Drechsler

Pythiogetonaceae

Pythiogeton dicotbomum Tokunaga

P. ramosum Minden

P. uniforme Lund

Leptolegniaceae

Aphanodichytium pappilatum Haneycutt ex Dick

Leptolegnia keratinophila Huneycutt

Saprolegniaceae

Achlya dubia Coker

A. flagellata Coker

A. orion Coker & Couch

A. prolifera C.G. Nees

A. proliferoides Coker

A. recurva Cornu

Aphanomyces keratinophilus Ôokubo & Kobayasi

Brevilegnia linearis Coker & Braxton

Dyctyuchus pseudodictyon Coker & Braxton ex Couch

D. sterile Coker

BLASTOCLADIOMYCOTA

Blastocladiaceae

Allomyces anomalus R. Emers

A. arbusculus E.J. Butler

A. neomoniliiformis Indoh

Catenariaceae*Catenophlyctis variabilis* (Karling) Karling**CHYTRIDIOMYCOTA****Chytridiaceae***Cylindrochytridium johnstonii* Karling**Cladochytriaceae***Cladochytrium replicatum* Karling*Nowakowskiella elegans* (Nowak.) J. Schrot*Nowakowskiella hemisphaerospora* Shanor*Septochytrium variabile* Berdan**Endochytriaceae***Catenochytridium carolineanum* Berdan*C.kevorkianii* Sparrow**Gonapodyaceae***Gonapodya polimorfa* Thaxter*G. prolifera* (Cornu) A. Fisch**Rhizophlyctidaceae***Rhizophlyctis rosea* (de Bary & Woronin)

A família Saprolegniaceae prevaleceu dentro do filo Oomycota, enquanto que para Chytridiomycota, a predominância deu-se com a família Cladochytriaceae.

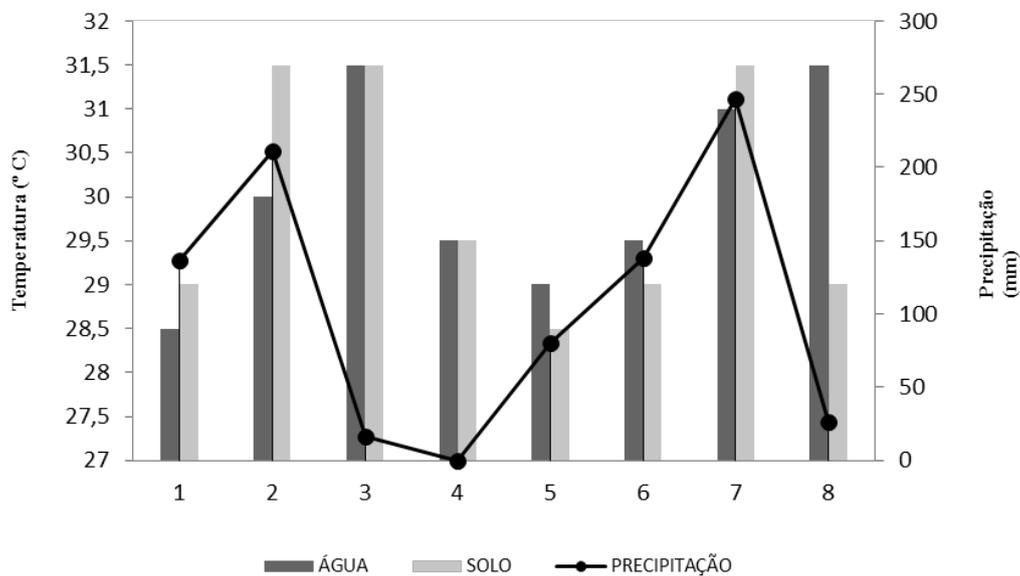
A média das temperaturas do ar, registradas nas oito coletas, variou de 32 °C, na I e II coletas, a 34,5° C, na VI coleta. Para a água, a temperatura média variou de 28,5°C, na I coleta, a 31,5°C, na VIII coleta. No solo, as temperaturas sofreram variação de 28,5°C, na V coleta, a 31,5° C, na III coleta. Os maiores índices pluviométricos foram registrados nos períodos das coletas II, com 210,8 mm, e da VII, com 247 mm. Para a IV coleta, observou-se a escassez de chuvas, com índice pluviométrico nulo. Não houve diferença significativa entre as temperaturas do ar, da água e do solo registradas nas oito coletas, nas estações chuvosa e seca, embora o índice pluviométrico registrado tenha variado de zero a 247 mm, de março de 2011 a junho de 2012 (Figura 1).

