

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA APLICADA AO MANEJO E**  
**CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS**

**Anderson Germano Da Silva De Souza**

**A COMUNIDADE DE AMEBAS TESTÁCEAS E O GRADIENTE DE CARBONO**  
**ORGÂNICO DISSOLVIDO EM AMBIENTES AQUÁTICOS DE RESTINGA**

**Juiz de Fora**

**2018**

**Anderson Germano da Silva de Souza**

**A COMUNIDADE DE AMEBAS TESTÁCEAS E O GRADIENTE DE CARBONO  
ORGÂNICO DISSOLVIDO EM AMBIENTES AQUÁTICOS DE RESTINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Luiz Bozelli

**Juiz de Fora  
2018**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Souza, Anderson Germano da Silva de.

A comunidade de amebas testáceas e o gradiente de carbono orgânico dissolvido em ambientes aquáticos de restinga / Anderson Germano da Silva de Souza. -- 2018.

63 p.

Orientador: Reinaldo Luiz Bozelli

Coorientadora: Clarice Casa Nova dos Santos

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós Graduação em Ecologia, 2018.

1. Amebas Testáceas. 2. Gradiente Ambiental. 3. Restinga. 4. Indicadores Biológicos. I. Bozelli, Reinaldo Luiz, orient. II. Santos, Clarice Casa Nova dos, coorient. III. Título.

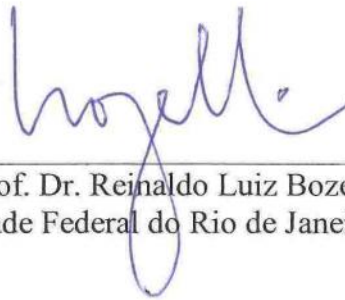
**" A COMUNIDADE DE AMEBAS TESTÁCEAS E O GRADIENTE DE CARBONO  
ORGÂNICO DISSOLVIDO EM AMBIENTES AQUÁTICOS DE RESTINGA."**

**Anderson Germano da Silva de Souza**

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Luiz Bozelli

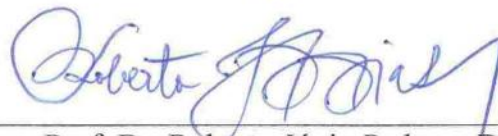
Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do Título de mestre em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovado em 29 de junho de 2018.



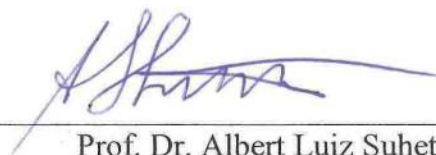
---

Prof. Dr. Reinaldo Luiz Bozelli  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ



---

Prof. Dr. Roberto Júnio Pedrosa Dias  
Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF



---

Prof. Dr. Albert Luiz Suhett  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Reinaldo Luiz Bozelli, por ter aberto as portas do laboratório para mim, por sua confiança, paciência, compreensão e sensibilidade para o meu percurso. Por estar me ajudando e me incentivando na área de Ecologia, que sempre desejei. Ao exemplo do que é ser um bom orientador e professor.

A minha coorientadora a Dra. Clarice Casa Nova, pela confiança desde sempre, pelo apoio moral, incentivo, por ter se tornado uma grande amiga e estar sempre disposta a me ajudar em todas as horas, pelas conversas jogadas foras e pelos insights científicos!

Ao Prof. Dr. Inácio Domingos da Silva Neto pelos anos de companheirismo e aprendizado em seu laboratório, por ter me iniciado na área dos protozoários e principalmente nas Tecamebas. Além, é claro, dos convites para os cafezinhos e bate papos em seu laboratório ("Tem que saber vender o peixe!").

Aos professores Roberto Júnio e Albert Suhett por terem aceitado participar da banca examinadora. Ao Prof. Dr. André Megali Amado e a Dra. Adriana de Melo Rocha por terem aceito ser suplentes.

Em especial ao Prof. Dr. Roberto Júnio por ter me acompanhado desde a iniciação científica, confiar e incentivar meu trabalho, desde sempre.

Ao pessoal do zooplâncton do Laboratório de Limnologia da UFRJ pela ajuda, conversas e colaboração no trabalho: Adriana, Elder, Rayanne, Rafael, Fábio, Sorana, Vanessa e Daniel.

Ao grupo do laboratório de Limnologia da UFRJ: Prof. Dr. Francisco Esteves e ao Prof. Dr. Vinícius Farjalla, ao Rodrigo, Leandro, Rose, Mário, Claudio, Anderson Gripp, Aliny e mais.

Eu agradeço aos meus pais, Darson Alexandre e Tânia Regina. Que me apoiaram desde sempre para esse caminho, desde de pequeno quando me davam as revistas de ciências, e até hoje, que me dão o apoio como podem, cada um do seu jeito especial. Aos meus avós, Aloísio Germano e Wanda dos Reis que me criaram desde muito novo, minha avó Glória por todo o apoio em diversos momentos e ao Manoel como um grande incentivador.

Ao pessoal do Laboratório de Protistologia da UFRJ, Luiggia (em especial a você!), Marcelo, Thiago, Tiago, Pedro e Noemi, foi muito bom trabalhar com vocês ou simplesmente dar risadas boas e ótimas horas do café!

Aos amigos do Laboratório de Ecologia Aquática da UFJF, Prof. Dr. Fábio Roland, Prof. Dr. Nathan Barros, Raquel, Zé, Gui, Gabi, Gladson e todos os outros!

À Juliane, um agradecimento mais que especial, ter me acompanhado ao longo desses anos todos, por todos os bons momentos, sempre me apoiar nas boas e más horas, por me inspirar nos momentos mais difíceis e me acompanhar nos ótimos! Meu mais sincero obrigado.

Aos meus amigos todos, do Colégio Pedro II – Humaitá, que de lá, são para a vida toda!!

Aos colegas do TETO pelo apoio e momentos leves e de novas experiências.

Aos funcionários, professores e colegas do programa de Pós-Graduação em Ecologia e à Universidade Federal de Juiz de Fora.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio durante esses 2 anos.

*“Empty your mind. Be formless, shapeless like water. Now you put water into a cup, it becomes the cup. You put water into a bottle, it becomes the bottle. You put water in a teapot, it becomes the teapot. Now water can flow or it can crash. Be water my friend.”*

***Bruce Lee***

*“Esvazie sua mente. Seja amorfo, sem forma, como a água. Agora, você colocar a água em um copo, ela se torna o copo. Você coloca a água em uma garrafa, ela se torna a garrafa. Você coloca a água em uma chaleira, ela se torna a chaleira. Agora, a água pode fluir ou pode colidir. Seja água, meu amigo ”*

***Bruce Lee***

***Tradução livre***

## RESUMO

O carbono orgânico dissolvido (COD) tem sido reconhecido como um fator importante para os ecossistemas aquáticos. Ele influencia uma ampla variedade de processos físicos, químicos e biológicos. O COD é composto principalmente de substâncias húmicas (SH), que podem vir a ser até 90% de sua composição e atribuem coloração marrom-avermelhada à água. O COD pode vir a afetar as comunidades biológicas de diferentes formas, para alguns grupos, o efeito ainda é desconhecido, como as amebas testáceas, por exemplo. A relação entre um gradiente de concentração de COD e a comunidade de amebas testáceas é pouco conhecida, principalmente em ambientes aquáticos de restinga. Assim, o presente trabalho tem como objetivo: i) mapear e investigar ambientes aquáticos de restinga com diferentes concentrações de COD; ii) conhecer a comunidade de amebas testáceas (composição, riqueza e densidade) em ambientes aquáticos de restinga, e iii) identificar possíveis espécies indicadoras do gradiente de COD e outras variáveis ambientais. Foram feitas coletas em 32 ambientes aquáticos na restinga Norte Fluminense, sendo ambientes de água doce e em sua maioria pequenos, poças. A comunidade de amebas testáceas foi estudada através de coleta única realizada no mês de janeiro de 2017 e foi analisada quanto à sua composição, riqueza e densidade. As variáveis físicas e químicas foram analisadas ao longo do gradiente de COD. Encontramos uma relação fraca entre a densidade das amebas testáceas e o gradiente de COD nos ambientes. No entanto, os resultados mostraram uma relação da composição comunidade com o gradiente de COD, onde há uma alternância da dominância de gêneros, como *Centropyxis* e *Diffflugia*, nos ambientes de menores concentrações e o gênero *Arcella* nos ambientes mais húmicos. O gênero *Lesquereusia* foi dominante somente em um dos pontos, de baixa concentração. O gênero *Armipyxis* ocorreu em maior densidade somente no ambiente de maior concentração.

Palavras-chave: Amebas testáceas, gradiente ambiental, restinga, indicadores biológicos.



## ABSTRACT

Dissolved organic carbon (DOC) has long been recognized as an important factor shaping aquatic ecosystems as it influences physical, chemical and biological processes. The DOC is mainly composed of humic substances (HS), up to 90%, which gives a brownish-reddish color to the water. Allochthonous DOC has different effects on the biological communities, i.e. the testate amoebae (TA). The relationship between the DOC gradient and the TA community is yet poorly understood, especially in the restinga aquatic environments. The present work objectives are: i) map and investigate the restinga aquatic environments along a DOC concentration gradient; ii) gather knowledge about the TA community (composition, richness and density) in aquatic environments and iii) find possible biological indicator species for the DOC gradient and other environmental variables. We sampled 32 environments in the restinga of the North of the Rio de Janeiro state, they were of freshwater and small, like ponds. The TA community was studied from a single sampling period - January of 2017 - and analysed for its composition, richness and density. Physical and chemical variables were analysed along the gradient. We did not find any direct relationship between density of TA and the DOC gradient, instead, our results show a relation between the composition of TA and the DOC gradient, with an alternation of the dominant genera. In low DOC concentrations TA community was dominated by the genera *Centropyxis* followed by *Diffflugia*, while *Arcella* dominated in high DOC concentrations. The genera *Lesquereusia* was dominant in just one site with low concentration, while the genera *Armipyxis* occurred in higher density in the site with the highest concentration of DOC.

