



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
NÚCLEO DE REFERÊNCIA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS DO TRÓPICO  
ECOTONAL DO NORDESTE  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (MDMA)**

**GIVANILSO CÂNDIDO LEAL**

**COMUNIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) E A EUTROFIZAÇÃO NOS RIOS  
PARNAÍBA E POTI, TERESINA, PI**

**TERESINA – PI  
2020**

**GIVANILSO CÂNDIDO LEAL**

**COMUNIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) E A EUTROFIZAÇÃO NOS RIOS  
PARNAÍBA E POTI, TERESINA, PI**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Utilização Sustentável do Recursos Naturais.

**Orientador:** Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Serviço de Processamento Técnico

L435c Leal, Givanilso Cândido.  
Comunidade de oomicetos (Oomycota) e a  
eutrofização nos rios Parnaíba e Poti, Teresina, PI /  
Givanilso Cândido Leal. – 2020.  
113 f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina,  
2020.

“Orientador: Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa  
Rocha”

1. Microorganismos. 2. Eutrofização. 3. Impactos  
Ambientais. I. Título.

CDD 579.1

**GIVANILSO CÂNDIDO LEAL**

**COMUNIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) E A EUTROFIZAÇÃO NOS RIOS  
PARNAÍBA E POTI, TERESINA, PI**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Biodiversidade e Utilização Sustentável do Recursos Naturais.

**Orientador:** Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha  
Universidade Federal do Piauí – UFPI  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho  
Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI)  
(Membro interno)

---

Profª. Dra. Roselis Ribeiro Barbosa Machado  
Universidade Estadual do Piauí – UESPI  
(Membro externo)

Dedico este trabalho aos meus pais, Elizomar e Francisco, por todo incentivo, dedicação, amor e compreensão a mim dispensados em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por esta oportunidade e por ter me guiado nessa longa jornada, cheia de provações e momentos de desânimo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

À UFPI, por disponibilizar os recursos básicos para a realização desta pesquisa.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. José de Ribamar de Sousa Rocha, por todo apoio, conhecimento compartilhado, incentivo, dedicação e paciência em orientar-me durante esses dois anos. Você é um exemplo de ser humano e profissional, levarei seus conhecimentos por toda minha jornada como biólogo.

Aos professores do PRODEMA/UFPI, pelos ensinamentos compartilhados.

Aos colegas de turma, pelas partilhas, pelos bons momentos e pelo apoio nas dificuldades. O grupo “*The flash*” sempre estará presente em meu coração.

Ao Zezinho, obrigado por todo apoio nas demandas administrativas do PRODEMA e pelo bom humor diário.

Ao Professor Carlos Ernando, pelo apoio durante as coletas e compartilhar de seu laboratório para que parte das análises fossem realizadas.

Aos colegas do laboratório de Saneamento – CT/UFPI, Olga, Rafael, Max, Miquelyna e Rone, vocês foram indispensáveis para realização desse trabalho. Muito obrigado.

Aos colegas do Laboratório de Fungos Zoospóricos/UFPI, Natanael José, Douglas Trigueiro, Jacky Prospere, Joseane e Eduardo, obrigado por todo apoio, conhecimentos compartilhados e ajuda durante a pesquisa.

Aos mestres da UESPI, Francisca Lucia, Roselis Ribeiro, Marcia Percilia, Fátima Veras e Francisco Soares, minha imensa gratidão por todo conhecimento, orientação e suporte durante todos esses anos.

A minha família, pelo amor incondicional. Meus pais, Elizomar e Francisco, por toda dedicação e amor. Meus irmãos, por vibrarem em todas as conquistas na minha vida. Minha avó, Alcinda, por todo amor.

Aos amigos, por todo apoio a mim dispensado durante todos os momentos, por dedicarem parte do seu tempo ouvindo minhas angústias da vida de mestrando. Ana Cristina e Thamires, minhas *bio lovers*, obrigado por todo apoio, amizade e companheirismo desde 2011, e até mesmo por lembrarem do prazo de inscrição do mestrado (rsrs) amo vocês. Lucas Guimarães, gratidão por todo apoio durante o processo seletivo do PRODEMA. Edmilson, obrigado por sua amizade e conselhos durante todos esses anos. Marianna Lima, você é a parte que faltava na minha vida, obrigado por todo amor, companheirismo e por estar sempre presente nos melhores e nos piores momentos, *love you!* Brodie Murphy, obrigado por todo suporte e paciência em ajudar no meu processo de aprendizado do inglês. Gislene Oliveira, obrigado pela amizade e por compartilhar tantos momentos lindos nesses últimos anos. Hortência, Aline, Ermínia, Giovana, Elayne, Pereira, Paulo e Giovana, obrigado por toda força, companheirismo e ajuda durante as aulas e atividades acadêmicas.

Muito obrigado!

*“The world is your oyster.  
It's up to you to find the pearls.”*  
Chris Gardner

## RESUMO

Os oomicetos (Oomycota) constituem um grupo de organismos zoospóricos com afinidade de características morfológicas e fisiológicas com os fungos, os quais pertenciam em classificações taxonômicas anteriores. Atuam como recicladores da matéria orgânica e parasitas de plantas, animais, fungos e outros oomicetos. No Brasil, são escassos os estudos desses organismos e pouco o conhecimento sobre como as populações se comportam nos ambientes. Contudo, estudos sobre oomicetos são bastante promissores, não apenas pela sua importância econômica, podendo causar danos a diversas culturas agrícolas devido seu potencial de parasitismo, como também por apresentar potencial para uso na bioindicação, considerando sua sensibilidade às mudanças ambientais. O uso de organismos vivos como bioindicadores no auxílio a determinação da qualidade de ambientes aquáticos tem ganhado grande destaque com os avanços científicos e tecnológicos. Juntamente com as características físico-químicas verificadas a partir dos parâmetros adotados para análise da qualidade da água, o conhecimento do comportamento dos organismos que vivem nesses ambientes é de suma importância, pois é possível observar diretamente como os níveis de poluição podem impactar esses seres. Assim, foi realizado estudo das comunidades de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti utilizando indicadores de Riqueza, sendo representada por 19 *taxa* distribuídos em oito gêneros, 13 *taxa* foram comuns nos dois rios. O rio Parnaíba obteve 17 *taxa*, com maior frequência para: *Aphanomyces* sp com 28%, *Achlya* sp. e *Dictyuchus* sp. com 11% cada e *Pythiogeton uniforme* com 10%. *Achlya dubia* (5%), *A. proliferoides* (1%), *Brevilegnia megasperma* (2%) e *Pythiogeton utriforme* (2%) foram exclusivos no rio Parnaíba. No rio Poti foram observados 15 *taxa* em seis gêneros, com maior frequência: *Aphanomyces* sp. (22%), *Pythiogeton ramosum* (19%) e *Pg. uniforme* (12%). *Leptolegniella keratinophila* e *Plectospira myriandra* foram exclusivas desse rio. Apesar da maior diversidade ser apresentada no rio Parnaíba, grande parte dos seus isolados foram raros, com baixa frequência. Enquanto o rio Poti obteve mais espécies constantes durante as coletas. A caracterização nutricional dos isolados teve destaque na colonização de substratos orgânicos de origem celulósicos perfazendo um total de 71% e 69% nos rios Parnaíba e Poti respectivamente. Os substratos quitinosos não apresentaram colonização por oomicetos em ambos os rios. Dentre os exemplares isolados na pesquisa *Achlya conspicua* ganha destaque por ser a primeira citação para o Brasil e *Brevilegnia megasperma* como segunda citação para o país e primeira para o Piauí. Além disso, foi observado o nível de eutrofização dos rios nos pontos de coleta, dados de fósforo total e clorofila *a* em ambos os ambientes apresentaram valores superior ao preconizado na legislação do país. A partir desses dados foi determinado o Índice de Estado Trófico – IET desses ambientes, o rio Poti demonstrou maior índice, em pontos com intensa urbanização, chegando a ser classificado como supereutrófico. A correlação da riqueza dos oomicetos com as variáveis: temperatura, pH e IET não foram fatores limitantes na dinâmica dos oomicetos no rio Parnaíba; contudo, foi notória a interferência desses fatores como característica limitante da dinâmica dos oomicetos no rio Poti. A partir dos dados do estado eutrófico dos rios os 13 *taxa* comuns nos dois ambientes foram caracterizados quanto abundância, frequência e constância. Destes, seis *taxa* ganharam destaque nessas características, principalmente *Aphanomyces* sp., sendo isolados com promissor uso em estudos de bioindicação da qualidade ambiental. Com isso, foi possível conhecer e entender a dinâmica dos oomicetos nesses ambientes, entender como o processo de eutrofização dos rios interferem nesses organismos e quão impactado esses ambientes estão devido a influência antrópica no meio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioindicadores. Impactos Ambientais. Eutrofização.

## ABSTRACT

Oomycetes (Oomycota) constitute a group of zoosporic organisms with affinity of morphological and physiological characteristics with fungi, which belonged in previous taxonomic classifications. They act as recyclers of organic matter and parasites of plants, animals, fungi and other oomycetes. In Brazil, studies on these organisms are scarce and little is known about how populations behave in environments. However, studies on oomycetes are very promising, not only because of their economic importance and may cause damage to several agricultural crops due to their potential for parasitism, but also because of their potential for use in bioindication, considering their sensitivity to environmental changes. The use of living organisms as bioindicators to help determine the quality of aquatic environments has gained great prominence with scientific and technological advances. Along with the physical-chemical characteristics verified from the parameters adopted for the analysis of water quality, knowledge of the behavior of the organisms that live in these environments is of paramount importance, as it is possible to directly observe how the levels of pollution can impact these beings. Thus, a study of the communities of oomycetes in the Parnaíba and Poti rivers was carried out using indicators of Wealth, being represented by 19 taxa distributed in eight genera, 13 taxa were common in both rivers. The Parnaíba river obtained 17 taxa, most frequently for: *Aphanomyces* sp. with 28%, *Achlya* sp. and *Dictyuchus* sp. with 11% each and *Pythiogeton* uniform with 10%. *Achlya dubia* (5%), *A. proliferoides* (1%), *Brevilegnia megasperma* (2%) and *Pythiogeton* utriforme (2%) were exclusive in the Parnaíba river. In the Poti River, 15 taxa were observed in six genera, most frequently: *Aphanomyces* sp. (22%), *Pythiogeton* ramosum (19%) and *Pg.* uniform (12%). *Leptolegniella* keratinophila and *Plectospira* myriandra were exclusive to this river. Although the greatest diversity was expressed in the Parnaíba River, most of its isolates were rare, with low frequency. While the Poti River obtained more constant species during the collections. The nutritional characterization of the isolates was highlighted in the colonization of organic substrates of cellulosic origin, making a total of 71% and 69% in the Parnaíba and Poti rivers respectively. Chitinous substrates did not show colonization by oomycetes in both rivers. Among the isolated specimens in the research *Achlya* conspicua stands out for being the first citation for Brazil and *Brevilegnia megasperma* as the second citation for the country and the first for Piauí. In addition, the level of eutrophication of the rivers at the collection points was observed, data on total phosphorus and chlorophyll a in both environments showed values higher than that recommended in the country's legislation. From these data, the Trophic State Index - EIT of these environments was determined, the Poti River showed a higher index, in points with intense urbanization, being classified as supereutrophic. The correlation of oomycete richness with the variables: temperature, pH and EIT were not limiting factors in the dynamics of oomycetes in the Parnaíba River; however, the interference of these factors was notorious as a limiting characteristic of the dynamics of oomycetes in the Poti River. From the data about the eutrophic state of the rivers, the 13 common taxa in both rivers were characterized in terms of abundance, frequency and constancy. Among them, six taxa gained prominence in these characteristics, mainly *Aphanomyces* sp., being isolated with promising use in bioindication studies of environmental quality. Therefore, it was possible to know and understand the dynamics of oomycetes in these environments, understand how the process of eutrophication of rivers interfere in these organisms and how impacted these environments are due to anthropic influence in the environment.

**KEY WORDS:** Bioindicators. Environmental impacts. Eutrophication.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### ARTIGO 1

- Figura 1:** Pontos de coleta de água nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina, Piauí..... 36
- Figura 2:** Diversidade de oomicetos (oomycota) nos rios Parnaíba e Poti, em Teresina, Piauí. a-b. *Leptolegniella keratinophila*, a - hifas com formação de esporos de resistência; b – oósporo com presença de gota lipídica. c-e. *Pythiogeton dichotomum*, c – zoosporângios terminais ramificados dicotomicamente; d – presença de haustório na porção terminal da hifa principal; e – zoosporângios esféricos. f-g. *Pythiogeton ramosum*, f - zoosporângio com longo tubo de liberação; g – zoosporângios em grande quantidade. h-i. *Pythiogeton* uniforme, h – zoosporângio terminal com tubo de liberação; i – zoosporângio com proliferação interna. j-l. *Pythiogeton utriforme*, j – zoosporângio único lateralmente à hifa principal; l – oósporos appleróticos com parede espessa. m. *Phyttophthora* sp, m – zoosporângio inflado. .... 54
- Figura 3.** Diversidade de oomicetos (oomycota) nos rios Parnaíba e Poti, em Teresina, Piauí. a-c. *Achlya bisexualis*, a – gemas abundantes, catenuladas e zoósporos encistados; b – oogônios terminais e esféricos; c – oogônio com células anteridiaais. d-f. *Achlya conspicua*, d – gema filiforme; e – oogônio com oosferas maduras; f – oogônio com anterídio diclino. g. *Achlya dubia*, g – gemas ramificadas; h-i. *Achlya falgellta*, h – oogônios esféricos e laterais com anterídio diclino; i – oogônios terminais com longos pedúnculos. j-l. *Achlya proliferoides*, j – ramos anteridiaais envolvendo a hifa principal; l – oogônio com anterídio diclino com ramos anteridiaais ramificados e em grande quantidade. m. *Achlya* sp., m – liberação de zoósporo do tipo acloioide. .... 55
- Figura 4.** Diversidade de oomicetos (oomycota) nos rios Parnaíba e Poti, em Teresina, Piauí. a. *Aphanomyces* sp., a – zoósporos encistados provenientes de liberação do tipo acloioide. b. *Aphanomyces keratinophilus*, b – zoósporos encistados na porção terminal da hifa fixada em substrato queratinoso. c-e. *Brevilegnia megasperma*, c – gema na porção terminal da hifa; d – oogônio com grande gota lipídica; e – oogônio com parede espessa e ausência de poros e gota lipídica. f-h. *Dictyuchus pseudodictyon*, f – zoosporângio com liberação do tipo dictioide; g – oogônio com muito ramos anteridiaais do tipo diclino; h – oogônio terminal com grande gota lipídica. i. *Dictyuchus sterilis*, i – zoosporângio longo e delgado com liberação do tipo dictioide. j. *Dictyuchus* sp., j – grande quantidade de zoosporângios longos e delgados apresentando apenas uma única série de zoósporos. l-m. *Plectospira myriandra*, l – zoosporângio após liberação de zoósporos; m – oogônio com espessa parede..... 56

### ARTIGO 2

- Figura 1:** Localização da área de estudo e pontos de coleta nos Rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina, Piauí..... 67
- Figura 2:** Gráfico de abundância das espécies isoladas a partir de coletas de água nos rios Parnaíba e Poti, Teresina, Piauí..... 73
- Figura 3:** Gráfico da correlação da ocorrência das espécies de oomicetos encontradas nos rios Parnaíba e Poti. Pa – espécies encontradas no rio Parnaíba. Po – espécies encontradas no rio Poti. .... 75

### ARTIGO 3

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo e imagens dos pontos de coleta nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina – PI.....	84
<b>Figura 2.</b> Variação temporal do Fósforo total – P (mg/L) no rio Parnaíba e Poti por coleta ..	87
<b>Figura 3.</b> Variação temporal do Clorofila <i>a</i> – CL (µg/L) no rio Parnaíba e Poti por coleta ...	88
<b>Figura 4.</b> Frequência de valores por faixa de classificação do IET por ponto amostral no rio Parnaíba, Teresina – PI.....	89
<b>Figura 5.</b> Frequência de valores por faixa de classificação do IET por ponto amostral no rio Poti, Teresina – PI. .	90
<b>Figura 6.</b> Frequência de valores do IET por coleta nos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI. ..	90
<b>Figura 7:</b> Abundância de oomicetos em períodos chuvoso e seco nos rios Parnaíba e Poti ...	92
<b>Figura 8:</b> Correlação entre: Temperatura, pH, IET, Ocorrências e Riqueza dos oomicetos presentes no rio Parnaíba no perímetro urbano de Teresina, Piauí. ....	93
<b>Figura 9:</b> Correlação entre: Temperatura, pH, IET, Ocorrências e Riqueza dos oomicetos presentes no rio Poti no perímetro urbano de Teresina, Piauí. ....	94

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

### ARTIGO 1

<b>Tabela 1:</b> Pontos de coleta de água nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina, Piauí.....	36
--	----

### ARTIGO 2

<b>Tabela 1:</b> Pontos de coleta nos Rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina, Piauí .....	68
<b>Tabela 2:</b> Quantificação dos isolados de oomicetos obtidos em amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI, entre Julho/2018 e Junho/2019. Ab= abundância total, FT= frequência total, Abt= abundância total nos dois rios, FTf= frequência total nos dois rios.....	72
<b>Tabela 3:</b> Frequência de oomicetos isolados de amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI, segundo a Escala de Braun-Blanquet. F = frequência de <i>taxa</i> . T = total de <i>taxa</i> . .....	73
<b>Tabela 4:</b> Constância dos oomicetos isolados dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI. ....	74
<b>Tabela 5:</b> Frequência da colonização dos substratos orgânicos utilizados no isolamento de oomicetos em amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI. FT = frequência total. ....	76
<b>Tabela 6:</b> Caracterização nutricional dos oomicetos obtidos em amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI. SO = semente de <i>sorghum</i> sp, PM = palha de milho, PC = papel celofane, CA = capim, CB = cabelo, EC = ecdise de cobra, EP = escama de peixe e AC = asa de cupim. ....	77

### ARTIGO 3

<b>Tabela 1:</b> Pontos de coleta nos Rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina, Piauí. ....	84
<b>Tabela 2:</b> Classificação do Índice de Estado Trófico – IET.....	86
<b>Tabela 3:</b> Quantificação dos oomicetos; Média dos dados de: Clorofila- <i>a</i> ; Fósforo total; Índice de Estado Trófico (IET); Temperatura e pH obtidos de amostras de água dos rios Parnaíba e Poti durante seis coletas realizadas entre Julho/2018 e Junho/2019. Ab = abundância total, FT = frequência total, Abt = abundância total nos dois rios, FTf = frequência total nos dois rios. Classificação IET: Ult = ultraoligotrófico; Oli = Oligotrófico; Mes = mesotrófico; Eut = eutrófico; Sup = supereutrófico; Hip = hipereutrófico. ....	91
<b>Tabela 4:</b> Potencial de bioindicação de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI, considerando Ab = Abundância total, FT = Frequência total, C = Constância (C – constante, A – acessória, Ac – acidentais).....	95

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

<b>Ab</b>	Abundância
<b>ADE</b>	Água Destilada Esterilizada
<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>APHA</b>	American Public Health Association
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo
<b>CL</b>	Clorofila <i>a</i>
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>FT</b>	Frequência Total
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IET</b>	Índice de Estado Trófico
<b>IQA</b>	Índice de Qualidade da Água
<b>ISTO</b>	Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas
<b>IVA</b>	Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas
<b>P</b>	Fósforo Total
<b>PB</b>	Rio Parnaíba
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniônico
<b>PNUD</b>	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
<b>PT</b>	Rio Poti
<b>UA</b>	Unidade Amostral
<b>UA<sub>t</sub></b>	Unidade Amostral analisada
<b>UFPI</b>	Universidade Federal do Piauí
<b>UT</b>	Unidade Taxonômica

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	18
2.1. Oomicetos.....	18
2.2. Poluição dos recursos hídricos .....	19
2.3. Qualidade da água .....	20
2.4. Bioindicadores .....	22
2.5. Características da área de estudo .....	24
REFERÊNCIAS .....	26
3. ARTIGO 1. DIVERSIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) NOS RIOS PARNAÍBA E POTI, EM TERESINA, PIAUÍ.....	31
4. ARTIGO 2. DINÂMICA DE OOMICETOS (OOMYCOTA) NOS RIOS PARNAÍBA E POTI EM TERESINA, PIAUÍ.....	63
5. ARTIGO 3. A COMUNIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) EM AMBIENTE EUTROFIZADOS NOS RIOS PARNAÍBA E POTI.....	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	100
ANEXO 1: NORMAS DA REVISTA GAIA SCIENTIA .....	103
ANEXO 2: NORMAS DA REVISTA BIOTA NEOTROPICA.....	108

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades de origem antrópica têm afetado a biosfera de modo exorbitante nas últimas décadas com o aumento dos poluentes liberados no meio. Como resultado, a eutrofização tornou-se um problema global perpassando todos os ecossistemas. Processo caracterizado pelo enriquecimento de nutrientes nos corpos d'água e o aumento excessivo de alguns microrganismos e algas, resultando no desequilíbrio da biota local (JOHNSON *et al.* 2016; SINHA *et al.* 2017). Este processo de poluição dos rios nas áreas urbanas não é diferente na cidade de Teresina – PI, localizada entre dois grandes rios federais, Parnaíba e Poti, que suprem o abastecimento de toda cidade. Sendo o processo de urbanização o principal agente causador da poluição desses ambientes (OLIVEIRA FILHO; LIMA NETO, 2016).

De modo, para compreender ou mesmo desenvolver medidas para redução da poluição desses ambientes, o estudo de características ecológicas e ambientais de um rio se configura como a melhor maneira de compreender os fatores que interferem a biodiversidade aquática (CASTRO *et al.*, 2015). Estes fatores são analisados através de estudos sobre diversos parâmetros, físico, químico ou biológico, para determinar a eutrofização de rios, lagos, reservatórios, entre outros ambientes aquáticos. Clorofila *a* é um dos parâmetros mais utilizados para determinar o estado trófico desses ambientes. O processo de eutrofização altera a dinâmica do ambiente, principalmente, nos seres decompositores, responsáveis pela ciclagem de nutrientes, bem como atuarem na bioindicação de qualidade da água (PIZZARRO *et al.* 2015; CISAR *et al.*, 2018).

Dentre os seres decompositores estão os oomicetos presentes em diversos ambientes aquáticos e terrestre, são organismos que atuam como sapróbitos e/ou parasitas. São eucariotos e comumente conhecidos como fungos zoospórios (WALKER; VAN WEST, 2007; SOUSA; ROCHA, 2017). Atualmente, devido a estudos mais aprimorados, este grupo pertence ao Reino Stramenopila por estarem filogeneticamente mais próximos de alguns grupos de algas, assim, recebem a nomenclatura de Organismos Zoospóricos (DICK, 2001; REN CHEN *et al.*, 2018).

Os estudos com oomicetos são recentes, comparados a outros organismos, mundialmente são conhecidas cerca de 1.500 espécies, com prevalência nas regiões tropicais (LAMOUR; KAMOUR, 2009). No Brasil, são conhecidas e catalogadas 196 espécies. Os principais locais de estudos sobre oomicetos são os estados de São Paulo, Minas Gerais e Piauí (FLORA DO BRASIL 2020, 2019).

Além de serem seres responsáveis pela ciclagem de nutrientes, diversas espécies de oomicetos são parasitas de plantas e animais, incluindo o homem. Sendo assim, de grande importância econômica, pois podem causar danos em diversas atividades como, agricultura,

pecuária e piscicultura. Alguns oomicetos são conhecidos mundialmente por seus impactos na economia, *Pythium insidiosum*, por exemplo, é responsável por ulcerações dérmicas em mamíferos, *Phytophthora infestans* é conhecida por causar danos em plantações, principalmente, de batatas, *Achlya flagellata* como patógeno de algumas espécies de peixes (SOUSA; ROCHA, 2017; REN CHEN *et al.*, 2018).

A importância econômica desses organismos está intimamente relacionada a ambientes aquáticos, dada a relação desses ambientes com o desenvolvimento das sociedades, sendo utilizado em todas as atividades econômicas e responsável pelo desenvolvimento urbano das cidades. Dentre os diversos ambientes aquáticos, os rios ganham destaque devido a sua importância e por serem alvo de constante poluição oriunda das atividades antrópicas com despejo de efluentes não tratados (OLIVEIRA, 2012; BATISTA *et al.*, 2016; MACHADO; ROCHA, 2019).

Desse modo, tendo em vista a influência do processo de eutrofização sobre os ecossistemas aquáticos, os rios Parnaíba e Poti possuem características importantes para a execução dessa pesquisa, com uma abordagem para os aspectos da diversidade de oomicetos nesses ambientes e suas respostas aos processos de eutrofização no perímetro urbano de Teresina, Piauí. Essas informações serão de relevância para colaborar com o conhecimento da biodiversidade dos ambientes aquáticos brasileiros, bem como fornecer informações sobre o estado trófico dos rios e qual sua influência na biota local.

Nestas circunstâncias, sabendo que a eutrofização é um problema que interfere diversos aspectos da sociedade na atualidade e dada a escassez de estudos sobre oomicetos nos rios na cidade de Teresina – PI, este trabalho levantou os seguintes questionamentos: a) Como se apresenta a comunidade de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina? b) A diversidade de oomicetos diferem entre os dois rios? c) Essa diversidade é afetada pelas condições ambientais em que se encontram os rios? d) As espécies estudadas refletem os distúrbios antropogênicos causados nesses ambientes?

As seguintes hipóteses foram levantadas: (i) a composição da comunidade de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti diferem entre si; (ii) aspectos comportamentais e morfológicos dos oomicetos são afetados com os distúrbios antropogênicos sofridos nesses rios; (iii) há espécies com potencial de bioindicação de qualidade da água entre a comunidade de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti.

A pesquisa teve como objetivo geral verificar a diversidade de oomicetos no perímetro urbano dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI e a influência da eutrofização nesses organismos. Como objetivos específicos o estudo visou: (a) descrever os *taxa* que compõem a comunidade

de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti; (b) conhecer a diversidade de oomicetos nos dois rios e quais diferenças apresentam entre os dois ambientes; (c) verificar o estado trófico dos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano da cidade de Teresina; (d) verificar a influência dos distúrbios antropogênicos na diversidade dos oomicetos nos dois rios; (e) propor espécies com potencial de bioindicação de ambientes eutrofizados.

Esta dissertação está estruturada em: Introdução geral; fundamentação teórica; resultados e discussão, em forma de artigos, e considerações finais.

Os resultados estão estruturados em forma de artigos científicos conforme configuração dos periódicos científicos escolhidos para publicação. O primeiro artigo tratou do estudo da diversidade de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina, Piauí, com descrições taxonômicas dos *taxa* observados nesses ambientes. Além disso, destacou espécies como primeira citação para o Brasil e espécies como primeira citação para o nordeste brasileiro. O segundo artigo descreveu a dinâmica dos oomicetos nesses ambientes e suas diferenças em cada rio. O terceiro artigo, abordou aspectos acerca da diversidade dos oomicetos relacionando-os com o estado trófico dos rios no perímetro urbano e a influência desses aspectos na composição da comunidade desses seres, bem como identificou espécies sensíveis a essas alterações e com potencial de bioindicação de poluição de ambientes aquáticos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Oomicetos

Os oomicetos, comumente conhecidos como “bolors” aquáticos, compreendem um grupo de microrganismos filamentosos e que compartilham inúmeras características com fungos filamentosos. Habitualmente, estes organismos são encontrados em alguns livros como pertencentes ao Reino Fungi, onde recebem o nome de fungos zoospóricos em referência ao zoósporo como estrutura reprodutiva, sua principal característica anatômica. Durante algumas décadas os oomicetos mudaram de posição taxonômica algumas vezes. Contudo, com o aprimoramento dos estudos de genética molecular, as últimas alterações sofridas na década 90 realocaram estes organismos no Reino Stramenopila juntamente com alguns grupos de algas. Dessa forma, os oomicetos recebem a nomenclatura de Organismos Zoospóricos (WALKER; VAN WEST, 2007; LAMOUR; KAMOUR, 2009).

Estes organismos são caracterizados por necessitarem de ambientes aquáticos para seu desenvolvimento, principalmente no estágio de reprodução. Entretanto, são seres cosmopolitas podendo habitar diversos ambientes, tanto aquáticos como terrestres. Além disso, podem ser saprobiontes, estabelecer relações mutualistas ou parasitária com outros seres vivos (SOUSA; ROCHA, 2017). São organismos que apresentam reprodução assexuada, zoósporos, bem como reprodução sexuada, oogônio e anterídios, (NASCIMENTO, 2010; ROCHA *et al.*, 2011). Os organismos zoospóricos, de modo geral, apresentam talo com desenvolvimento exógeno ou endógeno, holocárpico ou eucárpico, rizoidal ou micelial. (ALEXOPOULOS *et al.* 1996; MAIA; CARVALHO JUNIOR, 2010).

A distribuição geográfica dos oomicetos a nível mundial é pequena quando comparados a outros seres. Lamour; Kamour (2009) descrevem em sua obra que existem cerca de 800 a 1500 espécies de oomicetos conhecidas e descritas. Enquanto a nível de Brasil, de acordo com a Flora do Brasil 2020, a diversidade conhecida desses organismos é de 196 espécies distribuídos em 11 ordens e 42 gêneros. Nesses estudos, os estados de maior destaque são: São Paulo, Minas Gerais e Piauí.

Grande parte dos oomicetos já conhecidos e catalogados além de desempenharem papel fundamental no processo de ciclagem de nutrientes através da degradação da matéria orgânica em decomposição, também possuem grande importância econômica pois são capazes de estabelecer relações de parasitismo com plantas, animais e mesmo outros oomicetos, como resultado, trazem problemas de ordem econômica para a sociedade com destaque para os que envolvem as atividades agrícolas (SOUSA; ROCHA, 2017). A exemplo disso, algumas

espécies parasitas têm grande impacto econômico porque causam doenças em plantas e, principalmente, em peixes (JERONIMO, 2014).

Alguns destes problemas tomaram proporções históricas devido ao grande impacto na economia provocado. Ren Chen *et al.* (2018), citam o desastre ocorrido na Irlanda na década de 1840 em onde parte das plantações de batatas foram acometidas por uma espécie de organismo zoospórico conhecida como: *Phytophthora infestans*. Rocha *et al.* (2011) relatam alguns outros exemplos de parasitismo, neste caso em peixes que sofrem por lesões nos olhos, brônquios e órgãos mais profundos provocados por espécies como: *Saprolegnia ferax* e *Achlya flagellata*. O gênero *Pythiogeton* é conhecido por possuir potencial patogênico para diversas culturas agrícolas, como plantações de milho, bambu, gengibre, pimenta, arroz, entre outros (JEE *et al.* 2000; ANN *et al.* 2006; LE *et al.* 2014).

## 2.2. Poluição dos recursos hídricos

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a sobrevivência humana e desenvolvimento econômico, estando distribuída em todo o globo, tanto na superfície como rios, oceanos e lagos, como também subterraneamente nos grandes aquíferos distribuídos ao longo do globo (MAIA *et al.*, 2015). Além disso, os cursos d'água desempenham funções específicas dentro de cada ecossistema (NASCIMENTO, 2011). Neste sentido, Tundisi (2016) afirma que, a quantidade e qualidade das águas sempre foram essenciais para manter os ciclos de vida, a biodiversidade dos organismos e a sobrevivência da espécie humana.

Entretanto, o histórico processo de desenvolvimento das civilizações trouxe alguns problemas para o meio ambiente. O crescimento acelerado das populações ocasionou uma demanda maior do consumo de água provocando sua deterioração devido algumas atividades antrópicas e, até mesmo, sua total escassez em alguns locais (WU *et al.*, 2017). Há, ainda, os impactos naturais, provenientes dos próprios mecanismos de funcionamento dos ecossistemas, que de certa forma, são absorvidos naturalmente. Contudo, os impactos produzidos pela atividade humana que geram extensas alterações na estrutura e na função dos ambientes aquáticos não são absorvidos ou minimizados pelo meio ambiente (FERREIRA, C. S.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI, 2015).

Dentre as causas de origem antropogênica estão o acelerado processo de urbanização, industrialização, atividade agrícola intensiva, piscicultura, entre outras atividades que colaboram com a poluição dos recursos hídricos (LI, 2016). A urbanização se destaca nesse processo de deterioração, principalmente por não se concentrar apenas nos grandes centros, mas, também, nas regiões periféricas o que traz sérios problemas, como a impermeabilização

do solo, deficiência no sistema de saneamento básico, lançamento de esgotos residencial, industrial ou hospitalar sem tratamento adequado nos rios (SILVA; AQUINO, 2015; PINTO *et al.*, 2014).

Essas atividades antropogênicas contribuíram, nos últimos anos, para o acúmulo de nutrientes como fósforo e nitrogênio, matéria orgânica como plantas e algas associados a baixa quantidade de oxigênio no corpo desses reservatórios de água, ocasionando o processo de eutrofização. Este processo tornou-se um dos principais problemas enfrentados pela maioria dos ambientes aquáticos em torno do globo, principalmente, para a realização de atividades como: abastecimento de água, irrigação, produção de energia elétrica, entre outros. (GUO *et al.*, 2018; CHARLTON *et al.*, 2018). Os impactos causados nesses corpos d'água apresentam uma dimensão bem maior, interferindo em toda cadeia alimentar que está interligada ao ambiente aquático. Problemas que vão desde a qualidade dos animais utilizados na indústria alimentícia à qualidade da água utilizada para abastecimento e consumo (MACHADO; ROCHA, 2019).

De acordo com Smallbone *et al.* (2016), todas essas alterações desencadeiam o desequilíbrio dessas cadeias alimentares, principalmente dos microrganismos, que são responsáveis pela degradação da matéria orgânica em decomposição. Além de favorecer o surgimento de novas doenças ou mesmo agravamento de outras já existentes. O desequilíbrio causado nessa relação pode ser interferido devido a alteração nutricional nesses ambientes aquáticos. Como exemplo disso, Vega Thurber *et al.*, (2013) elencam o exemplo de fungos *Aspergillus* que podem ter seu potencial de virulência aumentado quando estão em um ambiente com elevado nível de nitrato.

### **2.3. Qualidade da água**

Diante dos impactos causados pela eutrofização antropogênica nos corpos d'água, alguns aspectos a respeito da qualidade da água mudaram ao longo do tempo. A priori os cuidados com os corpos d'água resumiam-se nas questões de saneamento. Nas circunstâncias atuais há uma visão multidimensional e multidisciplinar a respeito da qualidade desses ambientes, diversos aspectos são levados em consideração como: aspectos de ordem biológica, físico-químico, bem como os aspectos sociais que a deterioração desses ambientes pode provocar. Estes aspectos são estruturados por normas e diretrizes instituídas por órgãos governamentais e são utilizadas para verificar o nível de degradação dos ambientes aquáticos (SOUSA, 2015; OLIVEIRA, 2012).

Nesse contexto, a qualidade da água pode ser avaliada a partir de parâmetros físico-químicos e biológicos. Para a determinação desses parâmetros são levados em consideração as concentrações de determinadas substâncias ou microrganismos potencialmente nocivos para a saúde humana (SINGH; SAXENA, 2018; TIRI *et al.*, 2018). No Brasil, a Agência Nacional de Águas (2013) estabelece alguns critérios a respeito da qualidade desse recurso e quais aspectos deverão ser analisados acerca da qualidade da água, os quais são divididos em parâmetros físico-químicos e biológicos, que são: turbidez, resíduo total, fósforo, nitrogênio, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio, pH, coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido e índice de qualidade ambiental.

Estes fatores desempenham papel importante no devido funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a avaliação desses parâmetros fornecem informações sobre o estado de integridade dos corpos hídricos, já que suas concentrações são alteradas em caso de impactos ambientais (EMBRAPA, 2004). Contudo, Danze (2018) afirma que apenas a análise destes parâmetros não representam as reais condições do ambiente, diante da sua grande complexidade.

Neste contexto, Oliveira *et al.* (2010) e Santos (2014) citam dois tipos de poluição de ambientes aquáticos, fontes pontuais e fontes difusas, o primeiro está relacionado a poluição por efluentes de origem doméstica e industrial e o segundo oriundo de varias fontes como uso de agrotóxicos, fertilizantes entre outros produtos. Poluição por fontes difusas não podem ser quantificados apenas com os criterios físico-químico de avalização de qualidade da água, requer parâmetros mais abrangentes que consigam observar diversos aspectos ambientais.