Sobre a ocorrência geral dos fungos zoospóricos nos locais de estudo, observou-se que na lagoa Piçarreira do Lourival foram registrados 83 ocorrências; seguidas de 72, na lagoa Piçarreira do Cabrinha e 67, na Lagoa do Mocambinho. Em relação à abundância dos táxons, as espécies abundantes na lagoa Piçarreira do Cabrinha foram *Aphanomyces keratinophilus* (n=12), *Pythiogeton ramosum* (n=6) e *Catenochytridium carolineanum* (n=5). Na lagoa Piçarreira do Lourival, a abundância de espécies foi representada por *Aphanomyces keratinophilus* (n=8), *Dyctyuchus pseudodictyon* (n=7) e *Pythiogeton ramosum* (n=7). A Lagoa do Mocambinho registrou abundância de *Dyctyuchus pseudodictyon* (n=8) e *Aphanomyces keratinophilus* (n=7). Houve uma diferenciação na composição das espécies nas três lagoas, sendo que *Allomyces anomalus*, *Nowakowskiella hemisphaerospora* e *Catenochytridium kevorkianii* exclusivos da lagoa Piçarreira do Cabrinha. *Achlya dubia* mostrou-se presente apenas na lagoa Piçarreira do Lourival e *Olpidiopsis achlyae* foi restrita à Lagoa do Mocambinho.

Dentre os substratos colonizados, os maiores valores de frequência foram observados nos celulósicos, com sementes de sorgo apresentando 72 colonizações (32%), palha de milho 45 (20%) e papel filtro 20 (9%).

A menor frequência de colonização ocorreu em escamas de peixe, correspondendo a 9 (4%). Esses dados concordam com estudos anteriores realizados com fungos zoospóricos no Piauí (Negreiros 2008, Pereira 2008, Sales 2009).

Figura 1 - Temperatura e precipitação pluviométrica registradas no período de oito coletas, realizadas de março de 2011 a julho de 2012, em três lagoas de Teresina, Piauí.



Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí (SEMAR).

O índice de similaridade de Sorensen (Ss) (Tabela 2), calculado entre as oito coletas, apresentou valores abaixo de 50%. O maior valor encontrado foi entre C2-C8 (44,5%), representando a maior semelhança de indivíduos entre as coletas, pois apresentaram valores iguais de espécies para as duas coletas. Entre C3-C7 foi observado o menor índice (0%), não mostrando semelhança na composição dos indivíduos, pois não houve espécies comuns para ambas as coletas.

Relacionando-se às frequências das espécies, as de maiores registros ocorreram com *Aphanomyces keratinophilus* (87,5%), *Dyctyuchus pseudodictyon* (62,5%), *Pythiogeton ramosum* (50%) e *Catenochytridium carolineanum* (41%). *Olpidiopsis achlyae* foi exclusiva da lagoa do Mocambinho, ocorrendo na estação chuvosa. Onze táxons foram exclusivos da estação chuvosa (5 Oomycota e 6 Chytridiomycota) e seis da estação seca (3 Oomycota e 3 Chytridiomycota). *Aphanomyces keratinophilus*, com 27 ocorrências, apareceu em todas as coletas nas três lagoas, apresentando maior ocorrência na estação chuvosa (n=19). *Pythiogeton ramosum* apresentou maior ocorrência na estação seca (n=11).