Keywords: Testate amoebae, environmental gradient, restinga, biological indicators.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Mapa dos locais da coleta de Amebas Testáceas da Restinga Norte Fluminense em Janeiro de 2017. \_\_\_\_\_ 20
- Figura 2 - Diversidade de locais de amostragem ao longo dos 32 pontos, evidenciando também a vegetação da restinga no entorno dos pontos de coleta da região Norte Fluminense em janeiro de 2017. \_\_\_\_\_ 21
- Figura 3 - Precipitação mensal de 2010 a 2017 da estação de Macaé, com indicação do mês de Dezembro de 2016 quando foi realizado o mapeamento dos locais (seta verde) e a amostragem deste trabalho em Janeiro de 2017 (seta vermelha). \_\_\_\_\_ 22
- Figura 4 - Gradiente de cor das amostras de ambientes aquáticos da Planície Costeira Norte Fluminense, em janeiro de 2017. \_\_\_\_\_ 26
- Figura 5 - A-D - Regressões lineares utilizando o teste AIC para teste de significância. A - Relação linear entre o carbono orgânico dissolvido e a cor ( $p < 0,0001$  e  $r^2 = 0,9046$ ). B - Relação entre o COD e o nitrogênio total ( $p < 0,0001$  e  $r^2 = 0,5376$ ). C - Relação entre o carbono orgânico e o pH ( $p = 0,3000$  e  $r^2 = 0,0358$ ). D - Relação do carbono orgânico com a absorvância específica do COD – AbsCOD ( $p = 0,0263$  e  $r^2 = 0,1540$ ) em 32 ambientes aquáticos da restinga Norte Fluminense em janeiro de 2017. 26
- Figura 6 - Análise da distribuição dos locais de coleta de acordo com as variáveis ambientais. O EIXO 1 explicando a maior parte da variação (29%) da distribuição dos pontos e o EIXO 2 (19%) da variação. O EIXO 1 é composto principalmente pelo carbono orgânico dissolvido (COD - vermelho, nitrogênio total (NT - magenta) e turbidez (TURB - magenta). O EIXO 2 é composto principalmente pelo pH (pH - azul), junto com a turbidez (TURB - magenta) e oxigênio (OXI - azul). As setas indicam a sua contribuição para a variação dos pontos, o vermelho (maior contribuição), azul (média contribuição) e o verde (baixa contribuição). Temperatura (T) e fósforo total (PT) são as variáveis de menor efeito. 27
- Figura 7 – Riqueza da comunidade de amebas testáceas ao longo dos pontos de coleta na restinga do Norte Fluminense ordenadas no sentido crescente do gradiente de carbono orgânico dissolvido em Janeiro de 2017. \_\_\_\_\_ 28
- Figura 8 - Índices de Shannon e de Equabilidade das amebas testáceas ao longo dos pontos de coleta na restinga do Norte Fluminense ordenadas no sentido crescente do gradiente de carbono orgânico dissolvido em Janeiro de 2017. \_\_\_\_\_ 29
- Figura 9 - Densidade de tecamebas por gênero em ambientes aquáticos da restinga do Norte Fluminense em janeiro de 2017. Gêneros com densidade maior que 50 ind. L<sup>-1</sup>. \_\_\_\_\_ 29
- Figura 10 - Densidade de espécies de tecamebas (ind. L<sup>-1</sup>) em ambientes aquáticos da restinga do Norte Fluminense em janeiro de 2017. Somente espécies com densidade maior que 50 ind. L<sup>-1</sup> foram mostradas. \_\_\_\_\_ 30
- Figura 11 - Imagem em microscopia optica de exemplares das 4 espécies de maior densidade em todos os pontos de coleta dos ambientes aquáticos do Norte Fluminense em Janeiro de 2017. A – Arcella peruviana, B- Arcella hemisphaerica, C – Centropyxis hirsuta, D – Centropyxis aculeata. \_\_\_\_\_ 31
- Figura 12 - Relação da densidade de indivíduos com o gradiente de COD e a variação de pH durante a coleta Janeiro de 2017 em ambientes aquáticos costeiros do Norte Fluminense. \_\_\_\_\_ 32
- Figura 13 - Respostas das espécies aos limiares (pontos de mudança) ao aumento do carbono orgânico dissolvido. As linhas de cor vermelha significam uma relação negativa ao aumento do gradiente e as

linhas de cor azul significam uma resposta positiva ao aumento do gradiente. As linhas com ponto e traço são respostas pontuais ao longo do gradiente, já a linha cheia ou tracejada é o somatório das respostas, sendo quanto mais íngreme, maior sincronicidade das espécies a essas mudanças. \_\_\_\_\_ 33

Figura 14 - Espécies com maiores valores de indicação, tanto positiva (azul) quanto negativa (vermelha) ao longo do gradiente, aonde está o centro (traço vertical) do círculo é o ótimo pela alta abundância, encontrado pela análise, com sua ocorrência, em menor abundância, nas linhas. \_\_\_\_\_ 33

Figura 15 -Respostas das espécies aos limiares (pontos de mudança) ao aumento do pH. As linhas de cor vermelhas significam uma relação negativa ao aumento do gradiente e as linhas de cor azul significam uma resposta positiva ao aumento do gradiente. As linhas com ponto e traço são respostas pontuais ao longo do gradiente, já a linha cheia ou tracejada é o somatório das respostas, sendo quanto mais íngreme, maior sincronicidade das espécies a essas mudanças \_\_\_\_\_ 34

Figura 16 - Espécies de amebas testáceas indicadoras de faixas de pH nas quais são mais frequentes e abundantes. Arc\_per = Arcella peruviana, Arc\_mit = Arcella mitrata, Cen\_aer = Centropyxis aerophila. \_\_\_\_\_ 34

Figura 17 - Relação das espécies de tecamebas e das variáveis ambientais na restinga do Norte Fluminense na coleta no mês de Janeiro de 2017, a representação do modelo é significativa ( $p < 0,01$ ;  $F(8,32)=1,4854$ ). As espécies aglomeradas no centro (cinza claro) não tiveram nenhuma especificidade para as variáveis. As espécies com o tom mais forte (Cen\_Acu - Centropyxis aculeata, Arc\_dis - Arcella discoides e Arc\_per - Arcella peruviana, destacadas no gráfico) são mais relacionadas às mudanças da variável ambiental no mesmo eixo. \_\_\_\_\_ 35

Figura 18 - Densidade relativa das amebas testáceas separadas dos gêneros em ambientes aquáticos do Norte Fluminense em Janeiro de 2017. No eixo horizontal, estão os nomes dos locais em função do gradiente de COD de 2 mg L<sup>-1</sup> (P1) até 346 mg L<sup>-1</sup> (P5). Os valores de carbono foram tratados como categóricos e por isso, o eixo está fora de escala. \_\_\_\_\_ 36

Figura 19 – Espécies do gênero Arcella, de 1 a 6. 1 – Arcella peruviana, 2 – A. hemisphaerica, 3 – A. rotundata, 4 – A. mitrata, 5 – A. jeanneli, 6 – A. gibbosa. \_\_\_\_\_ 54

Figura 20 – Espécies do gênero Centropyxis, de 7 a 12. 7 – Centropyxis elongata, 8 – C. aculeata, 9 – C. marsupiformis, 10 – C. hirsuta, 11 – C. eornis, 12 – C. spinosa. \_\_\_\_\_ 55

Figura 21 – 13 – Curcubitella sp1, 14 – Arcella megastoma, 15 – Netzelia corona, 16 – Lesquereusia spiralis, 17 – Diffflugia oblonga, 18 – Nebela (Argynnia) vítrea minor. \_\_\_\_\_ 56

Figura 22 – Espécies da Família Hyalosphenidae (19 a 22) e as espécies do Gen. Lesquereusia (23 e 24). 19 – Quadrulella symmetrica, 20 – Mrabella subcarinata, 21 – Longinebella sp 1, 22 – Nebela collaris, 23 – Lesqueuria modesta, 24 – Lesquereusia spiralis var. cornuta. \_\_\_\_\_ 57

Figura 23 – Espécies do Gênero Diffflugia e uma Nebela com o mesmo formato de teca, 25 a 29. 25 - Diffflugia baccarium, 26 - Nebela barbata, 27 - Diffflugia claviformis, 28 - Diffflugia ventricosa, 29 - Diffflugia acuminata. \_\_\_\_\_ 58

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão de todas as variáveis ambientais amostradas em ambientes aquáticos da Planície Costeira do Norte Fluminense, em janeiro de 2017 . Destaque para as variáveis que tiveram maior efeito sobre a comunidade. \_\_\_\_\_ 25

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	Hipótese	17
1.2.	Objetivos	17
1.2.1.	<i>Objetivo geral</i>	17
1.2.2.	<i>Objetivos específicos</i>	18
2.	ÁREA DE ESTUDO	19
3.	METODOLOGIA	21
3.1.	Variáveis ambientais	22
3.2.	Comunidade de Amebas Testáceas	22
3.3.	Análise dos dados	23
4.	RESULTADOS	25
4.1.	Variáveis Abióticas	25
4.2.	Comunidade de Amebas Testáceas	28
4.3.	Comunidade de Amebas Testáceas e as variáveis ambientais	31
5.	DISCUSSÃO	37
5.1.	Variáveis Abióticas	37
5.2.	Comunidade de Amebas Testáceas	39
5.3.	Comunidade de Amebas Testáceas e as Variáveis Ambientais	40
6.	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44
	ANEXO 1 - LISTA DE ESPÉCIES	50
	ANEXO 2 - PRANCHAS DAS ESPÉCIES	54
	ANEXO 3 – Tabela das espécies em diferentes faixas de concentração de carbono orgânico dissolvido.	59

## 1. INTRODUÇÃO

O carbono é um macronutriente importante para os ecossistemas, estando presente em praticamente todos os processos relevantes à formação e manutenção da vida no planeta (ESTEVES, 2011). Dentro desse panorama geral, os ambientes aquáticos são imprescindíveis para o ciclo do carbono (COLE et al., 2007). Tanto o carbono inorgânico quanto o orgânico estão em grandes quantidades nos ambientes aquáticos. Eles são processados nesses ambientes, de inorgânico para orgânico através da fotossíntese e de orgânico a inorgânico através da respiração (ESTEVES, 2011). Essas transformações do carbono são feitas pelos organismos, principalmente os microrganismos, e também pode acontecer sem a interação destes (foto-oxidação, por exemplo). Com os ambientes aquáticos continentais tendo participação importante nesse ciclo. Parte do carbono é fixado nestes ecossistemas pelos organismos vivos, esse carbono utilizado acaba se tornando excreta e descendo para o fundo dos ambientes, se tornando parte do sedimento, onde podem ficar por muitos anos. Além disso, os ambientes aquáticos podem ser responsáveis por uma proporção da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera (COLE et al., 2007; BATTIN et al., 2009; TRANVIK et al., 2009). Dentro desse espectro de formas do carbono, o carbono orgânico, principalmente, tem grande influência nesses ecossistemas, inclusive tendo efeito na cor da água.