Dentre os parâmetros utilizados para verificar estes aspectos, alguns índices são utilizados. Um deles é o Índice de Qualidade da Água – IQA e o Índice de Estado Trófico – IET (ANA, 2013). Estes índices procuram analisar diferentes aspectos para melhor entender o estado trófico dos ambientes aquáticos. O Índice de Qualidade da Água – IQA foi descrito e desenvolvido na década de 70 nos Estados Unidos e, posteriormente, aprimorado pela *National Sanitation Foundation*. Alguns parâmetros são analisados para determinação do IQA, como: pH, concentrações de sódio, cálcio, ferro, nitrogênio, temperatura, turbidez, entre outros (PONSADAILAKSHMI *et al.*, 2018). No Brasil, a utilização do IQA na análise da qualidade dos rios deu-se início em 1975 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo - CETESB. Nas décadas posteriores, os demais estados brasileiros adotaram o índice, sendo frequentemente utilizado em todo território nacional. (ANA, 2013; SOUSA, 2015).

Outro índice utilizado é o Índice de Estado Trófico – IET que tem como objetivo analisar o nível de enriquecimento nutricional dos corpos d'água, ou seja, o nível de trófia de ambientes lóticos e lênticos, utilizando cálculos numéricos para verificar a concentração de vários nutrientes, principalmente: nitrogênio, fósforo e clorofila *a* em microgramas por litro (FERREIRA *et al*, 2017).

Entre esses nutrientes, o nitrogênio nos corpos d'água podem ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Sendo os nitratos tóxicos para o ser humano. As principais fontes de nitrogênio para os ambientes aquáticos são através dos esgotos sanitários e efluentes industriais. Da mesma maneira acontece com a presença do fósforo nesses ambientes e junto ao nitrogênio são dois nutrientes essenciais para o crescimento excessivo de algas (ANA, 2019), e conseqüentemente, a partir dos níveis de clorofila *a* é possível avaliar a intensidade de produção orgânica nestes ambientes e qual o nível de degradação (PINTO *et al.*, 2014).

Estes nutrientes estão relacionados com o desenvolvimento de algas e fitoplâncton nesses ambientes, conseqüentemente, aumentando a quantidade de matéria orgânica em decomposição. Os resultados obtidos através desse índice podem variar no ambiente dependendo de alguns fatores que contribuem para o processo de eutrofização como: a temperatura e o nível de incidência solar nesses ambientes (EL-SEREHY *et al*, 2018; ANA, 2013). A partir do IET é possível diagnosticar problemas que reduzem a qualidade dos corpos d'água para algumas atividades, como: alteração da cadeia alimentar devido a mudança na composição das espécies; alteração da estrutura química do ambiente relacionado ao aumento do crescimento de plantas e assim elevando o nível de dióxido de carbono; entre outros aspectos (ABREU; CUNHA, 2016).

#### **2.4. Bioindicadores**

Além das variáveis físicas e químicas utilizadas para analisar a qualidade dos ambientes aquáticos o uso do monitoramento biológico revela de forma mais ampla a real situação do ambiente estudado a partir de análises das respostas dos seres vivos as mudanças ambientais dos corpos hídricos (GUIMARÃES *et al.* 2017). Essas respostas as alterações se referem ao conjunto de reações de um organismo ou uma comunidade em relação a um estímulo; por estímulo entende-se, algo que induza uma reação no indivíduo ou em toda população (DOCILE; FIGUEIRÓ, 2013).

O uso de parâmetros biológicos para analisar a qualidade de determinado ambiente natural é baseada no fenômeno pelo qual a comunidade presente num determinado ambiente responde de maneira integrada a todas as alterações ambientais modificando sua estrutura e/ou composição. De modo geral pode-se observar: o desaparecimento das espécies mais sensíveis, o aumento das espécies que conseguem beneficiar-se dessa nova situação e o aparecimento de outras espécies, até então não presentes (SILVA et al., 2018).

A esses organismos sensíveis a alguma alteração ambiental de modo a ser utilizado para examinar a qualidade de determinado ambiente e detectar possíveis mudanças a longo prazo, tanto positivas quanto negativas, são chamados de organismos bioindicadores (CISAR et al., 2018). Para tanto, faz-se necessário a utilização de organismos vivos capazes de responder ao nível de poluentes presentes em um determinado ambiente. Algumas características importantes fazem desses organismos ótimos bioindicadores, que são: elevada capacidade de acumular poluentes; preferencialmente sésseis ou restritos a uma determinada área e possuir relevância na cadeia alimentar (FARIAS, 2018).

Reguera et al. (2018) utilizam como exemplo de bioindicador o *Mytilus* spp, um bivalve de distribuição global com ótimo desempenho no acúmulo de poluentes em seu organismo. Sendo utilizado em projetos ambientais na América e Europa. Outro grupo importante de organismos utilizados como bioindicadores ou biosensores são as bactérias e algas. Buttigieg et al (2018) ressaltam a importância desses organismos pois possuem resposta metabólica a um grande número de substâncias. A estreita relação da *E. coli* com ambientes que recebem esgotos não tratados é um ótimo exemplo de bioindicação.

Bonanno et al (2018) caracterizam as espécies vegetais de regiões úmidas ou aquáticas com ótimo desempenho de bioindicação. Em estudos realizados em rios da Itália a partir da análise de alguns organismos vegetais a espécie *Eichhornia crassipes*, comumente conhecida como aguapé, ganhou destaque por possuir um grande índice de concentração de poluentes. Batista et al (2016) evidenciam a presença da *E. crassipes* no Rio Poti, na cidade de Teresina-PI, devido à grande quantidade de esgoto lançado no corpo do rio favorecendo o crescimento de aguapés. O aglomerado dessas plantas nos rios forma uma manta verde bloqueando a incidência dos raios solares na água, assim como a oxigenação desses ambientes. Isso favorece o crescimento de organismos patogênicos e a morte de outros animais aquáticos.

## 2.5. Características da área de estudo

A cidade de Teresina, capital do estado do Piauí, está localizada na mesorregião do centro-norte piauiense ocupando uma área de, aproximadamente, 1.766 km<sup>2</sup> e banhada por dois rios federais, Parnaíba e Poti (PNUD, 2013). A cidade apresenta um crescimento urbano intenso e com alguns problemas pontuais como ligações clandestinas de esgotos e habitações nas margens dos rios, todos provocados pela falta de planejamento urbano efetivo (OLIVEIRA FILHO; LIMA NETO, 2016).

O Rio Parnaíba destaca-se como uma das regiões hidrográficas mais importantes da região Nordeste do Brasil, ocupando os estados do Piauí, Ceará e Maranhão. Na região do município de Teresina o rio delimita o perímetro entre Timon, à margem esquerda, e Teresina, à margem direita. Esse trecho do Rio Parnaíba sofre massiva interferência antrópica como o lançamento de efluentes sem tratamento adequado, devido ao baixo nível de cobertura de rede de esgoto das duas cidades que o cerca. Assim como a formação de bancos de areia no leito do rio devido a remoção da vegetação para construção de habitações (MARÇAL; SILVA, 2017). O rio Parnaíba apresenta boa qualidade e quantidade de água para o abastecimento da população; contudo, com essas atividades modificando seus aspectos na área urbana são ameaças a qualidade deste manancial (LIMA *et al.*, 2015).

Com sua nascente no estado do Ceará, a bacia hidrográfica do Rio Poti pertence a bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, percorrendo parte do estado do Piauí onde corta a capital do estado, local onde o rio possui maior densidade. Nesse trecho, na cidade de Teresina, o rio apresenta algumas sinuosidades, devido sua formação, e redução do seu nível em alguns meses do ano o que leva a formação de bancos de areias que são removidos por meio de dragagem para utilização na construção civil. Devido à grande interferência antrópica, especialmente na região urbana, o rio tem sofrido grande processo de eutrofização, podendo ser observado pela intensa floração de espécies vegetais que causam danos a biota local do rio (CÂMARA, 2011; OLIVEIRA FILHO; LIMA NETO, 2016).

Alguns estudos mostram a situação do estado trófico do rio Poti, Oliveira e Silva (2014), por meio de pesquisa de monitoramento desse rio, constataram que suas águas apresentam baixa qualidade para atividade de lazer na zona urbana de Teresina, devido o lançamento de efluentes não tratados. No ano seguinte, Silva e Aquino (2015) verificaram a partir de testes do Índice de Qualidade da Água (IQA) que a variável “coliformes termotolerantes” estavam fora dos níveis de potabilidade preconizados pela legislação 357/05 do conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2005) ao resultado foi atribuído ao mau uso do solo através da construção de fossas sépticas inadequadas e pelas condições de saneamento básico de Teresina.

Além disso, outro importante resultado da poluição do rio Poti é a presença de enormes tapetes de macrófitas aquáticas em seu perímetro urbano, como consequência do lançamento de efluentes domésticos no leito do rio aumentando a quantidade de nutrientes na água. Essas macrófitas são plantas herbáceas que crescem em ambientes aquáticos e são capazes de filtrar os nutrientes presentes na água. Contudo, quando em grande quantidade impedem a entrada de luz solar e oxigenação da água (CANCIAN, 2007). A presença dessas plantas nos corpos d'água funcionam como bioindicadores de poluição (DIAS; NASCIMENTO; MENESES, 2016). Essas características são observadas no rio Poti a cada ano, principalmente, nos últimos meses do ano onde as temperaturas são mais elevadas e caracterizado por baixa quantidade de chuvas na região.

Diante dessas características observadas nos dois rios que cortam a cidade de Teresina, faz-se necessário uma maior aplicação da legislação responsável pela qualidade de ambientes aquáticos, com uma gestão mais eficaz desses recursos. Bem como a implantação de um sistema de monitoramento desses corpos hídricos com capacidade de identificar o impacto decorrente de atividades antropogênicas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C.H.M.; CUNHA, A.C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Eng. Sanit. Ambient.** Brasil, v. 22, p. 45-56, 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em: 06 abr. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013**. Brasília, v. 2, p. 432, 2013.
- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. *Introductory Mycology*. 4 ed. John Wiley, **Sons, Inc**, New York.1996.
- ANN, P. J.; HUANG, J. H.; WANG, I. T.; KO, W. H. *Pythiogeton zizaniae*, a new species causing basal stalk rot of water bamboo in Taiwan. **Mycologia**. v. 98, p. 116 – 120, 2006.
- BATISTA, F. V. G.; SILVA, C. G.; PESSOA, T. G.; RODRIGUES, S. P. R.; BARBOSA, S. P. A. M.; SANCHES, P. P. M.; MESQUITA, A. K.; PRIANTI, G. M. Análise microbiológica da água do rio Poti no perímetro urbano do município de Teresina, Piauí. **PUBVET**, Brasil, v. 10, n. 6, p. 470-476, 2016.
- BATISTA, F. V. G.; SILVA, C. G.; PESSOA, T. G.; RODRIGUES, S. P. R.; BARBOSA, S. P. A. M.; SANCHES, P. P. M.; MESQUITA, A. K.; PRIANTI, G. M. Análise microbiológica da água do rio Poti no perímetro urbano do município de Teresina, Piauí. **PUBVET**, Brasil, v. 10, n. 6, p. 470-476, 2016.
- BONANNO, G.; VYMAZAL, J.; CIRELLI, G. L. Translocation, accumulation and bioindication of trace elements in wetland plants. **Science of the Total Environment**, Italy, v. 631-632, p. 252-261, 2018.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de mar. de 2005
- BUTTIGIEG, P. L.; FADEEV, E.; BIENHOLD, C.; HEHEMANN, L.; OFFRE, P.; BOETIUS, A. Marine microbes in 4D – using time series observation to assess the dynamics of the ocean microbiome and its links to ocean health. **Current Opinion in Microbiology**, Germany, v. 43, p. 169–185, 2018.
- CAMARA, F. M. M. **Avaliação da qualidade da água do Rio Poti na cidade de Teresina, Piauí**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Brasil, 2011.
- CANCIAN, L. F. **Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes Pistia estratiotes e Salvinia molesta em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo**. 66f. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Aquicultura. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007
- CASTRO, E. R. R. S.; MOREIRA, M. C.; CARVALHO, L. G.; SILVA, D. D. Caracterização de ambientes aquáticos no rio de ondas, cerrado baiano. **Rer. Ambient. Água**, São Paulo, v. 10, 2015.

- CHARLTON, B. M.; BOWES, J. M.; HUTCHINS, G., M.; ORR, H.; SOLEY, R.; DAVISON, P. Mapping eutrophication risk from climate change: Future phosphorus concentrations in English rivers. **Science of the Total Environment**, England, v. 613-614, p. 1510-1526, 2018.
- CISAR, P.; SABERIOON, M.; KOZAK, P.; PAUTSINA, A. Fully contactless system for crayfish heartbeat monitoring: Undisturbed crayfish as bio-indicator. **Sensors and Actuators B: Chemical**, Czech Republic, v. 255, p. 29-34, 2018.
- DANZE, A. D. P.; VERCELLINO, I. S. Uso De Bioindicadores No Monitoramento Da Qualidade Da Água. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 100–115, 2018.
- DIAS, F. S.; NASCIMENTO, J. P. A.; MENESES, J. M. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. **Revista Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 106-115, 2016.
- DICK, M. W. Straminipilous Fungi: systematics of the Peronosporomycetes including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids and similar organisms. **Kluwer Academic Publishers**, Holanda, 2001.
- DOCILE, T. N.; FIGUEIRÓ, R. Histórico E Perspectivas Da Utilização De Macroinvertebrados No Monitoramento Biológico De Ecossistemas Aquáticos No Brasil. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 1, n. 1, p. 31–44, 2013.
- EL-SEREHY, H.A.; ABDALLAH, H.S.; AL-MISNED, F.A.; IRSHAD, R.; AL-FARRAJ, S.A.; ALMAKI, E.S. Aquatic ecosystem health and trophic status classification of the Bitter Lakes along the main connecting link between the Red Sea and the Mediterranean. **Saudi Journal of Biological Sciences**. Saudi Arabia, v. 25, p. 204-212, 2018.
- EMBRAPA, E. B. DE P. A.-. Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios. **Documento 36**, p. 63, 2004.
- FARIAS, D. R.; HURD, C. L.; ERIKSEN, R. S.; MACLEOD, C. K. Macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in estuarine and coastal environments. **Marine Pollution Bulletin**, Australia, v. 128, p. 175-184, 2018.
- FERREIRA, C. S.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI, I. J. Eutrofização: aspectos conceituais, usos da água e diretrizes para a gestão ambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 65, 2015.
- FERREIRA, R. P. S.; CORDEIRO, J.; CORDEIRO, T. S.; VIEIRA, E. D.; CORDEIRO, J. L.; PEREIRA, S. L. C. S. Caracterização da qualidade da água dos afluentes do Córrego Macuco, distrito de Ipoema, Itabita (MG). **Research, Society and Development**, Brasil, v. 7, p. 01-25, 2017.
- Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2019.
- GUIMARÃES, R.; CARVALHO SILVA, L. . C.; GUIMARÃES, R. . R. Macroinvertebrados como Bioindicadores da Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul, Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Dissertar**, v. 1, n. 26 e 27, p. 46–51, 2017.
- GUO, J.; ZHANG, C.; ZHENG, G.; XUE, J.; ZHANG, L. The establishment of season-specific eutrophication assessment standards for a water-supply reservoir located in Northeast China based on chlorophyll-a levels. **Ecological Indicators**, China, v. 85, p. 11-20, 2018.

JEE, H. J.; HO, H. H.; CHO, W. D. *Pythiogeton zea* sp nov. causing root and basal stalk rot of corn in Korea. **Mycologia**. v. 92, p. 522 – 527, 2000.

JERONIMO, H.G. **Avaliação da diversidade de blastocladiomycota e chytridiomycota do parque estadual da ilha do cardoso (peic), Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil**. Tese de Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Brasil, 2014.

JOHNSON, D. S.; WARREN, R. S.; DEEGAN, L. A.; MOZDER, T. J. Saltmarsh plant responses to eutrophication. **Ecological Applications**. v. 26(8), p. 2649 – 2661, 2016.

LAMOUR, K.; KAMOUR, S. **Oomycete Genetics and Genomics: diversity, interactions and research tools**. John Wiley & Sons, USA. p. 460, 2009.

LE, D. P.; SMITH, M. K. AITKEN, E. A. First report of *Pythiogeton ramosum* (*Pythiales*) in Australia. **Australas Plant Dis Notes**. v. 9:130, 2014.

LI, P. Groundwater quality in western China: challenges and paths forward for groundwater quality research in Western China. **Exposure and Health**, China, v.8, p. 305-310, 2016.

LIMA, I. M. M. F.; OLIVEIRA, A. L. A., FÉ, C. A. M.; MENDES, M.G.M.; CARVALHO, J. H. Diagnósticos e cenários: Meio Ambiente. 2015. Disponível em: <http://www.teresina.pi.gov.br/portalpmt/orgao/SEMPPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf>. Acesso em 22 de dez. 2019.

Machado, L.J., Rocha, JRS. 2019. Oomicetos (oomycota) no complexo açude Joana, Pedro II, Piauí, Brasil. **Rodriguesia**. v. 70.

MAIA, D. A. A.; CARVALHO, L. S.; CARVALHO, T. F. Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados. **Eng. Sanit. Ambient**, Brasil, v. 20, p. 613-622, Brasil, 2015.

MAIA, L.C.; CARVALHO JUNIOR, A.A. Introdução: Os fungos do Brasil. **Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, Brasil, v.1, p. 43-48, 2010.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE – Pirajá. **Eng Sanit Ambient**, Brasil, v. 22, p. 761-772, 2017.

NASCIMENTO, A.C. **Avaliação da diversidade de organismos zoospóricos da Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil**. Tese de Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Brasil, 2010.

NASCIMENTO, F. R. DO. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. **Revista da ANPEGE**. v. 7, n. 1, p. 81 – 97, 2011.

OLIVEIRA FILHO, A. A.; LIMA NETO, E. I. Modelagem da qualidade da água do rio Poti em Teresina (PI). **Eng Sanit Ambient**, Brasil, v. 23, p. 3-14, 2018.

OLIVEIRA, L. N.; SILVA, C. E. Qualidade da água do rio Poti e suas implicações para atividade de lazer em Teresina-PI. **Revista Equador**, v. 3, n. 1, p. 128 – 147, 2014.

OLIVEIRA, N. L. **Estudo da Variabilidade Sazonal da Qualidade da Água do Rio Poti em Teresina e suas implicações na população local**. Dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí - UFPI, Brasil, 2012.

- OLIVEIRA, V.; MARTINS, R.; ALVES, R. Evaluation of water quality of an urban stream in southeastern Brazil using Chironomidae larvae (Insecta: Diptera). **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 873–878, 2010
- PINTO, E. S.; SIQUEIRA, C. S.; NOGUEIRA, R. M.; PEREIRA, O. S.; PEREIRA, S. S. C.; Avaliação do Estado Trófico da água na barreira flutuante de Santana em Piraí – RJ. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, Brasil, v.1, P. 23-29, 2014
- PIZZARRO, J.; VERGARA, P. M.; CERDA, S.; BRIONES, D. Cooling and eutrophication of Southern Chilean lakes. **Science of the total environment**. v. 541, p. 683 – 691, 2016.
- PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas de desenvolvimento humano no Brasil**. Organização das Nações Unidas. Brasil. Disponível em: < [http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/teresina\\_pi#demografia](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/teresina_pi#demografia) >. Acesso em: 04 de maio de 2019.
- PONSADAILAKSHMI, S.; SANKARI, G. S.; PRASANNA, M. S.; MADHURAMBAL, G. Evaluation of water quality suitability for drinking using drinking water quality index in Nagapattinam district, Tamil Nadu in Southern India. **Groundwater for Sustainable Development**, India, v. 6, p. 43-49, 2018.
- REGUERA, P.; COUCEIRO, L.; FERNANDEZ, N. A review of the empirical literature on the use of limpets *Patella* spp. (Mollusca: Gastropoda) as bioindicators of environmental quality. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Spain, v. 148, p. 593-600. 2018.
- REN CHEN, X.; HUANG, X. S.; ZHANG, Y.; SHENG, L.G.; LI, P. Y.; ZHU, F. Identification and functional analysis of the NLP-encoding genes from the phytopathogenic oomycete *Phytophthora capsica*. **Molecular Genetics and Genomics**, Germany, p. 1-13, 2018.
- ROCHA, S. R. J.; SILVA, M. F.D.; COSTA, F. M. Fungos zoospóricos em criatório de peixes. **Sapiência**, Brail, n.26, p. 3, 2011.
- SANTOS, M. R. **Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em riachos de baixa ordem, sob diferente grau de impacto antrópico, na bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas (Planalto de Poços de Caldas, MG)**. [s.l.] Universidade Federal de Alfenas, 10 jan. 2014
- SILVA, D. C. V. R. DA et al. Avaliação da eficiência de um índice de estado trófico na determinação da qualidade da água de reservatórios para abastecimento público. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 627–635, 2018.
- SILVA, R. F.; AQUINO, S. C. Analise da qualidade da água do rio Poti, entre a ponte da primavera e a ponte Leonel Brizola, Teresina, Piauí. **Rev. OKARA**, Brasil, v. 9, p. 72-89, 2015.
- SINGH, K. P.; SAXENA, S. Towards developing a river health index. **Ecological Indicators**. India, v. 85, p. 999-1011, 2018.
- SINHA, E.; MICHALAK, A. M.; BALAJI, V. Eutrophication will increase during the 21<sup>st</sup> century as a result of precipitation changes. **Science**. v. 357(6349), p. 405 – 408, 2017.
- SMALLBONE, W.; CABLE, J.; MACEDA-VEIGA, A. Chronic nitrate enrichment decreases severity and induces protection against an infectious disease. **Environment International**, England, v. 91, 2016.

- SOUSA, C. D. N. **A Percepção da Poluição e o Impacto Sobre os Organismos Zoospóricos no Rio Poti, Teresina – PI**. Dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí – UFPI, Brasil, 2015.
- SOUSA, N. D.; ROCHA, J. R. Oomicetos (Stramenipila) no rio Poti, Perímetro urbano de Teresina, Piauí. **Pesquisas Botânica**, v. 70, p. 113 – 131, São Paulo, 2017.
- TIRI, A.; BELKHIRI, L.; MOUNI, L. Evaluation of surface water quality for drinking purposes using fuzzy inference system. **Groundwater for Sustainable Development**. Algeria, v. 6, p. 235-244, 2018.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. As múltiplas dimensões da crise hídrica. **Revista USP**. n, 106, p. 21 – 30, 2016.
- VEGA THURBER, R. L.; BURKEPILE, D. E.; FUCHS, C.; SHANTZ, A. A.; MCMINDS, R.; ZANEVELD, J. R. Chronic nutrient enrichment increases prevalence and severity of coral disease and bleaching. **Global Change Biology**. v. 20, 2013.
- WALKER, A. C.; VAN WEST, P. Zoospore development in the oomycetes. **British Mycological Society**, Scotland, v. 21, p. 10-18, 2007.
- WU, D.; YAN, H.; SHANG, M.; SHAN, K.; WANG, G. Water eutrophication evaluation based on semi-supervised classification: A case study in Three Gorges Reservoir. **Ecological Indicators**, China, v. 81, p. 362-372, 2017.

### **3. ARTIGO 1**

---

#### **DIVERSIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) NOS RIOS PARNAÍBA E POTI, EM TERESINA, PIAUÍ**

Artigo escrito de acordo com as normas da Revista Gaia Scientia (Qualis B1 em Ciências Ambientais).

## DIVERSIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) NOS RIOS PARNAÍBA E POTI, EM TERESINA, PIAUÍ

Givanilso Cândido Leal<sup>1,3</sup>; José de Ribamar de Sousa Rocha<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí, campus Ministro Petrônio Portella - Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFPI, TROPEN, Av. Universitária, 1310, Ininga, 64049-550 – Teresina-PI.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Piauí, campus Ministro Petrônio Portella, centro de Ciências da Natureza, Dep. de Biologia, Av. Universitária S/N, 64049-550 – Teresina-PI.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: gleal@outlook.com

### Resumo

Os oomicetos (Oomycota) são organismos presentes em ambientes terrestres e aquáticos. Possuem importância ecológica, pois são decompositores da matéria orgânica, contribuindo para a ciclagem de nutrientes. Algumas espécies são parasitas, causando danos na agricultura e na piscicultura. São, relativamente, escassos os conhecimentos sobre distribuição e diversidade de oomicetos no Brasil por haver poucos estudos a respeito. Este artigo tem por finalidade contribuir para o conhecimento da diversidade desses organismos nos rios Parnaíba e Poti. Por conseguinte, foram realizadas seis coletas de amostras de água em sete pontos distribuídos em todo perímetro urbano dos dois rios. Os oomicetos foram isolados a partir da técnica de iscagem múltipla e identificados a nível taxonômico específico com base em literatura especializada, comportamento nutricional e estruturas morfológicas. Como resultado, foram identificados 19 *taxa* distribuídos em oito gêneros, com destaque para as espécies *Achlya conspicua* como primeira citação para o Brasil e *Brevilegnia megasperma* como segunda citação para o país e primeira para o Piauí.

**Palavras-chave:** Distribuição geográfica de oomicetos. Biodiversidade. Organismos zoospóricos.

### Abstract

Oomycetes (Oomycota) are organisms present in terrestrial and aquatic environments. They have great economic importance, as they are decomposers of organic matter, contributing to the cycling of nutrients. Some species have parasitism behavior, causing damages in agriculture and fish farming activities. There is relatively little knowledge about oomycetes in Brazil because there are few studies about them. This article aims to contribute to the knowledge of the diversity of these organisms in the rivers Parnaíba and Poti. Therefore, six water samples collection were held in seven spots throughout the urban perimeter of the two rivers. Oomycetes were isolated from the multiple bait technique and identified at a specific taxonomic level based on specialized literature, nutritional behavior and morphological structures. As a result, there were identified 19 *taxa* distributed in eight genera, highlighting *Achlya conspicua* as the first citation for Brazil and *Brevilegnia megasperma* as the second citation for the country and for the first time for Piauí.

**Keywords:** Geographic distribution of oomycetes. Biodiversity. Zoosporic organisms.

### Resumen

Los oomicetos (Oomycota) son organismos presentes en ambientes terrestres y acuáticos. Tienen importancia ecológica porque son descomponedores de materia orgánica, contribuyendo al ciclo de nutrientes. Algunas especies son parásitos, causando daños a la agricultura y la piscicultura. Hay relativamente poco conocimiento sobre la distribución y diversidad de los oomicetos en Brasil, ya que hay pocos estudios al respecto. Este artículo tiene como objetivo contribuir al conocimiento de la diversidad de estos organismos en los ríos Parnaíba y Poti. Por lo tanto, se recolectaron seis muestras de agua en siete puntos distribuidos en todo el perímetro urbano de los dos ríos. Los oomicetos se aislaron de la técnica de cebo múltiple y se identificaron a un nivel taxonómico

específico baseado en literatura especializada, comportamiento nutricional y estructuras morfológicas. Como resultado, se identificaron 19 taxones distribuidos en ocho géneros, destacando la especie *Achlya conspicua* como la primera cita para Brasil y *Brevilegnia megasperma* como la segunda cita para el país y la primera para Piauí.

**Palabras clave:** Distribución geográfica de los oomicetos. Biodiversidad Organismos zoospóricos.

## Introdução

Oomicetos compõem um grupo diverso de microrganismos eucarióticos conhecidos como fungos zoospóricos por possuírem zoósporo como estrutura reprodutiva (Walker e Van West, 2007). São organismos cosmopolitas estando presentes em ambientes aquáticos, úmidos e seco. Podem ter hábito sapróbio e/ou parasita. Desempenham papel importante na natureza colaborando com o processo de ciclagem de nutrientes, além de poder acumular e/ou degradar substâncias tóxicas e auxiliar na desintoxicação dos ambientes (Machado e Rocha, 2019; Silva e Rocha, 2017). Atualmente, estão classificados no Reino Stramenopila por serem filogeneticamente mais próximos das algas com zoósporos, assim, recebem a nomenclatura de organismos zoospóricos (Ren Chen et al, 2018).

Os estudos de oomicetos são, relativamente, recentes e são conhecidas cerca de 800 a 1.500 espécies mundialmente (Lamour e Kamour, 2009). No contexto brasileiro, os oomicetos perfazem um total de 196 espécies conhecidas e catalogadas (Flora do Brasil 2020, 2019). A diversidade destes organismos nos ambientes aquáticos pode variar de acordo com as condições nutricionais, características físico-químicas e níveis de poluição (Rebello e Caldas, 2014).

A relação desses organismos com os ambientes aquáticos deve-se a importância desses ecossistemas para a sociedade visto que, desde os primórdios da civilização, fazem parte da economia local e desenvolvimento. Esta importância ganha destaque nos rios localizados em áreas urbanas, pois estes são utilizados para diversas atividades humanas que podem alterar seu equilíbrio ambiental. A presença de alguns grupos de microrganismos, alterações físico-químicas da água, entre outros são alguns indicadores de mudanças da qualidade desses ambientes aquáticos (Batista et al., 2016; Machado e Rocha, 2019).

Alterações na qualidade da água podem ser observadas nos dois grandes rios federais Parnaíba e Poti na cidade de Teresina, Piauí. A cidade ocupa uma área de aproximadamente 1.766 km<sup>2</sup> (PNUD, 2013). Localizada na região de transição entre o cerrado e caatinga, com clima tropical de temperaturas elevadas e pouca precipitação pluviométrica (Espindola et al., 2017).

A bacia do rio Parnaíba se estende pelos estados do Piauí, Maranhão e Ceará, contendo grandes áreas de caatinga, floresta tropical e algumas áreas utilizadas para atividades agrícolas. A área metropolitana de Teresina é a principal área habitada da bacia e, portanto, é onde ocorrem maiores

impactos. Apesar da extensão do Parnaíba e seus afluentes, a área é caracterizada por índices críticos de abastecimento de água, rede de esgotos e tratamento de esgoto. A bacia possui uma ampla área de rios perenes, centenas de lagoas e ainda metade da água do subsolo do Nordeste brasileiro (Paranhos et al, 2013; Marçal e Silva, 2017).

O Rio Poti faz parte da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, com sua nascente no estado do Ceará, percorrendo parte do estado do Piauí onde corta a cidade de Teresina, local onde o rio possui maior densidade (Camara, 2011). Deste modo, a avaliação da qualidade de suas águas no perímetro que corta a cidade de Teresina é importante para a gestão dos recursos hídricos. Além da importância econômica oferecida pelo rio através da pesca por comunidades ribeirinhas na região (Oliveira Filho e Lima Neto, 2016).

Os ecossistemas de água doce são marcados por uma extraordinária biodiversidade. Contudo, o número de espécies nesses ecossistemas é pouco conhecido e difícil de ser estimado, principalmente devido ao número de bacias hidrográficas que ainda não foram inventariadas e ao baixo número de pesquisas que foram realizadas (Paranhos et al, 2013). Como exemplo, os estudos sobre a diversidade de oomicetos é escasso nos rios do Piauí, onde, apenas, o rio Poti possui alguns estudos relacionados a esses organismos (Sousa e Rocha, 2017).

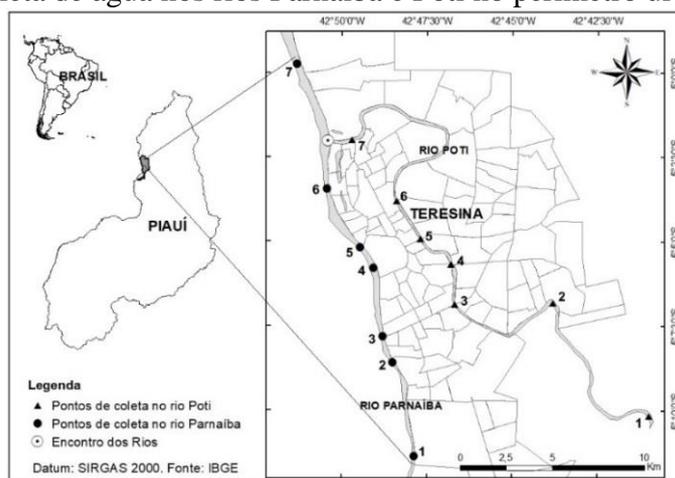
Considerando a carência de conhecimentos e a escassez de estudos sobre esses organismos, foi realizada pesquisa com o objetivo de conhecer a diversidade de oomicetos nos Rios Parnaíba e Poti. Assim, contribuir para fomentar estudos sobre oomicetos nesses ambientes que sofrem constante impacto ambiental em decorrência das atividades antrópicas.

## **Material e método**

### *Área de estudo*

A área de estudo foi constituída pelo perímetro urbano dos rios Parnaíba e Poti na cidade de Teresina – PI (Figura 1). A cidade está localizada na sub-região Meio Norte, do Nordeste brasileiro, em uma área de transição entre a Amazônia e o Sertão nordestino. A região é caracterizada por chuvas no verão e clima tropical (Rocha et al. 2010). Os dois rios em questão cortam a cidade de Teresina e são fundamentais para o desenvolvimento econômico e social da cidade. Para obtenção de amostras de oomicetos foram coletadas amostras de água em sete pontos nos dois rios durante seis coletas realizadas no período de Julho de 2018 a Junho de 2019 (Jul/18; Set/18; Nov/18; Fev/19; Abr/19 e Jun/19).

**Figura 1.** Pontos de coleta de água nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina, Piauí.



Fonte: IBGE, adaptado pelo autor.

Os pontos de coletas foram determinados de modo a abranger áreas mais afastadas da parte urbana da cidade até pontos localizados em áreas com grande desenvolvimento urbano (Figura 1; Tabela 1).

**Tabela 1:** Pontos de coleta de água nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina, Piauí.

	Pontos de Coletas	Coordenadas		Sigla
RIO PARNAÍBA	1. Bairro Angelim	5° 11'20.08"S	42°47'50.76"O	PB1
	2. Estação de Tratamento de Água	5° 8'45.94"S	42°48'17.71"O	PB2
	3. Ponte Eng. Antonio Noronha	5° 7'51.62"S	42°48'46.51"O	PB3
	4. Ponte José Sarney	5° 5'45.93"S	42°49'2.11"O	PB4
	5. Ponte João Luís Ferreira	5° 5'10.86"S	42°49'26.37"O	PB5
	6. Av. Boa esperança	5° 2'53.23"S	42°50'25.84"O	PB6
	7. Estação de Tratamento de Água	5° 6'27.57"S	42°48'55.03"O	PB7
RIO POTI	1. Usina Santana	5°10'4.98"S	42°41'1.62"O	PT1
	2. Curva São Paulo	5° 6'45.00"S	42°43'53.43"O	PT2
	3. Ponte do Tancredo Neves	5° 6'51.99"S	42°46'41.22"O	PT3
	4. Ponte Wall Ferraz	5° 5'39.07"S	42°46'46.96"O	PT4
	5. Ponte Pres. Juscelino Kubitschek	5° 4'55.06"S	42°47'40.46"O	PT5
	6. Ponte Min. Petrônio Portella	5° 3'48.07"S	42°48'24.03"O	PT6
	7. Ponte Mariano Castelo Branco	5° 2'3.15"S	42°49'42.46"O	PT7

### *Coleta de amostras de água*

Em cada ponto foram coletados 200ml de água em frascos de vidro, esterilizados e contendo diferentes substratos orgânicos para crescimento dos oomicetos, de acordo com a técnica de iscagem múltipla de Milanez (1989). Estes substratos orgânicos são divididos em celulósicos (semente de sorgo, papel celofane, palha de milho, papel filtro e capim), queratinosos (ecdise de cobra, fio de cabelo e escama de peixe) e quitinosos (asa de cupim) (Moreira e Shcoenlein-Crusius, 2010). As amostras coletadas foram levadas ao laboratório de micologia da UFPI.

### *Isolamento e identificação dos oomicetos*

No laboratório, as amostras de água foram colocadas em placas de Petri (100mm de diâmetro) contendo todos os tipos de substratos orgânicos e incubadas à temperatura ambiente (25/32 °C) e observadas semanalmente para verificar a ocorrência de oomicetos nos substratos orgânicos, durante quatro semanas e a cada observação, a manutenção dessas amostras foi realizada através da troca de água para revitalização das condições de cultura.

Os substratos orgânicos foram colocados em lâminas e observados ao microscópio óptico. Os substratos que apresentaram crescimento de oomicetos foram separados em placas de Petri (90mm de diâmetro) com adição de água destilada esterilizada (ADE) e substratos similares para cultivo. Esses isolados foram observados a cada 5/7 dias para verificação do desenvolvimento até que fosse possível a identificação taxonômica das espécies.

Para a determinação dos oomicetos em nível de gênero ou espécie, estruturas morfológicas, processo de reprodução e fonte nutricional de cada isolado foram observados. Para realizar a identificação taxonômica foram utilizadas bibliografias especializadas e clássicas, como Sparrow (1960), Alexopoulos et al. (1996) e Dick (2001).

### *Descrição dos taxa*

Todos os *taxa* obtidos nas coletas de amostras de água foram descritos, comentados, ilustrados, relatada a distribuição geográfica no Brasil e o potencial patogênico com auxílio de literatura clássica e pesquisas recentes. Dados sobre a distribuição geográfica e potencial patogênico foram obtidos através de pesquisas em periódicos científicos. Os pontos e as respectivas coletas são representados pelas siglas: PB (rio Parnaíba), PT (rio Poti) seguido do número indicando o ponto, número da coleta e ano de realização.