De acordo com o Índice de Similaridade de Sorensen (Ss) para as estações, houve relativa semelhança de espécies no período chuvoso e de estiagem (76%), representando uma uniformidade entre as espécies encontradas para cada estação, com 117 ocorrências de organismos zoospóricos na estação chuvosa (28 táxons) e 105 (27 táxons) ocorrências na estação seca. Concordando com Nascimento (2010), que avaliando a diversidade de organismos zoospóricos em São Paulo, aborda a maior abundância desses organismos na estação chuvosa.

Para os compartimentos água e solo, 32 táxons ocorreram na água e 21 no solo, sendo as maiores ocorrências representadas por *Aphanomyces keratinophilus* (n=20), *Pythiogeton ramosum* (n=17), *Dyctyuchus pseudodictyon* e *Achlya flagellata* (n=10). De acordo com os índices de diversidade calculados para os compartimentos, as espécies na

água apresentaram-se mais diversas do que o solo, com o índice de Shannon igual a 3,17. Os dados para a diversidade de indivíduos na água se confirmam com o índice de Simpson (0,94), denotando baixa dominância por uma ou poucas espécies.

Tabela 2 - Índice de Similiaridade de Sorensen (Ss) entre as oito coletas de água e solo, em lagoas de Teresina, Piauí.

| COLETAS | A | B | C | Ss (%) |
|---------|----|----|---|--------|
| C1 e C2 | 5 | 9 | 3 | 42,85 |
| C1 e C3 | 5 | 2 | 1 | 28,5 |
| C1 e C4 | 5 | 11 | 3 | 37,5 |
| C1 e C5 | 5 | 14 | 2 | 21 |
| C1 e C6 | 5 | 19 | 3 | 25 |
| C1 e C7 | 5 | 14 | 1 | 10,5 |
| C1 e C8 | 5 | 9 | 2 | 28,5 |
| C2 e C3 | 9 | 2 | 1 | 18 |
| C2 e C4 | 9 | 11 | 4 | 40 |
| C2 e C5 | 9 | 14 | 5 | 43 |
| C2 e C6 | 9 | 19 | 6 | 43 |
| C2 e C7 | 9 | 14 | 3 | 26 |
| C2 e C8 | 9 | 9 | 4 | 44,5 |
| C3 e C4 | 2 | 11 | 1 | 15 |
| C3 e C5 | 2 | 14 | 1 | 12,5 |
| C3 e C6 | 2 | 19 | 1 | 9,5 |
| C3 e C7 | 2 | 14 | 0 | 0 |
| C3 e C8 | 2 | 9 | 1 | 18 |
| C4 e C5 | 11 | 14 | 4 | 32 |
| C4 e C6 | 11 | 19 | 6 | 40 |
| C4 e C7 | 11 | 14 | 4 | 32 |
| C4 e C8 | 11 | 9 | 3 | 30 |
| C5 e C6 | 14 | 19 | 7 | 42 |
| C5 e C7 | 14 | 14 | 6 | 42 |
| C5 e C8 | 14 | 9 | 4 | 34 |
| C6 e C7 | 19 | 14 | 7 | 42 |
| C6 e C8 | 19 | 9 | 6 | 42,85 |
| C7 e C8 | 14 | 9 | 4 | 34 |

A = número de espécies da coleta da primeira lagoa; B = número de espécies da coleta da segunda lagoa; C = número de espécies comuns às duas coletas.

Os dois índices apresentaram a mesma tendência de valores nas parcelas, pois expressam riquezas de espécies e de indivíduos, podendo ocorrer variação apenas devido ao tamanho das áreas de coletas. O índice de Equitabilidade (E) mostrou padrão de semelhança, representando uma divisão igualitária entre as espécies na água (0,91) e no solo (0,93). Os valores nesse índice variam de 0 a 1, ou seja, quanto mais próximo de 1, maior a uniformidade no compartimento (Tabela 3).