O carbono orgânico dissolvido (COD) tem sido reconhecido como um fator importante para os ecossistemas aquáticos, pois ele influencia uma ampla variedade de processos físicos, químicos e biológicos (PACE; COLE 2002). O COD é um conjunto de inúmeros compostos comumente encontrado em ambientes aquáticos continentais (STEINBERG et al., 2003, SOBEK et al., 2007; SUHETT et al., 2011). O COD é composto principalmente de substâncias húmicas (SH), que podem vir a ser 10% até 90% de sua composição e são os elementos que atribuem à água a coloração marrom-avermelhada (WETZEL 2001; STEINBERG et al., 2003; SUHETT et al., 2011). A humificação é um importante processo ecológico no planeta, principalmente por sua relação com o enriquecimento do solo por estimular a ação de diversos microrganismos (SENESI; PLAZA 2007).

As SH são moléculas orgânicas heterogêneas, resultantes da decomposição incompleta da matéria orgânica provinda de ecossistemas terrestres (DRUVIETIS et al., 1998). O termo SH compreende 3 tipos de substâncias: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas (STEINBERG, 2003). Esta divisão tradicional é baseada principalmente no tamanho molecular e reatividade dos distintos grupos (STEINBERG, 2003). Ácidos húmicos e fúlvicos são os constituintes mais abundantes das SH.

Ambientes com variadas concentrações de SH estão distribuídos globalmente, sendo assim, seus entornos são diversificados, quanto ao tipo de solo, de vegetação e organismos (SOBEK et al., 2017). Com a alta diversificação dos ambientes, são encontrados diferentes gradientes ambientais, que são mudanças nas variáveis ambientais de forma contínua. Essas mudanças afetam as interações físicas, químicas e biológicas em diferentes níveis, podendo seus efeitos serem mais sutis do que o esperado. Por este motivo, muitos trabalhos têm tentado acessar essa característica dos ambientes naturais. Os trabalhos com gradientes ambientais estão presentes em diversas áreas de estudo, procurando acessar as principais características ambientes que são relevantes naquela região.

As substâncias húmicas causam diversos efeitos nos organismos vivos. Elas podem afetar as macrófitas, inibindo a liberação de oxigênio na parte submersa, afetam organismos invertebrados, como o nematóide *Caenorhabditis elegans*, que prefere ambientes húmicos para a reprodução e impulsiona a heterotrofia nos ambientes, maior importância da alça microbiana como fonte de alimentação (STEINBERG et al., 2006). Além disso, nosso conhecimento ainda é raso com relação a esse efeito em organismos, a maioria dos trabalhos feitos tem utilizado o zooplâncton. Porém, os protistas também podem ser ótimos organismos para trabalhos ecológicos, já que, populações de protistas possuem uma rápida resposta a pequenas variações no ambiente (WEISSE et al., 2008). Recentemente, os grupos de protistas têm sido utilizados nos trabalhos de ecologia, demonstrando sua importância. E dentro dos protistas, as amebas testáceas têm sido utilizadas nas mais diferentes áreas do conhecimento, como por exemplo a paleoecologia, indicadores biológicos, em experimentos de toxicidade de metais pesados e etc. (MITCHELL et al., 2008).

As amebas testáceas, também chamadas tecamebas (TA), são organismos unicelulares, de vida-livre, que colonizam os mais variados ambientes terrestres e aquáticos, estando sua distribuição sempre relacionada à umidade e por isso são cosmopolitas (CHARDEZ, 1967). São pequenas (entre 20 e 300 µm), diversas, com mais de 2000 espécies descritas até agora, e em expressivo aumento devido as espécies crípticas (KOSAKYAN et al., 2012). O grupo é primariamente dividido em dois supergrupos, Amoebozoa (LUHE, 1913) e Rhizharia (CAVALIER-SMITH, 2002). Sendo as TA um grupo monofilético contidas em Arcellinida Kent, 1880 e Euglyphida Copeland, 1956 (ADL et al., 2012).

Elas possuem uma carapaça (teca) de material proteico, calcário ou de sílica, e com os mais variados formatos. Estes formatos costumam ser espécie – específico, e assim, através da análise do morfotipo (identificação a partir de caracteres morfológicos) é possível a sua

identificação até o nível de espécie ou minimamente ao nível de gênero (SOUZA, 2008). Outra separação importante para a distinção dos grupos de TA é a composição da carapaça. Além do material utilizado para a construção da teca, elas podem ser divididas em outros dois grupos: tecas idiosômicas e xenosômicas (OGDEN; HEDLEY 1980). As tecas idiosômicas são sintetizadas internamente (utilizando a sílica), existem aparatos celulares específicos para a síntese dessas placas, que variam de tamanho e formato (DU CHATELET et al., 2015). As tecas xenosômicas são feitas a partir de um material externo. Os indivíduos produzem um material agregante (como um cimento orgânico) e então coletam material particulado a sua volta, geralmente são partículas de minerais (ex.: fragmentos de quartzo) e/ou materiais orgânicos (ex.: frústulas de diatomáceas). O formato varia por local, tamanho e espécie. Vale ressaltar que algumas espécies são bem específicas no material exógeno utilizado (DU CHATELET et al., 2013).

Elas têm reprodução assexuada, locomovem-se por movimentos amebóides com o auxílio de seus pseudópodes e/ou possuem vesículas de ar no interior que possibilitam a flutuação, sendo levadas pela corrente (CHARDEZ, 1967). São organismos heterotróficos, podendo se alimentar de diversas fontes, como a matéria orgânica, bactérias e outros organismos planctônicos, possuindo, portanto, um hábito alimentar generalista/oportunista (GILBERT et al., 2000). Algumas espécies podem ser mixotróficas através da simbiose com organismos fotossintetizantes, como por exemplo a *Hyalosphenia papilio*, normalmente encontrada em turfeiras (GOMAA et al., 2014). Elas participam ativamente da atividade trófica, tanto como consumidoras primárias e secundárias quanto como sendo consumidas por outros organismos, invertebrados e vertebrados, como peixes (SILVA-NETO et al., 1997).

Atualmente, muitos trabalhos têm sido feitos com o foco na revisão taxonômica e filogenética das amebas testáceas (KOSAKYAN et al., 2012, 2016). As TA são um grupo não natural, elas possuem espécies de dois supergrupos diferentes. Em cada um desses dois supergrupos, elas são monofiléticas, pois possuem características genéticas e morfológicas que as colocam juntas. Já nos níveis menores, como famílias e gêneros, elas podem ser polifiléticas, como é o caso do gênero *Diffugia* (GOMAA et al., 2017). Muitas espécies, atualmente, têm mudado de posição para outros gêneros, como no caso da *Netzelia corona*, que já pertenceu ao gênero *Diffugia*, depois *Mediolus* (GOMAA et al., 2017). Além disso, muitas espécies novas têm sido descritas com base em suas relações filogenéticas, diminuindo as lacunas e reforçando a maioria das identificações através de caracteres morfológicos (KOSAKYAN et al., 2012).

O grupo tem sido muito utilizado como indicador de condições ambientais diversas, como pH, profundidade da lâmina d'água e umidade (MITCHELL et al., 2000, 2008). As amebas testáceas já são utilizadas em diversos trabalhos que as relacionam às variáveis ambientais como pH, nível d'água, umidade, fósforo e sílica, e outras variáveis citadas no trabalho de revisão de Mitchell et al. (2008), além de trabalhos mais atuais utilizando e testando a robustez dessas análises de correlação (PAYNE et al., 2016). Elas são sensíveis às diferenças na hidrologia por terem um ciclo de vida relativamente curto, respondem então, mais rapidamente às mudanças num determinado local (MITCHELL et al., 2008).

As amebas testáceas, por suas características como indicadoras biológicas e tafonômicas únicas, passaram a ser amplamente utilizadas em estudos paleoecológicos. As TA, desde os primeiros trabalhos, sempre apareceram em lâminas de pólen, que são utilizadas normalmente para esses estudos (PAYNE et al., 2012). Para estudos paleoecológicos há uma grande importância na taxonomia dos indivíduos, e as TA atendem a esse pré-requisito, pois elas ficam conservadas relativamente bem ao longo dos anos e também em condições diferentes, variando sua resistência de acordo com o material de formação da teca (PORTER; KNOLL 2000; CHARMAN, 2001). Já foram feitos experimentos com relação à resistência das tecas em condições de baixos valores de pH (meio ácido) como por exemplo, para verificar quanto tempo demoraria até a teca não ser mais identificável, algumas espécies foram mais suscetíveis e outras foram mais robustas, variando de acordo com o material da carapaça (SWINDLES; ROE, 2007). Também foram feitos levantamentos através de amostras já coletadas em estudos paleoecológicos, porém, nos ambientes analisados, não foi encontrado nenhum tipo de relação entre a variável (nível da tábua d'água) e o material de formação das tecas (SWINDLES; ROE, 2007).

O estudo demonstrou que as TA possuem correlação com o tipo de habitat que ocupam, tendo adaptações para estarem na coluna d'água, no sedimento e em bancos de macrófitas (VELHO et al., 2003). Além disso, diversos trabalhos já exploraram a diversidade funcional do grupo, entendendo o que modula a comunidade a partir dos seus traços funcionais (ARRIEIRA et al., 2015; JASSEY et al., 2016), relacionando a diversidade funcional de outros grupos, como as briófitas, com a comunidade de TA e qual o impacto dessa relação na estruturação da comunidade de TA (JASSEY et al., 2014). Há ainda a necessidade de trabalhar a resposta das TA a fatores locais mais rápidos e pontuais, como por exemplo, a lixiviação de altas concentrações de SH no habitat, para entender melhor as alterações sazonais e de maiores escalas (WARNER et al., 2007).



O grupo das amebas testáceas tem sido utilizado atualmente para diversos trabalhos experimentais, os quais têm visto a relação do grupo com a umidade e a altura da tábua d'água nos ambientes impactados pelas mudanças climáticas, focando principalmente no aquecimento e perda de umidade nos locais (LAMENTOWICZ et al., 2016). Trabalhos mais antigos já foram feitos com enfoque no pH (MITCHELL et al., 2000), na relação com o nitrogênio (MITCHELL et al., 2004). Também em relação ao gradiente de alteração de paisagem, entre locais com turfeiras (campos de musgos) altamente eutrofizadas e poucas vegetação de grande porte para regiões oligotróficas com menor quantidade de musgos e maior número de vegetação de grande porte (LAMENTOWICZ et al., 2010). As respostas nesses trabalhos são feitas utilizando a especificidade das espécies aos diferentes ambientes, assim, nos locais pode haver uma mudança da composição da comunidade, e sua estruturação é uma resposta às alterações ecológicas. No trabalho de Dos Santos (2012), as TA foram encontradas em maior densidade nos locais com as maiores concentrações de SH, ao contrário das comunidades dos metazoários (Cladocera, Copepoda e Rotifera), cuja riqueza e densidade diminuíram. Sendo assim, o intuito deste trabalho é entender a relação entre as amebas testáceas e o gradiente de carbono orgânico dissolvido em ambientes aquáticos de restinga.