### *Análise da diversidade de oomicetos*

Diante dos resultados observados, a diversidade de oomicetos foi identificada em nível taxonômico e listada de acordo com o sistema de classificação proposto por Alexopoulos et al. (1996). Cada táxon foi descrito com base na morfologia observada e comparado com estudos de outros autores, além do levantamento da distribuição geográfica no território brasileiro e o potencial patogênico, segundo a literatura especializada.

## **Resultados**

A partir de seis coletas de amostras de água realizadas em sete pontos nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina – PI, foram identificados 19 taxa pertencentes ao filo Oomycota

(Reino Stramenopila), através da observação do crescimento de oomicetos em nove tipos de substratos orgânicos agrupados em três classes nutricionais, celulósico, quitinoso e queratinoso.

As espécies de oomicetos estão representadas por cinco famílias: Leptolegniellaceae (*Leptolegniella keratinophila*), Pythiogetonaceae (*Pythiogeton dichotomum*, *Pg. ramosum*, *Pg. uniforme*, *Pg. utriforme*), Pythiaceae (*Phytophthora* sp), Saprolegniaceae (*Achlya bisexualis*, *A. conspicua*, *A. dúbia*, *A. flagellata*, *A. proliferoides*, *Achlya* sp, *Aphanomyces keratinophilus*, *Aphanomyces* sp, *Brevilegnia megasperma*, *Dictyuchus pseudodictyon*, *D. sterile*, *Dictyuchus* sp) e Leptolegniaceae (*Plectospira myriandra*).

#### Descrição dos taxa

### FILO OOMYCOTA

#### LEPTOMITALES

#### LEPTOLEGNIELLACEAE

*Leptolegniella keratinophila* Huneycutt, J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 68: 109. 1952. – Fig. 2. a-b.

**Descrição:** Mícelio extensivo em substrato queratinoso (ecdise de cobra); hifas irregulares, ramificadas, 12-15µm de diâmetro. Zoosporângios não sendo possível ser distinguido do micélio vegetativo. Esporos de resistência localizados internamente nas hifas do micélio vegetativo, esférico, 13-20µm de diâmetro, eventualmente oval, 15,5 x 20µm de diâmetro, gota lipídica excêntrica.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI, em amostras de água no ponto: PT3/5 2019 G.C. *Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Amazonas (Silva 2002). Maranhao (Sales 2009; Silva e Rocha 2017). Pernambuco (Cavalcanti 2001). PiauÍ (Rocha 2002; Trindade Junior 2013; Sousa 2015; Macedo e Rocha 2017; Sousa e Rocha 2017; Trindade Junior e Rocha, 2018; Saraiva e Rocha 2019). São Paulo (Milanez 1970; Pires-Zottarelli et al. 1996a; Pires-Zottarelli 1999; Rocha e Pires-Zottarelli 2002).

**Comentários:** As características gerais observadas, como presença de zoósporo localizados internamente às hifas vegetativas e a presença de gota lipídica no centro do oósporo (Fig.2, b), estão de acordo com as características descritas pioneiramente por Huneycutt (1952). Além de serem similares as características dos achados de Saraiva e Rocha (2019) no mesmo estado do presente estudo.

**Potencial patogênico:** Não foi encontrado registro acerca do potencial patogênico de *L. keratinophila* na literatura consultada.

#### PERONOSPORALES

#### PYTHIOGETONACEAE

*Pythiogeton dichotomum* Tokunaga, Trans. Sapporo nat. Hist. Soc. 14(1): 12. 1935. – Fig. 2. c-e.

**Descrição:** Micélio com hifas delgadas e sem ondulações e moderadamente ramificado. Zoosporângio terminal na hifa principal ou nos ramos laterais, podendo apresentar ramificações dicotômicas uma ou duas vezes, presença de proliferação interna, esféricos 23-28µm de diâmetro. Zoósporos reniformes, presença de flagelos laterais. Oogônio não observado.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI, em amostras de água nos pontos: PB6/1; PT3/1; PB7/3; PT7/3 2018; PB2/4; PB6/4; PB7/4; PB6/5; PB3/6 2019, *G.C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** São Paulo (Beneke e Roger 1962; Pires-Zottarelli 1990; Pires-Zottarelli et al. 1996b; Pires-Zottarelli 1999). Piauí (Rocha 2002; Negreiros 2008; Sousa 2015; Sousa e Rocha 2017; Macedo e Rocha 2017; Trindade Junior e Rocha 2018; Saraiva e Rocha 2019).

**Comentários:** As características gerais observadas nos isolados assemelham-se às descritas originalmente por Tokunaga (1935). Além disso, estão de acordo com as características descritas, pioneiramente no Brasil, por Pires-Zottarelli (1999) e Rocha (2002). Nos isolados foram observados intensa quantidade de proliferação interna dos zoosporângios, bem como a presença de haustórios (Fig. 2, d). Estruturas pertencentes a fase sexuada, não foram observadas.

**Potencial patogênico:** Não foram encontrados registros, na literatura, acerca da patogenicidade da espécie; contudo, há registros de patogenicidade para o gênero em questão. A presença de estrutura como haustório pode indicar um possível potencial patogênico de *P. dichotomum*.

*Pythiogeton ramosum* Minden, in Falck, Mykol. Untersuch. Ber. 1: 243. 1916. – Fig. 2. f-g.

**Descrição:** Micélio pouco ramificado, hifas finas. Zoosporângio esférico, busiforme, terminal 25–48µm de diâmetro, com origem nas hifas em ângulo reto em relação a hifa de sustentação. Presença de proliferação interna, com longos tubos de liberação, normalmente reto ou sinuoso. Zoósporos encistados 8–10µm de diâmetro. Oogônio não observado.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI, em amostras de água nos pontos: PB2/2; PB3/3; PB7/3; PT2/1; PT5/1; PT7/2; PT1/3 2018; PB5/4; PB2/5; PB3/5; PB7/5; PT1/4; PT4/4; PT7/4; PT1/5; PT2/5; PT3/5; PT4/5; PT6/5; PT7/5; PT1/6 2019, *G.C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Amazonas (Silva 2002). Pernambuco (Cavalcanti 2001). Piauí (Rocha 2002; Sousa e Rocha 2017; Saraiva e Rocha 2019). Maranhão (Sales 2009; Silva e Rocha 2017). Rio de Janeiro (Beneke e Rogers 1970). São Paulo (Rocha e Pires-Zotarelli 2002).

**Comentários:** As características observadas nos isolados concordam com a descrição original de Minden (1916) e com o primeiro estudo brasileiro sobre a espécie por Beneke e Rogers (1970). Além

de descrições mais recentes como Rocha et al. (2014); Sousa e Rocha (2017) e Saraiva e Rocha (2019).

**Potencial patogênico:** *P. ramosum* pode ser uma espécie de grande potencial patogênico em organismos vegetais como: gengibre, pepino, couve flor, alface, entre outros (Le et al. 2015). Seu primeiro registro foi obtido em restos de plantas por Minden (1916). Em estudos mais recentes *P. ramosum* é encontrado como parasita de cipreste e hera-inglesa (Silva-Rojas et al., 2004); causador da podridão radicular de espécies de arroz selvagem no estado da Califórnia (Doan et al., 2014); além de demonstrar patogenicidade em temperaturas mais elevadas causando doença popularmente conhecida como podridão mole em plantações de gengibre na Austrália (Le et al., 2015).

*Pythiogeton uniforme* A. Lund., Mém. Acad. Roy. Sci. Lett. Danemark, Copenhague, Sect. Sci., 9 Série 6: 54. 1934. – Fig. 2. h-j.

**Descrição:** Micélio moderadamente ramificado com hifas delgadas. Zoosporângio em posição terminal da hifa principal ou em ramos laterais, raramente intercalar, esférico com 22–48µm de diâmetro, parede delgada, presença de proliferação interna, tubo de liberação reto ou sinuoso. Zoósporos reniformes, biflagelados lateralmente. Estruturas sexuais não observadas.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB2/2; PB6/2; PB7/3; PT7/1; PT2/2; PT1/3 2018; PB2/4; PB5/4; PB2/5; PB4/5; PB2/6; PB6/6; PT7/4; PT2/5; PT4/5; PT5/5; PT6/6 2019, G.C. Leal.

**Distribuição geográfica no Brasil:** PiauÍ (Rocha 2002; Negreiros 2008; Trindade Junior 2013; Sousa e Rocha 2017; Trindade Junior e Rocha 2018; Saraiva e Rocha 2019). Maranhão (Silva e Rocha 2017).

**Comentários:** Os resultados observados nos isolados condizem com a descrição original de Lund (1934) e concordam com a de Saraiva e Rocha (2019) mantendo as mesmas características gerais.

**Potencial patogênico:** Não há registros específicos sobre o potencial patogênico de *P. uniforme*; contudo, há registros de patogenicidade para o gênero em questão.

*Pythiogeton utriforme* Minden. Mykologische untersuchungen. 2(2): 238-243. 1916. – Fig. 2. j-l.

**Descrição:** Micélio com hifas finas e ramificações laterais. Zoosporângio intercalar ou terminal em hifas curtas laterais, busiforme regular. Zoósporo reniforme, lateralmente biflagelado. Oogônio esférico com 30-40µm de diâmetro, paredes delgadas. Raramente apresenta proliferações internas. Anterídios simples, raramente dois, monoclinos, hemisféricos, de paredes finas. Oósporos esféricos com 28-30µm de diâmetro, parede pletórica ou apletórica, espessa e refrativa, as vezes em camadas concêntricas, conteúdo apresentando um único glóbulo rodeado por muitos glóbulos menores.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água no ponto: PB4/4 2018, *G.C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Maranhão (Silva e Rocha 2017). Piauí (Rocha 2002; Negreiros 2008; Macedo e Rocha 2017; Saraiva e Rocha 2019).

**Comentários:** Isolados com características semelhantes as descritas originalmente por Minden (1916) e com estudo mais recente realizado em criatórios de peixes no Piauí por Saraiva e Rocha (2019); contudo, diferiram na presença de apressório pois não foi observado neste estudo. Característica marcante como oósporos apleróticos com parede muito espessa (Fig. 2, 1) foram observados nos isolados.

**Potencial patogênico:** Não foi encontrado registros na literatura sobre o específico potencial patogênico de *P. untriforme*, apenas acerca do gênero.

#### PYTHIACEAE

*Phytophthora* sp. – Fig. 2. m.

**Descrição:** Hifas monóicas. Micélio delicado, ramificado e frequentemente monopodial. Zoosporângios ovoides, piriformes ou elipsoidais e proliferantes. Zoósporo totalmente formado dentro do zoosporângio, com liberação através de papilas. Oogônios comumente esféricos. Anterídios presentes ou ausentes.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB7/3; PT7/2 2018, *G.C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Distribuição desconhecida até que seja feita identificação a nível específico.

**Comentários:** O exemplar observado mostrou características similares com as descritas sobre o gênero; contudo, não foi possível observar estruturas morfológicas com maior riqueza de detalhes para realizar a identificação em nível de espécie.

**Potencial patogênico:** O gênero *Phytophthora* compreende um grupo de fitopatógenos de grande importância econômica. O evento histórico conhecido como “*The Irish potato famine*” (A grande fome na Irlanda) no século 19, onde milhares de plantações de batata foram devastadas pela espécie *Phytophthora infestans* causando grande problema para a economia local e mundial (Martynov et al., 2019). Scott e colaboradores (2019) exploraram a biogeografia mundial do gênero, em seus estudos relataram cerca de 12.500 casos de doenças provocadas por *Phytophthora* em todos os continentes ao longo de 142 anos de estudos. Apesar da não identificação taxonômica do exemplar estudado a nível mais específico é notória a importância econômica que o gênero possui.

#### SAPROLEGNIALES

## SAPROLEGNIACEAE

*Achlya bisexualis* Coker & Couch, in Coker, J. Elisha Mitchell Sci. 42: 207. 1927. – Fig. 3. a-c.

**Descrição:** Micélio extenso, dioico. Hifas delgadas e ramificadas. Gemas abundantes, filiformes ou doliforme, ocasionalmente esféricas ou globosas, terminais ou intercalares. Zoosporângios fusiformes, 260-540 x 20-70µm; renovação simpodial ou basipetalar. Liberação dos zoósporos do tipo aclióide. Oogônios laterais, terminais, intercalares e sésseis, esféricos, 30-42,5µm de diâmetro; parede oogonial com poros abaixo do ponto de atracação das células anteridiaais; pedúnculo simples. Anterídios estritamente díclinos, ramos simples, células anteridiaais divididas, atracação lateral e apical. Oosferas maturando, algumas abortivas. Oósporos excêntricos, esféricos, 17,5-22,5µm de diâmetro; 2-5 por oogônio.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI, em amostras de água nos pontos: PT5/1; PT7/1; PT7/2; PT5/3 2018; PB6/5; PT6/4 2019, *G.C.Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** São Paulo (Gomes e Pires-Zottarelli 2008); Minas Gerais (Beneke e Rogers 1962).

**Comentários:** Exemplar apresentou características similares as descritas pioneiramente por Coker (1927) e com as descritas por Gomes et al. (2013) diferindo apenas no tamanho dos oogônios e oósporos, os quais relatam de 50-62,5µm diâm. e 22,5-350µm diâm., respectivamente. Os exemplares mostram diferenças no tempo de amadurecimento em cada rio. Os provenientes do rio Parnaíba tiveram seu amadurecimento sexual em pouco menos de 10 dias, enquanto os obtidos no rio Poti demoraram mais de 15 dias para atingir sua maturação sexual e terem todas as estruturas viáveis para identificação taxonômica.

**Potencial patogênico:** Não foram encontrados dados específicos acerca da patogenicidade de *A. bisexualis* na literatura consultada, apesar da existência de dados sobre o potencial patogênico do gênero. Em estudos realizados por Sosa et al (2007) em peixes com ulcerações cutâneas causadas por oomycetos foi observado a presença de *A. bisexualis* nas úlceras desses animais; contudo, demonstrou apenas ser uma espécie oportunista e não o agente causador da doença.

*Achlya conspicua* Coker, The Saprolegniaceae. 131. 1923. – Fig. 3. d-f.

**Descrição:** Micélio extenso, difuso. Hifa principal ramificada. Gema moderadamente abundante; filiforme, ocasionalmente irregular, catenulada, terminal ou intercalar; funcionando como zoosporângio. Zoosporângio abundante, filiforme ou naviculado; liberação do tipo aclióide, raramente aplanoide, 400–550 x 26–38µm; renovação simpodial. Oogônio lateral, terminal, esférico, 80–90µm de diâmetro. Parede do oogônio lisa, sem poros, ou ocasionalmente com poros abaixo do ponto de atracação das células anteridiaais. oósporos, geralmente, entre 4 a 8 em número e 25µm de diâmetro. Anterídio monoclino, diclino, e geralmente com projeções laterais.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB2/1; PT1/1; PT7/2 2018; PB7/4; PB1/6; PT1/4; PT2/4; PT4/4; PT5/4; PT6/5 2019, *G. C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** primeiro relato para o país.

**Comentários:** As características observadas nos isolados foram de encontro as relatadas originalmente por Coker (1923). Sendo está a primeira citação da espécie para o Brasil. Últimos registros obtidos em outras partes do mundo foram: Inglaterra (Johnson, 1956); Egito (Farida et al., 1989); Rússia (Pystina, 1994); Polônia (Czeczuga et al, 1999); Lituânia (Markovskaja, 2004).

**Potencial patogênico:** Não foram encontrados registros sobre a patogenicidade de *A. conspicua* na literatura consultada. Nos estudos analisados foram observados comportamento saprófito em plantas, principalmente, aquáticas, não ocasionando nenhum problema a dinâmica desses seres.

*Achlya dubia* Coker, The Saprolegniaceae. 131. 1923. – Fig. 3. g.

**Descrição:** Micélio limitado, normalmente denso; hifa principal bastante ramificada. Quantidade moderada de gemas. Zoosporângios abundantes, filiformes ou fusiformes 150–300 x 12–48µm. Liberação do tipo traustotecóide nos zoosporângios primários, e aclióide nos secundários. Oogônios abundantes, laterais, raramente terminais, esféricos ou piriformes, entre 50 a 60µm de diâmetro. Anterídios diclinos, esparsamente ramificados; células anteridiaais tubulares ou clavadas, atracando por projeções. Oósporos excêntricos, esféricos, 4–6 em número e 26µm de diâmetro.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB2/2; PB3/2; PB 3/3; PB6/3 2018, *G. C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Minas Gerais (Beneke e Rogers 1962; Oliveira 2004); São Paulo (Pires-Zottarelli 1990; Gomes et al. 2013; Schoenlein-Crusius e Milanez 1998a; Schoenlein-Crusius e Milanez 1989b; Pires-Zottarelli et al. 1996; Rocha e Pires-Zottarelli 2002). Piauí (Trindade-Júnior 2013; Santos e Rocha 2017).

**Comentários:** Exemplar apresentou características similares as descritas originalmente por Coker (1923). Além de características marcantes como a presença de liberação do zoosporângio do tipo traustotecoide em maior quantidade em relação a liberação do tipo aclióide, o que corroborando com os achados de Alabi (1972) o autor demonstra a diferença na quantidade dos dois tipos de liberação em diferentes épocas do ano, quando no período seco, maior será a quantidade de zoosporângios traustotecoídes. As duas coletas onde foram obtidos os isolados foram em épocas com baixo índice pluviométrico na cidade.

**Potencial patogênico:** El-Sharouny e Badran (1995) relatam alguns dos patógenos mais comuns de peixes do tipo Tilapia, o gênero *Achlya* foi o segundo grupo com maior ocorrência nesses animais, onde *A. dubia* apresentou elevada incidência, 66-72%, parasitando parte do peixe como as brânquias,

barbatanas e pele. Achados similares foram obtidos por Czezug et al (2002) em pesquisas com peixes recém introduzidos em ambientes aquáticos e a presença de *A. dubia* foi marcante nos resultados obtidos. As infecções causadas nesses peixes eram caracterizadas como aparecimento de manchas esbranquiçadas na pele, barbatanas, olhos, boca ou brânquias.

*Achlya flagellata* Coker, The Saprolegniaceae. 131. 1923. – Fig. 3. h-i.

**Descrição:** Micélio extenso, moderadamente denso. Zoosporângios fusiformes; renovação basipetalar; liberação aclióide. Presença de gemas. Oogônios esféricos ou piriformes, lateral de 58-63µm e frequentemente proliferando; parede lisa, normalmente com poros no ponto de atracação dos anterídios; pedúnculo simples, algumas vezes pendentes. Anterídios presentes com ramos anteridiaes díclinos; células anteridiaes simples ou tubular; atracação lateral ou apical por projeções; tubo de fertilização não observado. Oosferas normalmente abortivas. Oósporos excêntricos, esféricos, 20 – 22,5µm de diâmetro; 3-5 por oogônio.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PT4/1; PT7/1; PT3/2; PT7/3 2018; PB2/4; PB3/5; PT5/4 2019, G. C. Leal.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Amazonas (Silva 2002). Pernambuco (Cavalcanti 2001). Piauí (Rocha 2002). Minas Gerais (Oliveira 2004). Rio de Janeiro (Beneke e Rogers 1970). São Paulo (Milanez 1968; Milanez 1970; Rogers et al. 1970; Lyra e Milanez 1974; Pires-Zotarelli 1990; Schoenlein-Crusius et al. 1992; Antunes et al. 1993; Pires-Zotarelli et al. 1996; Schoenlein-Crusius e Milanez 1998a; Pires-Zotarelli 1999; Rocha e Pires-Zotarelli 2002; Gomes et al. 2013).

**Comentários:** As características observadas nos exemplares obtidos concordam com as descrições originais da espécie. A abundância de oósporos abortivos e de ramos anteridiaes foram as características marcantes da espécie. Foi observado pequena variação no tamanho das estruturas da espécie quando comparado a estudo realizado por Sousa e Rocha (2017) no mesmo ambiente do presente estudo, a variação maior foi no tamanho dos oósporos (22-30µm diâmetro) e sua quantidade por oogônio (2-8).

**Potencial patogênico:** El-Sharouny e Badran (1995) relatam elevada incidencia de *A. flagellata* contaminando peixes, as principais áreas de colonização no corpo dos animais foram nas brânquias e pele, causando prejuízos econômicos. Em estudos com anfíbios realizados por Romansic et al (2011) foram observados o crescimento de *A. flagellata* na pele de animais doentes; contudo, não foram relacionados a nenhum dos sintomas apresentados.

*Achlya proliferoides* Coker, The Saprolegniaceae. 131. 1923. – Fig. 3. j-l.

**Descrição:** Micélio extenso; hifas ramificadas. Gemas abundantes e filiformes. Zoosporângios abundantes, filiformes, curvados ou irregulares; variando entre 40-440 x 15-40µm; liberação de zoósporos do tipo aclióide. Oogônios laterais, esféricos, 25-38µm de diâmetro; parede lisa, com presença de poros em alguns pontos; pedúnculo simples, raramente curvado. Ramos anteridiaes diclinos, alguns monoclinos, ramificados envolvendo as hifas; células anteridiaes tubulares, simples ou ramificadas, atracação lateral; tubo de fertilização não observado. Oosferas não maturando. Oósporos esféricos, excêntricos, 15-20µm de diâmetro; 2-8 por oogônio.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Parnaíba, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB2/4 2019, G. C. Leal.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Amazonas (Silva 2002). Pernambuco (Cavalcanti 2001). Piauí (Rocha 2002; Sousa e Rocha 2017). Minas Gerais (Beneke e Rogers 1962). São Paulo (Rogers et al. 1970; Pires-Zotarelli et al. 1996; Pires-Zotarelli 1999; Gomes et al. 2013). Paraná (Benke e Rogers 1962).

**Comentários:** Exemplar apresentou características similares as descritas por Johson (1956); contudo, foi obtido apenas um exemplar em todas as coletas. Sousa e Rocha (2017) relataram uma frequência bem maior de *A. proliferoides* no rio Poti em Teresina, PI.

**Potencial patogênico:** Não foi encontrado registros sobre a patogenicidade de *A. proliferoides* na literatura consultadas; contudo, há relatos de acerca da patogenicidade do gênero em questão.

*Achlya* sp. – Fig. 3. m.

**Descrição:** Hifas robustas ou delgadas. Gema, quando presente, abundante, irregular, filiforme ou ramificada, raramente catenulada. Zoosporângio abundante, filiforme ou raramente clavado, normalmente longo, liberação do zoósporo do tipo aclióide, raramente do traustotecoide. Zoósporo encistado persistente no poro de liberação do zoosporângio. Ausência de oogônio e anterídios.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. Rio Parnaíba e Rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB6/1; PB1/2; PB2/2; PB4/2; PB3/3; PB4/3; PT2/1 2018; PB2/4; PB2/5; PB4/5; PB6/5; PB5/6; PT3/4; PT3/5 2019, G. C. Leal.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Desconhecida até que seja realizada identificação a nível específico.

**Comentários:** Os exemplares obtidos apresentaram características gerais do gênero *Achlya*; contudo, permaneceram apenas com reprodução assexuada, não sendo possível observar estruturas como oogônio e anterídios. Apresentaram grande quantidade de gemas e zoosporângios, ambos com formatos e tamanhos variados.

**Potencial patogênico:** Exemplar não identificado em nível específico de espécie; porém, há registros na literatura consultada sobre o potencial patogênico do gênero em questão, principalmente causando problemas em peixes.

*Aphanomyces* sp. – Fig. 4. a.

**Descrição:** Hifas longas e delicadas, raramente espessas, hialinas. Gemas ausentes. Zoosporângios pequenos e filamentosos. Zoósporos com liberação do tipo aclioide, encistados no ápice do zoosporângio. Ausência de estruturas sexuais.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Parnaíba e rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB4/1; PB7/1; PB1/2; PB2/2; PB3/2; PB1/3; PB2/3; PB5/3; PB6/3; PT2/1; PT1/2; PT4/2; PT7/2; PT1/3; PT6/3; PT7/3 2018; PB1/4; PB2/4; PB3/5; PB4/4; PB5/4; PB6/4; PB1/5; PB2/5; PB3/5; PB4/5; PB6/5; PB3/6; PB5/6; PB7/6; PT1/4; PT3/4; PT4/4; PT5/4; PT6/4; PT7/4; PT1/6; PT4/6 2019, G. C. Leal.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Desconhecida até que seja realizada identificação em nível específico.

**Comentários:** As características observadas nas amostras foram similares ao que diz a literatura acerca do gênero; contudo, não foi possível determinar a nível de espécie devido ausência de estruturas de reprodução sexual. Os isolados tiveram ótima representatividade nas coletas realizadas nos dois rios, com maior frequência no rio Parnaíba. Algumas características foram similares para os isolados encontrados nos dois rios, que foram: rápida adesão aos substratos orgânicos podendo ser observado o crescimento do isolado já na primeira semana de observação; porém, curta permanência na cultura, com pouco mais de duas semanas os isolados começaram a desaparecer, desse modo dificultando seu amadurecimento para entrada em fase sexuada; outra característica foi a preferência por substrato queratinoso, ecdise de cobra.

**Potencial patogênico:** O gênero *Aphanomyces*, com base na literatura consultada, é conhecido por possuir espécies com potencial de causar infecções em espécies de peixes e em alguns organismos vegetais. *A. euteiches* é comumente conhecido como patógeno de ervilhas, alfafas e outras culturas agrícolas, causando problemas conhecido como podridão (Hamon, et al 2010; Taheri et al 2017). Relatos de espécies do gênero como patógenos de peixes são descritos por Go, et al (2012) com relatos de uma doença comumente chamada de ‘doença da mancha vermelha’ provocada pelo *A. invadans* causando a mortalidade em massa de diversas espécies de peixe na Austrália, gerando perda significativa de receita no comércio de pescados.

*Aphanomyces keratinophilus* (M. Ôkubo & Kobayasi) R.L. Seym. & T.W. Johnson, Mycologia 65 (6): 1317. 1974. – Fig. 4. b.

**Descrição:** Zoosporângios longos e filamentosos, raramente observado. Ausência de gemas. Zoósporos cilíndricos ou fusiformes formando um aglomerado esférico de cistos na extremidade do zoosporângio após a liberação. Oogônios laterais ou terminais em ramos variáveis, sendo esféricos ou piriformes, às vezes intercalares.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Parnaíba e rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB2/1 2018; PT1/6 2019, G. C. Leal.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Piauí (Rocha, 2002).

**Comentários:** Características marcantes de *A. keratinophylus* são a afinidade com substratos de origem queratinosos e ramos anteridiaais envolvendo profusamente o oogônio. As características observadas na presente amostra foram similares as descritas por Rocha (2002), o qual apresentou pela primeira vez a descrição da espécie para o Brasil, com características marcantes de hábitos queratinofílicos. As amostras obtidas colonizaram apenas substratos queratinosos, especificamente, fios de cabelo e com desenvolvimento muito rápido e pouco tempo de vida útil nas condições de laboratório.

**Potencial patogênico:** Não há registros acerca da patogenicidade de *A. keratinophylus* na literatura consultada, apesar de ser conhecido o potencial patogênico de diversas outras espécies do gênero *Aphanomyces*.

*Brevilegnia megasperma* Harvey, J. Elisha Mitchell Sci. 45: 322, 1930. – Fig. 4. c-e.

**Descrição:** Micélio denso, com hifas finas, ramificadas. Gemas abundantes, terminal ou intercalar, doliforme podendo raramente ser catenulada. Zoosporângio abundante, terminal ou lateral, clavado ou fusiforme, reto ou curvado, 130-220 x 18-30µm. Liberação dos zoósporos, raramente, do tipo dictioide ou traustotecoide. Oogônio relativamente largo, quando comparado as outras espécies do gênero, pedúnculo curto, parede sem poros, 30-40µm de diâmetro. Oosferas normalmente maturando, oósporo acêntrico, esférico, simples ou em pares. Anterídio monoclino.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Parnaíba, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB2/4; PB5/4 2019, G. C. Leal.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Pernambuco (Upadhyay 1967).

**Comentários:** Exemplar apresentou características similares as relatadas originalmente por Harvey (1930). Sua primeira e última citação no Brasil foi em 1967 no estado do Pernambuco por Upadhyay (1967) em amostras de solo. e seu último registro a nível mundial foi em 2002 no Japão em amostras de solo (Inaba e Tokumasu, 2002). Está, é, por tanto, a segunda citação de *B. megasperma* para o Brasil.

**Potencial patogênico:** Não foi encontrado registro acerca do potencial patogênico de *B. megasperma* na literatura consultada.

*Dictyuchus pseudodictyon* Coker & Braxton, J. Elisha Mitchell Sci. 46:228-229. 1931. – Fig. 4. f-h.

**Descrição:** Hifa principal com ramos laterais longos, sem ondulações. Zoosporângio primário formado na extremidade das hifas. Zoosporângios secundários formados por ramificação simpodial, cilíndricos, ligeiramente mais largo na metade distal, as vezes curvos, ocasionalmente ramificados, de tamanhos variados, 120-200 x 10-14µm de diâmetro. Zoósporos, geralmente, arredondados, liberados com ou sem período de encistamento, emergem do zoosporângio deixando a parede do cisto primário que formam rede verdadeira. Oogônio terminais ou formados em ramos laterais simples, os quais são, usualmente, longos; esférico, com parede lisa 10-15µm de diâmetro. Oosporo esférico, um por oogônio, aplerótico, com uma grande gota lipídica 20-26µm de diâmetro. Anterídio monoclíno ou diclíno; células anteridiais terminais em ramos irregulares e tortuosos, envolvendo completamente o oogônio.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Parnaíba e rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB1/2; PT5/2; PT7/3 2018; PT7/4 2019, *G. C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** São Paulo (Beneke e Roger 1962; Pires-Zottarelli 1990; Pires-Zottarelli et al. 1996b; Pires-Zottarelli 1999). Piauí (Rocha 2002).

**Comentários:** as características gerais observadas concordam com as descritas originalmente e as relatadas por Pires-Zottarelli (1999) e Rocha (2002). Os isolados apresentaram uma demora maior para entrar na fase sexuada, cerca de mais de dois meses, com oogônios em pouca quantidade.

**Potencial patogênico:** Não foi encontrado registro acerca do potencial patogênico de *D. pseudodictyon* na literatura consultada.

*Dictyuchus sterilis* Coker, The Saprolegniaceae. 131. 1923. – Fig. 4. i.

**Descrição:** Micélio abundante, hifa principal com ramos laterais longos, sem ondulações. Zoosporângio terminal, curvos e raramente ramificados 280 x 10µm de diâmetro. Zoósporos, geralmente, arredondados, liberados com ou sem período de encistamento, emergem do zoosporângio deixando a parede do cisto primário que formam rede verdadeira. Oogônio não observado.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Parnaíba e rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB6/1; PT7/1 2018, *G. C. Leal*.

**Distribuição geográfica no Brasil:** São Paulo (Beneke e Roger 1962; Pires-Zottarelli 1990; Pires-Zottarelli et al. 1996b; Pires-Zottarelli 1999). Piauí (Rocha 2002).

**Comentários:** as características gerais observadas concordam com as descritas originalmente por Coker (1923) e com trabalhos mais recentes como Pires-Zottarelli (1999) e Rocha (2002).

**Potencial patogênico:** Não foi encontrado registro acerca do potencial patogênico de *D. sterilis* na literatura consultada.

*Dictyuchus* sp. – Fig. 4. J.

**Descrição:** Micélio abundante, bastante ramificado. Zoosporângios abundantes, tamanho variado, grande parte apresenta apenas uma única série de zoósporo, liberação do tipo dictioide. Zoósporos liberados por orifícios individuais deixando a impressão de uma rede verdadeira. Ausência de estruturas sexuais.

**Distribuição geográfica no Brasil:** Desconhecida até que seja realizada identificação a nível específico.

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Parnaíba e rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água nos pontos: PB7/1; PB1/2; PB3/2; PT7/1; PT6/2; PT7/2 2018; PB1/4; PB2/4; PB4/5; PB5/5; PB2/6; PB6/6; PB7/6; PT1/5 2019, *G. C. Leal*.

**Comentários:** Os exemplares obtidos permaneceram apenas em fase assexuada. Não demonstrando em nenhum momento presença de estruturas sexuais.

**Potencial patogênico:** Exemplar não identificado em nível específico de espécie. Não há registros na literatura consultada sobre o potencial patogênico do gênero em questão.

#### LEPTOLEGNIACEAE

*Plectospora myriandra* Drechsler, J. Agric. Res., Washington 34: 295. 1927. – Fig. 4. l-m.

**Descrição:** Micélio limitado, uniforme. Um ou dois tubos de liberação de zoósporos. Hifa cenocítica com até 6µm de diâmetro, zoósporos encistados no ápice do zoosporângio. Liberação aclióide. Zoosporângio esférico simples, até 40µm diâmetro, ramificado. Células anteridiais, de 1 a 10 por oogônio.

**Distribuição geográfica:** Piauí (Rocha 2002); São Paulo (Gomes et al. 2013; Jesus et al. 2013).

**Material examinado:** BRASIL, PIAUÍ. rio Poti, perímetro urbano de Teresina – PI em amostras de água no ponto: PT5/4 2019, *G. C. Leal*.

**Comentários:** As principais características desta espécie são a presença de zoósporos encistados no ápice do zoosporângio e de complexos de zoosporângios lobulados, presentes no espécime observado, similares as características descritas originalmente por Drechsler (1927). As características observadas concordam com as descritas por Rocha (2002) sendo este o primeiro a isolar esta espécie no Brasil, porém a encontrou somente em amostras de solo. Gomes et al., (2013) e Jesus et al., (2013) relataram a presença de *P. myriandra* em ambientes aquáticos como rios e lagos, a partir de isolamentos em epiderme de cebola.

**Potencial patogênico:** O gênero *Plectospira* está comumente associado a infecções causadas em raízes de plantas. Como descrito por Watanabe (1987) *P. myriandra* foi isolada em algumas plantações agrícolas no Japão, em raízes de cana de açúcar e tomate. Atkins (1954) relata o potencial patogênico de outra espécie pertencente ao gênero, *P. dubia*, causando infecções em crustáceos. Relatos mais recentes de *P. myriandra* na literatura consultada apenas aborda a presença do isolado em determinadas regiões, mas não faz referência a seu potencial patogênico.

## Discussão

Dentre os 19 *taxa* de oomicetos identificados nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina – PI, alguns gêneros ganham destaque pelo comportamento observado e o seu potencial patogênico com base em literatura especializada. Desses resultados obtidos sete *taxa* apresentam potencial patogênico em organismos vegetais, animais aquáticos ou ambos, os quais são: *Pythiogeton dichotomum*, *Pg. ramosum*, *Phytophthora* sp., *Achlya dubia*, *A. flagellata*, *Aphanomyces* sp. e *Plectospira myriandra*.

O gênero *Pythiogeton* é conhecido por possuir potencial patogênico para diversas culturas agrícolas, como plantações de milho, bambu, gengibre, pimenta, arroz, entre outros. Entre as espécies causadoras de infecções em organismos vegetais estão *Pg. zaeae*, *Pg. zizaniae*, *Pg. ramosum* e *Pg. manoomin*. (Jee et al. 2000; Ann et al. 2006; Le et al. 2015; Doan; Davis 2019). O gênero foi descrito por Minden (1916) e desde então já foram reconhecidas e catalogadas 16 espécies em todo mundo.

O primeiro registro brasileiro foi descrito por Beneke e Rogers (1970), dessas espécies quatro são encontradas no Brasil em solo e ambientes aquáticos, *Pg. dichotomum*, *Pg. ramosum*, *Pg. uniforme* e *Pg. utriforme*, todas foram obtidas nessa pesquisa. Desses isolados apenas *Pg. ramosum* é conhecido como patógeno de plantas. Contudo, *Pg. dichotomum* apresentou estrutura conhecida como haustório (Fig. 2. d) que são prolongamentos das hifas utilizado para conferir aderência ao substrato, bem como aumentar a absorção de nutrientes do hospedeiro (Yamaoka, 2019). Tal estrutura pode sugerir um potencial patogênico para *Pg. dichotomum*.

Outro grupo de oomicetos de grande importância econômica mundial é o gênero *Phytophthora* conhecido como um dos maiores patógenos de plantas em todo o globo. O evento de maior destaque ocorreu no século 19, “*The Irish potato famine*” (A grande fome na Irlanda), onde *Py. Infestans* causou a devastações de centenas de plantações de batatas (Martynov et al., 2019). Estudos sobre *Phytophthora* são de grande importância e devido ao grande impacto econômico, já são conhecidas cerca de 140 espécies distribuídas em todo mundo (Scott et al., 2019). Os isolados obtidos, apesar da pequena frequência e da não identificação a nível taxonômico mais específico, foram encontrados

nos dois rios Parnaíba e Poti e podem representar potencial patogênico para as populações ribeirinhas que utilizam essa água para irrigação de plantações.