Tabela 3. Índices ecológicos entre os compartimentos água e solo registrados em oito coletas bimestrais em lagoas de Teresina, Piauí. Ss: Índice de similaridade de Sorensen; S: riqueza de espécies; N: número de indivíduos; H': índice de Shannon; D: dominância e E: equitabilidade.

| COMPARTIMENTOS | Ss | S | N | H' | D | E |
|----------------|----|----|-----|-------|-------|------|
| ÁGUA | 68 | 32 | 162 | 3,179 | 0,053 | 0,91 |
| SOLO | | 21 | 6 | 2,847 | 0,068 | 0,93 |

O índice de Similaridade de Sorensen (Ss) para água e solo mostrou valor significativo (68%), afirmando que a quantidade de espécies é semelhante entre os compartimentos. Esses dados não concordam com os achados de Rocha (2002), Pereira (2008), Sales (2009), Silva e Rocha (2017), e Sousa e Rocha (2017), os quais relataram maior abundância de organismos zoospóricos em compartimentos de solo.

CONCLUSÃO

No estudo da diversidade dos filos Oomycota, Blastocladiomycota e Chytridiomycota em três lagoas, a abundância total das espécies foi mais pronunciada na estação chuvosa, sendo a família Saprolegniaceae com maior representatividade. A estrutura das comunidades apresentou razoável variação com relação à diversidade das espécies nas lagoas, havendo maior similaridade entre a lagoa Piçarreira do Lourival e Lagoa do Mocambinho, sendo que a lagoa Piçarreira do Cabrinha diferiu das duas em relação às espécies encontradas, provavelmente, devido a maior exposição aos esgotos residenciais sem tratamento que desembocam em seu interior.

Com relação à sazonalidade, observou-se que a temperatura e as estações chuvosa e seca não foram fatores limitantes para a ocorrência dos fungos zoospóricos. Porém, algumas espécies mostraram-se exclusivas à estação seca, enquanto outras se fizeram presentes apenas na estação chuvosa. Os índices biológicos de Sorensen, Shannon, Equitatividade e Simpson, sugeriram que a distribuição e ocorrência dos fungos zoospóricos podem ser independentes dos fatores abióticos.

REFERÊNCIAS

- Baptista FR, Pires-Zottarelli CLA, Rocha M, Milanez AI 2004. The genus *Pythium* Pringsheim from Brazilian cerrado areas, in the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 27:281-290.
- Beakes GW, Honda D e Thines M. 2014. Systematics of the Straminipila: Labyrinthulomycota, Hyphochytridiomycota, and Oomycota. In: **Systematics and Evolution**, The Mycota, VIII Part A, D. J. McLaughlin and J. W. Spatafora (Eds.). 2 ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p.39-97.
- Beakes GW, Glockling SL, Sekimoto S. 2012. The evolutionary phylogeny of oomycetes “fungi”. **Protoplasma**, (249), p.3-19.
- Beneke ES, Rogers L. 1962. Aquatic Phycomycetes isolated in the States of Minas Gerais, São Paulo and Paraná,

Brazil. **Rickia**, 1:181-193.

El-Hissy F, Ard GA. 1989. Aquatic fungi from Egyptian soils (Upper Egypt). **Sydowa**, 41:150-159.

Furtado JS. 1965. A new aquatic fungi, *Achlya benekei* sp. nov. **Rickia**, São Paulo, 2:121-127.

Gomes AL, Pires-Zottarelli CLA, Rocha M, Milanez AI. 2003. Saprolegniaceae de áreas de Cerrado do estado de São Paulo, Brasil, **Hoehnea**, 30:95-110.

Jesus AL, Marano AV, Schoenlein-Crusius IH, Pires-Zotarelli CLA. 2013. A Diversidade de organismos zoospóricos heterotróficos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil: novas citações. **Hoehnea**, 40(1):167-180.

Jerônimo GH, Jesus ALD, Marano AV, James TY, Souza JID, Rocha SCO, Pires-Zottarelli CLA. 2015. Diversity of Blastocladiomycota and Chytridiomycota from Parque Estadual da Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, 42(1): 135-163.