### 1.1. Hipótese

Considerando que, com o aumento das concentrações de COD, há um aumento da disponibilidade de alimento e também um efeito estressor mais forte, devido à natureza das SH. Quando em altas / altíssimas concentrações, o efeito estressor se dá mais forte, mesmo com a disponibilidade de alimentos. Com isso, espera-se que as Amebas Testáceas respondam, quanto a sua riqueza e densidade, nas concentrações intermediárias do COD.

### 1.2. Objetivos

Descrição dos objetivos realizados durante o presente trabalho.

#### *1.2.1. Objetivo geral*

Descrever a comunidade de amebas testáceas e sua relação com fatores físicos e químicos, em especial a concentração de carbono orgânico dissolvido, em ambientes aquáticos de restinga.

### *1.2.2. Objetivos específicos*

- Caracterizar as variáveis ambientais associadas a ambientes aquáticos de restinga em um gradiente húmico.
- Caracterizar as comunidades de amebas testáceas (estrutura, composição) de ambientes aquáticos de restinga em um gradiente húmico.
- Analisar a relação entre as comunidades de amebas testáceas e o gradiente húmico em ambientes aquáticos de restinga.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A Mata Atlântica, está entre os 5 locais com maior endemismo por área, podendo assim ser considerada um dos “hot-spots” para prioridade em ações de conservação (MYERS et al., 1988, 2000). Ela é heterogênea, com diferentes ecossistemas modulados pela distância do mar e da altitude (SCARANO, 2002). E com isso, no estado do Rio de Janeiro, ela compreende uma diversidade de ecossistemas, de vegetação de altitude em rochas, passando pelas florestas ombrófilas até a região costeira, que consiste basicamente da região da restinga (SCARANO, 2002). A restinga é um ambiente ameaçado principalmente pela ação antrópica, como a exploração imobiliária, poluição e tentativa de usos agrícolas (ESTEVEES, 1998).

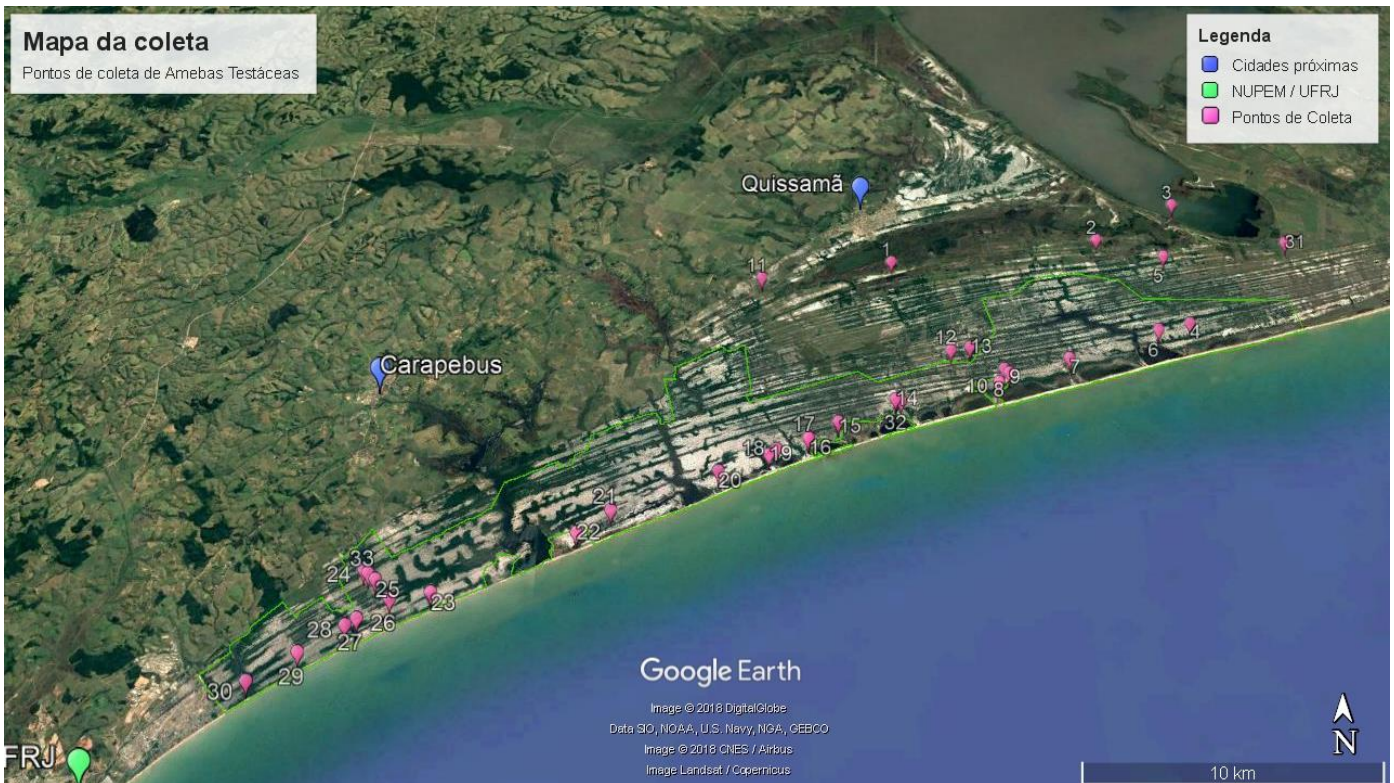
A restinga, ecossistema da área de estudo, é um sistema complexo formado na região costeira, de idade quaternária (1,2 milhões de anos), na qual a areia se acumulou com as transgressões e regressões do nível do mar, depositando-a em cordões que separavam o mar da região interna, além dos eventos de chuva e vento que sucessivamente formaram o desenho atual (ARAÚJO et al., 1998). Assim, nas regiões internas surgiram corpos d’água abastecidos pela água da chuva e os ambientes mais próximos a costa de tempos em tempo pela água do mar (ESTEVEES, 1998). Nos depósitos de areia surgem comunidades vegetais bem diversas, formando campos de gramíneas, matas fechadas, regiões arbustivas e densas vegetações aquáticas nas regiões alagadas (ARAÚJO; LACERDA 1987). As regiões alagadas estão em diferentes pontos de toda a restinga, sendo por percolação e/ou lixiviação, a água se direciona até os locais mais baixos daquela região, formando grandes complexos de poças, sendo elas perenes ou temporárias.

A região Norte Fluminense (Rio de Janeiro, Brasil) é onde estão as maiores áreas de remanescentes de ecossistema de restinga neste estado (e no Brasil), sendo a restinga de Jurubatiba a maior com 251,41 km<sup>2</sup> de área total não impactada (ROCHA et al., 2007). Possui temperatura média anual de 22,4 °C (ARAÚJO et al., 1998) e precipitação média anual de 1300 mm de chuva, com a maior parte entre a primavera e o verão (ESTEVEES et al., 2002). Onde também se encontra a maior área de preservação desse ecossistema.

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba - PARNA da Restinga de Jurubatiba (22°23’S 41°15’W) é o primeiro a compreender exclusivamente o ecossistema de restinga. Localiza-se na região norte do estado do Rio de Janeiro e abrange as planícies marinhas e fluviais dos municípios fluminenses de Macaé, Carapebus e Quissamã. Tem aproximadamente 149,22 km<sup>2</sup> de área, 44 km de extensão ao longo da costa e 18 lagoas costeiras (ICMBIO, 2012).

Foram amostrados 32 ambientes aquáticos localizados na restinga Norte Fluminense, dentro e fora da área do PARNA da Restinga de Jurubatiba (Figura 1). Suas principais diferenças se davam pela cor da água nos ambientes amostrados. Eram em sua maioria ambientes rasos e pequenos, poças (temporárias e perenes).

Figura 1 - Mapa dos locais da coleta de Amebas Testáceas da Restinga Norte Fluminense em Janeiro de 2017.



Fonte: Google Earth.

Figura 2 - Diversidade de locais de amostragem ao longo dos 32 pontos, evidenciando também a vegetação da restinga no entorno dos pontos de coleta da região Norte Fluminense em janeiro de 2017.



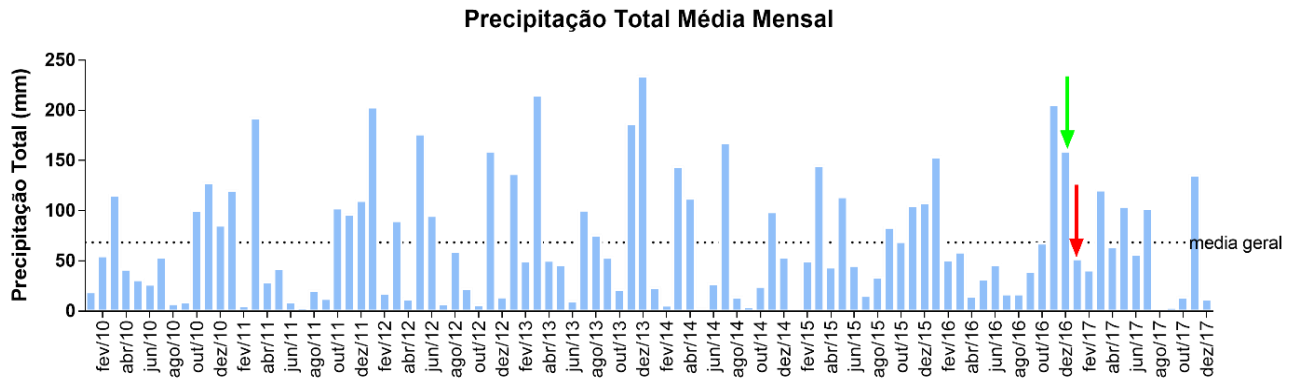
Fonte: Acervo pessoal.

### 3. METODOLOGIA

Em dezembro de 2016 foi realizada uma visita prévia à área de estudo para localizar e reconhecer a diversidade de ambientes aquáticos (todos lênticos, majoritariamente compostas por poças) presente naquele ecossistema. Durante o mapeamento foram encontrados 60 ambientes aquáticos com variadas características ambientais, incluindo um gradiente da concentração de COD. Após o mapeamento foram selecionados e amostrados 32 ambientes de água doce (salinidade até 0,5) em um gradiente de COD ( $2 \text{ mg L}^{-1}$  a  $346 \text{ mg L}^{-1}$ ). A coleta foi realizada durante um único período no mês de janeiro de 2017 com o intuito de diminuir o efeito temporal na amostragem, mudanças em suas características ambientais e manter a amostragem o mais próximo possível do gradiente anteriormente mapeado na visita prévia. A figura 2 mostra um mosaico com exemplos dos ambientes amostrados no presente trabalho.