A família Saprolegniaceae teve maior representatividade na pesquisa, sendo representada pelos gêneros: *Achlya*, *Aphanomyces*, *Brevilegnia* e *Dictyuchus*. A maioria das espécies de oomicetos capazes de causar doenças em peixes pertencem a família Saprolegniaceae estando presentes os gêneros de maior destaque na literatura, *Saprolegnia*, *Aphanomyces* e *Achlya*, com as espécies mais descritas como causadoras de infecções em peixes: *Saprolegnia parasítica*, conhecida por causar doenças em cerca de 12 espécies de peixes, e *Aphanomyces invadans*, pode parasitar cerca de 48 espécies de peixes (Gozlan et al, 2014). Parte desses oomicetos também são conhecidos por parasitarem anfíbios e incluem diversas espécies dos gêneros *Achlya*, *Aphanomyces* e *Saprolegnia* (Gleason et al, 2014).

O gênero *Achlya* foi representado por seis exemplares: *A. bisexualis*, *A. conspicua*, *A. dubia*, *A. flagellata*, *A. proliferoides* e *Achlya* sp. Representantes desse gênero normalmente apresentam comportamento sapróbio; entretanto, algumas espécies são conhecidas por parasitar peixes, anfíbios e outros animais aquáticos, causando grande impacto econômico (Czeczuga, 2002). Dentre os isolados obtidos apresentaram potencial patogênico, de acordo com a literatura consultada, *A. dubia* sendo o agente causador de infecções na pele e em órgãos internos de peixes (El-Sharouny; Badran, 1995; Czeczuga et al., 2002). As espécies *A. bisexualis*, *A. conspicua*, *A. flagellata* e *A. proliferoides* estão relacionadas a infecções de animais aquáticos; porém, demonstram apenas comportamento oportunistas, sem demonstrar nenhuma ligação precisa as infecções em questão.

A família Leptolegniaceae foi representada por apenas uma espécie, *Plectospora myriandra*, conhecida na literatura como patógeno de plantas, causando infecções nas raízes de culturas de cana de açúcar e tomate principalmente. Outros representantes do gênero estão associados a infecções em crustáceos.

Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisas anteriores realizadas no rio Poti, Teresina, Piauí. Sousa; Rocha (2017) em amostras de água e solo das margens do rio Poti observaram diversidade similar a obtida nesta pesquisa; contudo, com algumas singularidades. Como a presença de *Aphanomyces* sp., que não demonstrou crescimento de estruturas sexuais, foi isolado em apenas um único ponto pelos autores enquanto *A. keratinophylus* foi encontrado em vários pontos do rio e demonstrou ótimo desenvolvimento em laboratório. A presença de apenas três espécies de *Pythiogeton* e pouca diversidade do gênero *Achlya*.

Em outras pesquisas recentes realizadas no Piauí, foram observados similaridade em relação a quantidade de famílias de oomicetos presentes em diversos ambientes aquáticos no estado, não havendo variação significativa. Entretanto, é possível verificar uma menor diversidade em ambientes que sofrem maior interferência em decorrência de atividades antrópicas. Como os achados por

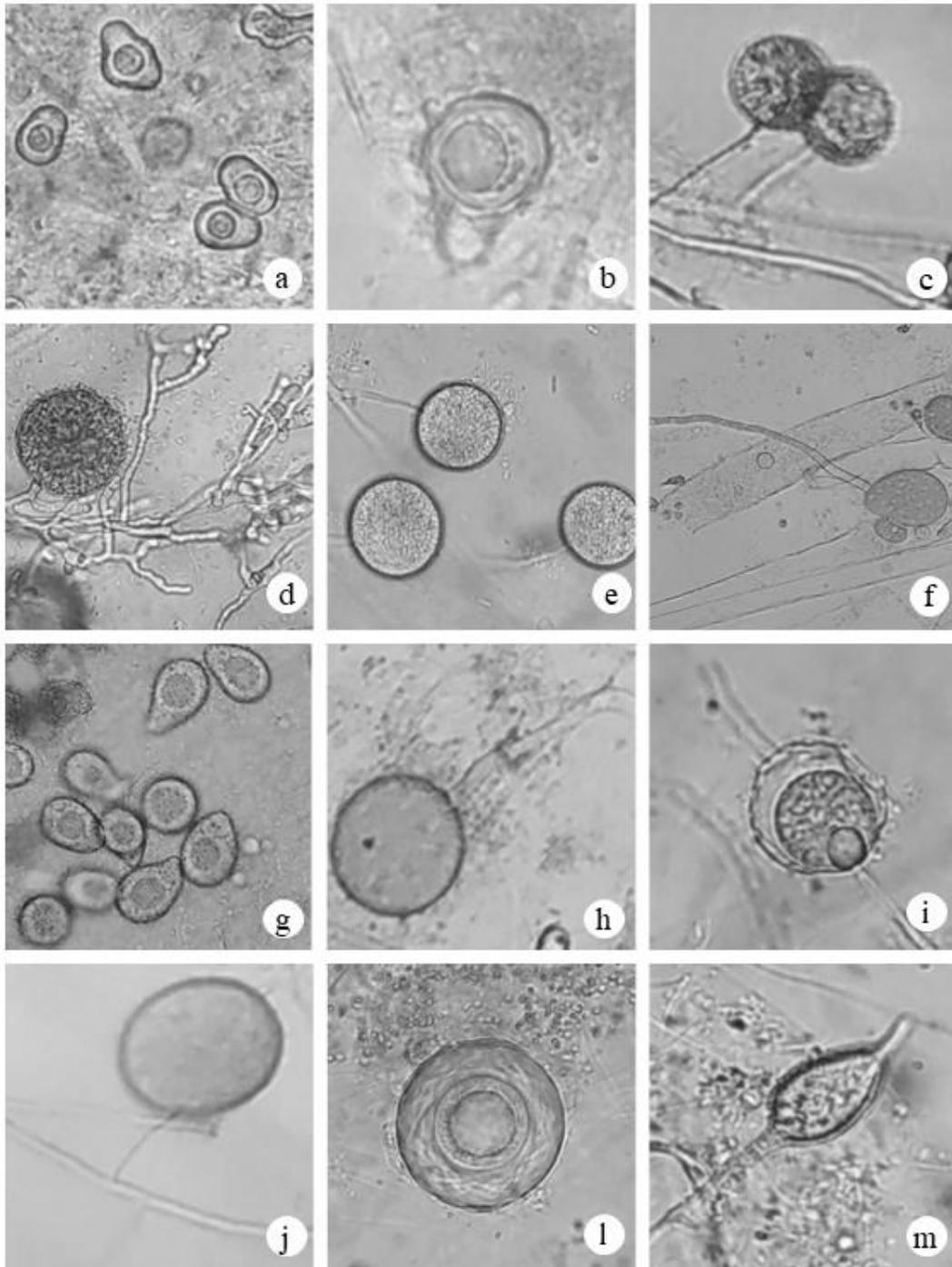
Machado e Rocha (2019) no Açude Joana na cidade de Pedro II, Piauí totalizando 90 oomicetos isolados desse ambiente. Partindo para ambientes localizados na área urbana e que sofrem maior interferência humana, Trindade Junior e Rocha (2018) isolaram 20 *taxa* de oomicetos em lagoas na cidade de Teresina e Saraiva e Rocha (2019) identificaram 19 *taxa* de oomicetos em tanques de criatórios de peixes, com destaque para um ótimo desenvolvimento de representantes da família Saprolegniaceae o que pode ocasionar possíveis problemas econômicos para essa atividade.

## Conclusão

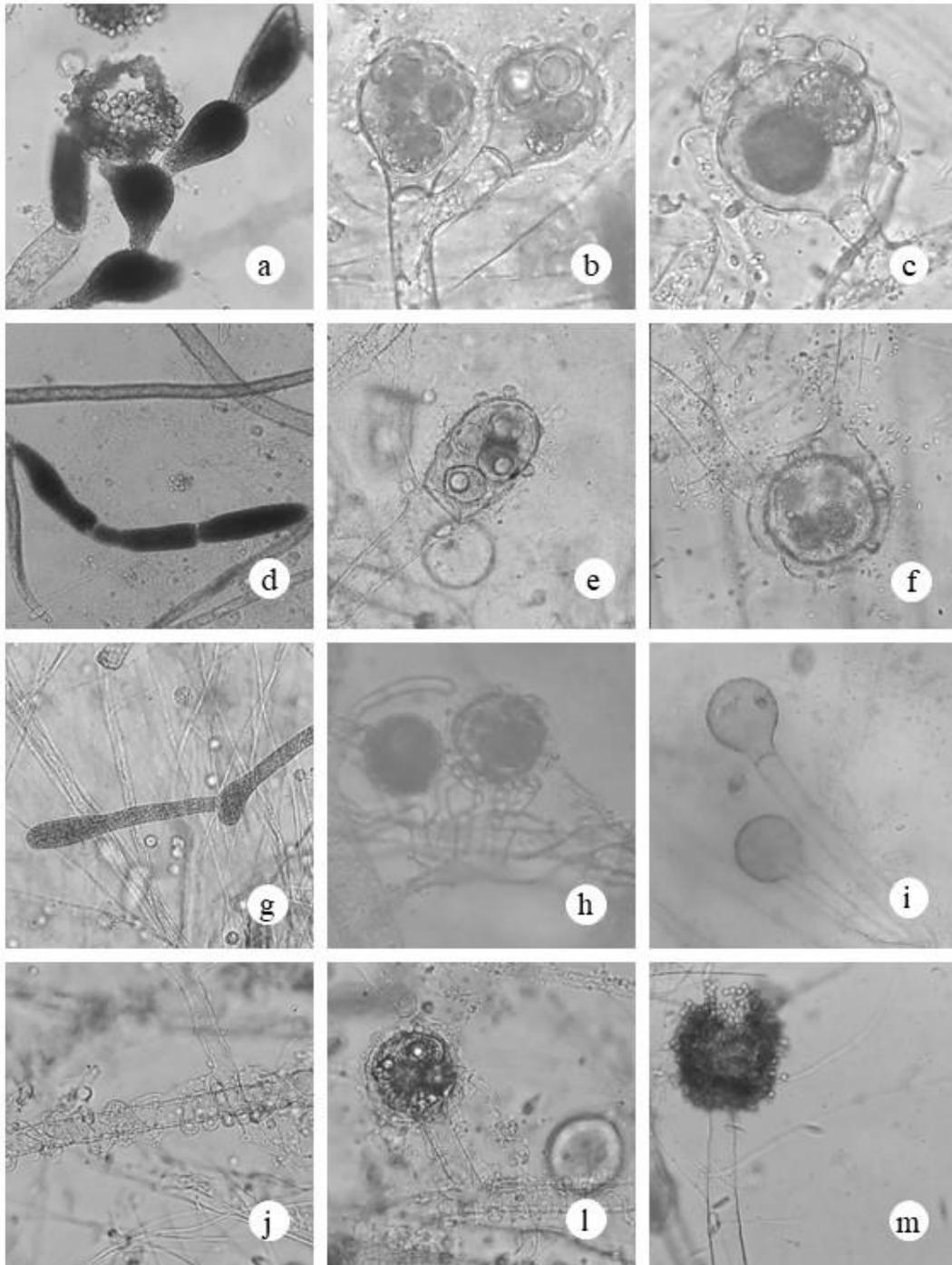
O presente estudo é, possivelmente, o primeiro sobre a diversidade de oomicetos no rio Parnaíba, havendo apenas estudos sobre a diversidade de oomicetos no rio Poti. Os resultados obtidos sobre a variedade desses organismos em ambos os rios não diferiram de outros estudos similares realizados em outros corpos d'água.

Alguns dos oomicetos obtidos ganham destaque, como *Achlya conspicua* sendo a primeira citação para o Brasil e *Brevilegnia megasperma* como segunda citação para o Brasil, com seu último relato em 1967. Outros comportamentos foram observados nos isolados, como o desenvolvimento de *Aphanomyces* sp. e isolados do gênero *Dictyuchus* para desenvolver estruturas sexuais, alguns isolados levaram algumas semanas, outros não foram obtidas tais estruturas. Além do número considerável de isolados com potencial patogênico, sete, podendo interferir de algum modo na economia de comunidades que realizam pesca e utilizam esta água para irrigação de culturas agrícolas.

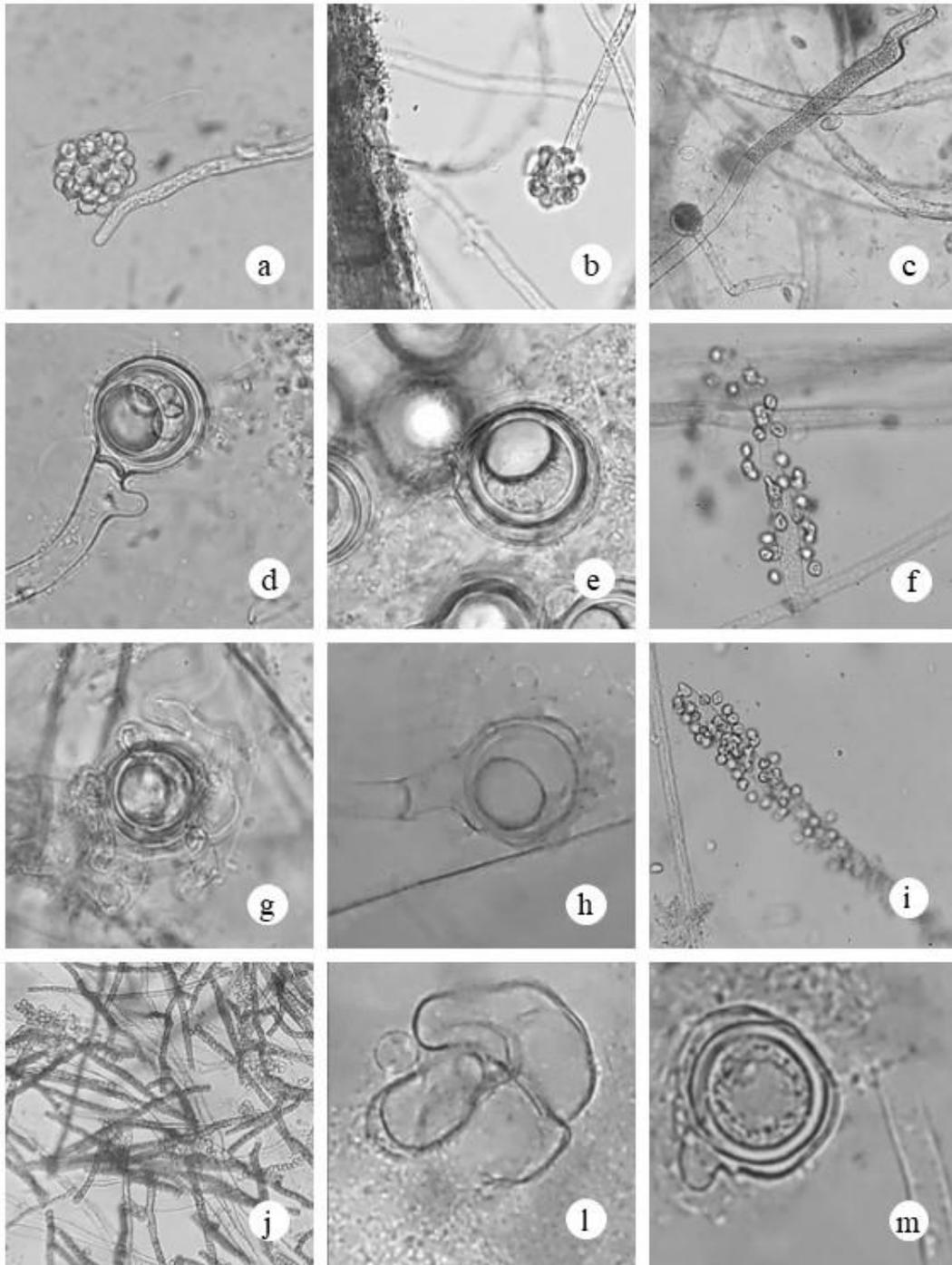
Os resultados obtidos poderão contribuir para o conhecimento da diversidade de oomicetos no rio Poti, além de informações inéditas sobre a diversidade desses seres no rio Parnaíba. Podendo contribuir para futuros estudos mais aprofundados sobre as condições ambientais desses rios e a importância econômica dos oomicetos.



**Figura 2.** Diversidade de oomicetos (oomycota) nos rios Parnaíba e Poti, em Teresina, Piauí. **a-b.** *Leptolegniella keratinophila*, **a** - hifas com formação de esporos de resistência; **b** - oósporo com presença de gota lipídica. **c-e.** *Pythiogeton dichotomum*, **c** - zoosporângios terminais ramificados dicotomicamente; **d** - presença de haustório na porção terminal da hifa principal; **e** - zoosporângios esféricos. **f-g.** *Pythiogeton ramosum*, **f** - zoosporângio com longo tubo de liberação; **g** - zoosporângios em grande quantidade. **h-i.** *Pythiogeton uniforme*, **h** - zoosporângio terminal com tubo de liberação; **i** - zoosporângio com proliferação interna. **j-l.** *Pythiogeton utriforme*, **j** - zoosporângio único lateralmente à hifa principal; **l** - oósporos apleróticos com parede espessa. **m.** *Phytophthora* sp, **m** - zoosporângio inflado.



**Figura 3.** Diversidade de oomicetos (oomycota) nos rios Parnaíba e Poti, em Teresina, Piauí. **a-c.** *Achlya bisexualis*, **a** – gemas abundantes, catenuladas e zoósporos encistados; **b** – oogônios terminais e esféricos; **c** – oogônio com células anteridiais. **d-f.** *Achlya conspicua*, **d** – gema filiforme; **e** – oogônio com oosferas maduras; **f** – oogônio com anterídio diclino. **g.** *Achlya dubia*, **g** – gemas ramificadas; **h-i.** *Achlya falgellta*, **h** – oogônios esféricos e laterais com anterídio diclino; **i** – oogônios terminais com longos pedúnculos. **j-l.** *Achlya proliferoides*, **j** – ramos anteridiais envolvendo a hifa principal; **l** – oogônio com anterídio diclino com ramos anteridiais ramificados e em grande quantidade. **m.** *Achlya* sp., **m** – liberação de zoósporo do tipo acliode.



**Figura 4.** Diversidade de oomicetos (oomycota) nos rios Parnaíba e Poti, em Teresina, Piauí. **a.** *Aphanomyces* sp., **a** – zoósporos encistados provenientes de liberação do tipo aclióide. **b.** *Aphanomyces keratinophilus*, **b** – zoósporos encistados na porção terminal da hifa fixada em substrato queratinoso. **c-e.** *Brevilegnia megasperma*, **c** – gema na porção terminal da hifa; **d** – oogônio com grande gota lipídica; **e** – oogônio com parede espessa e ausência de poros e gota lipídica. **f-h.** *Dictyuchus pseudodictyon*, **f** – zoosporângio com liberação do tipo dictióide; **g** – oogônio com muito ramos anteridiaais do tipo diclino; **h** – oogônio terminal com grande gota lipídica. **i.** *Dictyuchus sterilis*, **i** – zoosporângio longo e delgado com liberação do tipo dictióide. **j.** *Dictyuchus* sp., **j** – grande quantidade de zoosporângios longos e delgados apresentando apenas uma única série de zoósporos. **l-m.** *Plectospora myriandra*, **l** – zoosporângio após liberação de zoósporos; **m** – oogônio com espessa parede.

## REFERÊNCIAS

- Ann, P.J.; Huang, J.H.; Wang, I.T.; Ko, W.H. 2006. *Pythiogeton zizaniae*, a new species causing basal stalk rot of water bamboo in Taiwan. **Mycologia**. v. 98, p. 116 – 120.
- Antunes, MFR.; Ninomyia, A.; Schoenlein-Crusius, I.H. 1993. Efeitos da queimada sobre a micota de solo da Mata Atlântica, na “Reserva Biológica de Paranapiacaba”, SP. **Hoehnea** v. 20, p. 1 – 8.
- Alabi, R.O. 1972. Thraustothecoid sporangium formation in three saprolegniaceae from nigeria. **Trans. Br. Mycol. Soc.** v. 58, n. 3.
- Alexopoulos, C.J.; Mims, C.W.; Blackwell, M. 1996. Introductory Mycology. 4 ed. John Wiley, **Sons, Inc**, New York.
- Atkins, D. 1954. A marine fungus *Plectospira dubia* n.sp. (Saprolegniaceae), infecting crustacean eggs and small Crustacea. Jour. of the Marine Biological Ass. of the United Kingdom, v. 33, n. 3, p. 721-732. doi:10.1017/s0025315400026990
- Batista, FVG.; Silva, CG.; Pessoa, TG.; Rodrigues, SPR.; Barbosa, SPAM.; Sanches, PPM.; Mesquita, AK.; PriantI, GM. 2016. Análise microbiológica da água do rio Poti no perímetro urbano do município de Teresina, Piauí. **PUBVET**, Brasil, v. 10, n. 6, p. 470-476.
- Beneke, ES.; Rogers, L. 1962. Aquatic Phycomycetes isolated in the states of Minas Gerais, São Paulo and Paraná, Brazil. **Rickia**. v. 1, p. 181 – 193.
- Beneke, ES.; Rogers, L. 1970. Aquatic fungi of “Parque Nacional de Itatiaia” in the state of Rio de Janeiro. **Rickia** v. 5, p. 51 – 64.
- Camara, FMM. 2011. **Avaliação da qualidade da água do Rio Poti na cidade de Teresina, Piauí**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Brasil.
- Cavalcanti, MS. 2001. **Fungos isolados de água e do solo das margens dos Açudes do Prata e do Meio na Reserva Florestal de Dois irmãos. Recife, Pernambuco**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo SP.
- Coker, WC. The Saprolegniaceae, with notes on other water molds. **Univ. North Carolina Press**. p. 1 – 201, 1923.
- Coker, WC. 1927. Other water molds from the soil. **Journal of The Elisha Mitchell Scientific Society**. v. 42, p. 207 – 226.
- Couch, JN. 1931. observations on some species of water molds connecting Achlya and Dictyuchus. **Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society**. v. 46, p. 225 – 230.
- Czczuga, B.; Muszynska, E.; Pankiewicz, ZA. 1999. Zoosporic fungi in the ice of some water reservoirs. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**. v. 68, n. 2, p. 143 – 147.
- Czczuga, B., Kiziewicz, B., Danilkiewicz, Z. 2002. Zoosporic fungi growing on the specimens of certain fish species recently introduced to polish Waters. **Acta Ichthyol. Piscat.** v. 32, n. 2, p. 117 – 125. Poland.

Dick, MW. 2001. Straminipilous Fungi: systematics of the Peronosporomycetes including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids and similar organisms. **Kluwer Academic Publishers**, Holanda.

Drechsler, J. 1927. Two water molds causing tomato rootlet injury. **Journal of Agricultural**. v. 34, p. 287 – 296.

Doan, HK., Davis, RM. 2019. Pythiogeton mannomin, a new species causing root and basal stalk rot of wild rice in the United States. **Mycology**. v. 10, p. 243 – 249.

Doan, HK., Davis, RM., Sartori, FF., Marcum, DB. 2014. First report of a Pythiogeton sp. Causing root and basal stalk rot of wild rice in California. **APS Publications**. v. 98, n. 6, p. 851 – 851.

El-Sharouny, HM.; Badran, RAM. 1995. Experimental transmission and pathogenicity of some zoosporic fungi to Tilapia fish. **Mycopathologia**. v. 132, p. 95 – 103.

Espindola, MG.; Carneiro, CNLE.; Façanha, CA. 2017. Four decades of urban sprawl and population growth in Teresina, Brazil. **Applied Geography**. v. 79, p. 73 – 83.

Farida, T.; El-Hissy.; Khallil, AMA. 1989. Studies on aquatic fungi in delta region (Egypt). **Zentralbl. Mikrobiol**. v. 144, p. 421 – 432.

**Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 29 de Novembro de 2019.

Gleason, FH.; Chambouvet, A.; Sullivan, BK.; Lilje, O.; Rowley, JLL. 2014. Multiple zoosporic parasites pose a significant threat to amphibian populations. **Fungal Ecology**. v. 11, p. 181 – 192.

Go, J.; Marsh, L.; Gabor, M.; Saunders, V.; Frances, J.; Boys, C. Gabor, LJ. 2012. Detection of *Aphanomyces invadans* and epizootic ulcerative syndrome in the Murray-Darling drainage. **Aust Vet J**. v. 90.

Gomes, AL.; Pires-Zottarelli, CLA.; Rocha, M.; Milanez, AI. 2013. Saprolegniaceae de áreas de Cerrado do estado de São Paulo, SP. **Hoehnea**. v. 30, p. 95 – 110.

Gozlan, RE.; Marshall, WL.; Lilje, O.; Jessop, CN.; Gleason, FH.; Andreou, D. 2014. Current ecological understanding of fungal-like pathogens of fish: what lies beneath? **Frontiers in Microbiology**. v. 5.

Hamon, C.; Baranger, A.; Miteul, H.; Lecointe, R.; Le Goff, I.; Deniot, G.; Onfroy, C.; Moussart, A.; Prospero, J.; Tivoli, B.; Delourme, R.; Pilet-Nayel, M. 2010. A complex genetic network involving a broad-spectrum locus and strain-specific loci controls resistance to different pathotypes of *Aphanomyces euteiches* in *Medicago truncatula*. **Theor Appl Genet**. v. 120, p. 955 – 970.

Harvey, JV. 1930. A taxonomic and morphological study of some members of the Saprolegniaceae. **J Elisha Mitchell Sci Soc** 45:319– 332, pls 32–33.

Huneycutt, MB. 1952. A new water mold on keratinized materials. **J Elisha Mitchell Sci Soc**, Durham v. 68, p. 109 – 112.

- Inaba, S.; Tokumasu, S. 2002. The genus *Brevilegnia* (Saprolegniales, Oomycetes) in Japan. **Mycoscience**. v. 43, p. 59 – 66.
- JEE, H. J.; HO, H. H.; CHO, W. D. 2000. *Pythiogeton zea* sp nov. causing root and basal stalk rot of corn in Korea. **Mycologia**. v. 92, p. 522 – 527.
- Jesus, AL.; Marano, AV.; Schoenlein-Crusius, IH.; Pires-Zottarelli, CLA. 2013. Diversidade de organismos zoospóricos heterotróficos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: novas citações. **Hoehnea**. v. 40, n. 1, p. 167 – 180.
- Johnson, TWJr. 1956. The genus *Achlya*: morphology and taxonomy. University of Michigan **Press. Ann Arbor**. p. 180.
- Lamour, K.; Kamour, S. 2009. **Oomycete Genetics and Genomics: diversity, interactions and research tools**. John Wiley & Sons, USA. p. 460.
- Le, DP.; Smith, MK.; Aitken, EA. 2015. *Pythiogeton ramosum*, a new pathogen of soft rot disease of ginger (*Zingiber officinale*) at high temperature in Australia. **Crop Prot.** v. 77, p. 9 – 17.
- Lund, A. 1934. Studies on Danish freshwater Phycomycetes and notes on their occurrence particularly relative to the hydrogen ion concentration of the water. **Kongelinge Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter Naturvidenskabeling og Matematisk Adjeling**. v. 9, p. 1 – 97.
- Lyra, NP.; Milanez, AI. 1974. Notas para o levantamento dos ficomicetos aquáticos do Estado de São Paulo. Recife, PE. **Instituto de Ficologia da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 698, p. 1 – 27.
- Macêdo, MAM.; Rocha, JRS. 2017. Dinâmica da comunidade de Oomicetos (Oomycota) no riacho Mutum, Demerval Lobão, Piauí, Brazil. **Gaia Scientia** v. 11, p. 162 – 176.
- Machado, LJ., Rocha, JRS. 2019. Oomicetos (oomycota) no complexo açude Joana, Pedro II, Piauí, Brasil. **Rodriguesia**. v. 70.
- Marçal, DA.; Silva, CE. 2017. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE – Pirajá. **Eng Sanit Ambient, Brasil**, v. 22, p. 761-772.
- Markovskaja, S. 2004. Saprolegniaceae (Peronosporomycetes) in Lithuania. I. The genera *Achlya* and *Newbya*. **Botanica Lithuanica**. v. 10(2).
- Martynov, V.; Chizhik, V.; Skolova, E.; Kuznetsova, M.; Khavkin, E. 2019. Polymorphism of avirulence genes in potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* as characterized by SSGP analysis. **Agri gene**, v. 13.
- Milanez, AI. 1989. Fungos de águas continentais. In: Fidalgo, O.; Bonani, VL. (eds.). Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. **Instituto de Botânica**, São Paulo, p. 17 – 20.
- Milanez, AI. 1970. Contributions to the knowledge of aquatic Phycomycetes of São Paulo State. I. Oomycetes from the West region. **Rickia** v. 5, p. 23 – 43.

Milanez, AI. 1968. Aquatic fungi of the "Cerrado" region of São Paulo State, I: First results. **Rickia** v. 3, p. 97 – 109.

Minden, M. 1916. Beiträge zur Biologie and Systematik einheimischer submerser Phycomyceten. **Mykologische Untersuchungen und Berichte**. v. 2, p. 146 – 255.

Moreira, GC., Shcoenlein-Crusius, H. I. 2010. **Fungos em ambientes aquáticos continentais**. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Programa de capacitação de monitores e educadores. Instituto de Botânica – IBT, Brasil.

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

Oliveira, JM. 2004. **Diversidade de fungos zoospóricos da "Reserva do Boqueirão", Ingai, MG**. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário de Lavras, MinasGerais-MG. p. 83.

Oliveira Filho, AA.; Lima Neto, EI. 2016. Modelagem da qualidade da água do rio Poti em Teresina (PI). **Eng Sanit Ambient**, Brasil, v. 23, p. 3-14.

Paranhos, JDN.; Almeida, VLS.; Silva Filho, JP.; Paranaguá, MN.; Melo Júnior, M.; Neumann-Leitão, S. 2013. Diversidade do zooplâncton de alguns ambientes de água doce na bacia do rio Parnaíba (Piauí, Nordeste do Brasil). São Carlos. **Brazilian Journal of Biology**, 73.

Pires-Zottarelli, CLA. 1990. **Levantamento dos fungos zoospóricos da Represa do Lobo ("Broa"), São Carlos, SP, Brasil**. Mestrado em Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista. p. 176.

Pires-Zottarelli, CLA. 1999. **Fungos zoospóricos dos vales dos rios Moji e Pilões, região de Cubatão, São Paulo, SP, Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. p. 153 – 240.

Pires-Zottarelli, CLA.; Milanez, AI.; Schoenlein-Crusius, IH.; Iohmann, LG. 1996a. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Fungos, Chytridiales. **Hoehnea**. v. 23, p. 77 – 90.

Pires-Zottarelli, CLA.; Milanez, AI.; Schoenlein-Crusius, IH.; Iohmann, LG. 1996b. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Fungos, Saprolegniales. **Hoehnea**. v. 23, p. 39 – 66.

Pystina, KA. 1994. Classis oomycetes: ordines Saprolegniales, Leptomitales, Lagenidiales. **Nauka**. v. 1.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas de desenvolvimento humano no Brasil**. Organização das Nações Unidas. Brasil. Disponível em: [http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/teresina\\_pi#demografia](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/teresina_pi#demografia) >. Acesso em: 29 de novembro de 2019.

Rebello, RM.; Caldas, ED. 2014. Avaliação de risco Ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. **Quim. Nova**. v. 37, p. 1199 – 1208.

- Ren Chen, X.; Huang, X.S.; Zhang, Y.; Sheng, L.G.; Li, P.Y.; Zhu, F. 2018. Identification and functional analysis of the NLP-encoding genes from the phytopathogenic oomycete *Phytophthora capsica*. **Molecular Genetics and Genomics**, Germany, p. 1-13.
- Rocha, APB; Dantas, EM; Morais, IRD; Oliveira, MS. 2010. **Geografia do Nordeste**, 2 ed. EDUFRN, Natal, Brasil.
- Rocha, M.; Pires-Zottarelli, CLA. 2002. Chytridiomycota e Oomycota da Represa de Guarapiranga, São Paulo, SP. **Acta botânica brasílica**. v. 16, p. 287 – 309.
- Rocha, JRS. 2002. **Fungos Zoospóricos em área de Cerrado no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil**. São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 99 – 240.
- Rocha, JRS.; Sousa, NDC; Negreiros, NC.; Santos, LA.; Pereira, AA.; Sales, PCL.; Trindade-Júnior, OC. 2014. The genus *Pythiogeton* (Pythiogetonaceae) in Brazil. **Mycosphere** v. 5(5), p. 623 – 634.
- Rogers, AL.; Milanez, AI.; Beneke, ES. 1970. Additional aquatic fungi from São Paulo State. **Rickia** v. 5, p. 93 – 110.
- Romansic, JM.; Johnson, PTJ.; Searle, CL.; Johnson, JE.; Tunstall, TS.; Han, BA.; Rohr, JR.; Blaustein, AR. 2011. Individual and combined effects of multiple pathogens on Pacific treefrogs. **Oecologia**. v. 166, p. 1029 – 1041.
- 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 de Mestrado. Univerdade Federal do Piauí. 15p.
- Saraiva, LS.; Rocha, JRS. 2019. Diversidade de oomicetos (oomycota) em tanques de piscicultura em piscicultura em Teresina, Piauí. **Pesquisas Botânica**. v. 73.
- Schoenlein-Crusius, IH.; Milanez, AI. 1998a. Fungos microscópicos da Mata Atlântica de Paranapiacaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** v. 21(1), p. 73 – 79.
- Schoenlein-Crusius, IH.; Milanez, AI. 1998b. Fungal succession on leaves of *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Muell. Arg. submerged in a stream of an Atlantic Rainforest in the State of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** v. 21(3), p. 253 – 259.
- SCHOENLEIN-CRUSIUS, IH., MILANEZ, AI.; PIRES-ZOTTARELLI, CLA.1992. Aquatic fungi in leaves submerged in a stream in the Atlantic rainforest. **Revista de Microbiologia**, v.23(3), p. 167 – 171.
- Scott, P.; Bader, MKF.; Burgess, T.; Hardy, G.; Williams, N. 2019. Global biogeography and invasion risk of the plant pathogen genus *Phytophthora*. **Env. Sci. Poli**. v. 101, p. 175 – 182.
- Seymour, RL.; Johnson, TWJr. 1973. Saprolegniaceae: a Keratinophilic *Aphanomyces* from soil. **Mycologia**. v. 65(6), p. 1312 – 1318.
- Silva, IL. 2002. **Microbiota de água e de solo das margens de Igarapés situados na área de Mata Atlântica do Campus da Universidade do Amazonas, Manaus, AM**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

Silva-Rojas, HV., Creswell, TC., Phillips, JL., Abad, JA., Abad, ZG. 2004. Two putative new species of *Pythiogeton* associated with cypress and English Ivy in North Carolina. **Phytopathology** v. 94, p. S95 - S96.

Sosa, ER., Landsberg, JH., Kiryu, Y., Stephenson, CM., Cody, TT., Dukeman, AK., Wolf, HP., Vandersea, MW., Litaker, W. 2007. Athogenicity studies with the fungi *Aphanomyces invadans*, *Achlya bisexualis*, and *Phialemonium dimorphosporum*: introduction of skin ulcers in striped mullet. **Journal of Aquatic Animal Health**, Florida, USA, v. 19, p. 41-48, DOI: 10.1577/H06-013.1.

Sousa, ND.; Rocha, JR. 2017. Oomicetos (Stramenipila) no rio Poti, Perímetro urbano de Teresina, Piauí. **Pesquisas Botânica**, v. 70, p. 113 – 131, São Paulo.

Sousa, NDC. 2015. **A percepção da poluição e o impacto sobre os organismos zoospóricos no rio Poti, Teresina – PI**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Piauí. 87-104.

Sousa, NDC; Rocha, JRS. 2017. Oomicetos (Stramenipila) no rio Poti, perímetro urbano de Teresina, Piauí. **Pesquisas, Botânica**. v. 70, p. 113 – 131.

Sparrow Jr., FK. 1960. **Aquatic Phycomycetes**. 2. ed. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Taheri, AE.; Chatterton, S.; Gossen, BD.; McLaren, DL. 2017. Metagenomic analysis of oomycete communities from the rhizosphere of field pea on the Canadian prairies. **Can. J. Microbiol.** v. 63, p. 758 – 768.

Tokunaga. 1935. Transactions of the Sapporo Natural History Society, (Japan) v. 14(1), p. 12.

Trindade Júnior, OC. 2013. **Riscos socioambientais e diversidade de fungos zoospóricos em lagoas de Teresina, Piauí**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Piauí. p. 124 – 145.