Joffily I. 1947. M. Alguns ficomicetos aquáticos e terrícolas do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Agronomia**, 10(2): 95-113.

Karling JS. 1981. *Rhizidiomyces bullatus* (Sparrow) comb. nov., and other anisochytrids from Venezuela. **Nova Hedwigia**, 34:669-678.

Kiziewicz B. 2012. Frequency and distribution of zoosporic true fungi and heterotrophic straminipiles from river springs. **Polish Journal Environmental Studies**, 21(4): 295-303.

Khallil AMA. 1990. Mycoflora associated with some freshwater plants collected from Delta region (Egypt). **Journal of Basic Microbiology**, Berlin, 30: 663-674.

Khulbe RD, Bhargava KS. 1977. Distribution and seasonal periodicity of water molds in some lakes in Nainital Hills. **Hydrobiologia**, Dordrecht, 54: 67-72.

Larkin RP, English JT, Mihail JD. 1991. Root colonizations of alfalfa seedlings by *Pythium* spp and its effect on root system morphology. **Phytopathology**, 81:1186.

Lee EJ. 2000. Chytrid distribution in diverse boreal Manitoba sites. **Korean Journal Biology Society**, 4:57-62.

Letcher PM., Powell MJ. 2001. Distribution of chytrids in forest soils of the Blue Ridge and Appalachian Mountains of Virginia. **Mycologia**, 93:1029–1041.

Letcher PM, Powell MJ. 2002. Frequency and distribution patterns of zoosporic fungi from moss-covered and exposed forest soils. **Mycologia**, 94(5): 761-771.

Marano AV, Barrera MD, Steciow MM, Donadelli JL, Saparrat MC. 2008. Frequency, abundance and distribution of zoosporic organisms from Las Cañas stream (Buenos Aires, Argentina). **Mycologia**, 100(5): 691-700.

Marano AV, Barrera MD, Steciow MM, Gleason FH, Pires-Zottarelli CL, Donadelli JL. 2011. Diversity of

zoosporic true fungi and heterotrophic straminipiles in Las Cañas stream (Buenos Aires, Argentina): assemblages colonizing baits. **Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie**. 178(3): 203-218.

Marano AV, Jesus AL, Pires-Zottarelli CLA, James TY, Gleason FH, Souza JI. 2014. Phylogenetic relationships of Pythiales and Peronosporales (Oomycetes, Straminipila) within the “peronosporalean galaxy”. In: Gareth Jones EB, Hyde KD, Pang K-L (Eds.). **Freshwater fungi and Fungal like Organisms**. Germany: Gruyter, p. 177-200.

Milanez AI. 1968. Aquatic fungi of the cerrado region of São Paulo State. **Rickia**, 3: 97-109.

Milanez AI, Trufem SFB. 1984. Fungos zoospóricos em frutos submersos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo. **Rickia**, 9:7-15.

Milanez AI. 1984. Distribuição geográfica de *Karlingia rosea* (de Bary & Woronin) Johanson no Brasil. In: **Anais do Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, IV**. Rio de Janeiro, p. 73-76.

Milanez AI. Fungos de águas continentais. *In*: O. Fidalgo, V. L. Bononi (coords.). 1989. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. Instituto de Botânica, São Paulo, p. 17-20.

Milanez AI, Pires-Zottarelli CLA, Schoenlein-Crusius IH. 1995. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Fungos, 2: Lagenidiales. **Hoehnea** 22: 115-123.

Milanez AI, Pires-Zottarelli CLA, Schoenlein-Crusius IH. 1996. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Fungos, 5. Leptomitales. **Hoehnea**, 23(1): 67-76.

Milanez AI, Pires-Zottarelli CLA, Gomes AL. 2007. **Brazilian Zoosporic Fungi**. São Paulo, P. 112.

Nascimento CA, Pires-Zottarelli CLA. 2009. Chytridiales (Chytridiomycota) do Parque Estadual da Serra da Cantareira. **Acta Botanica Brasilica**, 23:459-473.