Para determinar o período de coleta foi realizado um levantamento no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET), onde buscamos os dados de precipitação dos últimos 5 anos (2010 até 2017) (Figura 3). A partir destes dados definimos a época do ano para a coleta, quando a maior precipitação favoreceria que todos os ambientes já tivessem água o suficiente para a amostragem e há um tempo mínimo necessário para a estabilização da comunidade no local.

Figura 3 - Precipitação mensal de 2010 a 2017 da estação de Macaé, com indicação do mês de Dezembro de 2016 quando foi realizado o mapeamento dos locais (seta verde) e a amostragem deste trabalho em Janeiro de 2017 (seta vermelha)



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### 3.1. Variáveis ambientais

Com auxílio de sonda multiparâmetro Horiba U50 foram medidas em campo as seguintes variáveis limnológicas da água: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), condutividade elétrica ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), pH, turbidez (NTU), concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ), saturação de oxigênio dissolvido (%), sólidos totais dissolvidos ( $\text{g L}^{-1}$ ), salinidade e profundidade (m). Todos os locais tiveram suas coordenadas registradas com GPS Garmin e tiveram uma amostra de água coletada para análise de outras variáveis.

Em laboratório as alíquotas de água foram retiradas para determinação de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT). O NT ( $\text{mg L}^{-1}$ ) foi determinado após a digestão com persulfato

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

de potássio e análise em um analisador de carbono e nitrogênio (TOC-N Shimadzu®). O P (mg  $\text{L}^{-1}$ ) foi determinado através da metodologia proposta por Mackeret et al. (1978) e analisado em um espectrofotômetro UV Varian Cary 50 Bio em 885 nm de comprimento de onda. Adicionalmente, amostras de água de cada ambiente foram filtradas – em filtros de fibra de vidro GF/F Whatman (0,7  $\mu\text{m}$  de abertura) para análises de carbono orgânico dissolvido – COD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e cor. A concentração de COD foi determinada em um analisador de carbono (Shimadzu® TOC 500) e a cor determinada através de leitura em espectrofotômetro a 430 nm de comprimento de onda. A absorvância específica do COD (AbsCOD), o quão húmico ele é por unidade de carbono (AMARAL et al., 2013).

### 3.2. Comunidade de Amebas Testáceas

A comunidade de amebas testáceas foi coletada através da filtração de 50 litros de água em uma rede de zooplâncton de malha 50  $\mu\text{m}$ . As amostras filtradas foram concentradas *in situ*

em frascos de 100 ml, imediatamente coradas com a adição de Rosa de Bengala para melhor identificação (indicando que os organismos estavam vivos na hora da amostragem) e fixadas em formaldeído a 4% para a preservação dos organismos. As amostras foram contadas segundo a metodologia descrita por Lansac-Tôha et al. (2014).

As amostras da comunidade de TA foram contadas utilizando um microscópio estereoscópico e no microscópio óptico (aumentos de 50x, 100x, 200x, 400x e 1000x) identificadas, principalmente para espécies menores. A partir das contagens e identificação, determinamos a riqueza e abundância da comunidade em cada localidade. Alguns indivíduos foram separados e postos em lâminas com glicerina para a montagem de uma coleção das espécies. As classificações taxonômicas foram feitas baseadas em Adl et al. (2012). As espécies foram agrupadas em duas categorias taxonômicas: Arcellinida Kent, 1880 (Amoebozoa, Testacealobosia) e Euglyphida Copeland, 1956 (Rhizaria, Silicofilosea). Para a identificação foram utilizadas as seguintes bibliografias especializadas: Deflandre (1928, 1929), Jung (1942), Gauthier-Lièvre e Thomas (1958, 1960), Chardez (1967), Vucetich (1973), Lena e Zaidenweg (1975), Decloitre (1979), Ogden e Hedley (1980), Velho e Lansac-Tôha (1996), Velho et al. (1996), Mazei e Tsyganov (2006), Souza (2008), Mazei e Warren (2012 e 2014), Tsyganov et al. (2016) e Silva et al. (2016).

### 3.3. Análise dos dados

As variáveis abióticas e bióticas foram primeiramente analisadas quanto ao seu grau de correlação entre si, cujas correlações menores que  $r=0.5$  foram usadas. Após essa etapa, utilizamos o teste “*Forward Selection*” e o critério de Akaike (AIC), que são diversas regressões lineares adicionando e retirando variáveis para ver quais melhor explicam a distribuição da densidade das amebas testáceas nos locais de amostragem. Adicionalmente às técnicas de análises univariadas, foram utilizadas técnicas multivariadas de ordenação para melhor visualização e entendimento das relações da distribuição das características ambientais nos locais de coleta. Sendo assim, utilizamos uma análise de componentes principais (ACP). Para descrição da comunidade de amebas testáceas, foram utilizadas as métricas: riqueza, diversidade –  $\alpha$  (índice de Shannon -  $H'$ ), Equabilidade (índice de Pielou -  $J$ ).

Para avaliar a capacidade das espécies encontradas como indicadoras biológicas das variáveis ambientais (COD, pH, nitrogênio total, fósforo total, cor), utilizamos os testes IndVal (DUFRENE; LEGENDRE, 1997) e a análise de táxons indicadores de limiar (TITAN -

*Threshold Indicator Taxa Analysis*) desenvolvido por Baker e King (2010). O teste IndVal procura ver a relação das espécies em um determinado local, especialmente quais espécies estão intimamente ligadas àquele habitat. Já a análise TITAN associa as espécies ao gradiente amostrado, identificando uma relação a essa variação de determinada característica ambiental. Mais especificamente, separa o gradiente como um dendrograma criando diversos pontos de separação no gradiente, “*thresholds*”. Enquanto é feita essa separação, a análise calcula um valor de IndVal para cada uma das espécies em cada ponto de separação do gradiente, dando valores positivos e negativos em cada um dos lados caso a espécie se encaixe adequadamente, assim, atribui e testa a relação das espécies durante todo o gradiente amostrado (no caso, para cada uma das variáveis testadas), repetindo essas mesmas operações de acordo com o número de permutações e *bootstraps* selecionadas (no presente trabalho foram utilizados valores maiores que os sugeridos – 500 e 500 - pelos autores para trabalhos com rigor científico de publicação, 1000 e 1000). São atribuídos dois índices de qualidade após o *bootstraps*: pureza e confiabilidade. Pureza é a proporção de vezes que o táxon é atribuído ao mesmo lado da divisão dos limiares (positivo ou negativo), e valores altos de pureza indicam que aquele táxon tem alta probabilidade daquela resposta. A confiabilidade é estimada pela proporção de pontos de mudança (limiares) cujos escores de IndVal consistentemente resultam em valores baixos de probabilidade ( $P \leq 0,05$ ), atribuídos pelo usuário. Ou seja, indicadores confiáveis são aqueles que mesmo com numeras repetições, consistentemente possuem máximos valores de IndVal (por exemplo,  $\geq 0,95$  das réplicas de *bootstrap* atingindo  $P \leq 0,05$ ). Para informações mais detalhadas pode-se consultar Baker e King (2010, 2013) e King e Baker (2014). Finalmente, foi realizada uma análise de correlação canônica (ACC) para observar a relação das espécies com as variáveis ambientais amostradas. Todas as análises estatísticas descritas acima foram realizadas com o software R Statistics versão 3.4.4 (CORE TEAM, 2010)



## 4. RESULTADOS

Os resultados abaixo foram separados em Variáveis Abióticas, Comunidade de Amebas Testáceas e após a apresentação desses resultados em separado, apresentamos os dados da interação entre as variáveis e a comunidade de Amebas Testáceas.

### 4.1. Variáveis Abióticas

Nos 32 locais amostrados o COD foi a característica ambiental mais proeminente de influência às outras variáveis, apesar de não ter o maior coeficiente de variação, principalmente por ter sido o foco do trabalho. (Tabela 1). O menor valor foi de 2 mg L<sup>-1</sup> e o maior de 346 mg L<sup>-1</sup>. O pH por sua vez, manteve-se geralmente em valores baixos, em sua maioria próximo de 5,0. Este resultado foi coerente com a nossa busca por ambientes com características húmicas, que devido à presença de ácidos orgânicos dissolvidos tendem a ter o pH abaixo da neutralidade.

Tabela 1 - Valores médios, mínimos, máximos, desvio padrão e coeficiente de variação de todas as variáveis ambientais amostradas nos ambientes aquáticos (n=32) da Planície Costeira Norte Fluminense, em janeiro de 2017.

Variáveis Ambientais	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Carbono Orgânico Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	95	2	346	86	90.43%
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	0,177	0,075	0,682	0,13	73.48%
Nitrogênio Total (mg L <sup>-1</sup> )	2,51	0,006	16,5	3,35	133.63%
Cor (u.a)	0,43	0,0223	1,31	0,37	86.00%
Absorção Específica do COD	0,0052	0,0022	0,0121	0,0019	37.30%
Temperatura (°C)	29,7	24,9	35,7	2,81	9.46%
pH	4,5	3,5	7,4	1,1	23.44%
Condutividade (mS cm <sup>-1</sup> )	0,41	0,09	1,06	0,26	63.84%
Turbidez (NTU)	26	0	136	35	134.12%
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	6,19	2,28	8,77	1,74	28.01%
Saturação do Oxigênio (%)	82	28	112	23	27.62%
Sólidos Totais Dissolvidos (g L <sup>-1</sup> )	0,258	0,056	0,681	0,163	63.17%
Salinidade	0,19	0,00	0,50	0,13	67.10%
Profundidade (m)	0,09	0,05	0,20	0,06	69.47%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