Trindade Júnior, OC; Rocha, JRS. 2018. Diversidade, abundância e frequência de Oomycota, Blastocladiomycota e Chytridiomycota em lagoas de Teresina, Piauí. **Gaia Scientia**. v. 12, n. 2, p. 1 – 11.

Upadhyay HP. 1967. Soil fungi from the North-east Brazil. III. Phycomycetes. **Mycopathologia et Mycologia Applicata** v. 31, p. 49 – 61.

Walker, AC.; Van West, P. 2007. Zoospore development in the oomycetes. **British Mycological Society**, Scotland, v. 21, p. 10-18.

Watanabe, T. 1987. *Plectospira myriandra*, a Rediscovered Water Mold in Japanese Soil. **Mycologia**. v. 79(1), p. 77 – 81.

Yamaoka, N., Tanaka, E., Ogasahara, T., Tani, H. Kobayashi, K., Yaeno, T. 2019. Formvar membrane laid on artificial médium induces houstorium-like structure formation in powdery mildew fungi. **Mycoscience**. v. 60, p. 298 – 301.

#### 4. ARTIGO 2

---

### **DINÂMICA DE OOMICETOS (OOMYCOTA) NOS RIOS PARNAÍBA E POTI EM TERESINA, PIAUÍ**

O artigo será submetido à revista Gaia Scientia (Qualis B1 em Ciências Ambientais).

## DINÂMICA DE OOMICETOS (OOMYCOTA) NOS RIOS PARNAÍBA E POTI EM TERESINA, PIAUÍ

Givanilso Cândido Leal<sup>1,3</sup>; José de Ribamar de Sousa Rocha<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí, campus Ministro Petrônio Portella - Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFPI, TROPEN, Av. Universitária, 1310, Ininga, 64049-550 – Teresina-PI.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Piauí, campus Ministro Petrônio Portella, centro de Ciências da Natureza, Dep. de Biologia, Av. Universitária S/N, 64049-550 – Teresina-PI.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: gleal@outlook.com

### Resumo

Os oomicetos (Oomycota) constituem um grupo de organismos zoospóricos com afinidade de características morfológicas e fisiológicas com os fungos, aos quais já pertenciam em classificações taxonômicas anteriores. Atuam como recicladores da matéria orgânica e podem ser parasitas de plantas, animais, fungos e outros oomicetos. São escassos os estudos desses organismos e com pouco conhecimento sobre como as populações se comportam nos ambientes. Foi realizado estudo dessas comunidades nos rios Parnaíba e Poti utilizando indicadores de Riqueza, sendo representada por 19 *taxa* nos dois rios a partir de coletas de amostras de água. No rio Parnaíba foi observado 17 *taxa* em seis gêneros, *Aphanomyces* sp. (28%), seguido por *Aclhya* sp. e *Dictyuchus* sp. (11%). Com base na escala de Braun-Blanquet cinco *taxa* foram caracterizados como ubíquos e sete como raros. O gênero *Pythiogeton* obteve maior constância, estando presente em mais da metade das coletas. No rio Poti a Riqueza foi de 15 *taxa* em sete gêneros, com maior frequência para *Aphanomyces* sp. (22%), *Pythiogeton ramosum* (19%) e *Pg. uniforme* (12%). Na escala de Braun-Blanquet três *taxa* foram caracterizados como ubíquos. Quanto a constância, nove isolados obtiveram constância de mais de 50% nas coletas realizadas. Na caracterização nutricional foram observadas 135 colonizações dos nove substratos orgânicos utilizados com destaque para os substratos celulósicos, 71% no rio Parnaíba e 69% no rio Poti. Os substratos quitinosos não apresentaram colonização por oomicetos em ambos os rios.

**Palavras-chave:** Nutrição de oomicetos. Ecologia de oomicetos. Dinâmica de população de oomicetos.

### Abstract

Oomycetes (Oomycota) constitute a group of zoosporic organisms with morphological and physiological affinities with the fungi, to which they already belonged in previous taxonomic classifications. They act as recyclers of organic matter and can be parasites of plants, animals, fungi and other oomycetes. Studies of these organisms are scarce and with little knowledge about how populations behave in some environments. A study of these communities was carried out in the Parnaíba and Poti rivers using Richness indicators, represented by 19 *taxa* in both rivers from water samples. In Parnaíba River 17 *taxa* in six genera were observed, *Aphanomyces* sp. (28%), followed by *Aclhya* sp. and *Dictyuchus* sp. (11%). Based on the Braun-Blanquet scale five *taxa* were characterized as ubiquitous and seven as rare. The genus *Pythiogeton* was more consistent, being present in more than half of the collections. In Poti River 15 *taxa* in seven genera were observed, most frequently for *Aphanomyces* sp. (22%), *Pythiogeton ramosum* (19%) and *Pg. uniforme* (12%). In the Braun-Blanquet scale three *taxa* were characterized as ubiquitous. Regarding constancy, nine isolates obtained constancy of more than 50% in the collections performed. In the nutritional characterization, 135 colonizations of the nine organic substrates used were observed, especially the cellulosic substrates, 71% in the Parnaíba river and 69% in the Poti river. Chitinous substrates showed no colonization by oomycetes in both rivers.

**Keywords:** Oomycete nutrition. Ecology of oomycetes. Population dynamics of oomycetes.

### Resumen

Los oomicetos (Oomycota) constituyen un grupo de organismos zoospóricos con afinidad de características morfológicas y fisiológicas con hongos, a los que ya pertenecían en clasificaciones taxonómicas anteriores. Actúan como recicladores de materia orgánica y pueden ser parásitos de plantas, animales, hongos y otros oomicetos. Los estudios de estos organismos son escasos y tienen poco conocimiento de cómo se comportan las poblaciones en los entornos. Se realizó un estudio de estas comunidades en los ríos Parnaíba y Poti utilizando indicadores de riqueza, representados por 19 tasas en los dos ríos de las colecciones de muestras de agua. En el río Parnaíba, se observaron 17 taxones en seis géneros, *Aphanomyces* sp. (28%), seguido de *Aclhya* sp. y *Dictyuchus* sp. (11%). Basado en la escala Braun-Blanquet, cinco taxones se caracterizaron como ubicuos y siete como raros. El género *Pythiogeton* fue más consistente, estando presente en más de la mitad de las colecciones. En el río Poti, la riqueza fue de 15 tasas en siete géneros, más frecuentemente para *Aphanomyces* sp. (22%), *Pythiogeton ramosum* (19%) y *Pg. uniforme* (12%). En la escala Braun-Blanquet, tres taxones se caracterizaron como ubicuos. En cuanto a la constancia, nueve aislamientos obtuvieron más del 50% de constancia en las colecciones recolectadas. En la caracterización nutricional se observaron 135 colonizaciones de los nueve sustratos orgánicos utilizados, con énfasis en sustratos celulósicos, 71% en el río Parnaíba y 69% en el río Poti. Los sustratos quitinosos no mostraron colonización por oomicetos en ambos ríos.

**Palabras clave:** Nutrición de oomicetos. Ecología de los oomicetos. Dinámica poblacional de oomicetos.

### Introdução

Os sistemas organizacionais dos seres vivos na natureza são complexos, pois envolvem as interações entre fatores bióticos juntamente com fatores abióticos. Essa interação resulta na capacidade das comunidades de organismos em fornecer serviços ecológicos fundamentais para a manutenção da diversidade biológica (Seibold et al. 2018). Contudo, nos últimos anos, o cenário ambiental tem sofrido inúmeras mudanças, resultando na redução da diversidade de seres vivos, tendo como principal causa as atividades de origem antrópica, como o processo de urbanização (Albuquerque et al 2018).

Com o crescimento urbano acelerado, alguns problemas passam a ser notórios como a deterioração do solo, poluição dos corpos d'água, entre outros (Weidner et al, 2019). Sendo a alteração dos recursos hídricos o problema de maior impacto, pois o desenvolvimento urbano se dá a partir de regiões próximas a corpos d'água e atividades antrópicas como o despejo inadequado de efluentes sem tratamento adequado nesses ambientes modificam seus aspectos nutricionais e químicos e, conseqüentemente, a dinâmica dos seres que ali vivem em todos os níveis tróficos, principalmente os que compõem o grupo dos decompositores (Oliveira, 2012; Singh e Saxena, 2018).

Entre os decompositores estão presentes os oomicetos compondo um grupo diverso de microrganismos eucarióticos comumente conhecidos como fungos zoospóricos por possuírem zoósporo como estrutura reprodutiva (Walker e Van West, 2007). São organismos cosmopolitas estando presentes em ambientes aquáticos, úmidos e secos, atuando como sapróbios e/ou parasitas

(Pires-zottarelli e Rocha, 2007). Desempenham papel importante como decompositores na natureza colaborando com o processo de ciclagem de nutrientes de origem animal ou vegetal, além de poder acumular e/ou degradar substâncias tóxicas e auxiliam na desintoxicação dos ambientes (Czeczuga et al., 2002; Marano et al., 2016).

Embora os oomicetos sejam semelhantes aos fungos em relação ao seu modo nutricional e crescimento, estes diferem em termos de citologia e suas vias bioquímicas (Sapkota e Nicolaisen, 2015). Deste modo, com o aprimoramento dos estudos de genética molecular, estes foram, recentemente, realocados do Reino Fungi para o Reino Stramenopila por estarem filogeneticamente mais próximos de alguns grupos de algas, dessa forma, recebem a nomenclatura de Organismos Zoospóricos (Lamour e Kamour, 2009; Ren Chen et al., 2018).

Os estudos de oomicetos são, relativamente, recentes com cerca de 150 anos de pesquisas. Desde então foram datados por volta de 800 a 1.500 espécies distribuídas mundialmente, com prevalência nas regiões tropicais do globo (Lamour e Kamour 2009). No contexto brasileiro, cerca de 196 espécies de oomicetos são conhecidas e catalogadas, distribuídos com maior conhecimento nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Piauí, locais onde os estudos destes organismos ganham destaque na comunidade científica (Flora do Brasil 2020 2019).

O papel dos organismos zoospóricos na natureza é de grande diversidade, desde decompositores a parasitas provocando problemas em diversos setores da economia (Dick 2001). A diversidade destes organismos nos ambientes aquáticos pode variar de acordo com as condições biológicas dos corpos d'água, como nível de nutrientes disponíveis, características físicas, químicas e níveis de poluição (Sousa 2015). Essas características são observadas nos dois grandes rios federais, Parnaíba e Poti, na cidade de Teresina, Piauí. Estes suprem o abastecimento de toda cidade e sofrem constante impacto devido atividades de origem antrópica e o crescimento urbano desordenado (Oliveira Filho e Lima Neto 2016). Teresina está localizada na mesorregião do centro-norte piauiense ocupando uma área de, aproximadamente, 1.766 km<sup>2</sup> (PNUD 2013).

A bacia do Rio Parnaíba destaca-se como uma das regiões hidrográficas mais importantes da região Nordeste do Brasil, ocupando os estados do Piauí, Ceará e Maranhão (Marçal e Silva 2017). A bacia hidrográfica do rio Poti está inserida na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, com sua nascente no estado do Ceará, percorrendo parte do estado do Piauí onde corta a capital do estado, local onde o rio possui maior densidade (Câmara, 2011; Oliveira Filho e Lima Neto, 2016).

Dada a importância dos estudos sobre oomicetos e a escassa informação sobre a sua dinâmica em ambientes eutrofizados no país, principalmente no nordeste brasileiro; e que no estado do Piauí, a cidade de Teresina está sob influência de dois grandes rios, o Parnaíba e o Poti, faz-se necessário conhecer a dinâmica desses organismos nestes rios, particularmente, em sua área urbana. Contribuindo, assim, para fomentar o conhecimento sobre esses organismos.

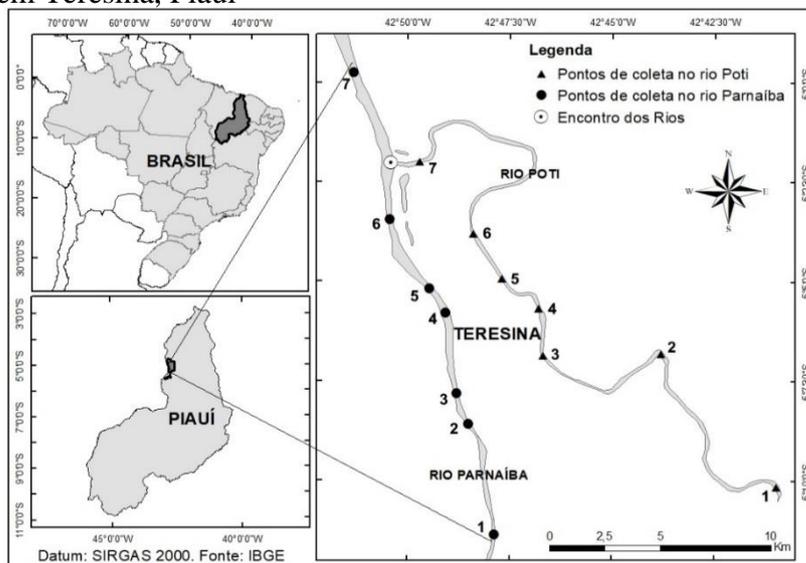
## Material e métodos

### Área de estudo

A área de estudo para realização da pesquisa foi o perímetro urbano dos rios Parnaíba e Poti, em Teresina, Piauí (Figura 1). Para determinação dos pontos de coleta de água foram observados aspectos da área de estudo, como a distância em relação a área central da cidade, proximidade a locais de despejo de esgoto e da região de confluência dos rios. Esses critérios foram determinados pois são características que podem influenciar na dinâmica dos seres vivos que compõem estes ambientes. Desse modo, foram selecionados sete pontos (Tabela 1).

No rio Parnaíba, o ponto 1- Bairro Angelim ( $5^{\circ} 11'20.08''\text{S}$ ;  $42^{\circ}47'50.76''\text{O}$ ) e o ponto 2- Estação de Tratamento de Água ( $5^{\circ} 8'45.94''\text{S}$ ;  $42^{\circ}48'17.71''\text{O}$ ) estão localizados em área livre de poluição por efluentes não tratados. Os pontos 3- Ponte Eng. Antonio Noronha ( $5^{\circ} 7'51.62''\text{S}$ ;  $42^{\circ}48'46.51''\text{O}$ ), 4- Ponte José Sarney ( $5^{\circ} 5'45.93''\text{S}$ ;  $42^{\circ}49'2.11''\text{O}$ ), 5- Ponte João Luís Ferreira ( $5^{\circ} 5'10.86''\text{S}$ ;  $42^{\circ}49'26.37''\text{O}$ ) e 6- Av. Boa Esperança ( $5^{\circ} 2'53.23''\text{S}$ ;  $42^{\circ}50'25.84''\text{O}$ ) estão localizados em área com intensa urbanização e são locais de poluição por efluentes não tratados. O ponto 7- Estação de Tratamento de Água – Norte ( $5^{\circ} 6'27.57''\text{S}$ ;  $42^{\circ}48'55.03''\text{O}$ ) está localizado após a área de confluência dos dois rios.

**Figura 1:** Localização da área de estudo e pontos de coleta nos Rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina, Piauí



Fonte: IBGE, adaptado pelo autor.

No rio Poti, o ponto 1-Usina Santana ( $5^{\circ}10'4.98''\text{S}$ ;  $42^{\circ}41'1.62''\text{O}$ ) está localizado em uma área afastada da área urbana da cidade, onde a influência antrópica é, visivelmente, menor. O ponto 2- Curva São Paulo ( $5^{\circ} 6'45.00''\text{S}$ ;  $42^{\circ}43'53.43''\text{O}$ ) é o primeiro ponto localizado em efetiva área urbana e local de atividade pesqueira por moradores da redondeza. Os pontos 3- Ponte do Tancredo Neves

(5° 6'51.99"S; 42°46'41.22"O), 4- Ponte Wall Ferraz (5° 5'39.07"S; 42°46'46.96"O), ponto 5- Ponte Pres. Juscelino Kubitschek (5° 4'55.06"S; 42°47'40.46"O), ponto 6- Ponte Min. Petrônio Portella (5° 3'48.07"S; 42°48'24.03"O) e ponto 7- Ponte Mariano Castelo Branco (5° 2'3.15"S; 42°49'42.46"O) estão localizados em área de intensa atividade urbana, são as principais pontes da cidade e em alguns trechos são locais que recebem efluentes não tratados.

**Tabela 1:** Pontos de coleta nos Rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina, Piauí

RIO PARNAÍBA	RIO POTI
1. Bairro Angelim	1. Usina Santana
2. Estação de tratamento de água – Sul	2. Curva São Paulo
3. Ponte Eng. Antonio Noronha	3. Ponte do Tancredo Neves
4. Ponte José Sarney	4. Ponte Wall Ferraz
5. Ponte João Luís Ferreira	5. Ponte Pres. Juscelino Kubitschek
6. Av. Boa esperança	6. Ponte Min. Petrônio Portella
7. Estação de tratamento de água – Norte	7. Ponte Mariano Castelo Branco

#### *Coleta de amostras de água*

Foram realizadas seis coletas entre Julho de 2018 á Junho de 2019. Em alguns pontos as amostras de água foram coletadas nas margens, e naqueles sob as pontes, na parte central do leito dos rios. Em cada ponto foram coletados 200ml de água em frascos de vidros, esterilizados e contendo substratos orgânicos para crescimento dos oomicetos, utilizando a técnica de iscagem múltipla descrita por Milanez (1989). Estes substratos orgânicos são divididos em grupos: substratos celulósicos (semente de sorgo, celofane, epiderme de cebola, capim e palha de milho), queratinosos (ecdise de cobra, escama de peixe e fio de cabelo) e quitinosos (asa de cupim) (Moreira e Crusius 2010). O material foi levado ao laboratório de micologia da UFPI.

#### *Isolamento e identificação de oomicetos*

No laboratório, as amostras de água após coletadas foram colocadas em placas de Petri (100mm de diâmetro) e incubadas a temperatura ambiente 25/30°C e observadas semanalmente para verificar a ocorrência de oomicetos. Cada isca foi observada individualmente a cada semana e repetido o processo durante quatro semanas. Durante este processo, a cada observação, foram realizadas manutenção dessas amostras através da troca de água para revitalizar as condições de cultura. Os oomicetos encontrados nos substratos foram separados em placas de Petri (90mm de diâmetro) com adição de substratos orgânicos semelhantes para cultivo.

Para determinação dos organismos em nível de gênero ou espécie foram observadas estruturas morfológicas, processo de reprodução e fonte nutricional de cada isolado. Para realizar a identificação foram utilizados bibliografia especializada e clássica tais como: Sparrow (1960), Alexopulos et al.

(1996) e Dick (2001), além de bibliografia atualizada para confirmação e comparação dos resultados observados.

### *Caracterização da comunidade de oomicetos*

Populações de organismos zoospóricos são difíceis de serem estimadas devido a grande diversidade dos estágios de ciclo de vida, como: zoósporos móveis de natação livre, cistos, micélios maduros que produzem novos indivíduos (Marano et al., 2012). Estes são aspectos fundamentais da biologia desses organismos, fazendo com que a definição de unidade quantitativa seja questionável.

Deste modo, a técnica de observação de iscas como substrato para o crescimento desses organismos é utilizada na maioria dos trabalhos de ecologia de organismos zoospóricos, descrita por Milanez (1989), foi utilizada para quantificação dos indivíduos encontrados.

Cada placa de Petri contendo amostra de água coletada e múltiplos substratos orgânicos (iscas) foram considerados como Unidade Amostral (UA); e os oomicetos de mesmo nível específico foram considerados Unidade Taxonômica (UT) quando se desenvolveram em um ou mais tipo de substrato orgânico (iscas) utilizados nesta mesma Unidade Amostral. Observando-se, ainda, que um mesmo substrato orgânico pode ser colonizado por diferentes Unidades Taxonômicas desses organismos. Deste modo, estas foram as unidades utilizadas na caracterização ecológica desses organismos.

### *Análise dos dados*

A dinâmica da comunidade de oomicetos foi analisada com os seguintes indicadores: Riqueza, Abundância, Frequência de ocorrência, Frequência total e Constância. Além da caracterização nutricional dos oomicetos isolados.

As populações encontradas em cada rio foram identificadas em nível taxonômico e listadas, demonstrando a Riqueza das espécies desses ambientes. Foi determinado a Abundância dos taxa por meio da Frequência de Ocorrência de cada táxon por coleta (Marano et al., 2012). A determinação da Frequência Total (FT) de cada oomiceto, foi calculada através da Abundância (Ab) de cada táxon dividida pelo número total de unidades amostrais analisadas (UAt) e multiplicado por 100 (Zak e Wilig 2004).

$$FT = Ab/UAt. 100$$

A partir da Frequência Total obtida, foi possível caracterizar cada táxon com base na escala de Braun-Blanquet, onde os taxa foram separados em cinco classes: ubíquos (80,1 - 100%); comuns (60,1 - 80%) ; frequentemente presentes (40,1 - 60%); escassas (20,1 - 40%) e raras (0,1 - 20%) (Marano et al. 2008).

A constância (C) dos oomicetos obtidos foi determinada com base na ocorrência de uma dada espécie durante o período de realização das coletas. Verificada pela relação do número de coletas em que a espécie esteve presente (P) pelo número total de coletas realizadas durante o estudo (N).

$$C = P/N$$

Os resultados obtidos foram classificados em: Acidentais ( $\leq 25\%$ ); Acessórias ( $25\% \leq 50\%$ ) e Constantes ( $> 50\%$ ) (Dajoz 1983).

Todos os dados estatístico obtidos foram editados a partir de *software* como Excel e R para elaboração de gráficos de comparação entre os ambientes.

### *Caracterização nutricional dos oomicetos*

Para caracterização nutricional dos oomicetos dos rios Parnaíba e Poti foram utilizados substratos orgânicos com diferentes fontes nutricionais. Estes substratos foram divididos em grupos: substratos celulósicos (semente de sorgo, celofane, capim, palha de milho e papel filtro), queratinosos (escama de peixe, ecdise de cobra e fio de cabelo) e quitinosos (asa de cupim) (Moreira; Crusius, 2010). Estes substratos foram adicionados em cada placa de Petri (UA) e cada substrato que apresentou crescimento de oomicetos (UT) foi classificado em um tipo nutricional (Tabela 5 e 6).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Caracterização da comunidade de oomicetos*

Pesquisas relacionadas à dinâmica de oomicetos nos rios de Teresina ainda são escassas existindo apenas estudos realizados no rio Poti. Contudo, nenhum relacionado à dinâmica desses organismos no rio Parnaíba. Desse modo, dados sobre a dinâmica dos oomicetos no rio Parnaíba são pioneiros nessa pesquisa. A diversidade total obtida nos dois rios foi de 19 *taxa* distribuídos em cinco famílias e oito gêneros. Destes, 13 *taxa* foram comuns para os dois ambientes.

No rio Parnaíba a riqueza verificada foi de 17 *taxa* alocados em seis gêneros, sendo mais frequente e abundante *Aphanomyces* sp. (28%), seguido por *Achlya* sp. e *Dictyuchus* sp. (11%) e *Pythiogeton uniforme* (10%), totalizando ocorrência de 82 indivíduos. Alguns isolados foram exclusivos no rio Parnaíba, como *Achlya dubia* (5%); *Achlya proliferoides* (1%); *Brevilegnia megasperma* (2%) e *Pythiogeton utiforme* (2%) (Tabela 2; Figura 2).

No rio Poti a riqueza observada foi de 15 *taxa* distribuídos em sete gêneros, com destaque para *Aphanomyces* sp. (22%), *Pythiogeton ramosum* (19%) e *Pg. uniforme* (12%) com ocorrência de 74 indivíduos (Tabela 2; Figura 2). Alguns isolados tiveram representatividade apenas no rio Poti, como *Leptolegniella keratinophila* e *Plectospira myriandra*. Em estudos mais recentes sobre a diversidade

de oomicetos no rio Poti realizado por Sousa e Rocha (2017) foram observadas algumas similaridades, como representantes da família Saprolegniaceae e o número de ocorrência dos indivíduos. Contudo, ocorreram algumas singularidades no referido estudo não foi observado a presença de *Pythiogeton utriforme*, uma das quatro espécies do gênero já conhecidas para o Piauí, bem como a frequência de *Aphanomyces* sp. ter sido bem inferior e *A. keratinophylus* foi bem mais expressivo e os gêneros *Aclhya* e *Pythiogeton* foram os mais abundantes na pesquisa.

O rio Parnaíba apresentou uma maior diversidade; contudo, seis *taxa* obtiveram uma frequência de apenas 1% comparado com os resultados obtidos no rio Poti com apenas 4 *taxa* com tal frequência (Tabela 2). Essa maior diversidade obtida no rio Parnaíba pode ser explicada devido as características do rio descritas por Marçal e Silva (2017), em seus estudos mostraram que os níveis de poluição do rio estavam de acordo com o estabelecido na legislação, além de caracterizá-lo seu eficiente potencial de autodepuração de matéria orgânica, principalmente oriunda de efluentes não tratados. Estes aspectos são favoráveis para uma maior diversidade de oomicetos.

Em outros estudos realizados no Piauí sobre a diversidade de oomicetos, foram observados similaridade com relação aos gêneros de oomicetos encontrados nos diferentes estudos realizados em diferentes ambientes do estado. As diferenças observadas foram referentes aos ambientes estudados, onde a frequência dos oomicetos foi maior em ambientes com menor interferência humana, como os achados por Machado e Rocha (2019) no Açude Joana, Pedro II, Piauí, local com baixa interferência antrópica foram obtidos 90 oomicetos. Partindo para a área urbana Trindade Junior e Rocha (2019) isolaram 20 oomicetos em pesquisa realizada em lagoas localizadas na área urbana de Teresina. Ainda na cidade de Teresina, Saraiva e Rocha (2019) verificaram a presença de 19 *taxa* de oomicetos em criatórios de peixe, com prevalência da família Saprolegniaceae, conhecido por seu potencial patogênico em peixes, sugerindo um forte impacto na economia desses produtos.

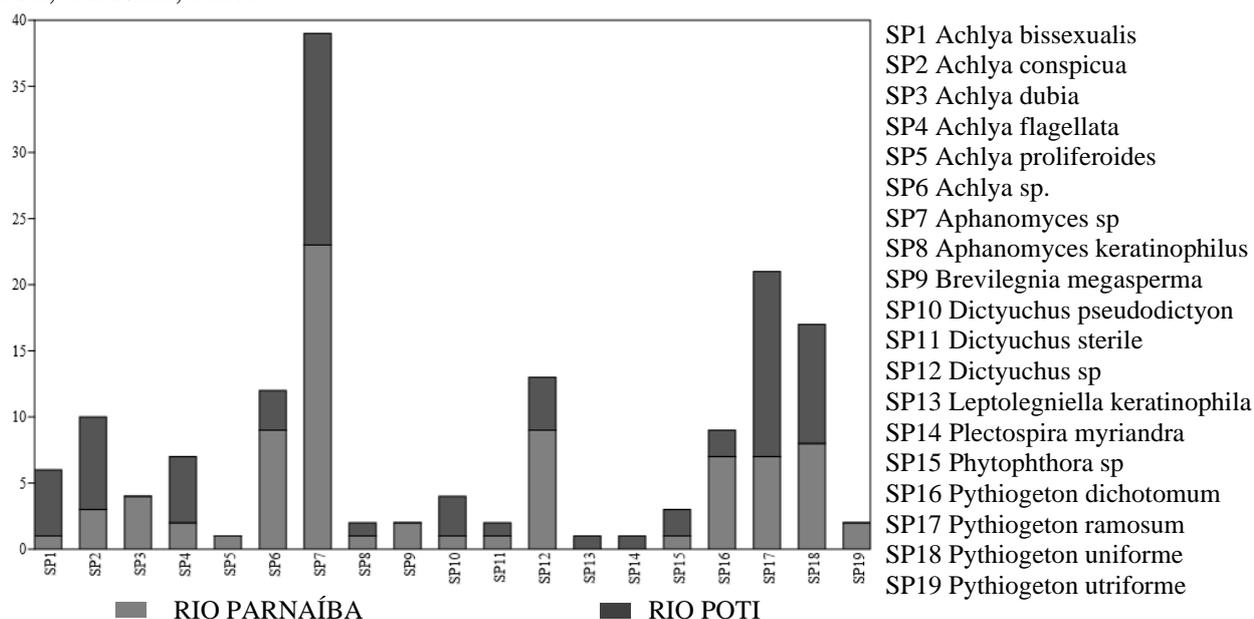
Em ambos os rios período com maior abundância foi no mês de fevereiro (coleta 4) de 2019, marcado como período chuvoso, o número de ocorrências foi o mesmo nos dois ambientes, 21. Contudo, a diferença dos resultados obtidos em cada coleta foi notória no rio Parnaíba, mantendo o padrão de menos ocorrências no período seco e mais no período chuvoso. Essa diferença não foi tão marcante no rio Poti, apenas a última coleta, no período seco, apresentou menor número de ocorrências, cinco (Tabela 2).

**Tabela 2:** Quantificação dos isolados de oomicetos obtidos em amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI, entre Julho/2018 e Junho/2019. Ab = abundância total, FT = frequência total, Abt = abundância total nos dois rios, FTf = frequência total nos dois rios

ESPÉCIES / COLETAS	RIO PARNAÍBA								RIO POTI								Abt	FTt
	1	2	3	4	5	6	Ab	FT	1	2	3	4	5	6	Ab	FT		
SP1 <i>Achlya bissexualis</i>	-	-	-	-	1	-	1	1%	2	1	1	1	-	-	5	7%	6	4%
SP2 <i>Achlya conspicua</i>	1	-	-	1	-	1	3	4%	1	1	-	4	1	-	7	9%	10	6%
SP3 <i>Achlya dubia</i>	-	2	2	-	-	-	4	5%	-	-	-	-	-	-	0	0%	4	3%
SP4 <i>Achlya flagellata</i>	-	-	-	1	1	-	2	2%	2	1	1	1	-	-	5	7%	7	4%
SP5 <i>Achlya proliferoides</i>	-	-	-	1	-	-	1	1%	-	-	-	-	-	-	0	0%	1	1%
SP6 <i>Achlya sp.</i>	1	3	2	1	2	-	9	11%	1	-	-	1	1	-	3	4%	12	8%
SP7 <i>Aphanomyces sp</i>	2	3	4	6	5	3	23	28%	2	3	3	6	-	2	16	22%	39	25%
SP8 <i>Aphanomyces keratinophilus</i>	1	-	-	-	-	-	1	1%	-	-	-	-	-	1	1	1%	2	1%
SP9 <i>Brevilegnia megasperma</i>	-	-	-	2	-	-	2	2%	-	-	-	-	-	-	0	0%	2	1%
SP10 <i>Dictyuchus pseudodictyon</i>	-	1	-	-	-	-	1	1%	-	1	1	1	-	-	3	4%	4	3%
SP11 <i>Dictyuchus sterile</i>	1	-	-	-	-	-	1	1%	1	-	-	-	-	-	1	1%	2	1%
SP12 <i>Dictyuchus sp</i>	1	2	-	2	2	2	9	11%	1	2	-	-	1	-	4	5%	13	8%
SP13 <i>Leptolegnia keratinophila</i>	-	-	-	-	-	-	0	0%	-	-	-	1	-	-	1	1%	1	1%
SP14 <i>Plectospora myriandra</i>	-	-	-	-	-	-	0	0%	-	-	-	1	-	-	1	1%	1	1%
SP15 <i>Phytophthora sp</i>	-	-	1	-	-	-	1	1%	-	1	-	1	-	-	2	3%	3	2%
SP16 <i>Pythiogeton dichotomum</i>	1	-	1	3	1	1	7	9%	1	-	1	-	-	-	2	3%	9	6%
SP17 <i>Pythiogeton ramosum</i>	-	1	2	1	3	-	7	9%	2	1	1	3	6	1	14	19%	21	13%
SP18 <i>Pythiogeton uniforme</i>	-	2	1	2	2	1	8	10%	1	1	1	1	4	1	9	12%	17	11%
SP19 <i>Pythiogeton utriforme</i>	-	-	-	1	1	-	2	2%	-	-	-	-	-	-	0	0%	2	1%
OCORRÊNCIAS	8	14	13	21	18	8	82		14	12	9	21	13	5	74		156	
RIQUEZA	7	7	7	11	9	5			10	9	7	11	5	4				

Dados da pesquisa

**Figura 2:** Gráfico de abundância das espécies isoladas a partir de coletas de água nos rios Parnaíba e Poti, Teresina, Piauí.



A quantidade de ocorrências de oomicetos nos dois rios foi de 156 com destaque para *Aphanomyces* sp (28%), *Pythiogeton ramosum* (13%) e *Pg uniforme* (11%) (Tabela 2). Dos oito gêneros obtidos *Pythiogeton* obteve 49 ocorrências distribuídos em quatro espécies, já conhecidas para o território brasileiro, e *Achlya* com 40 ocorrências distribuídas em cinco espécies.

Considerando a frequência dos taxa eles podem ser agrupados em 5 intervalos de ocorrência com base na escala de Braun-Blanquet (Tabela 3).

**Tabela 3:** Frequência de oomicetos isolados de amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI, segundo a Escala de Braun-Blanquet. F = frequência de *taxa*. T = total de *taxa*

Classe	F	RIO PARNAÍBA	T	RIO POTI	T
Ubíquos	80,1 – 100	<i>Pythiogeton uniforme</i> ; <i>P. dichotomum</i> ; <i>Achlya</i> sp.; <i>Aphanomyces</i> sp.; <i>Dictyuchus</i> sp.	5	<i>Aphanomyces</i> sp.; <i>Pythiogeton ramosum</i> ; <i>P. uniforme</i>	3
Comuns	60,1 – 80	<i>Pythiogeton ramosum</i>	1	<i>Achlya bisexualis</i> ; <i>A. conspicua</i> ; <i>A. flagellata</i>	3
Presentes	40,1 – 60	<i>Achlya conspicua</i>	1	<i>Achlya</i> sp.; <i>Dictyuchus</i> sp.; <i>D pseudodictyon</i>	3
Escassos	20,1 – 40	<i>Achlya dubia</i> ; <i>A. flagellate</i> ; <i>Pythiogeton utriforme</i>	3	<i>Phytophthora</i> sp; <i>Pythiogeton dichotomum</i>	2
Raras	0,1 – 20	<i>Achlya bisexualis</i> ; <i>A. proliferoides</i> ; <i>Aphanomyces keratinophilus</i> ; <i>Brevilegnia megasperma</i> ; <i>Dictyuchus pseudodictyon</i> ; <i>D. sterile</i> ; <i>Phytophthora</i> sp.	7	<i>Aphanomyces keratinophilus</i> ; <i>Dictyuchus sterile</i> ; <i>Leptolegniella keratinophila</i> ; <i>Plectospira myriandra</i>	4
			17		15

Dados da pesquisa

Entre os *taxa* observados no rio Parnaíba, *Achlya* sp., *Aphanomyces* sp., *Dictyuchus* sp., *Pythiogeton dichotomum* e *Pg. uniforme* foram classificados como Ubíquos estando presentes em quase todos os pontos de coleta. Sete isolados ficaram agrupados como raros pois estiveram presentes em apenas um ponto durante as coletas. Enquanto no rio Poti os *taxa* *Aphanomyces* sp., *Pythiogeton ramosum* e *Pg. uniforme* foram classificados como Ubíquos e apenas quatro isolados caracterizados como raros. A distribuição dos isolados na escala de Braun-Blanquet foi mais homogênea no rio Poti, não apresentando tanta diferença entre os números de isolados em cada classe (Tabela 3)

Em relação á Constância dos oomicetos, o rio Parnaíba obteve sete de seus isolados como Constantes, estando presentes em mais de 50% dos pontos de coletas e apenas 3 gêneros compõem esse grupo; a mesma quantidade de isolados foram agrupados em Acidentais, estando presente em menos de 25% nos pontos de coleta. No rio Poti a maior parte de seus isolados foram Cosntante, nove, com representantes de quatro gêneros e apenas quatro *taxa* agrupados como Acidentais. Em ambos os rios *Achlha conspicua*, *Achlya* sp., *Aphanomyces* sp., *Dictyuchus* sp., *Pythiogeton ramosum* e *Pg. uniforme* foram constantes (Tabela 4).