Nascimento CA. 2010. **Avaliação da diversidade de organismos zoospóricos da Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi Guaçu, Estado do São Paulo, Brasil**. 2010, p.157. Tese (Doutorado) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

Negreiros NC. 2008. **Uso sustentável de culturas agrícolas suscetíveis a oomicetos (Oomycota) fitopatogênicos às margens do rio Parnaíba no município de Floriano, Piauí**. 2008, p. 99. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

Pereira AA. 2008. **Oomicetos (Oomycota) no campo agrícola de Nazária, Piauí: sustentabilidade na prevenção e controle dos fitopatógenos em agricultura familiar**. 2008, p. 74. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.

Pires-Zottarelli CLA. 1990. **Levantamento dos fungos zoospóricos da Represa do Lobo (Broa), São Carlos, SP, Brasil**. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade Estadual Paulista. 175 p.

Pires-Zottarelli CLA. 1999. **Fungos Zoospóricos dos Vales dos Rios Moji e Pilões, Região de Cubatão**,

São Paulo SP. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (São Paulo).

Pires-Zottarelli CLA, Milanez AI. 1993. Fungos zoospóricos da Represa do Lobo (“Broa”). Novas citações para o Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 16: 205–220.

Pires-Zottarelli CLA, Milanez AI, Schoenlein-Crusius IH. 1995a. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Fungos, 3: Peronosporales. **Hoehnea**, 22: 125-133.

Pires-Zottarelli CLA, Milanez AI, Schoenlein-Crusius IH, Lohmann LG. 1996a. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Fungos, 6: Chytridiales. **Hoehnea**, 23:77-90.

Rocha M, Pires-Zottarelli CLA. 2002. Chytridiomycota e Oomycota da Represa do Guarapiranga. São Paulo, SP. **Acta Botânica Brasílica**, 16: 287-309.

Rocha JRS, Sousa NDC, Negreiros NC, Santos LA, Pereira AA, Sales PCL, Trindade- Júnior OC. 2014. The genus *Pythiogeton* (Pythiogetonaceae) in Brazil. **Mycosfera**, 5(5): 623-634.

Rocha JRS, Saraiva LS, Silva JB, Macêdo MAM. 2016. The genus *Allomyces* (Blastocladiomycota) in the State of Piauí, Brazil. **Hoehnea**, 43(3): 487-495,

Rooney HM, Mcknight KH. 1972. Phycomycetes of Lily lake, Utah. **Great Basin Naturalist**, Utah, 32(4):181-189.

Sales PCL. 2009. **Potabilidade da água e presença de oomicetos (Oomycota) em poços freáticos nos povoados Banco de Areia, Bacuri e Roncador no município de Timon, Maranhão.** Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí.

Shearer CA, Descals E, Kohlmeyer B, Kohlmeyer J, Marvanová L, Padgett D, Porter D, Raja HA, Schmit JP, Thorton HA, Voglymayr H. 2007. Fungal biodiversity in aquatic habitats. **Biodiversity Conservation**, 16:49–67.

Silva JB, Rocha JRS. 2017. Oomycetes (Oomycota) from Maranhão State, Brazil. **Hoehnea** 44(3):394-406.

Sousa NDC, Rocha JRS. 2017. Oomicetos (Straminipila) no rio Poti, perímetro urbano de Teresina, Piauí. **Pesquisa, Botânica** 70:109-128.

Steciow MM. 1997. The occurrence of *Achlya recurva* (Saprolegniales, Oomycetes) in hydrocarbon-polluted soil from Argentina. **Revista Iberoamericana de Micologia**, 4:135-137.

Trindade-Júnior OC, Rocha JRS. 2013. *Brevilegnia linearis* Coker (Saprolegniales, Oomycota, fungos): um novo registro para o Brasil. **Pesquisas. Botânica** 64:341-345.

Willoughby LG, Rigg E. 1983. Lower aquatic fungi in the soils of Majorca. **Nova Hedwigia**, 37: 369-383.