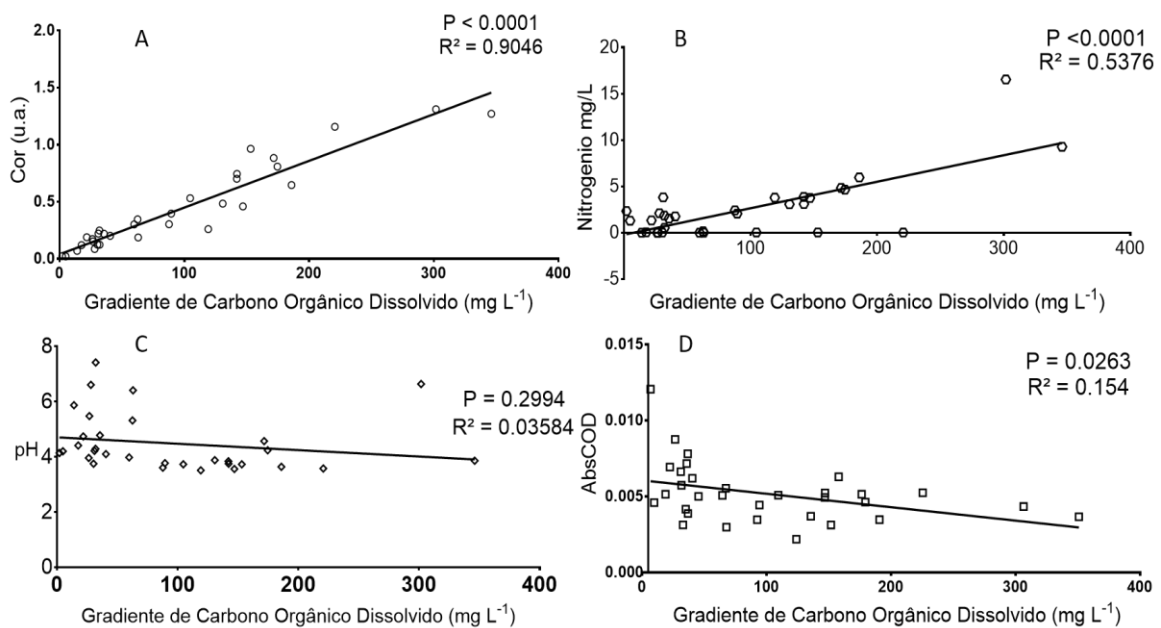
As análises de regressão linear (Figura 5) foram feitas de acordo com as variáveis destacadas no AIC. No caso do COD e da cor foi uma relação positiva e significativa ( $p < 0,0001$ ), quanto maiores forem os valores de COD, maiores serão os de cor (Figura 4; Figura 5-A). Outra variável de forte correlação positiva com o COD é o nitrogênio total (Figura 5-B).

Figura 4 - Gradiente de cor das amostras de ambientes aquáticos da Planície Costeira Norte Fluminense, em janeiro de 2017.



Fonte: Fotografias pelo próprio autor.

Figura 5 - A-D - Regressões lineares utilizando o teste AIC para teste de significância. A - Relação linear entre o carbono orgânico dissolvido e a cor ( $p < 0,0001$  e  $r^2 = 0,9046$ ). B - Relação entre o COD e o nitrogênio total ( $p < 0,0001$  e  $r^2 = 0,5376$ ). C - Relação entre o carbono orgânico e o pH ( $p = 0,3000$  e  $r^2 = 0,0358$ ). D - Relação do carbono orgânico com a absorvância específica do COD – AbsCOD ( $p = 0,0263$  e  $r^2 = 0,1540$ ) em 32 ambientes aquáticos da restinga Norte Fluminense em janeiro de 2017.



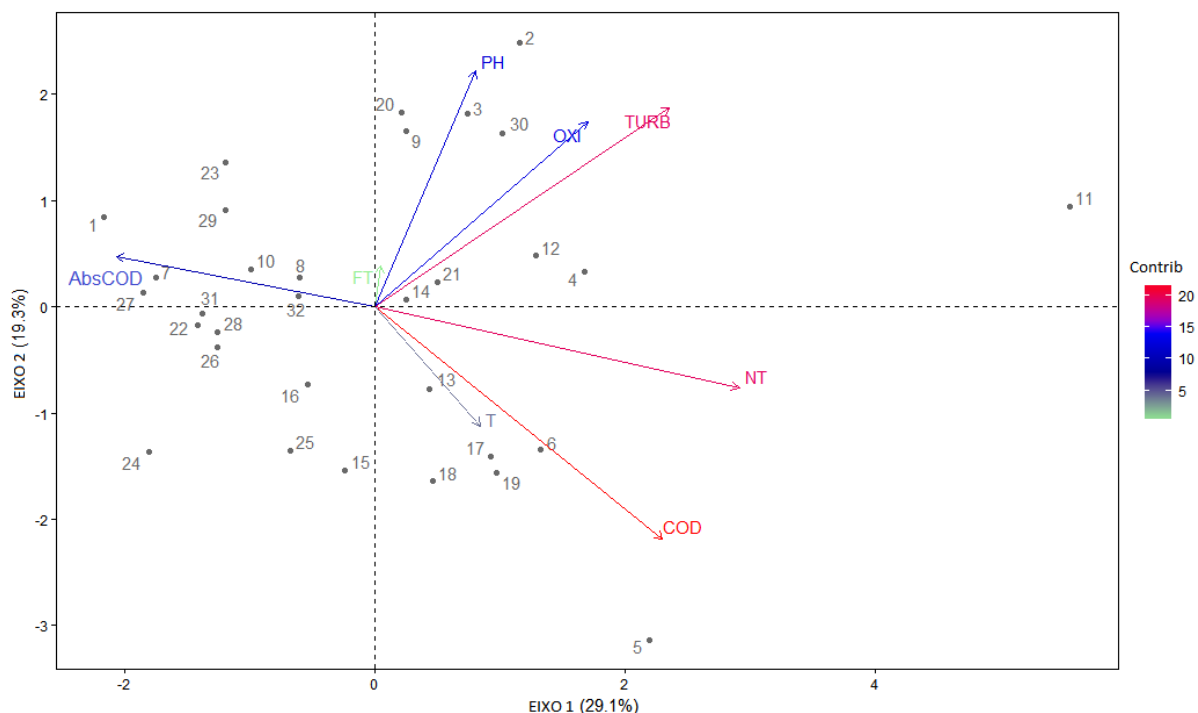
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os valores de pH não apresentaram relação significativa com os de COD, apesar de não significativo ( $p = 0,3000$ ), ainda assim, houve uma tendência decrescente ao longo do gradiente

(Figura 5-C). Uma relação negativa significativa ( $p=0,0263$ ) existe entre a Absorbância específica do material húmico e o COD (Figura 5-D). O COD foi a variável de maior influência na variação das características ambientais e da comunidade, de forma direta ou indireta. O COD influenciou principalmente as variações de cor, de pH, da Absorbância específica do COD, do nitrogênio total e da turbidez.

Foi realizada uma análise de componentes principais (ACP) onde procuramos ver as principais relações entre a distribuição dos locais de coleta e suas características ambientais (Figura 6). Na ACP, os valores acumulados até o eixo 2 somaram 45% de explicação da variação dos dados ambientais – eixos 1 e 2 explicaram respectivamente 29,1% e 19,3%. As variáveis que melhor explicam o eixo 1 são o COD, Nitrogênio Total e Turbidez, já para o eixo 2, é a Turbidez e o pH. Através da ACP, pudemos ver também a distribuição dos locais de amostragem de acordo com o gradiente de COD: o ponto 5, por exemplo, é o local com maior concentração de COD ( $346 \text{ mg L}^{-1}$ ) e o ponto 1 com a menor concentração ( $2 \text{ mg L}^{-1}$ ). Ou seja, os locais no lado positivo do eixo 1 (à direita) representam os ambientes mais húmicos e os do lado negativo do eixo 1 (à esquerda) representam os de menores concentrações de COD.

Figura 6 - Análise da distribuição dos locais de coleta de acordo com as variáveis ambientais. O EIXO 1 explicando a maior parte da variação (29%) da distribuição dos pontos e o EIXO 2 (19%) da variação. O EIXO 1 é composto principalmente pelo carbono orgânico dissolvido (COD - vermelho, nitrogênio total (NT - magenta) e turbidez (TURB - magenta). O EIXO 2 é composto principalmente pelo pH (pH - azul), junto com a turbidez (TURB - magenta) e oxigênio (OXI - azul). As setas indicam a sua contribuição para a variação dos pontos, o vermelho (maior contribuição), azul (média contribuição) e o verde (baixa contribuição). Temperatura (T) e fósforo total (PT) são as variáveis de menor efeito.



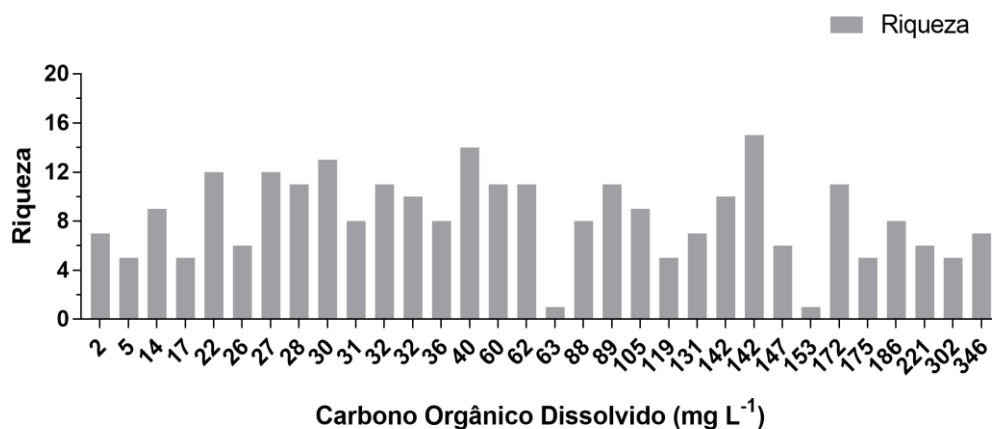
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Já para o pH, principal variável responsável pela distribuição de pontos no eixo 2, os pontos acima (lado positivo do eixo 2) representam os locais com maiores valores de pH, enquanto os pontos abaixo (na região negativa do eixo 2) representam os locais com menores valores. O ponto 2 apresentou um dos maiores valores de pH (6,6) e o ponto 25 um dos menores valores desta variável (3,6). Além disso, a posição dos pontos é o resultado da influência entre diversas variáveis, sendo assim, as posições dos valores extremos de alguns pontos não se encontram na posição ao final dos vetores indicados (setas) como por exemplo o ponto 20 cujo pH foi o maior registrado (7,4) e o ponto 4, o menor pH (3,5), esses pontos são explicados juntamente com outras variáveis que acabam reposicionando-os na representação gráfica da ACP. Em relação ao ponto 11, ele possui os maiores valores de turbidez e de nitrogênio total, explicando sua posição geométrica no centro dos dois vetores. Assim, de acordo com o objetivo inicial do trabalho, podemos ver uma heterogeneidade dos ambientes da restinga com foco no gradiente de COD.