**Tabela 4:** Constância dos oomicetos isolados dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI

	RIO PARNAÍBA	RIO POTI
Constante (>50%)	<i>Achlha</i> sp.; <i>A. conspicua</i> ; <i>Aphanomyces</i> sp.; <i>Dictyuchus</i> sp.; <i>Pythiogeton dichotomum</i> ; <i>P.</i> <i>ramosum</i> ; <i>P. uniforme</i>	<i>Achlya</i> sp.; <i>A. bisexualis</i> ; <i>A.</i> <i>conspicua</i> ; <i>A. flagellate</i> ; <i>Aphanomyces</i> sp.; <i>Dictyuchus</i> sp.; <i>D. pseudodictyon</i> ; <i>Pythiogeton</i> <i>ramosum</i> ; <i>P. uniforme</i>
Acessórias (25%≤50%)	<i>Achlya dubia</i> ; <i>A. flagellata</i> ; <i>Pythiogeton utriforme</i>	<i>Phytophthora</i> sp.; <i>Pythiogeton</i> <i>dichotomum</i>
Acidentais (≤25%)	<i>Achlya bisexualis</i> ; <i>A. proliferoides</i> <i>Aphanomyces keratinophilus</i> ; <i>Brevilegnia megasperma</i> ; <i>Dictyuchus pseudodictyon</i> ; <i>D.</i> <i>sterile</i> ; <i>Phytophthora</i> sp.	<i>Aphanomyces keratinophilus</i> ; <i>Dictyuchus sterile</i> ; <i>Leptolegniella</i> <i>keratinophila</i> ; <i>Plectospora</i> <i>myriandra</i>

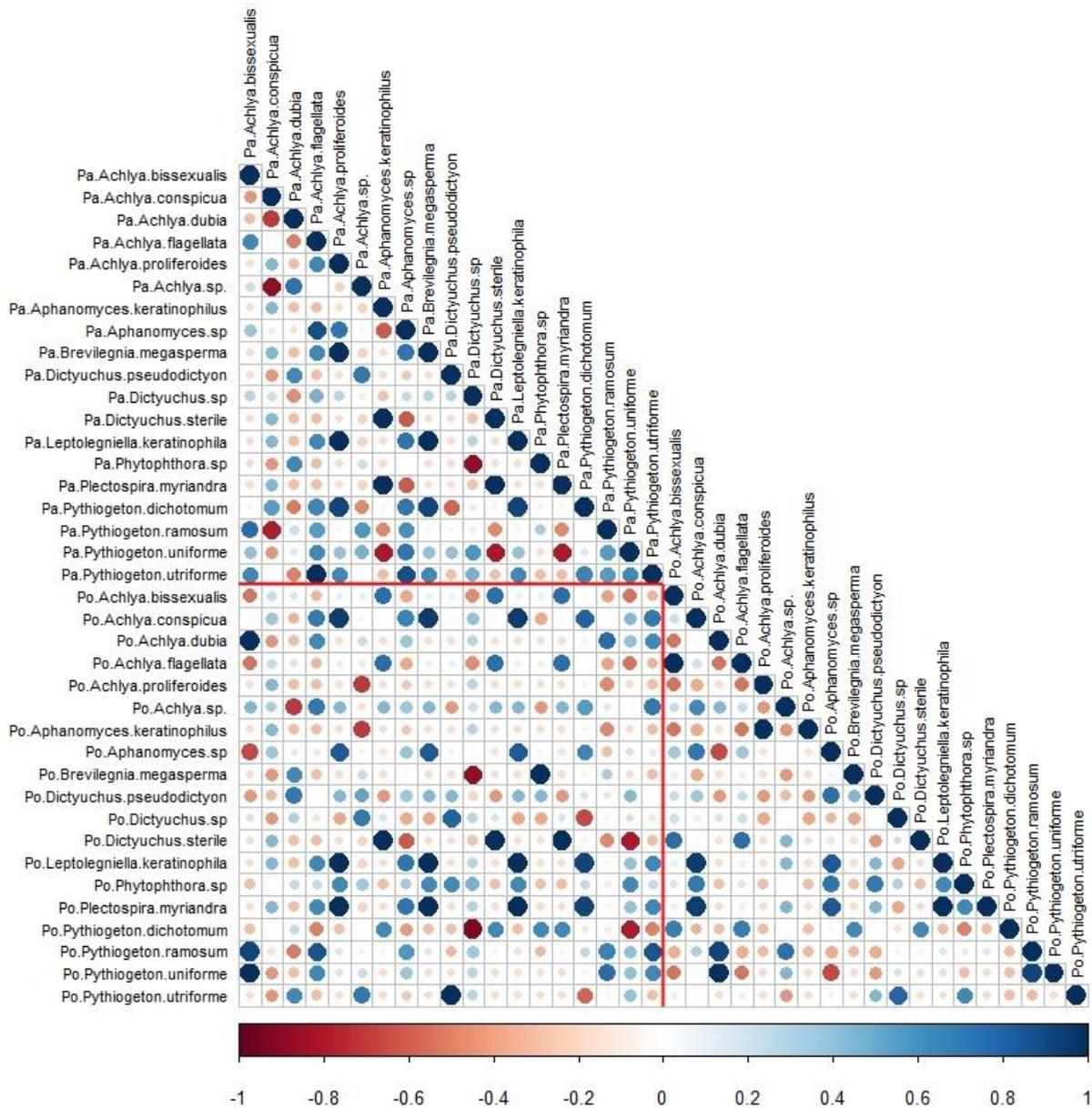
Dados da pesquisa

A correlação entre a ocorrência das espécies isoladas nos dois rios foi determinada em correlações positivas (bolas azuis), demonstrando dependência entre a concorrência das espécies, e correlações negativas (bolas vermelhas), demonstrando que o sucesso de uma espécie depende da ausência de outra, como representado na Figura 3.

No rio Parnaíba foi observado um certo equilíbrio entre os isolados com correlação positiva e os com correlação negativa. Como exemplo, *Brevilegnia megasperma* e *Achlya proliferoides*, *Dictyuchus sterile* e *Aphanomyces keratinophilus* obtiveram correlação positiva. Contudo, *Achlya* sp. e *Achlya conspicua*, *Pythiogeton ramosum* e *Achlya conspicua* obtiveram correlação negativa

em que a frequência de uma espécie isolou a presença da outra o que pode ser observado nos espaços na Tabela 2 (Figura 3).

**Figura 3:** Gráfico da correlação da ocorrência das espécies de oomicetos encontradas nos rios Parnaíba e Poti. Pa – espécies encontradas no rio Parnaíba. Po – espécies encontradas no rio Poti.



O rio Poti apresentou maior quantidade de correlações positivas que negativas. Destaque para as positivas estão *Achlya flagellata* e *Achlya bisexualis*, *Aphanomyces keratinophilus* e *Achlya proliferoides*. Enquanto *Aphanomyces sp.* e *Achlya dubia*, *Pythiogeton uniforme* e *Aphanomyces sp.* apresentaram correlação negativa (Figura 3).

Sobrepondo os resultados dos dois rios e levando em consideração apenas as espécies que foram comuns em ambos os ambientes, houve correlação positiva entre *Dictyuchus sterile* e *Aphanomyces*

*keratinophilus*, *Achlya bisexualis* e *Pythiogeton ramosum* / *Py. Uniforme*. As correlações negativas foram entre *Pythiogeton uniforme* e *Py. dichotomum* / *Dictyuchus sterile*, *Dictyuchus* sp. e *Pythiogeton dichotomum* (Figura 3).

Estes resultados de correlação sugerem uma afinidade entre as espécies, seja por condições ambientais similares de onde estão realizando colonização ou disponibilidade de nutrientes. A maioria das correlações negativas em ambos os rios foram entre indivíduos do mesmo gênero ou mesma família, podendo sugerir uma competição entre as espécies por algum fator fundamental para sua existência.

#### *Caracterização nutricional dos oomicetos*

Com relação a colonização dos substratos orgânicos pelo processo de iscagem múltipla cada isolado foi caracterizado de acordo com sua preferência nutricional e agrupados em celulósicos, queratinosos e quitinosos, levando em consideração que um mesmo táxon pode colonizar mais de um tipo de substrato. Nos nove substratos orgânicos utilizados foram observadas 236 colonizações de oomicetos dos rios (Tabela 5).

**Tabela 5:** Frequência da colonização dos substratos orgânicos utilizados no isolamento de oomicetos em amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI. FT = frequência total.

SUBSTRATOS ORGÂNICOS		RIO PARNAÍBA		RIO POTI	
		COLONIZAÇÃO	FT	COLONIZAÇÃO	FT
CELULÓSICO	<i>sorghum</i> sp	47	36%	35	33%
	Palha de milho	23	18%	17	16%
	Papel celofane	-	-	4	4%
	Papel filtro	12	9%	4	4%
	Capim	11	8%	12	11%
		93	71%	72	69%
QUERATINOSO	Cabelo	2	2%	3	3%
	Ecdise cobra	26	20%	25	24%
	Escama peixe	10	8%	5	5%
		38	29%	33	31%
QUITINOSO	Asa cupim	-	-	-	-
TOTAL	9	131		105	

Dados da pesquisa

No rio Parnaíba os substratos celulósicos tiveram maior representatividade, com 93 (71%) das colonizações desses, 47 (36%) compõe a semente de *Sorghum* sp. como principal substrato orgânico para os oomicetos. Nos substratos queratinosos foram observados crescimento em 38 (29%) com destaque para ecdise de cobra (20%) e escama de peixe (8%) (Tabela 5).

No rio Poti os substratos celulósicos, também, apresentaram maior representatividade com 72 (69%), com destaque para semente de *Sorghum* sp. com 35 (33%) das colonizações. Os substratos queratinosos representaram 33 (31%) onde a ecdise de cobra teve grande destaque com 24% das colonizações (Tabela 5).

Em ambos os rios os substratos celulósicos tiveram destaque na colonização dos oomicetos dada a sua disponibilidade na natureza e a maior capacidade desses organismos em decompor esses substratos.

Dentre os substratos colonizados, a semente de *sorghum* sp obteve maior número de colonizações por diferentes *taxa*, 15, seguido pela palha de milho colonizada por 11 *taxa*. Os substratos Papel Celofane e Cabelo apresentaram menor número de colonização, com apenas 1 táxon em cada. Enquanto o substrato Asa de Cupim não apresentou nenhuma colonização por oomicetos. Os representantes dos gêneros *Aphanomyces* e *Achlya* apresentaram ótimo desenvolvimento em todas os substratos celulósicos e queratinosos (Tabela 6).

**Tabela 6:** Caracterização nutricional dos oomicetos obtidos em amostras de água dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI. SO = semente de *sorghum* sp, PM = palha de milho, PC = papel celofane, CA = capim, CB = cabelo, EC = ecdise de cobra, EP = escama de peixe e AC = asa de cupim.

ESPÉCIES	LOCAL	SUBSTRATOS ORGÂNICOS									
		SO	PM	PC	PF	CA	CB	EC	EP	AC	
<i>Achlya bisexualis</i>	PB / PT	x	x						x		3
<i>Achlya conspicua</i>	PB / PT	x				x		x			3
<i>Achlya dubia</i>	PB	x			x						2
<i>Achlya flagellata</i>	PB / PT	x		x	x	x					4
<i>Achlya proliferoides</i>	PB		x		x	x					3
<i>Achlya</i> sp.	PB / PT	x	x		x	x			x		5
<i>Aphanomyces</i> sp	PB / PT	x	x		x	x		x	x		6
<i>Aphanomyces keratinophilus</i>	PB / PT							x			1
<i>Brevilegnia megasperma</i>	PB	x	x			x		x			4
<i>Dictyuchus pseudodictyon</i>	PB / PT	x									1
<i>Dictyuchus sterile</i>	PB / PT	x	x					x	x		4
<i>Dictyuchus</i> sp.	PB / PT	x	x		x			x	x		5
<i>Leptolegniella keratinophila</i>	PT							x			1
<i>Plectospira myriandra</i>	PT					x					1
<i>Phytophthora</i> sp	PB / PT	x	x								2
<i>Pythiogeton dichotomum</i>	PB / PT	x	x			x					3
<i>Pythiogeton ramosum</i>	PB / PT	x	x					x			3
<i>Pythiogeton uniforme</i>	PB / PT	x	x		x			x			4
<i>Pythiogeton utriforme</i>	PB	x									1
	TOTAL	15	11	1	7	8	1	9	4	0	

Dados da pesquisa

A técnica de iscagem múltipla é utilizada pois alguns oomicetos possuem preferências nutricionais, essas singularidades estão relacionadas ao potencial patogênico de alguns grupos podendo ter uma afinidade maior com determinado grupo de substrato que, na natureza, serve como

substrato para parasitismo. Na pesquisa o substrato escama de peixe ganha destaque pela quantidade de oomicetos capazes de colonizar, foram observados crescimento de *Achlya* sp., *Aphanomyces* sp., *Dictyuchus* sp e *Dictyuchus sterile*. Estes resultados sugerem a possibilidade desses isolados de serem parasitas de peixes. Sousa e Rocha (2017), em suas pesquisas no rio Poti observaram apenas o crescimento de *Dictyuchus sterile* no substrato de escama de peixe.

### **Conclusão geral**

A diversidade obtida em ambos os rios não diferiu de outros estudos similares realizados em outros corpos d'água como rios e lagos em área urbana. Quando comparado os dois rios em estudo, o rio Parnaíba apresentou maior ocorrência de oomicetos com 82 isolados e o rio Poti com 74 isolados. O que mostra um maior potencial do rio Parnaíba em haver uma maior diversidade de seres vivos devido as suas características ambientais.

A necessidade nutricional, em ambos os rios, foi predominante em substrato celulósico, e não foi caracterizada a necessidade nutricional em substrato quitinoso. A colonização de escama de peixe por *Achlya* sp, *Aphanomyces* sp e *Dictyuchus* sp e *Dictyuchus sterile* pode representar um possível potencial de parasitismo em peixes, visto que comumente estes oomicetos são encontrados em substratos de origem celulósica.

Além dos comportamentos nutricionais observados, os isolados *Aphanomyces* sp., *Achlya* sp. e *Dictyuchus* sp. não apresentaram desenvolvimento sexual das estruturas de reprodução e com crescimento lento e limitado para ser realizada identificação a nível taxonômico mais específico. Estes resultados diferiram dos achados anteriormente em estudos realizados em corpos d'água no Piauí. Sugerindo possível alteração dos aspectos ambientais na dinâmica desses oomicetos.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. U.; GONÇALVES, S. H. P.; FERREIRA JÚNIOR, S. W.; CHAVES, S. L.; OLIVEIRA, S. C. R. Humans as niche constructors: Revisiting the concept of chronic anthropogenic disturbances in ecology. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 16. p. 1 – 11, 2018.

ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. *Introductory Mycology*. 4 ed. John Wiley, Sons, Inc, New York.1996.

CAMARA, F. M. M. **Avaliação da qualidade da água do Rio Poti na cidade de Teresina, Piauí**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Brasil, 2011.

CZECZUGA, B. et al. Zoosporic fungi growing on the specimens of certain fish species recently introduced to Polish waters. **Acta Ichthyol. Piscat.**, v. 32, n. 2, p.117 – 125, 2002.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. Vozes, Petrópolis, p. 472, 1983.

DICK, M. W. *Straminipilous Fungi: systematics of the Peronosporomycetes including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids and similar organisms*. **Kluwer Academic Publishers**, Holanda, 2001.

**Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.

LAMOUR, K.; KAMOUR, S. **Oomycete Genetics and Genomics: diversity, interactions and research tools**. John Wiley & Sons, USA. p. 460, 2009.

LIMA, M. S. C. S.; SOUZA, C. A. S.; PEDERASSI, J. What diversity index should be used? **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 30, p. 129 – 138, 2016.

MARANO, A. V. et al. Ecological roles of saprotrophic Peronosporales (Oomycetes, Straminipila) in natural environments. **Fungal Ecology**, v. 19, p. 77 – 88, 2016.

MARANO, A. V., BARRERA, M. D., STECIOW, M. M., DONADELLI, J. L., & SAPARRAT, M. C. Frequency, abundance and distribution of zoosporic organisms from Las Cañas stream (Buenos Aires, Argentina). **Mycologia**, v. 100, n. 5, p. 691 – 700, 2008.

MARANO, A. V., GLEASON, F. H., BÄRLOCHER, F., PIRES-ZOTTARELLI, C. L., LILJE, O., SCHMIDT, S. K., EDWARDS, J. E. Quantitative methods for the analysis of zoosporic fungi. *Journal of microbiological methods*, vol. 89, n. 1, p. 22 – 32, 2012.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE – Pirajá. **Eng Sanit Ambient**, Brasil, v. 22, p. 761 – 772, 2017.

MILANEZ, A. I. Fungos de águas continentais. In: O. Fidalgo & V. L. Bononi (eds.). *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. **Instituto de Botânica**, São Paulo, p. 17 – 20, 1989.

MOREIRA, G.C., CRUSIUS, S.H.I. **Fungos em ambientes aquáticos continentais**. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Programa de capacitação de monitores e educadores. Instituto de Botânica – IBT, Brasil, 2010.

- OLIVEIRA, N. L. **Estudo da Variabilidade Sazonal da Qualidade da Água do Rio Poti em Teresina e suas implicações na população local.** Dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí - UFPI, Brasil, 2012.
- OLIVEIRA FILHO, A. A.; LIMA NETO, E. I. Modelagem da qualidade da água do rio Poti em Teresina (PI). **Eng Sanit Ambient**, Brasil, v. 23, p. 3-14, 2016.
- PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A.; ROCHA, M. New records of Chytridiomycota and Oomycota from the " Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI)", SP, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, vol. 21, n. 1, p. 125 – 136, 2007.
- PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas de desenvolvimento humano no Brasil.** Organização das Nações Unidas. Brasil. Disponível em: < [http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/teresina\\_pi#demografia](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/teresina_pi#demografia) >. Acesso em: 03 de dezembro de 2019.
- REN CHEN, X.; HUANG, X. S.; ZHANG, Y.; SHENG, L.G.; LI, P. Y.; ZHU, F. Identification and functional analysis of the NLP-encoding genes from the phytopathogenic oomycete *Phytophthora capsica*. **Molecular Genetics and Genomics**, Germany, p. 1 – 13, 201.
- SAPKOTA, R.; NICOLAISEN, M. An improved high throughput sequencing method for studying oomycetes communities. **Journal of Microbiological Methods**, v. 110. pp. 33 – 39, 2015.
- SEIBOLD, S.; CADOTTE, W. M.; MACLVOR, S. J.; THORN, S.; MULLER, J. The necessity of multitrophic approaches in community ecology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 33, n. 10, 2018.
- SINGH, K. P., SAXENA, S. Towards developing a river health index. **Ecological Indicators**. India, v. 85, p. 999 – 1011, 2018.
- SOUSA, C. D. N. **A Percepção da Poluição e o Impacto Sobre os Organismos Zoospóricos no Rio Poti, Teresina – PI.** Dissertação do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Piauí – UFPI, Brasil, 2015.
- SOUSA, N. D.; ROCHA, J. R. Oomicetos (Stramenipila) no rio Poti, Perímetro urbano de Teresina, Piauí. **Pesquisas Botânica**, v. 70, p. 113 – 131, São Paulo, 2017.
- SPARROW JR., F. K. **Aquatic Phycomycetes**. 2. ed. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1960.
- WALKER, A. C.; VAN WEST, P. Zoospore development in the oomycetes. **British Mycological Society**, Scotland, v. 21, p. 10 – 18, 2007.
- WEIDNER, T.; YANG, A.; HAMM, W. M.; Consolidating the current knowledge on urban agriculture in productive urban food systems: learning, gaps and outlook. **Journal of cleaner production**, v. 209. p. 1637 – 1655, 2019.
- Zak, J.C.; Willig, M.R. Fungal biodiversity patterns *In*: Mueller, G.M.; Bills, G.F. & Foster, M.S. (eds.) *Biodiversity of fungi*. **Elsevier Academic Press**, p. 59 – 75, 2004.

## **5. ARTIGO 3**

---

### **A COMUNIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) EM AMBIENTE EUTROFIZADOS NOS RIOS PARNAÍBA E POTI.**

O artigo será submetido à revista Biota Neotropica (Qualis A2 em Ciências Ambientais).

## A COMUNIDADE DE OOMICETOS (OOMYCOTA) EM AMBIENTES EUTROFIZADOS NOS RIOS PARNAÍBA E POTI

Oomycetes (oomycota) community in eutrophic environments in the rivers Parnaíba and Poti

Givanilso Cândido Leal<sup>1</sup>, José de Ribamar de Sousa Rocha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí, campus Ministro Petrônio Portella - Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFPI, TROPEN, Av. Universitária, 1310, Ininga, 64049-550 – Teresina-PI. E-mail: gleal@outlook.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Piauí, campus Ministro Petrônio Portella, centro de Ciências da Natureza, Dep. de Biologia, Av. Universitária S/N, 64049-550 – Teresina-PI. E-mail: ribamar10@gmail.com

### Abstract

As one of the most widely distributed natural resources on the planet, water plays a fundamental role in numerous activities in nature. In addition to being the essential resource for social and economic development through numerous activities performed by human beings. Some of these activities of anthropic origin, such as livestock, agriculture and even the urbanization process, promote the degradation of this resource, through the excessive accumulation of pollutants in the various bodies of water. This water deterioration process alters its physical and chemical characteristics in addition to interfering in the dynamics of the living beings that make up these environments. Among these living beings, decomposing microorganisms such as fungi and bacteria stand out due to their importance in nutrient cycling. Within this group are oomycetes, an important group of zoospore organisms with affinities and morphological and physiological characteristics with fungi, are of extreme economic importance with representatives with pathogenic potential in plants and animals. Thus, this article aims to analyze the level of eutrophication of the Parnaíba and Poti rivers, in the urban perimeter of Teresina, Piauí, to verify their possible influence on the community of oomycetes present in these environments and to select species with potential for bioindication of environmental quality. For this purpose, water samples were collected in the two rivers during the rainy and non-rainy periods to determine the richness of oomycetes in these environments, as well as data collection such as Temperature, pH, Chlorophyll *a* and Phosphorus. All data were analyzed and correlated using statistical tests. In both rivers, intense anthropic interference in the quality of these environments was observed. At all collection points, data such as Phosphorus and Chlorophyll *a* were superior to those established in Brazilian legislation. Factors such as the Trophic State Index and Temperature were limiting factors in the dynamics of oomycetes, especially in the Poti River. Among the group of isolated oomycetes, six were highlighted for their abundance, frequency and consistency during collections, demonstrating possible use in bioindication studies.

**KEYWORDS:** Eutrophication. Zoospore Organisms. Pollution.

### Resumo

Constituindo um dos recursos naturais de maior distribuição no planeta a água desempenha papel fundamental em inúmeras atividades na natureza. Além de ser o recurso essencial para o desenvolvimento social e econômico através de inúmeras atividades desempenhadas pelo ser humano. Algumas destas atividades de origem antrópica como, pecuária, agricultura e mesmo o processo de urbanização, promovem a degradação deste recurso, através do acúmulo excessivo de poluentes nos diversos corpos d'água. Esse processo de deterioração da água altera suas características físicas e químicas além de interferir na dinâmica dos seres vivos que compõem esses ambientes. Dentre esses seres vivos destacam-se os microrganismos decompositores como fungos e bactérias dada sua importância na ciclagem de nutrientes. Dentro desse grupo estão os oomicetos, importante grupo dos organismos zoospóricos com afinidades e características morfológicas e fisiológicas com os fungos, são de extrema importância econômica com representantes com potencial patogênico em plantas e animais. Desse modo, este artigo tem por finalidade **analisar** o nível de eutrofização dos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina, Piauí, verificar sua possível influência na comunidade de oomicetos presente nesses ambientes e selecionar espécies com potencial de bioindicação da qualidade ambiental. Para tanto, foram realizadas coletas de amostras de água nos dois rios durante período chuvoso e não chuvoso para determinar a riqueza dos oomicetos nesses ambientes, bem como coleta de dados como Temperatura, pH, Clorofila *a* e Fósforo. Todos os dados foram analisados e correlacionados através de testes estatísticos. Foram observados nos dois rios intensa interferência antrópica na qualidade desses ambientes. Em todos os pontos de coleta dados como Fósforo e Clorofila *a* foram superiores aos estabelecidos na legislação brasileira. Fatores como o Índice de Estado Trófico e Temperatura foram fatores limitantes na dinâmica dos oomicetos, principalmente no rio Poti. Dentre o grupo dos oomicetos isolados, seis tiveram destaque por sua abundância, frequência e constância durante as coletas, demonstrando possível utilização em estudos de bioindicação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eutrofização. Organismos Zoospóricos. Poluição.

## 1. INTRODUÇÃO

A água constitui um dos recursos de maior distribuição no planeta e um dos recursos naturais fundamentais para inúmeras atividades na natureza e agente primordial a todos os processos metabólicos dos seres vivos. Além de ser o recurso essencial para o desenvolvimento humano, exercendo influência desde aspectos culturais a econômicos em uma sociedade através das atividades de origem antrópicas (Ferreira et al. 2014; Ferreira et al. 2017). Diante desta importância os recursos hídricos estão sujeitos a diversos tipos de alterações, sejam naturais ou oriundas de atividades econômicas.

Dentre os serviços disponibilizados através da água pelo seu uso em atividades desempenhadas pelo ser humano, a urbanização e industrialização tem desempenhado papel importante no processo de degradação deste recurso por meio da agricultura, piscicultura, desenvolvimento urbano acelerado, entre outras atividades (Wu et al. 2017). Essas atividades resultam no comprometimento da qualidade da água, a pecuária, por exemplo, em grande escala pode afetar a balneabilidade dos corpos hídricos. O despejo de esgoto não tratado em rios e lagos compromete a água utilizada para consumo humano devido ao aumento de metais pesados, microrganismos patogênicos, matéria orgânica em decomposição e outras substâncias promovendo o processo de eutrofização dos corpos hídricos (Ferreira et al. 2017; Ponsadailakshmi et al. 2018; Wu et al. 2017).

Nos ecossistemas aquáticos, o acúmulo excessivo de nutrientes causa a eutrofização, uma das formas mais intensas de mudanças ecológicas atualmente. O processo de eutrofização, além de reduzir a qualidade da água para consumo, altera as relações tróficas, incluindo as interações microrganismos e hospedeiros, implicando para o surgimento de doenças. (Smallbone et al. 2016). Ademais, alterações na quantidade de determinados nutrientes como fósforo, fundamental para o crescimento de plantas aquáticas, ou intensa concentração de clorofila devido acúmulo de algas, interfere na turbidez da água, conseqüentemente na incidência de luz solar e no funcionamento do ecossistema (El-Serehy et al. 2018).

A partir dessas alterações foram desenvolvidos índices de qualidade, recursos utilizados para verificar a qualidade e nível de degradação do corpo hídrico utilizando parâmetros físicos e químicos (Silva et al. 2014). Alguns exemplos são: Índice de Qualidade das Águas (IQA), Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas (ISTO), Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas (IVA) e Índice do Estado Trófico (IET) (CETESB, 2014). Além disso parâmetros biológicos são utilizados para verificar o nível de qualidade da água, observando como a comunidade presente em um determinado ambiente responde as alterações modificando sua estrutura e/ou composição (SILVA et al. 2018). A esses organismos sensíveis a alguma alteração ambiental de modo a ser utilizado para examinar a qualidade de determinado ambiente e detectar possíveis mudanças, são chamados de organismos bioindicadores (CISAR et al, 2018).

Nesse trabalho foi utilizado o Índice do Estado Trófico (IET) utilizado para classificar os corpos aquáticos de acordo com seu grau de enriquecimento com nutrientes, índice criado por Carlson (1997) e adaptado por Lamparelli (2004) para corpos hídricos do Estado de São Paulo. O IET permite verificar problemas que podem interferir na qualidade da água em diversos níveis, com relação a quantidade os corpos hídricos podem apresentar um grande crescimento de plantas aquáticas flutuantes ocasionando a clarificação da água alterando sua condição natural; além de mudanças químicas com alterações no oxigênio dissolvido na água e níveis de dióxido de carbono; bem como mudanças de ordem biológicas, alterando a composição das espécies presentes no ambiente em todos os níveis tróficos mas com forte impacto nos organismos decompositores, parte fundamental no processo de ciclagem de nutrientes (Silva et al. 2014; Abreu; Cunha, 2017).

Entre os organismos decompositores, além de fungos e bactérias, estão presentes os oomicetos, formando um grupo de microrganismos eucarióticos conhecidos comumente como organismos zoospórios por apresentarem estrutura reprodutiva móvel, zoósporo (Walker; Van West, 2007). Ademais, oomicetos possuem uma variedade de espécies com potencial patogênico de plantas e animais sendo de grande importância econômica (Rocha et al. 2017). Além de serem ótimos decompositores da matéria orgânica, podem acumular e/ou degradar substâncias tóxicas e auxiliar no processo de desintoxicação dos ambientes (Marano et al., 2016).

A excessiva quantidade de nutrientes nos corpos hídricos estimula crescimento de plantas, algas e organismos decompositores, bem como acelera a eutrofização. Contudo, outros fatores podem interferir na dinâmica desses seres como a quantidade de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, entre outros (Voronin, 2008; Rocha et al. 2017). Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo verificar o nível de eutrofização dos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano de Teresina, Piauí, verificar sua possível influência na comunidade de oomicetos presente nesses ambientes aquáticos e sugerir espécies com potencial de biotindicação da qualidade desses ambientes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

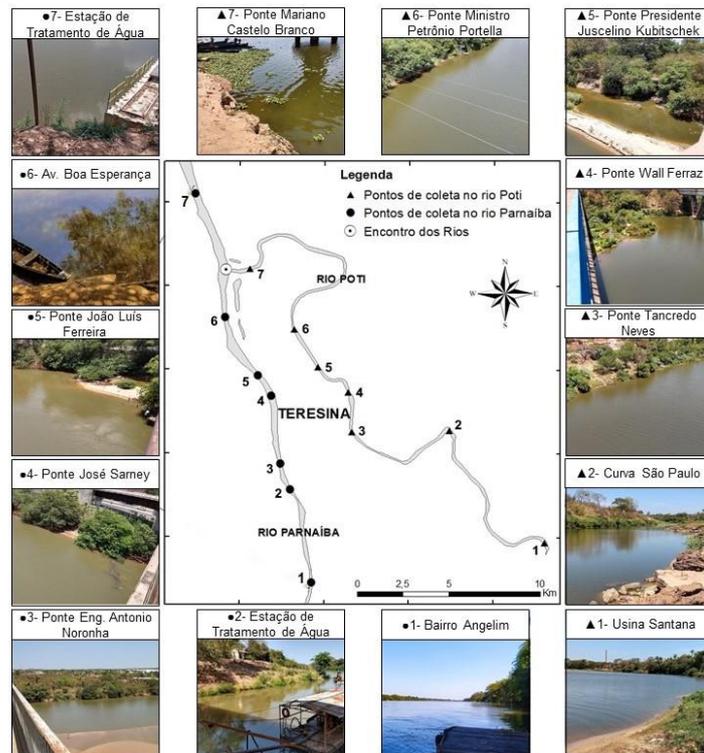
### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada para realização da pesquisa foi o perímetro urbano dos rios Parnaíba e Poti em Teresina, Piauí (Figura 1). Em cada rio foram selecionados sete pontos (Tabela 1) partindo de áreas mais afastadas do centro urbano até o outro extremo da cidade após o ponto de confluência dos dois rios. Os pontos foram assim selecionados para que fosse possível observar as diferenças do IET em cada área dos rios no perímetro urbano. As coletas foram separadas entre os meses mais chuvosos (Fevereiro, Abril e junho) e os meses com menor índice pluviométrico e com temperaturas mais elevadas (Julho, Setembro e Novembro).

**Tabela 1:** Pontos de coleta nos Rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina, Piauí.

	PONTOS DE COLETAS		COORDENADAS	
RIO PARNAÍBA	1	Bairro Angelim	5° 11'20.08"S	42°47'50.76"O
	2	Estação de tratamento de água – sul	5° 8'45.94"S	42°48'17.71"O
	3	Ponte Eng. Antonio Noronha	5° 7'51.62"S	42°48'46.51"O
	4	Ponte José Sarney	5° 5'45.93"S	42°49'2.11"O
	5	Ponte João Luís Ferreira	5° 5'10.86"S	42°49'26.37"O
	6	Av. Boa esperança	5° 2'53.23"S	42°50'25.84"O
	7	Estação de tratamento de água – norte	5° 6'27.57"S	42°48'55.03"O
RIO POTI	1	Usina Santana	5°10'4.98"S	42°41'1.62"O
	2	Curva São Paulo	5° 6'45.00"S	42°43'53.43"O
	3	Ponte do Tancredo Neves	5° 6'51.99"S	42°46'41.22"O
	4	Ponte Wall Ferraz	5° 5'39.07"S	42°46'46.96"O
	5	Ponte Pres. Juscelino Kubitschek	5° 4'55.06"S	42°47'40.46"O
	6	Ponte Min. Petrônio Portella	5° 3'48.07"S	42°48'24.03"O
	7	Ponte Mariano Castelo Branco	5° 2'3.15"S	42°49'42.46"O

**Figura 1:** Localização da área de estudo e imagens dos pontos de coleta nos rios Parnaíba e Poti, no perímetro urbano, em Teresina – PI



Fonte: elaborado pelo primeiro autor.

No rio Parnaíba, os pontos 1 e 2 estão localizados em área afastada da área urbana e apresenta mata ciliar densa. Os pontos 3, 4 e 5 são pontos localizados em pontes com intenso tráfego de veículos e em áreas bastante urbanizadas, apresentam pontos de despejo de efluentes não tratados e redução da mata ciliar. O ponto 6 está localizado em área com pouca urbanização, apenas com algumas famílias ribeirinhas que desempenham atividade de pesca no local. O sétimo ponto está localizado após a área de confluência dos dois rios, em área urbanizada e tendo influência das águas do rio Poti (Figura 1; Tabela 1).

No rio Poti, o ponto 1 está localizado em uma área afastada da área urbana da cidade; contudo, é uma área utilizada para extração de areia do leito do rio. O ponto 2 é o primeiro ponto localizado em efetiva área urbana e local de atividade pesqueira por moradores da redondeza, além de ter sido área para atividade de lazer pela população durante muito tempo. Os pontos 3, 4, 5 e 6 estão localizados em pontes, área muito urbanizada, pouca vegetação nas margens e pontos de acúmulo de intensa quantidade de aguapé nos meses mais quentes do ano. O ponto 7 também localizado em ponte com vigorosa atividade urbana, atividade pesqueira e local onde teve início o processo de desenvolvimento urbano da cidade (Figura 1; Tabela 1).

## 2.2. COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Durante o período de Julho de 2018 á Junho de 2019 foram realizadas seis coletas de amostras de água em sete pontos em cada rio. Nos pontos localizados nas pontes, as amostras foram coletadas no leito dos rios e nos demais pontos, a coleta foi realizada nas margens dos rios. Em cada ponto foi coletado três amostras de água para obtenção dos oomicetos e análise dos níveis de fósforo e de clorofila *a*. Em frascos de vidro com capacidade de 200ml, esterilizados e contendo substratos orgânicos para o crescimento de oomiceto, seguindo a metodologia de

iscagem múltipla descrita por Milanez (1989), foi coletado amostra de água e tampados de modo que pudesse ocorrer a oxigenação e levados ao laboratório. Estes substratos orgânicos utilizados são divididos em substratos celulósicos, queratinosos e quitinosos.

Para realização das coletas de amostras para realizar o teste de IET foram utilizadas garrafas de plástico com capacidade de 200ml. Nas amostras utilizadas para testes de clorofila *a* as garrafas foram devidamente isoladas com papel escuro para impedir a entrada de luz. Todas as amostras foram devidamente isoladas, armazenadas e levadas ao laboratório.

### 2.3. CARACTERIZAÇÃO EUTRÓFICA DOS RIOS.

A caracterização eutrófica dos rios Poti e Parnaíba foi dada através da coleta de amostras de água em cada ponto para realização de testes químicos para obtenção de dados como fosforo total (FT) e clorofila *a* (CL) que foram utilizados para obtenção do Índice de Estado Trófico (IET) com base na metodologia de Lamparelli (2004). Além disso, dados sobre temperatura e pH foram obtidos em cada ponto. As coletas foram realizadas no período da manhã respeitando o mesmo horário de cada ponto em todas as coletas.

Para obtenção da concentração de clorofila *a* foi utilizada a metodologia de Jones (1979), 100 ml de cada amostra foi filtrado em membrana 0.45µm (MF-Millipore™) e o material retido foi extraído em “banho-maria” com metanol 90%. Após o procedimento, cada amostra foi centrifugada a 2.500 rpm, então o sobrenadante foi transferido para cubetas e lido em espectrofotômetro a 665nm e 750nm.

A determinação dos valores de fósforo total foi dada de acordo com o *Standar Methods* (APHA, 1995). Cada amostra foi submetida a digestão com mistura de ácido sulfúrico, sulfato de potássio e óxido de mercúrio por duas horas, a 300°C.

Após a obtenção de todos os valores para Clorofila *a* e Fósforo total o IET foi determinado em cada ponto estudado e então verificado seus respectivos níveis tróficos em cada rio de acordo com Lamparelli (2004) e CETESB (2014) (Tabela 2).