#### 4.2. Comunidade de Amebas Testáceas

As amostragens indicaram uma média de  $8,38 \pm 3,41$  espécies por ambiente e uma densidade média de  $152 \text{ ind. L}^{-1}$  entre todos os pontos de coleta. Nos gráficos abaixo demonstramos a riqueza (Figura 7) entre os ambientes e os índices de diversidade (Shannon –

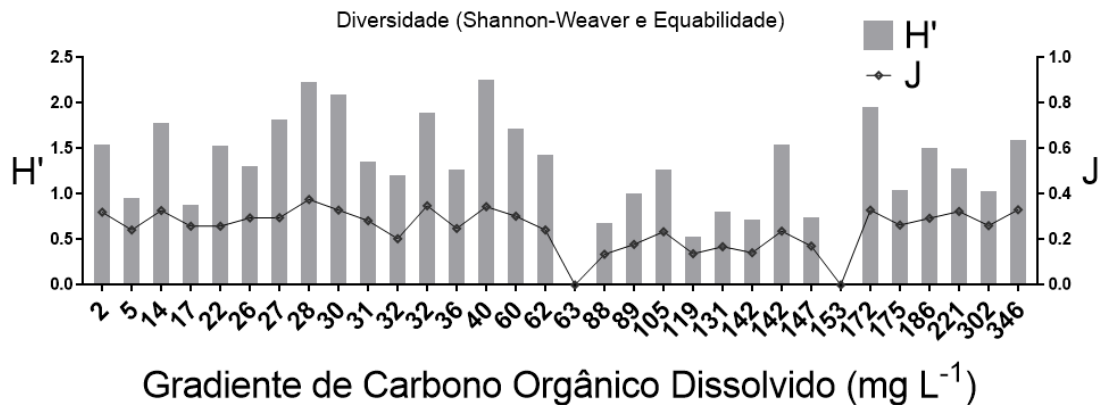
Figura 7 – Riqueza da comunidade de amebas testáceas ao longo dos pontos de coleta na restinga do Norte Fluminense ordenadas no sentido crescente do gradiente de carbono orgânico dissolvido em Janeiro de 2017.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

H' e Equabilidade - J) nos pontos de amostragem, ao longo do gradiente de COD (Figura 8).

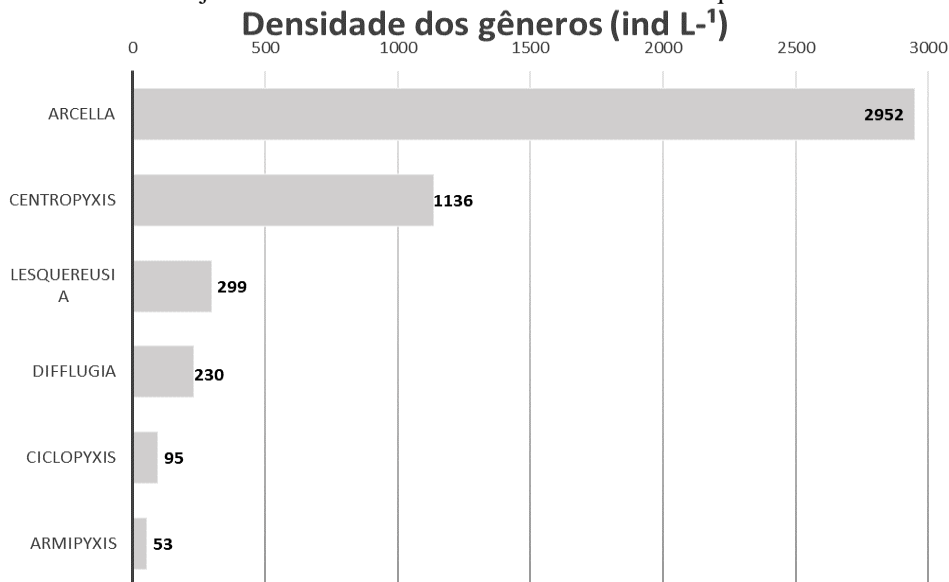
Figura 8 - Índices de Shannon e de Equabilidade das amebas testáceas ao longo dos pontos de coleta na restinga do Norte Fluminense ordenadas no sentido crescente do gradiente de carbono orgânico dissolvido em Janeiro de 2017.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os indivíduos encontrados são pertencentes às ordens **Arcellinida** Kent 1880 e **Euglyphida** Copeland 1956. Foram encontradas 7 famílias pertencentes a Arcellinida e 2 famílias pertencentes a Euglyphida, totalizando 9 famílias com 18 gêneros e 89 morfoespécies no total. Os gêneros de maior densidade em todos os locais de coleta foram *Arcella*, *Centropyxis*, *Lesquereusia* e *Diffflugia* (Figura 9).

Figura 9 - Densidade de tecamebas por gênero em ambientes aquáticos da restinga do Norte Fluminense em janeiro de 2017. Gêneros com densidade maior que 50 ind.  $\text{L}^{-1}$ .



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No presente estudo, o gênero *Arcella* foi composto por 23 espécies e foi o grupo de maior densidade entre todos os locais de coleta (2952 ind.  $\text{L}^{-1}$ ). As espécies que contribuíram para esta alta densidade do gênero foram *Arcella peruviana* (1235 ind.  $\text{L}^{-1}$ ) e *Arcella hemisphaerica* (780 ind.  $\text{L}^{-1}$ ). O gênero com a segunda maior densidade foi *Centropyxis*, com as espécies *C. aculeata* (285 ind.  $\text{L}^{-1}$ ) e *C. spinosa* (273 ind.  $\text{L}^{-1}$ ). A figura 10 mostra as espécies

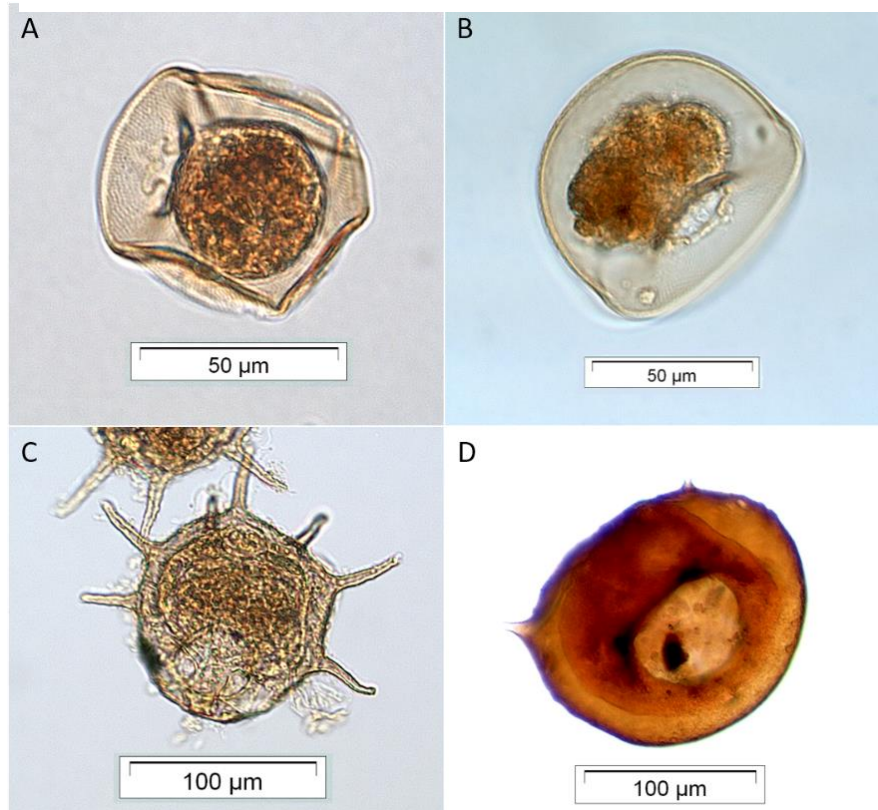
com os maiores valores de densidade (maior que 50 ind. L<sup>-1</sup>) entre todos os pontos de coleta. Na figura 11 estão imagens dos 4 táxons mais abundantes encontrados no trabalho. Alguns táxons encontrados são novas ocorrências para o Brasil e algumas espécies não conseguimos identificar com a literatura disponível. A lista completa com as espécies encontradas está no anexo 1. No anexo 2 foram montadas pranchas com imagens das espécies mais abundantes, algumas raras, e que não foram identificadas até nível de espécie. Não foi possível ter imagem de todas as espécies identificadas.

Figura 10 - Densidade de espécies de tecamebas (ind. L<sup>-1</sup>) em ambientes aquáticos da restinga do Norte Fluminense em janeiro de 2017. Somente espécies com densidade maior que 50 ind. L<sup>-1</sup> foram mostradas.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 11 - Imagem em microscopia optica de exemplares das 4 espécies de maior densidade em todos os pontos de coleta dos ambientes aquáticos do Norte Fluminense em Janeiro de 2017. A – *Arcella peruviana*, B- *Arcella hemisphaerica*, C – *Centropyxis hirsuta*, D – *Centropyxis aculeata*.



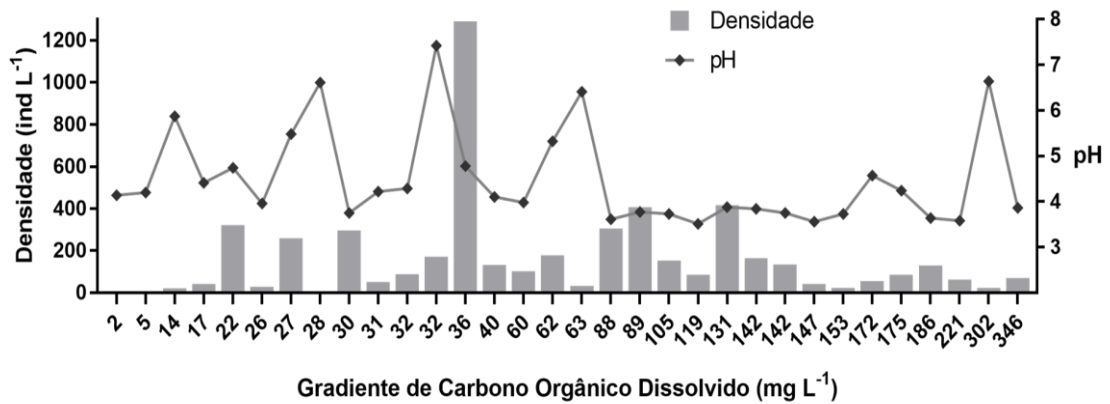
Fonte: Fotografado pelo próprio autor.

#### 4.3 Comunidades de Amebas Testáceas e as variáveis ambientais.

Não foi possível observar um padrão de variação da densidade total da comunidade de amebas testáceas ao longo do gradiente de COD (Figura 12). Porém, foi possível observar uma resposta quando a comunidade foi considerada ao nível de gêneros e espécies. A figura 18 (pág. 39) apresenta a composição da comunidade em nível de gênero para melhor visualizar a frequência relativa entre os grupos ao longo do gradiente de COD.