**Tabela 2:** Classificação do Índice de Estado Trófico – IET

VALOR DO IET	NÍVEL TRÓFICO
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico
$IET > 67$	Hipereutrófico

**Fontes:** Lamparelli (2004); CETESB (2014)

### 2.4. ISOLAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE OOMICETOS

As amostras de água foram levadas ao laboratório de então, colocadas em placas de Petri (100mm de diâmetro) juntamente com todos os substratos já colocados no momento da coleta e incubadas à temperatura ambiente (25/32 °C) durante sete dias e observadas semanalmente para verificar a ocorrência de oomicetos nos substratos orgânicos. As observações de cada ponto seguiram durante quatro semanas e a cada observação, a manutenção dessas amostras foi realizada através da troca de água para revitalização das condições de cultura.

A observação dos substratos orgânicos foi realizada com auxílio de microscópio óptico, cada amostra de substrato foi colocada em lâminas e observada para identificação das estruturas taxonômicas. A medida em que os substratos apresentavam crescimento de oomicetos foram separados em placas de Petri menores (90mm de diâmetro) com adição água de destilada esterilizada (ADE) e substratos orgânicos similares para cultivo.

Para a determinação dos oomicetos em níveis mais específicos de gênero ou de espécie, foram observadas estruturas morfológicas, processo de reprodução e a fonte nutricional de cada isolado. A identificação taxonômica foi realizada com auxílio de bibliografias especializadas e clássicas, como Sparrow (1960), Alexopoulos et al. (1996) e Dick (2001) além de bibliografias atuais.

## 2.5. DETERMINAÇÃO DE ESPÉCIES COM POTENCIAL DE BIOINDICAÇÃO

Após identificação dos isolados em nível taxonômico específico, as espécies comuns para os dois rios foram categorizadas com relação a sua abundância, frequência e constância durante todas as coletas nos dois ambientes. Desse modo, foi possível verificar quais isolados apresentaram maior desempenho frente a realidade da qualidade das águas dos rios.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. CARACTERIZAÇÃO EUTRÓFICA DOS RIOS.

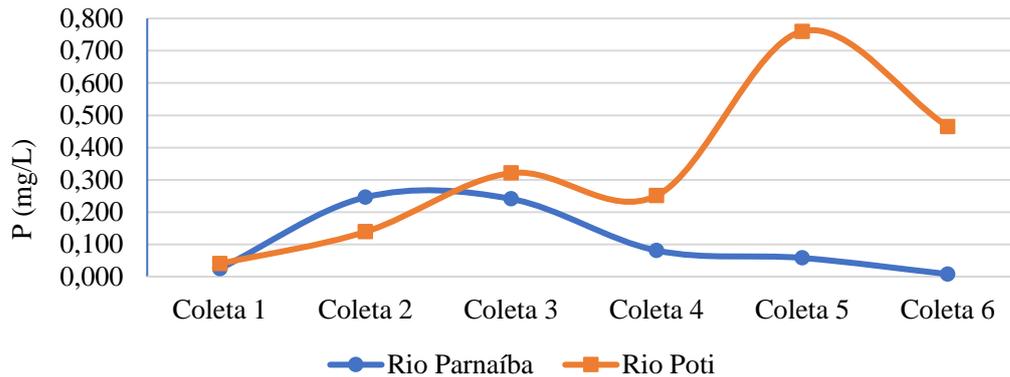
Com base na classificação dos rios brasileiros de acordo com a qualidade requerida para uso desses corpos d'água, os rios Parnaíba e Poti não foram submetidos ao processo de enquadramento, desse modo, adotou-se para classificação de qualidade das águas a classe II (Brasil, 2005). Desse modo os resultados obtidos foram verificados e comparados com os resultados máximos preconizados para essa classificação de corpos d'água.

As características analisadas foram: concentração de clorofila *a*, fosforo total, temperatura e pH. A temperatura verificada nos dois ambientes foi um pouco maior no rio Poti. Contudo, os valores não ultrapassaram a média mensal na cidade que oscila entre 26,9°C e 30,1°C (Menezes et al. 2016). Os valores de pH obtido nos dois rios estiveram dentro da faixa estabelecida pela resolução CONAMA 357/05 que preconiza valores entre 6,0 a 9,0 para pH em rios enquadrados na classe 2.

#### 3.1.1. Fósforo Total

O valores de Fósforo total obtidos no Rio Parnaíba variaram de 0,008mg/L na coleta 6, até o valor de 0,246mg/L na coleta 2. Em duas coletas foram obtidos valores acima do estabelecido pelos padrões da resolução CONAMA 357/05, que preconiza o valor máximo de 0,1mg/L em ambientes lóticos, essas concentrações foram observadas nas coletas 2 (0,246mg/L) e coleta 3 (0,241mg/L). No Rio Poti os valores obtidos tiveram variação de 0,040mg/L na coleta, até o valor de 0,760mg/L na coleta 5. Exceto pelo valor obtido na primeira coleta, em todas as demais coletas os valores foram superiores ao determinado na resolução CONAMA 357/05 em especial a coleta 5 com valor sete vezes maior que o valor máximo estabelecido (Figura 2; Tabela 3).

**Figura 2.** Variação temporal do Fósforo total – P (mg/L) no rio Parnaíba e Poti por coleta.



**Fonte:** dados da pesquisa

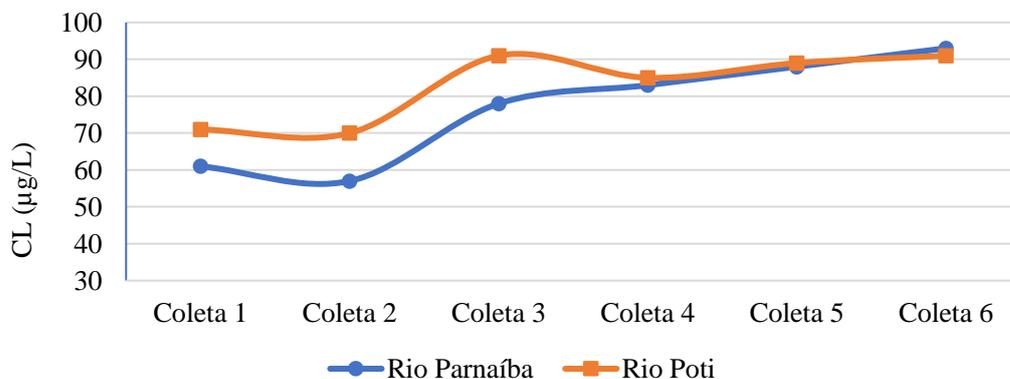
As concentrações observadas nos dois rios demonstram o grau de intervenção antrópica nesses ambientes, principalmente no rio Poti onde foram observados os maiores valores. Em ambos os rios os valores de fósforo foram maiores no período seco na cidade. Chapman (1992) ressalta que as concentrações de fósforo em águas naturais variam entre  $5\mu\text{g L}^{-1}$  e  $20\mu\text{g L}^{-1}$ , valores extremamente inferiores aos obtidos. Os valores obtidos no rio Parnaíba foram similares aos valores observados por Ferreira e colaboradores (2014) no rio Piancó Piranhas Açu no estado da Paraíba. Em pesquisa realizada por Câmara (2011) no rio Poti foi observado cerca de 49% dos resultados de fósforo obtido estiveram em desacordo com o preconizado na resolução.

Os valores de fósforo observados devem-se principalmente ao lançamento de efluentes não tratados no leito dos rios, principalmente no rio Poti por possuir menor vazão quando comparado ao rio Parnaíba, favorecendo uma variação mais intensa nesse ambiente.

### 3.1.2. Clorofila *a*

Os valores de Clorofila *a* em todas as coletas nos dois rios foram superiores ao estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 ( $30\mu\text{g/L}$ ), os valores foram de duas a três vezes maior que o máximo estabelecido. O rio Poti obteve os valores mais elevados de Clorofila *a*; contudo, nas últimas coletas os dois rios obtiveram valores similares e bastante elevados, chegando a três vezes o valor estabelecido na legislação, rio Parnaíba com  $93\mu\text{g/L}$  e rio Poti com  $91\mu\text{g/L}$  (Figura 3).

**Figura 3.** Variação temporal do Clorofila *a* – CL ( $\mu\text{g/L}$ ) no rio Parnaíba e Poti por coleta.



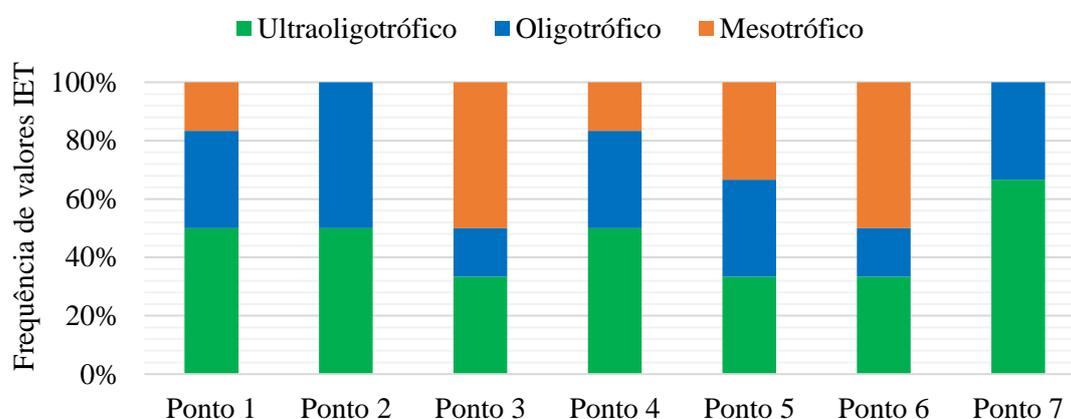
**Fonte:** dados da pesquisa

Em estudos realizados por Câmara (2011) e Silva & Aquino (2015) no rio Poti mostra a diferença dos valores dos índices de qualidade da água obtidos em pontos localizados em áreas urbanas e pontos mais afastados, nessa circunstância foi observado o aumento dos valores de Clorofila *a* nos pontos com maior interferência urbana. Resultados similares foram observados por Rocha (2016) em pesquisas realizadas no rio Parnaíba onde as variáveis estudadas foram superiores ao estabelecido pela legislação, evidenciando a pressão antrópica nos pontos com maior urbanização.

### 3.1.3. Índice de Estado Trófico – IET

O Índice de Estado Trófico – IET foi obtido através dos valores de Clorofila *a* e Fósforo Total nos dois rios (Tabela 3).

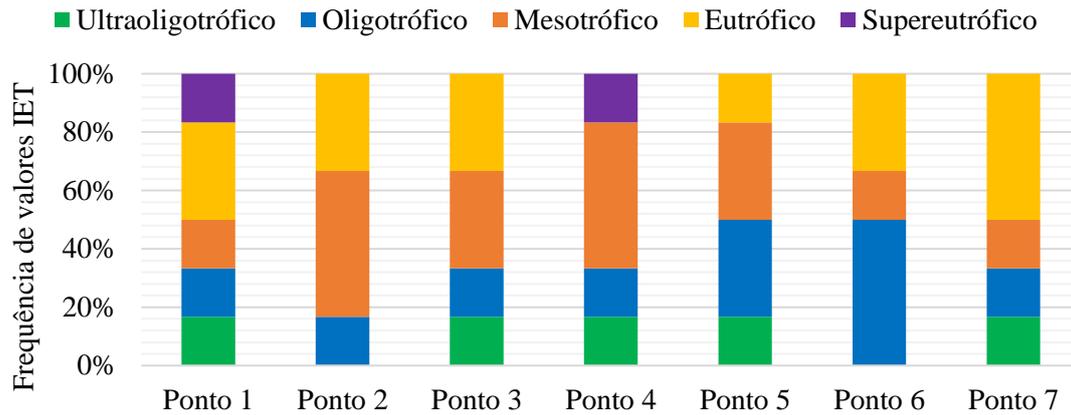
**Figura 4.** Frequência de valores por faixa de classificação do IET por ponto amostral no rio Parnaíba, Teresina – PI.



**Fonte:** dados da pesquisa

A frequência dos valores obtidos sobre o Índice de Estado Trófico (IET) no Rio Parnaíba por ponto de coleta com base na classificação de Lamparelli (2004) e CETESB (2014) foi observado uma variação entre Ultraoligotrófico, Oligotrófico e Mesotrófico. Os Pontos: 3, 4, 5 e 6 apresentou as três classificações de IET durante as coletas. Estes pontos estão localizados em intensa área de urbanização. O ponto 1 obteve as três classificações; contudo, Ultraoligotrófico prevaleceu. Pontos 2 e 7 apresentaram apenas índices entre Ultraoligotrófico e Oligotrófico. Estes pontos estão localizados em área com pouco desenvolvimento urbano. (Figura 4).

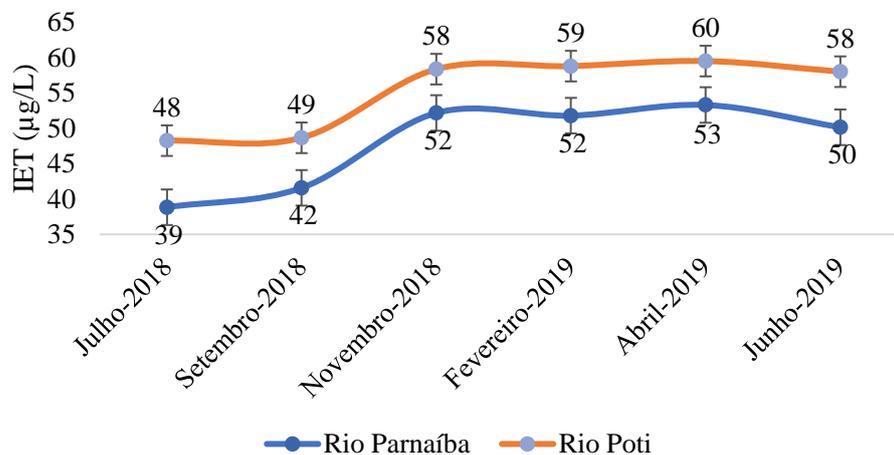
Com relação ao rio Poti a frequência dos resultados do IET obtidos foi bem ampla quando comparado ao rio anterior. Dos seis níveis de classificação do IET por Lamparelli (2004) foram observados cinco no rio Poti durante as coletas de amostras de água. Os pontos 1, 2, 3, 5, 6 e 7 apresentaram faixas de classificação: oligotrófica, mesotrófica e eutrófica. O maior índice observado, supertrófico, foram nos pontos 1 e 4. O ponto 1 mesmo estando afastado da área urbana da cidade e apresentando pouca influência antrópica apresentou todas as faixas, relativamente, bem distribuídas durante as coletas (Figura 5).

**Figura 5.** Frequência de valores por faixa de classificação do IET por ponto amostral no rio Poti, Teresina – PI.

**Fonte:** dados da pesquisa

Valores similares foram observados por Oliveira & Silva (2014) e Câmara (2011) em pesquisas realizadas no rio Poti as diferenças observadas foram devido ao período chuvoso e seco e ao processo de urbanização da cidade, os valores de Fósforo total e Clorofila *a* foram maiores nos pontos de maior atividade urbana (ponto 2 a ponto 7) (Figura 5) e durante as coletas esses valores foram maiores nos meses de menor índice pluviométrico na cidade, julho a novembro (Damasceno et al. 2010), observados na Tabela 3.

A variação do IET verificada nos pontos de coleta podem ser observadas em análise da variação do índice em cada coleta nos dois rios (Figura 6) levando em consideração o índice pluviométrico dos meses de realização das coletas, meses chuvosos fevereiro a junho e período seco de julho a novembro (Damasceno *et al.* 2010).

**Figura 6.** Frequência de valores do IET por coleta nos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI.

**Fonte:** dados da pesquisa

Em ambos os rios o IET por coleta segue a mesma variação, como um ciclo, meses mais chuvosos, menor o índice e o contrário no período mais seco. No rio Parnaíba na primeira e segunda coleta (julho/2018 e setembro/2018), o índice foi caracterizado como Ultraoligotrófico, os meses com maior índice foram novembro e fevereiro, final do período seco e início do período chuvoso, ambos caracterizados como Oligotróficos (Figura 6). Os maiores valores de IET no rio Poti foram nos meses de novembro de 2018 a junho de 2019, nesse intervalo a coleta realizada em abril de 2019 obteve caracterização Eutrófica, a maior verificada durante o estudo.

**Tabela 3:** Quantificação dos oomicetos; Média dos dados de: Clorofila-*a*; Fósforo total; Índice de Estado Trófico (IET); Temperatura e pH obtidos de amostras de água dos rios Parnaíba e Poti durante seis coletas realizadas entre Julho/2018 e Junho/2019. Ab = abundância total, FT = frequência total, Abt = abundância total nos dois rios, FTf = frequência total nos dois rios. Classificação IET: Ult = ultraoligotrófico; Oli = Oligotrófico; Mes = mesotrófico; Eut = eutrófico; Sup = supereutrófico; Hip = hipereutrófico.

ESPÉCIE / COLETA	RIO PARNAÍBA								RIO POTI								Abt	FTt
	1	2	3	4	5	6	Ab	FT	1	2	3	4	5	6	Ab	FT		
1 <i>Achlya bissexualis</i>	-	-	-	-	1	-	1	1%	2	1	1	1	-	-	5	7%	6	4%
2 <i>Achlya conspicua</i>	1	-	-	1	-	1	3	4%	1	1	-	4	1	-	7	9%	10	6%
3 <i>Achlya dubia</i>	-	2	2	-	-	-	4	5%	-	-	-	-	-	-	0	0%	4	3%
4 <i>Achlya flagellata</i>	-	-	-	1	1	-	2	2%	2	1	1	1	-	-	5	7%	7	4%
5 <i>Achlya proliferoides</i>	-	-	-	1	-	-	1	1%	-	-	-	-	-	-	0	0%	1	1%
6 <i>Achlya sp.</i>	1	3	2	1	2	-	9	11%	1	-	-	1	1	-	3	4%	12	8%
7 <i>Aphanomyces sp</i>	2	3	4	6	5	3	23	28%	2	3	3	6	-	2	16	22%	39	25%
8 <i>Aphanomyces keratinophilus</i>	1	-	-	-	-	-	1	1%	-	-	-	-	-	1	1	1%	2	1%
9 <i>Brevilegnia megasperma</i>	-	-	-	2	-	-	2	2%	-	-	-	-	-	-	0	0%	2	1%
10 <i>Dictyuchus pseudodictyon</i>	-	1	-	-	-	-	1	1%	-	1	1	1	-	-	3	4%	4	3%
11 <i>Dictyuchus sterile</i>	1	-	-	-	-	-	1	1%	1	-	-	-	-	-	1	1%	2	1%
12 <i>Dictyuchus sp</i>	1	2	-	2	2	2	9	11%	1	2	-	-	1	-	4	5%	13	8%
13 <i>Leptolegniella keratinophila</i>	-	-	-	-	-	-	0	0%	-	-	-	1	-	-	1	1%	1	1%
14 <i>Plectospira myriandra</i>	-	-	-	-	-	-	0	0%	-	-	-	1	-	-	1	1%	1	1%
15 <i>Phytophthora sp</i>	-	-	1	-	-	-	1	1%	-	1	-	1	-	-	2	3%	3	2%
16 <i>Pythiogeton dichotomum</i>	1	-	1	3	1	1	7	9%	1	-	1	-	-	-	2	3%	9	6%
17 <i>Pythiogeton ramosum</i>	-	1	2	1	3	-	7	9%	2	1	1	3	6	1	14	19%	21	13%
18 <i>Pythiogeton uniforme</i>	-	2	1	2	2	1	8	10%	1	1	1	1	4	1	9	12%	17	11%
19 <i>Pythiogeton utriforme</i>	-	-	-	1	1	-	2	2%	-	-	-	-	-	-	0	0%	2	1%
<b>Ocorrências de oomicetos</b>	8	14	13	21	18	8	<b>82</b>		14	12	9	21	13	5	<b>74</b>		156	
<b>Clorofila-a</b> (µg/L)	61	57	78	83	88	93			71	74	70	91	85	89				
<b>Fósforo Total</b> (mg/L)	0,025	0,246	0,241	0,081	0,058	0,008			0,040	0,139	0,321	0,251	0,760	0,465				
<b>Índice do Estado Trófico-IET</b>	38	42	52	52	53	50			44	48	49	58	59	60				
<b>Classificação IET</b>	Ult	Ult	Oli	Oli	Mes	Oli			Ult	Oli	Oli	Mes	Eut	Eut				
<b>Temperatura</b> (°C)	28	29	30	29	29	30			31	30	28	29	30	31				
<b>pH</b>	7,3	7,6	7,2	7,6	7,7	7,6			7,8	7,4	6,5	7,6	7,8	8,3				

Dados da pesquisa

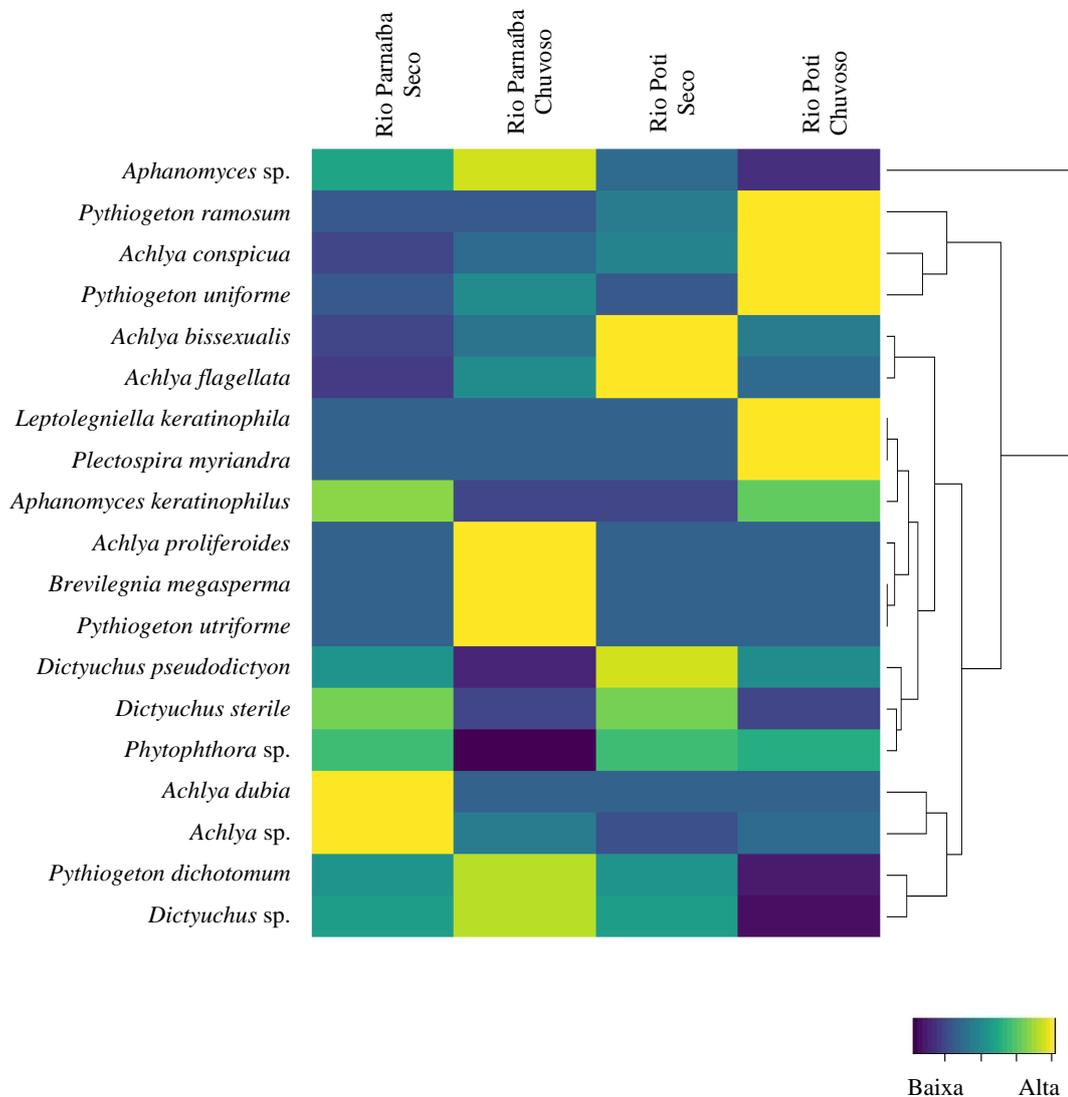
## 3.2. COMUNIDADE DOS OOMICETOS, IET E VARIÁVEIS ABIÓTICAS

### 3.2.1. Comunidade de oomicetos durante período chuvoso e seco

Durante o período de coleta de amostras de água foram obtidos 156 *taxa* de oomicetos distribuídos nos dois rios em estudo. O rio Parnaíba apresentou maior ocorrência, com 82 oomicetos isolados distribuídos em duas famílias e seis gêneros. O rio Poti apresentou menor ocorrência com 74 oomicetos isolados representando quatro famílias e sete gêneros (Tabela 3).

Dados sobre a abundância dos oomicetos nos períodos chuvoso e seco nos rios Parnaíba e Poti está representado através de *heatmap* onde a coloração amarela indica maior abundância e cor roxa indica menor abundância (Figura 7).

**Figura 7:** Abundância de oomicetos em períodos chuvoso e seco nos rios Parnaíba e Poti



No rio Parnaíba no período seco os isolados com maior abundância foram *Achlya dubia* e *Achlya* sp. e com menor abundância *Achlya flagellata* e *Achlya conspicua*. No período chuvoso foi observado abundância de grande

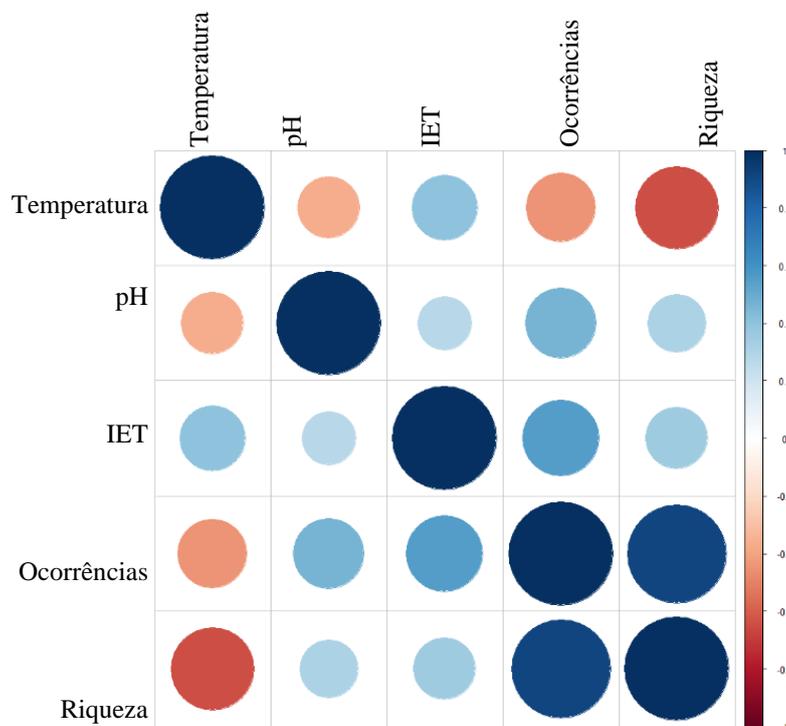
quantidade de isolados como *Aphanomyces* sp, *Achlya proliferoides*, *Brevilegnia megasperma*, *Pythiogeton utriforme*, *Pythiogeton dichotomum*, *Dictyuchus* sp. O rio Poti no período seco apresentou maior abundância de *Achlya bisexualis*, *A. flagellata* e *Dictyuchus pseudodictyon*. Enquanto *Pythiogeton uniforme* e *Aphanomyces keratinophilus* apresentaram menor ocorrência. No período chuvoso *Pythiogeton ramosum*, *P. uniforme*, *Achlya conspicua*, *Leptolegniella keratinophila* e *Plactospira myriandra* apresentaram maior abundância.

Em ambos os rios não foi observado espécies capazes de manter uma grande abundância simultaneamente nos dois períodos analisados. Contudo, o período chuvoso foi marcado com maior variedade de espécies nos dois rios. Entretanto, os isolados que obtiveram abundância no período chuvoso não foram os mesmos nos dois rios. Em outros estudos realizados em corpos d'água no estado do Piauí mostram a maior diversidade de oomicetos em períodos chuvosos como os resultados obtidos por Macêdo & Rocha (2017) em estudo realizado no riacho Mutum, Demerval Lobão, Piauí, foi observado maior diversidade no período chuvoso. Apesar disso, Trindade Junior & Rocha (2018) em pesquisas nas lagoas da região urbana de Teresina observaram leve alteração na abundância dos oomicetos no período chuvoso, mas a sazonalidade não foi fator limitante para a ocorrência dos organismos zoospórios.

### 3.2.2. Correlação entre as variáveis abióticas, IET e a riqueza de oomicetos

Durante as coletas além de dados como IET e a ocorrência dos oomicetos nos rios Parnaíba e Poti, fatores como: temperatura e pH também foram analisadas para verificar a correlação desses fatores com a dinâmica dos oomicetos nesses ambientes. Essas correlações estão representadas nas Figuras 8 e 9 onde correlações positivas apresentam coloração azul e negativas apresentam coloração vermelha.

**Figura 8:** Correlação entre: Temperatura, pH, IET, Ocorrências e Riqueza dos oomicetos presentes no rio Parnaíba no perímetro urbano de Teresina, Piauí.

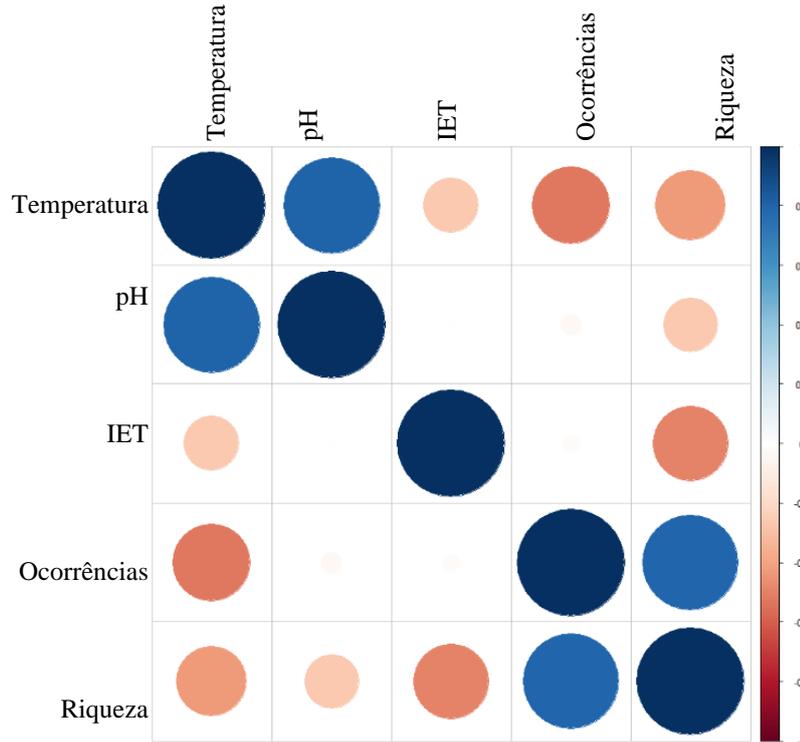


No rio Parnaíba é possível verificar correlação negativa entre temperatura e riqueza, a medida em que a temperatura aumenta a riqueza de oomicetos diminui bem como a ocorrência. Quando correlacionado temperatura e IET há uma correlação positiva, quanto maior a temperatura maior o IET do ambiente. Fator interessante observado é a correlação positiva entre IET e riqueza, apesar de pequena, mas há uma correlação positiva. Dado que pode ser explicado devido ao aumento de matéria orgânica e oomicetos realizarem a decomposição dessa matéria (Figura 8).

No rio Poti as características observadas são diferentes das ocorridas no rio Parnaíba. Nesse caso todos os fatores quando correlacionados com a riqueza dos oomicetos expressaram uma correlação negativa, à medida que temperatura, pH e IET aumentam a riqueza de oomicetos diminui. A relação com o IET foi a mais expressiva. (Figura 9).

Os resultados observados nos dois rios diferem em vários aspectos dada as singularidades existentes entre os dois ambientes. A temperatura foi fator limitante nos dois ambientes, interferindo na riqueza dos oomicetos, Rojas et al (2019) caracteriza a temperatura como fator primordial no desenvolvimento de oomicetos, impedindo a produção normal de zoósporos quando elevada.

**Figura 9:** Correlação entre: Temperatura, pH, IET, Ocorrências e Riqueza dos oomicetos presentes no rio Poti no perímetro urbano de Teresina, Piauí.



A correlação positiva observada entre IET e riqueza de oomicetos no rio Parnaíba pode ser explicada pela dimensão do rio e seu potencial de depuração de poluentes ser maior que no rio Poti (Lima et al., 2015; Marçal; Silva, 2017). Esses mesmos resultados apresentam-se de maneira oposta no rio Poti, com correlação negativa, dada sua intensa deterioração por poluentes de modo a inviabilizar o uso de suas águas para atividade de lazer (Oliveira & Silva, 2014), índice de qualidade de suas águas estarem fora dos padrões regulamentados (SILVA; Aquino,

2015), além disso o rio Poti apresenta a cada ano intenso problema com a proliferação de macrófitas nos períodos seco do ano impedido a oxigenação normal da água (Dias; Nascimento; Meneses, 2016).

### 3.2.3. Espécies com potencial de bioindicação

Durante o período de coleta nos rios foram obtidos 19 *taxa* de oomicetos, desses, 13 *taxa* foram comuns nos dois rios. Desse modo, apenas este grupo de 13 *taxa* foram categorizados com relação a sua abundância total, frequência total e constância (Tabela 4). Assim, seis isolados obtiveram destaque por possuírem maior representatividade dentro das características observadas, os quais são *Aphanomyces* sp., *Pythiogeton ramosum*, *P. uniforme*, *Dictyuchus* sp., *Achlya* sp. e *A. conspicua*.

**Tabela 4:** Potencial de bioindicação de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI, considerando Ab = Abundância total, FT = Frequência total, C = Constância (C – constante, A – acessória, Ac – acidentais).

ESPÉCIES	RIO PARNAÍBA			RIO POTI		
	Ab	FT	C	Ab	FT	C
<i>Achlya bissexualis</i>	1	1%	Ac	5	7%	C
<i>Achlya conspicua</i>	3	4%	C	7	10%	C
<i>Achlya flagellata</i>	2	3%	A	5	7%	C
<i>Achlya</i> sp.	9	12%	C	3	4%	C
<i>Aphanomyces</i> sp.	23	32%	C	16	22%	C
<i>Aphanomyces keratinophilus</i>	1	1%	Ac	1	1%	Ac
<i>Dictyuchus pseudosictyon</i>	1	1%	Ac	3	4%	C
<i>Dictyuchus sterile</i>	1	1%	Ac	1	1%	Ac
<i>Dictyuchus</i> sp.	9	12%	C	4	6%	C
<i>Phytophthora</i> sp.	1	1%	Ac	2	3%	A
<i>Pythiogeton dichotomum</i>	7	10%	C	2	3%	A
<i>Pythiogeton ramosum</i>	7	10%	C	14	19%	C
<i>Pythiogeton uniforme</i>	8	11%	C	9	13%	C
	73			72		

O uso de parâmetros biológicos para analisar a qualidade de determinado ambiente natural é baseado no fenômeno pelo qual a comunidade presente em um determinado ambiente responde de maneira integrada a todas as alterações ambientais modificando sua estrutura e/ou composição (Silva et al., 2018). A esses organismos com sensibilidade a alguma alteração ambiental de modo a ser utilizado para examinar a qualidade de determinado ambiente e detectar possíveis mudanças, tanto positiva quanto negativas, são chamados de bioindicadores (Cisar et al., 2018).

Diante dos resultados obtidos sobre o IET dos dois rios, e visto que em todos os pontos de coleta os índices foram superiores ao preconizado na legislação, os isolados em destaque possuem grande capacidade para atuarem como bioindicadores da qualidade de corpos d'água, uma vez que foram abundantes durante todas as coletas, obtiveram ótima frequência e foram constantes em todos os pontos, com destaque para *Aphanomyces* sp, que, apesar de não ser possível a identificação a nível taxonômico mais específico foi o isolado com maior representatividade. Em estudos anteriores realizados no rio Poti por Sousa e Rocha (2017) dentre todos os oomicetos estudados os isolados do gênero *Aphanomyces* não foi expressivo nos pontos de coleta, o que, sugere uma possível interferência da qualidade da água desse rio e a dinâmica desse gênero.

Desse modo, os resultados obtidos são importantes indícios de mais um potencial dos oomicetos para o meio ambiente diante de sua importância econômica. Sendo necessário estudos mais detalhados para confirmação desses indícios.

#### 4. CONCLUSÃO GERAL

A caracterização eutrófica de ambos os rios não atendeu aos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, dados sobre fósforo e clorofila *a* foram elevados em todos os pontos de coleta, com variação entre os pontos com menos e mais urbanização. Correlacionando os dois dados foi possível determinar o Índice de Estado Trófico – IET dos dois rios. O rio Parnaíba não obteve nenhum ponto classificado como eutrofizado, a variação entre pontos foi pequena, enquanto isso o rio Poti apresentou pontos classificados como eutrofizados e supereutrofizados, principalmente nos pontos com maior concentração urbana. Os dados de IET durante as coletas mostram uma variação entre os meses com maior incidência de chuva e nos meses mais secos do ano, demonstrando um ciclo no índice no decorrer do ano.

A comunidade de oomicetos obtida nos dois ambientes totalizaram 156 isolados, 82 do rio Parnaíba e 74 do rio Poti. A riqueza maior de espécies foi observada nos meses de maior precipitação nos dois rios. Ambos os rios compartilharam muitas espécies, mas cada um teve suas particularidades com espécies específicas para cada rio. A correlação da comunidade de oomicetos com os demais fatores pesquisados foi positiva no rio Parnaíba, particularmente com o IET que à medida que aumentou a riqueza de espécies manteve-se elevada, com exceção da temperatura que foi fator limitante nesse rio. No rio Poti todas as correlações foram negativas, todas as variáveis foram fatores limitantes para o desempenho e viabilidade da comunidade de oomicetos.

Dentre os isolados, 13 *taxa* foram comuns nos dois rios, seis isolados demonstram ótimas características diante do estado trófico dos rios, foram isolados com ótima abundância e frequência nos pontos de coleta. Estes resultados sugerem um promissor potencial de bioindicação desses oomicetos frente a poluição antrópica observada nos dois rios estudados.

Os resultados observados nos dois rios que cortam a cidade de Teresina, Piauí, demonstram uma forte intervenção antrópica na dinâmica desses rios, dada sua importância para o desenvolvimento urbano, bem como para o desenvolvimento de todos os componentes desses ecossistemas. Faz-se necessário uma atenção maior para futura preservação desses ambientes e cuidados com saneamento para melhoria da qualidade da água.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, M.H.C.; CUNHA, C.A. 2017. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. *Eng. Sanit. Ambient*, v. 22, n. 1, p. 45 – 56.

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. 1996. *Introductory Mycology*. 4 ed. John Wiley, Sons, Inc, New York.

APHA. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th Edition, American Public Health Association Inc., New York.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, 18 de mar. de 2005.

CAMARA, F.M.M. 2011. Avaliação da qualidade da água do Rio Poti na cidade de Teresina, Piauí. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Brasil.

CARLSON, R.E. 1997. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, v. 22, p. 361 – 368.

CETESB. 2014. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, Parte 1 - águas doces. p. 540.

CHAPMAN, D. 1992. *Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. UNESCO/WHO/UNEP. Chapman & Hall. 1 ed. 585p.

CISAR, P.; SABERIOON, M.; KOZAK, P.; PAUTSINA, A. 2018. Fully contactless system for crayfish heartbeat monitoring: Undisturbed crayfish as bio-indicator. **Sensors and Actuators B: Chemical**, Czech Republic, v. 255, p. 29-34.

DAMASCENO, O.M.L.; ANDRADE JUNIOR, S.A.; DIAS, S.N.; FRANCO, D.L.J.; SILVA, F.F.E. 2010. Aspectos qualitativos da água do rio Poty na região de Teresina, PI. *Ver. Ciênc. Agron.* v. 47, n. 1.

DIAS, F.; NASCIMENTO, J.A.; MENESES, J.M. 2016. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. *Revista Ambiental*, v. 2, n. 1, p. 106-115.

DICK, M.W. 2001. *Straminipilous Fungi: systematics of the Peronosporomycetes including accounts of the marine straminipilous protists, the plasmodiophorids and similar organisms*. Kluwer Academic Publishers, Holanda.

EL-SEREHY, A.H.; ABDALLAH, S.H.; AL-MISMED, A.F.; IRSHAD, R.; AL-FARRAJ, A.S.; ALMALKI, S.E. 2018. Aquatic ecosystem health and trophic status classification of the Bitter Lakes along the main connection link between the Red Sea and the Mediterranean. *Soudi journal of Biological Sciences*. v. 25, p. 2014 – 2012.

FERREIRA, L.M.P.; QUEIROZ, F.M.M.; COSTA, F.F.; MEDEIROS, C.M.; GARRIDO, Q.W.J. 2014. Determinação do Índice de Estado Trófico para fósforo das águas do rio Piancó Piranhas Açú no município de Pombal – PB. *Revista Verde*. v. 9, n. 4, p. 95 – 101.

FERREIRA, S.P.R.; CORDEIRO, J.; CORDEIRO, S.T.; VIEIRA, D.E.; CORDEIRO, L.J.; PEREIRA, S.C.L.S. 2017. Caracterização da qualidade da água dos afluentes do córrego, Macuco, distrito de Ipoema, Itabira (MG). *Res. Soc. Dev.* v. 7, n. 6, p. 01 – 25.

JONES, J.G. 1979. *A Guide to Methods for Estimating Microbial Numbers and Biomass in Freshwater*. Ambleside: Freshwater Biological Association Scientific Publication (39).

LAMPARELLI, M.C. 2004. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

LIMA, I.M. de M.F., OLIVEIRA, A.L.A.; FÉ, C.A.M., MENDES, M.G.M.; CARVALHO, J.H. 2015. Diagnósticos e cenários: Meio Ambiente. 28p.  
<http://www.teresina.pi.gov.br/portaltomt/orgao/SEMPLAN/doc/20080924-160-591-D.pdf> > Acesso em 11 de Dez. 2019.

MACÊDO, M.A.M.; Rocha, J.R.S. 2017. Dinâmica da comunidade de Oomicetos do Riacho Mutum, Demerval Lobão, Piauí, Brasil”, *Gaia Scientia*, 11(2). doi: 10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n2.34908

MARANO, A.V.; JESUS, A.L.; SOUZA, J.L.; JERONIMO, G.H.; GONÇALVES, D.R.; BORO, M.C.; ROCHA, S.C.O.; PIRES-ZOTTARELLI, C.L.A. 2016. Ecological roles of saprotrophic Peronosporales (Oomycetes, Straminipila) in natural environments. *Fungal Ecology*, v. 19, p. 77 – 88.

MARÇAL, D.A.; SILVA, C.E. 2017. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE – Pirajá. *Eng Sanit Ambient, Brasil*, v. 22, p. 761-772.

Milanez, A.I. 1989. Fungos de águas continentais. In: Fidalgo, O.; Bonani, VL. (eds.). *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. Instituto de Botânica, São Paulo, p. 17 – 20.

OLIVEIRA, L.N.; SILVA, C.E. 2014. Qualidade da água do rio Poti e suas implicações para atividade de lazer em Teresina-PI. *Revista Equador*, v. 3, n. 1, p. 128 – 147.

PONSADAILAKSHMI, S.; SANKARI, G.S.; PRASANNA, M.S.; MADHURAMBAL, G. 2018. Evaluation of water quality suitability for drinking using drinking water quality index in Nagapattinam district, Tamil Nadu in Southern India. *Groundwater for Sustainable Development*. v. 6, p. 43 – 49.

ROCHA, A.I. 2016. Avaliação da qualidade da água no rio Parnaíba na zona urbana de Teresina, PI, usando os métodos IQA clássico e lógica Fuzzy. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Brasil.

- ROCHA, S.G.; MATSUMOTO, S.R.; LOMBARDI, T.A.; LIMA, S.I.M. 2017. Potencial effects of fungicide and algacide extracts of *Annona glabra* L. (Annonaceae) on the microalgae *Raphidocelis subcapitata* and on the oomycete *Pythium*. *An. Acad. Bras. Cienc.* v. 89, p. 2101 – 2111.
- ROJAS, J.A.; WITTE, A.; NOEL, Z.A.; JACOBS, J.L.; CHILVERS, M.I. 2019. Diversity and characterization of oomycetes associated with corn seedlings in Michigan. *Phytobiomes Journal*, v. 3, p. 224 – 234.
- SILVA, R.F.; AQUINO, S.C. 2015. Análise da qualidade da água do rio Poti, entre a ponte da primavera e a ponte Leonel Brizola, Teresina, Piauí. *Rev. OKARA, Brasil*, v. 9, p. 72-89.
- SILVA, D. C. V. R. DA et al. 2018. Avaliação da eficiência de um índice de estado trófico na determinação da qualidade da água de reservatórios para abastecimento público. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 627–635.
- SILVA, S.S.G.; SANTOS, A.E.; CORRÊA, B.L.; MARQUES, B.L.A.; MARQUES, P.E.; SOUSA, R.E.; SILVA, S.G. 2014. Avaliação integrada da qualidade de águas superficiais: grau de trofia e proteção da vida aquática nos rios Anil e Bacanga, São Luís (MA). *Eng. Sanit. Ambient.* v. 19, n. 3, p. 245 – 251.
- SMALLBONE, W.; CABLE, J.; VEIGA-MACEDA, A. 2016. Chronic nitrate enrichment decrease severity and induces protection against an infectious disease. *Environment International*. v. 91, p. 265 – 270.
- SPARROW JR. F.K. 1960. *Aquatic Phycomycetes*. 2. ed. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- TRINDADE JÚNIOR, O.C; Rocha, J.R.S. 2018. Diversidade, abundância e frequência de Oomycota, Blastocladiomycota e Chytridiomycota em lagoas de Teresina, Piauí. *Gaia Scientia*. v. 12, n. 2, p. 1 – 11.
- VORONIN, V.L. 2008. Zoospore Fungi in freshwater ecosystems. *Aquatic Mycology*. v. 1, n. 4, p. 341 – 346.
- WALKER, A.C.; VAN WEST, P. 2007. Zoospore development in the oomycetes. *British Mycological Society, Scotland*, v. 21, p. 10 – 18.
- WU, D.; YAN, H.; SHANG, M.; SHAN, K.; WANG, G. 2017. Water eutrophication evaluation based on semi-supervised classification: A case study in Three Gorges Reservoir. *Ecological Indicators*. v. 81, p. 362 – 372.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O perfil de eutrofização e as condições ambientais dos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano da cidade de Teresina, Piauí foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa. Levando em consideração a sensibilidade dos organismos aquáticos as mudanças ambientais, principalmente aos impactos em decorrência da ação antrópica, a pesquisa levantou os seguintes questionamentos: a) Como se apresenta a comunidade de oomicetos nos rios Parnaíba e Poti no perímetro urbano de Teresina? b) A diversidade de oomicetos diferem entre os dois rios? c) Essa diversidade é afetada pelas condições ambientais em que se encontram os rios? d) As espécies estudadas refletem os distúrbios antropogênicos causados nesses ambientes?

Desse modo, partindo da perspectiva de que o processo de eutrofização interfere na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, bem como no bem-estar do homem, esta pesquisa teve como objetivos verificar o estado de eutrofização dos rios no perímetro urbano dos rios Parnaíba e Poti, Teresina – PI; conhecer a diversidade de oomicetos nesses ambientes e a influência da eutrofização nesses organismos; e propor espécies com potencial de bioindicação de ambientes eutrofizados.

Em relação ao estudo da diversidade dos oomiceto, pesquisas no rio Parnaíba até então não foram realizadas, havendo apenas estudos sobre esses organismos no rio Poti. Entretanto, os resultados obtidos sobre a variedade desses organismos em ambos os rios não diferiram de outros estudos similares realizados em outros corpos d'água. Quando comparado os dois rios em estudo, o rio Parnaíba apresentou maior ocorrência de oomicetos com 82 isolados e o rio Poti com 74 isolados. O que mostra um maior potencial do rio Parnaíba em haver uma maior diversidade de seres vivos devido as suas características ambientais.

A necessidade nutricional, em ambos os rios, foi predominante em substrato celulósico, e não foi caracterizada a necessidade nutricional em substrato quitinoso. A colonização de escama de peixe por *Achlya* sp, *Aphanomyces* sp e *Dictyuchus* sp e *Dictyuchus sterile* pode representar um possível potencial de parasitismo em peixes, visto que comumente estes oomicetos são encontrados em substratos de origem celulósica.

Além dos comportamentos nutricionais observados, os isolados *Aphanomyces* sp., *Achlya* sp. e *Dictyuchus* sp. não apresentaram desenvolvimento sexual das estruturas de reprodução e com crescimento lento e limitado para ser realizada identificação a nível taxonômico mais específico. Estes resultados diferiram dos achados anteriormente em estudos realizados em corpos d'água no Piauí. Sugerindo possível alteração dos aspectos ambientais na dinâmica desses oomicetos.

Alguns dos oomicetos obtidos ganham destaque, como *Achlya conspicua* sendo a primeira citação para o Brasil e *Brevilegnia megasperma* como segunda citação para o Brasil, com seu último relato em 1967. Outros comportamentos foram observados nos isolados, como o desenvolvimento de *Aphanomyces* sp. e isolados do gênero *Dictyuchus* para desenvolver estruturas sexuais, alguns isolados levaram algumas semanas, outros não foram obtidas tais estruturas. Além do número considerável de isolados com potencial patogênico, sete, podendo interferir de algum modo na economia de comunidades que realizam pesca e utilizam esta água para irrigação de culturas agrícolas.

Com relação a caracterização eutrófica, em ambos os rios os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente não foram satisfatórios, dados sobre fósforo e clorofila *a* foram elevados em todos os pontos de coleta, com variação entre os pontos com menos e mais urbanização. Correlacionando os dois dados foi possível determinar o Índice de Estado Trófico – IET dos dois rios, o rio Parnaíba não obteve nenhum ponto classificado como eutrofizado, a variação entre pontos foi pequena, enquanto isso o rio Poti apresentou pontos classificados como eutrofizados e supereutrofizados, principalmente nos pontos com maior concentração urbana. Os dados de IET durante as coletas mostram uma variação entre os meses com maior incidência de chuva e nos meses mais secos do ano, demonstrando um ciclo no índice no decorrer do ano.

Ambos os rios compartilharam muitas espécies, mas cada um teve suas particularidades com espécies específicas para cada rio. A correlação da comunidade de oomicetos com os demais fatores pesquisados foi positiva no rio Parnaíba, particularmente com o IET que a medida que aumentou a riqueza de espécies manteve-se elevada, com exceção da temperatura que foi fator limitante nesse rio. No rio Poti todas as correlações foram negativas, todas as variáveis foram fatores limitantes para o desempenho e viabilidade da comunidade de oomicetos.

Dentre os isolados, os 13 *taxa* que foram comuns nos dois rios demonstram ótimas características diante do estado trófico dos rios, foram isolados com ótima abundância e frequência nos pontos de coleta. Neste grupo seis isolados obtiveram destaque por possuírem maior representatividade dentro das características observadas, os quais são *Aphanomyces* sp., *Pythiogeton ramosum*, *P. uniforme*, *Dictyuchus* sp., *Achlya* sp. e *A. conspicua*. *Aphanomyces* sp, que, apesar de não ser possível a identificação a nível taxonômico mais específico foi o isolado com maior representatividade. Estes resultados sugerem um promissor potencial de bioindicação desses oomicetos frente a poluição antrópica observada nos dois rios estudados.

Os resultados observados nos dois rios que cortam a cidade de Teresina, Piauí, demonstram uma forte intervenção antrópica na dinâmica desses ecossistemas, dada sua

importância para o desenvolvimento urbano, bem como para o desenvolvimento de todos os componentes vivo desses ambientes. Faz-se necessário uma atenção maior para futura preservação desses ambientes e cuidados com saneamento para melhoria da qualidade da água desses ambientes. Bem como uma visão mais abrangente sobre os oomicetos, visto sua grande importância econômica.

## **ANEXO 1: NORMAS DA REVISTA GAIA SCIENTIA**

### **DIRETRIZES PARA AUTORES**

A Revista GAIA SCIENTIA é uma revista online, editada pelo Programa de PósGraduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal da Paraíba, desde 2007 e destina-se à divulgação de artigos técnico-científicos originais e inéditos, resultados de pesquisas ou artigos de revisão significativos para a área, nos diferentes ramos das Ciências Ambientais. A GAIA SCIENTIA é uma revista de publicação trimestral e recebe artigos para avaliação durante todo o ano. A autoria dos manuscritos deve ser limitada aqueles que contribuíram substancialmente à elaboração do trabalho. Todos os autores devem estar em concordância com a inclusão de seus nomes no trabalho e a submissão é de inteira responsabilidade dos autores.

Considerando os processos avaliativos pelos quais a revista está submetida e os critérios das plataformas de indexação, a GAIA SCIENTIA limita a publicação de artigos de autores vinculados à UFPB e à Rede ProdeMA (UFPB, UFPI, UFRN, UFS, UFPI, UFC, UESC) a 20% dos artigos publicados anualmente.

### **TIPOS DE TRABALHOS**

**Revisões.** Revisões são publicadas somente com consulta prévia ao Editor-Chefe do periódico.

**Artigos.** Os artigos devem ser subdivididos nas seguintes partes:

- a) Folha de rosto;
- b) Resumo, Abstract e Resumen (iniciado com o título do trabalho e com até 200 palavras), com suas respectivas palavras-chave, keywords e palabras clave. O resumo e o título são **OBRIGATÓRIOS** nos 3 idiomas;
- c) Introdução;
- d) Material e Métodos;
- e) Resultados e Discussão (o autor pode optar por separar ou unir estes itens);
- f) Conclusão;
- g) Referências.

As sessões não devem ser numeradas. Apenas as primeiras letras das sessões devem ser escritas em caixa alta. Caso sejam necessárias subdivisões nas sessões, elas não devem ser numeradas.

Trabalhos que envolvam seres humanos devem apresentar a autorização do Comitê de Ética. Trabalhos que envolvam manipulação animal devem apresentar a autorização do Comitê de Ética Animal.

Os autores devem enviar seus artigos somente em versão eletrônica e pela plataforma da revista.

## **FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS**

### **Folha de rosto**

Deve conter o título do trabalho, os nomes dos autores, suas filiações e o(s) cadastro(s) ORCID. Deve ser informado o autor para correspondência e especificada a participação de cada autor no desenvolvimento do artigo. Todos os autores do trabalho devem estar cadastrados no sistema da revista na hora da submissão, assim como suas filiações completas. Não será permitida a inclusão de autores após a submissão do manuscrito. Deve ser informado um título curto. Os agradecimentos devem vir nessa página. Indicar, pelo menos, três possíveis revisores. No caso de haver conflito de interesses, este deve ser informado.

### **Corpo do texto**

Os artigos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol, mas a revista recomenda a publicação em inglês. Os textos devem ser preparados em espaço 1,5, fonte Times News Roman, tamanho 12, com folha A4 (210 x 297 mm), obedecendo todas as margens com 2,0 cm. As páginas devem estar numeradas a partir da primeira página. As linhas devem estar numeradas sequencialmente. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas sequencialmente. No momento da submissão, não deve haver nenhuma identificação dos autores no corpo do artigo e nem na opção Propriedades no Word (exigência para garantir a avaliação cega). Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>) deverão estar ativos e prontos para clicar.

### **Tamanho dos artigos.**

Os artigos devem ter no máximo 25 laudas. Artigos sucintos e cuidadosamente preparados têm preferência tanto em termos de impacto, quando na sua facilidade de leitura.

### **Tabelas e ilustrações.**

Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Figuras e tabelas devem servir para complementar o texto, não sendo aceitos quando apresentam informações duplicadas com o texto. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos,

mapas e fotografias. As figuras e tabelas devem vir ao longo do texto e com legendas. Todas as Figuras e Tabelas devem ser chamadas ao longo do texto. Tabelas e quadros são diferenciados pela presença de linhas verticais e horizontais. Tabelas apresentam linhas apenas nas partes superior e inferior. Nem Tabelas, nem quadros devem ter células coloridas.

As figuras devem ser formatadas de acordo com as seguintes especificações:

1. Desenhos e ilustrações devem ser em formato .JPG ou .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw);
2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .JPG ou .TIF ou .PNG;
3. As figuras devem ter formatações que permitam que cada dimensão linear das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução.
4. Figuras que não sejam de autoria do próprio autor ou, quando do autor, que já tiverem sido previamente publicadas só serão aceitas com a carta de anuência do autor original ou da revista onde a figura foi publicada.
5. Durante o processo de edição de artigos aceitos, os autores podem ser solicitados para o envio de figuras de melhor qualidade, caso seja necessário.

Artigos que contenham símbolos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-Tex ou Latex;

Artigos sem fórmulas matemáticas devem ser enviados em WORD para Windows.

### **Agradecimentos (opcional).**

Devem ser inseridos na folha de rosto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos às instituições ou agências. Agradecimentos a auxílios ou bolsas (com os números de processos), assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.

### **Abreviaturas.**

As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

### **Referências.**

Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Evitar a citação de teses e dissertações. Referências abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas), artigos em preparo ou

submetidos, mas ainda não aceitos em definitivo, NÃO podem ser citados no texto e não devem ser incluídos na lista de referências. Incluir o DOI ao final da referência sempre que possível.

As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005), no caso de texto em inglês ou (Smith e Wesson 2005), no caso de texto em inglês ou, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras. No caso de citar vários autores em um mesmo ponto do texto, as referências devem ser organizadas em ordem cronológica e separadas por ponto e vírgula (Silva 1999; Colen 2003; Menezes 2010; Anuda 2015). As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais.

## ARTIGOS

García-Moreno J, Clay R, Ríos-Munoz CA. 2007. The importance of birds for conservation in the neotropical region. **Journal of Ornithology**, 148(2):321-326.

Pinto ID, Sanguinetti YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. **Anais Academia Brasileira Ciências**, 56:207-215.

Posey DA. 1983. **O conhecimento entomológico Kayapó: etnometodologia e sistema cultural** **Anuário Antropológico**, 81:109-121.

## LIVROS E CAPÍTULOS DE LIVROS

Davies M. 1947. **An outline of the development of Science**, Athinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

Prehn RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: **National Cancer Conference, 5**, Philadelphia Proceedings ....., Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.

Uytenbogaardt W and Burke EAJ. 1971. **Tables for microscopic identification of minerals**, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

Woody RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: Blouts ER et al. (Eds), **Peptides, polypeptides and proteins**, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

## OUTRAS PUBLICAÇÕES

**International Kimberlite Conference, 5**, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 495 p.

Siatycki J. 1985. **Dynamics of Classical Fields**. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 55 p. Preprint n. 600.

### **Condições para submissão**

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. - Os manuscritos devem ser apresentados na seguinte sequência: página de rosto, resumos em português, espanhol e inglês, palavras chaves, palabras clave e keywords, texto, referências bibliográficas.

- A Página de rosto contém a identificação dos autores e a indicações de três possíveis revisores.

- Todos os autores e suas filiações estão cadastrados no sistema e possuem ORCID.

- A carta de anuência foi assinada por todos os autores e anexada no sistema.

2. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, justificar em "Comentários ao Editor".

3. Todos os endereços de páginas na Internet (URLs), incluídas no texto (Ex.: <http://www.ibict.br>) estão ativos e prontos para clicar.

4. O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores, na seção Sobre a Revista.

5. A identificação de autoria deste trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em Assegurando a Avaliação por Pares Cega.

### **Política de Privacidade**

Os manuscritos publicados são de propriedade da Revista **GAIA SCIENTIA**, vedada tanto a reprodução, mesmo que parcial em outros periódicos, como a tradução para outro idioma sem a autorização por escrito do Conselho Editorial.

## **ANEXO 2: NORMAS DA REVISTA BIOTA NEOTROPICA**

### Instruções aos Autores

Duas cópias iguais do conjunto de arquivos, conforme especificados abaixo, contendo o trabalho, devem ser enviados eletronicamente, em CD, zip-disk 100 ou disquete, ao endereço abaixo:

Revista BIOTA NEOTROPICA

Av. Dr. Romeu Tórtima, 388 - Barão Geraldo

CEP 13084-520

Campinas, SP

ou para o e-mail: [biotaneotropica@cria.org.br](mailto:biotaneotropica@cria.org.br)

Os trabalhos que estejam de acordo com as normas serão enviados aos assessores científicos, indicados pela Comissão Editorial. Em cada caso, o parecer será transmitido anonimamente aos autores. Em caso de recomendação desfavorável por parte de um assessor, será usualmente pedida a opinião de um outro. A aceitação dos trabalhos depende da decisão da Comissão Editorial. Ao submeter o manuscrito, defina em que categoria (Artigo, Short Communication, etc...) deseja publicá-lo. O trabalho somente receberá data definitiva de aceitação após aprovação pela Comissão Editorial, quanto ao mérito científico e conformidade com as normas aqui estabelecidas.

Essas normas valem para trabalhos em todas as categorias, exceto quando explicitamente informado.

Os trabalhos deverão ser enviados em arquivos em formato DOC (MS-Word for Windows versão 6.0 ou superior) ou, preferencialmente, em formato RTF (Rich Text Format). Os trabalhos poderão conter os links eletrônicos que o autor julgar apropriados. A inclusão de links eletrônicos é encorajada pelos editores por tornar o trabalho mais rico. Os links devem ser incluídos usando-se os recursos disponíveis no MS-Word para tal. Todos os trabalhos terão sua formatação gráfica refeita, de acordo com padrões pré-estabelecidos pela Comissão Editorial para cada categoria, antes de serem publicados. As imagens e tabelas pertencentes ao trabalho serão inseridas no texto final, a critério dos Editores, de acordo com os padrões previamente estabelecidos. Os editores se reservam o direito de incluir links eletrônicos apenas às referências internas a figuras e tabelas citadas no texto, assim como a inclusão de um índice (table of contents), quando julgarem apropriado. O trabalho em sua formatação final será apresentado ao

autor para que seja aprovado para publicação. Fica reservado ainda aos editores, o direito de utilização das imagens do documento para a composição gráfica do site.

#### Editorial

Para cada volume da BIOTA NEOTROPICA, o Editor Chefe convidará um(a) pesquisador(a) para escrever um Editorial abordando tópicos relevantes, tanto do ponto de vista científico, como do ponto de vista de formulação de políticas de conservação e uso sustentável da biodiversidade. O Editorial, com no máximo 3000 palavras, deverá ser escrito em português ou espanhol e em inglês. As opiniões nele expressas são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

#### Pontos de Vista

Esta seção servirá de fórum para a discussão acadêmica do tema de capa do respectivo volume. A convite do Editor Chefe um(a) pesquisador(a) escreverá um artigo curto, expressando de uma forma provocativa o(s) seu(s) ponto(s) de vista sobre o tema em questão. A critério da Comissão Editorial a revista poderá publicar respostas ou considerações de outros pesquisadores(as) estimulando a discussão sobre o tema. As opiniões expressas no Ponto de Vista e na(s) respectiva(s) resposta(s) são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

#### Resumos de Teses e Dissertações

Deverão ser enviados para a Comissão Editorial:

- Nomes completos do autor e orientador com filiação, endereço e e-mail;
- Cópia do resumo da tese/dissertação em inglês e em português ou espanhol exatamente como aprovado para a versão final da mesma;
- Títulos em inglês e em português ou espanhol;
- Palavras-chave em inglês e em português ou espanhol;
- Cópia da Ficha Catalográfica como publicada na versão final da tese/dissertação;
- Poderão ser indicadas as referências bibliográficas de artigos resultantes da tese/dissertação.

Para a publicação de trabalhos nas demais categorias:

Os trabalhos submetidos à revista BIOTA NEOTROPICA devem, obrigatoriamente, ser subdivididos em um conjunto específico de arquivos, com os nomes abaixo especificados, de

acordo com seus conteúdos. Os nomes dos arquivos deverão ter a extensão apropriada para o tipo de formato utilizado, ou seja, .rtf, para arquivos em RichText Format, .doc para MS-Word, .gif para imagens em GIF, .jpg para imagens em jpeg etc, devem ser escritos em letras minúsculas e não devem apresentar hífen, espaços ou qualquer caracter extra.

Em todos os textos deve ser utilizada, como fonte básica, Times New Roman, tamanho 10. Nos títulos e subtítulos podem ser utilizados tamanhos 11 ou 12, conforme o caso. Podem ser utilizados negritos, itálicos, sublinhados, subscritos e superscritos, quando pertinente. Evite, porém, o uso excessivo desses recursos. Em casos especiais, podem ser utilizadas as seguintes fontes: Courier New, Symbol e Wingdings. A utilização dessas fontes deverá ser feita apenas em casos especiais. (ver ítem fórmulas abaixo).

Apenas dois níveis de subtítulos serão permitidos, abaixo do título de cada seção. Apenas um nível de numeração será permitido em parágrafos, assim como, será permitido apenas um nível de itemização. Os títulos e sub-títulos deverão ser numerados em algarismos arábicos seguidos de um ponto para auxiliar na identificação de sua hierarquia quando da formatação final do trabalho.

Ex. 1. Introdução; 1.1 sub-título; 1.1.1 sub-sub-título).

## Documento principal

O corpo principal do trabalho, os títulos, resumos e palavras-chave em português ou espanhol e inglês, e referências bibliográficas, devem estar contidos em um único arquivo chamado principal.rtf ou principal.doc. Esse arquivo não deve conter tabelas ou figuras, que deverão estar em arquivos separados, conforme descrito a seguir.

O manuscrito deverá seguir o seguinte formato:

### 1. Título e Autores

- Título conciso e informativo;
- Título resumido
- nome completo dos autores; filiações e endereços completos com links eletrônicos para as instituições, indicando o autor para correspondência e respectivo email.

### 2. Resumos

3. Os resumos devem conter, no máximo, 1500 palavras.

- Título em inglês
- Resumo em inglês

- Palavras-chave em inglês
- Título em português ou espanhol
- Resumo em português ou espanhol
- Palavras-chave em português ou espanhol

#### 4. Corpo do Trabalho

No caso do trabalho estar nas categorias "Artigo Científico", "Short Communications", "Inventários" e "Chaves de Identificação" deverá ter a seguinte estrutura:

- Introdução  
Material e Métodos
- Resultados
- Discussão
- Agradecimentos
- Referências bibliográficas.

A critério do autor, os itens Resultados e Discussão podem ser fundidos. No caso da categoria "Inventários" a listagem de espécies, ambientes, descrições, fotos etc, devem ser enviadas separadamente para que possam ser organizadas conforme formatações específicas.

No caso da categoria "Chaves de Identificação" a chave em si deve ser enviada separadamente para que possa ser formatada adequadamente.

No caso de referência a material coletado é obrigatória a citação das coordenadas geográficas do local de coleta. A citação deve ser feita em graus, minutos e segundos. Ex. 24N 32'75". Nos casos de referências a espécies ameaçadas, deve-se especificar apenas graus e minutos.

Colocar as citações bibliográficas de acordo com o seguinte padrão: Silva (1960) ou (Silva 1960); Silva (1960, 1973); Silva (1960a, b); Silva & Pereira (1979) ou (Silva & Pereira 1979); Silva et al. (1990) ou (Silva et al. 1990); (Silva 1989, Pereira & Carvalho 1993, Araujo et al. 1996, Lima 1997). Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (A.E. Silva, dados não publicados). Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações do material examinado, conforme as regras específicas para o tipo de organismo estudado.

Citar números e unidades da seguinte forma: escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades. Utilizar, para número decimal, vírgula nos

artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos escritos em inglês (10.5 m). Utilizar o Sistema Internacional de Unidades, separando as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens, graus, minutos e segundos); utilizar abreviações sempre que possível. Não inserir espaços para mudar de linha caso a unidade não caiba na mesma linha.

Não use notas de rodapé, inclua a informação diretamente no texto, pois torna a leitura mais fácil e reduz o número de links eletrônicos do manuscrito.

## 5. Referências bibliográficas

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos:

1. SMITH, P.M. 1976. The chemotaxonomy of plants. Edward Arnold, London.
2. SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1980. Statistical Methods. 7 ed. Iowa State University Press, Ames.
3. SUNDERLAND, N. 1973. Pollen and anther culture. In Plant tissue and cell culture (H.F. Street, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.205-239.
4. BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. In Flora Brasiliensis (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.
5. MANTOVANI, W., ROSSI, L., ROMANIUC NETO, S., ASSADLUDEWIGS, I.Y., WANDERLEY, M.G.L., MELO, M.M.R.F. & TOLEDO, C.B. 1989. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. In Simpósio sobre mata ciliar (L.M. arbosa, coord.). Fundação Cargil, Campinas, p.235-267.
6. FERGUSON, I.B. & BOLLARD, E.G. 1976. The movement of calcium in woody stems. Ann. Bot. 40:1057-1065.
7. STRUFFALDI-DE VUONO, Y. 1985. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica de São Paulo, SP. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Abreviar títulos dos periódicos de acordo com o "World List of Scientific Periodicals".

6. Para citação dos trabalhos publicados na Biota Neotropica Exemplo:

PORTELA, R.C.Q. & SANTOS, F.A. M. 2003. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. Biota Neotropica 3(2):<http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?article+BN03104022004>

Todos os trabalhos publicados na Biota Neotropica têm um endereço eletrônico individual, que aparece imediatamente abaixo do(s) nome(s) do(s) autor(es) no PDF do trabalho. Este código individual é composto pelo número que o manuscrito recebe quando submetido (005 no exemplo acima), o número do volume (03), o número do fascículo (02) e o ano (2003).

### Tabelas

Cada tabela deve ser enviada em arquivo separado. Cada arquivo deve ser denominado como tabelaN.EXT, onde N é o número da tabela e EXT é a extensão, de acordo com o formato utilizado, ou seja, doc para tabelas produzidas em formato MS-Word, rtf para as produzidas em Rich Text Format, ou xls, para as produzidas em MS-Excel. Esses são os três únicos formatos aceitos. Assim, o arquivo contendo a tabela 1, que esteja em formato MS-Excel, deve se chamar tabela1.xls. Evitar abreviações, exceto para unidades. Cada tabela deve ter seu título anexado em sua parte superior.

### Figuras

Cada figura deve ser enviada em arquivo separado. Cada arquivo deve ser denominado como figuraN.EXT, onde N é o número da figura e EXT é a extensão, de acordo com o formato da figura, ou seja, jpg para imagens em JPEG, gif para imagens em formato gif, tif para imagens em formato TIFF, bmp para imagens em formato BMP. Assim, o arquivo contendo a figura 1, cujo formato é tif, deve se chamar figura1.tif. Aconselhe-se o uso de formatos JPEG e TIFF para fotografias e GIF ou BMP para gráficos. Outros formatos de imagens poderão também ser aceitos, sob consulta prévia. As imagens devem ser enviadas na melhor resolução possível. Imagens com resolução menor que 300 dpi podem comprometer a qualidade final do trabalho, quando impresso pelo usuário final.

O tamanho da imagem deve, sempre que possível, ter uma proporção de 3x2 ou 2x3 entre a largura e altura. Os textos inseridos nas figuras devem utilizar fontes sans-serif, como Arial ou Helvética, para maior legibilidade. Figuras compostas por várias outras devem ser enviadas, cada parte, em arquivos separados identificados por letras. Ex. figura1a.gif, figura2a.gif etc. Utilize escala de barras para indicar tamanho. As figuras não devem conter legendas, estas deverão ser especificadas em arquivo próprio (veja abaixo). É imprescindível que o autor abra os arquivos que preparou para

submissão e verifique, cuidadosamente, se as figuras, gráficos ou tabelas estão, efetivamente, no formato desejado.

#### Fórmulas

Fórmulas que puderem ser escritas em uma única linha, mesmo que exijam a utilização de fontes especiais (Symbol, Courier New e Wingdings), poderão fazer parte do texto. Ex.  $a = \pi r^2$  ou  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , etc. Qualquer outro tipo de fórmula ou equação deverá ser considerada uma figura e, portanto, seguir as regras estabelecidas para figuras.

#### Legendas

Deve ser enviado um arquivo chamado legenda.doc ou legenda.rtf, dependendo do formato utilizado, contendo as legendas de todas as figuras. Cada legenda deve estar contida em um único parágrafo e deve ser identificada, iniciando-se o parágrafo por Figura N, onde N é o número da figura. Figuras compostas podem ou não ter legendas independentes. Caso uma tabela tenha uma legenda, essa deve ser incluída nesse arquivo, contida em um único parágrafo, sendo identificada iniciando-se o parágrafo por Tabela N, onde N é o número da tabela.

#### Arquivo de conteúdo

Juntamente com os arquivos que compõem o artigo, descritos acima, deve ser enviado um arquivo denominado indice.doc ou indice.rtf, que contém a relação dos nomes de todos os arquivos que fazem parte do documento, especificado um por linha.

#### Para citação dos trabalhos publicados na Biota Neotropica

Exemplo: PORTELA, R.C.Q. & SANTOS, F.A. M. 2003. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. Biota Neotropica 3(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/abstract?article+BN00503022003>.