Com o objetivo de melhor entender esta relação, utilizamos técnicas estatísticas que procuraram identificar quais espécies poderiam ser indicadoras de uma determinada faixa do gradiente de COD e também experimentamos com o pH.

Figura 12 - Relação da densidade de indivíduos com o gradiente de COD e a variação de pH durante a coleta Janeiro de 2017 em ambientes aquáticos costeiros do Norte Fluminense.



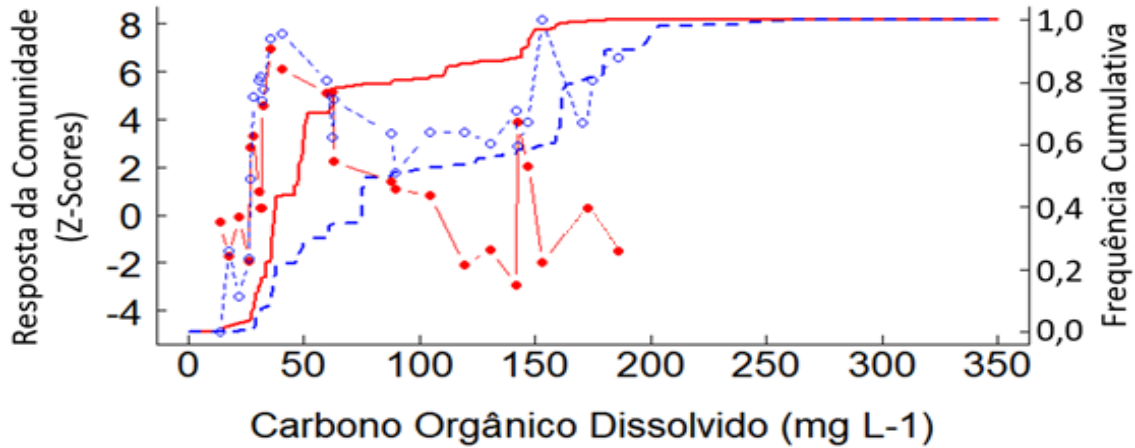
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A análise tradicional de espécies indicadoras, IndVal (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998), não identificaram uma relação das espécies com o gradiente de COD. Por este motivo, buscamos uma metodologia alternativa como a análise de táxons indicadores de limiar (TITAN – BAKER; KING, 2010). Ela respondeu melhor à nossa hipótese, pois se adequa melhor ao nosso desenho amostral. A partir da comunidade amostrada, a análise identifica quais espécies melhor explicam as variações dentro do gradiente escolhido. Esta análise só pode ser realizada com espécies com ocorrência em 3 locais ou mais e todos os gráficos apresentados, com as espécies indicadoras e os de limiares seguem valores de confiabilidade e de pureza acima de um mínimo aceitável (0,8) para esse trabalho, mesmo sendo um trabalho de natureza exploratória.

Na figura 13 observamos uma resposta negativa e positiva ao aumento da concentração de COD nos ambientes estudados. As respostas negativas (em vermelho) se acumulam dentro de um trecho (25 mg L<sup>-1</sup> a 70 mg L<sup>-1</sup>), demonstrando uma resposta sincrônica negativa de várias espécies, devida ao aumento do COD em uma faixa menor de concentração. Já a resposta positiva (em azul) é difusa, pois ela vai se acumulando ao longo do gradiente e isto quer dizer que as espécies respondem em limiares diferentes a esse aumento.



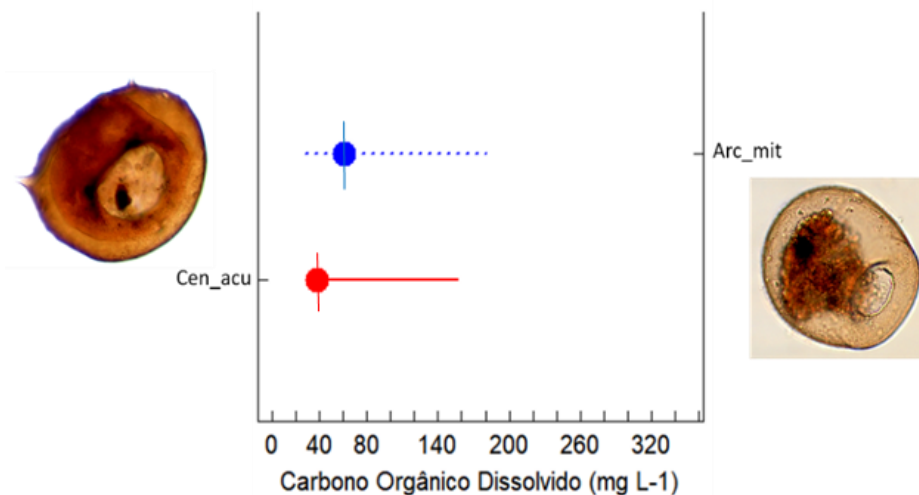
Figura 13 - Respostas das espécies aos limiares (pontos de mudança) ao aumento do carbono orgânico dissolvido. As linhas de cor vermelha significam uma relação negativa ao aumento do gradiente e as linhas de cor azul significam uma resposta positiva ao aumento do gradiente. As linhas com ponto e traço são respostas pontuais ao longo do gradiente, já a linha cheia ou tracejada é o somatório das respostas, sendo quanto mais íngreme, maior sincronicidade das espécies a essas mudanças.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Adicionalmente, foram encontradas duas espécies que possuem alta confiabilidade como indicadoras do limiar do gradiente. Essas duas espécies responderam de forma significativa ( $p < 0,05$ ) tanto negativamente quanto positivamente. Ou seja, *A. mitrata* é mais frequente e em maior densidade nos ambientes com valores maiores que  $50 \text{ mg L}^{-1}$ , já *C. aculeata*, tem um ambiente mais favorável em valores menores do que  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 14).

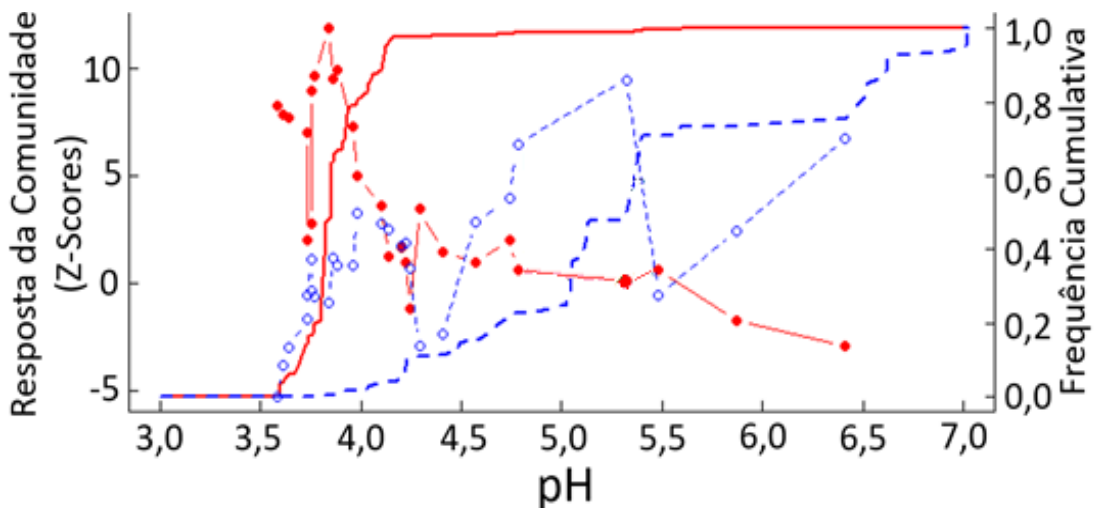
Figura 14 - Espécies com maiores valores de indicação, tanto positiva (azul) quanto negativa (vermelha) ao longo do gradiente, aonde está o centro (traço vertical) do círculo é o ótimo pela alta abundância, encontrado pela análise, com sua ocorrência, em menor abundância, nas linhas.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

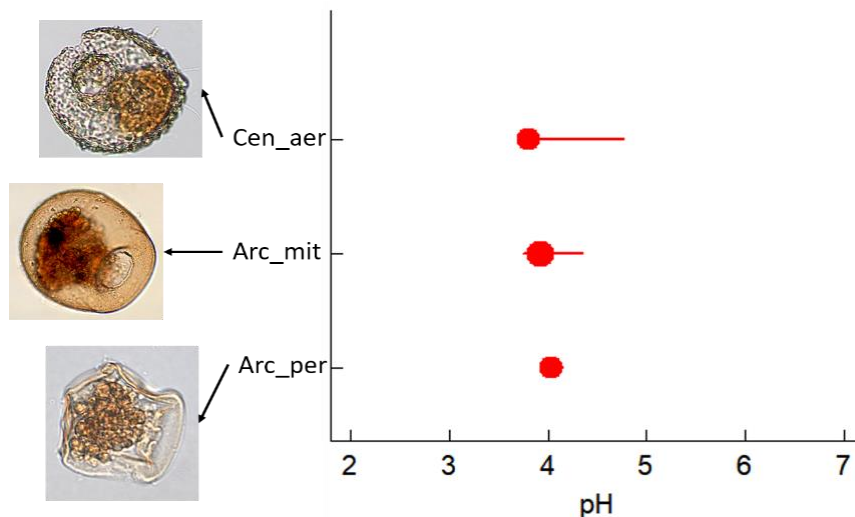
Para o pH, também observamos respostas positivas e negativas, porém, as respostas positivas possuem uma baixa confiabilidade. As respostas negativas têm um grande sincronismo entre os valores de 3,5 e 4,0 de pH, nos quais todas as espécies que respondem negativamente ao aumento do pH estão nessa faixa (Figura 15). Sendo assim, identificamos 3 espécies indicadoras desta faixa de pH (Figura 16): *Centropyxis aerophila* (pH 3,8 – 5,0), *Arcella mitrata* (pH 3,8 – 4,5) e *A. peruviana* (pH 4,0).

Figura 15 -Respostas das espécies aos limiares (pontos de mudança) ao aumento do pH. As linhas de cor vermelhas significam uma relação negativa ao aumento do gradiente e as linhas de cor azul significam uma resposta positiva ao aumento do gradiente. As linhas com ponto e traço são respostas pontuais ao longo do gradiente, já a linha cheia ou tracejada é o somatório das respostas, sendo quanto mais íngreme, maior sincronicidade das espécies a essas mudanças



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

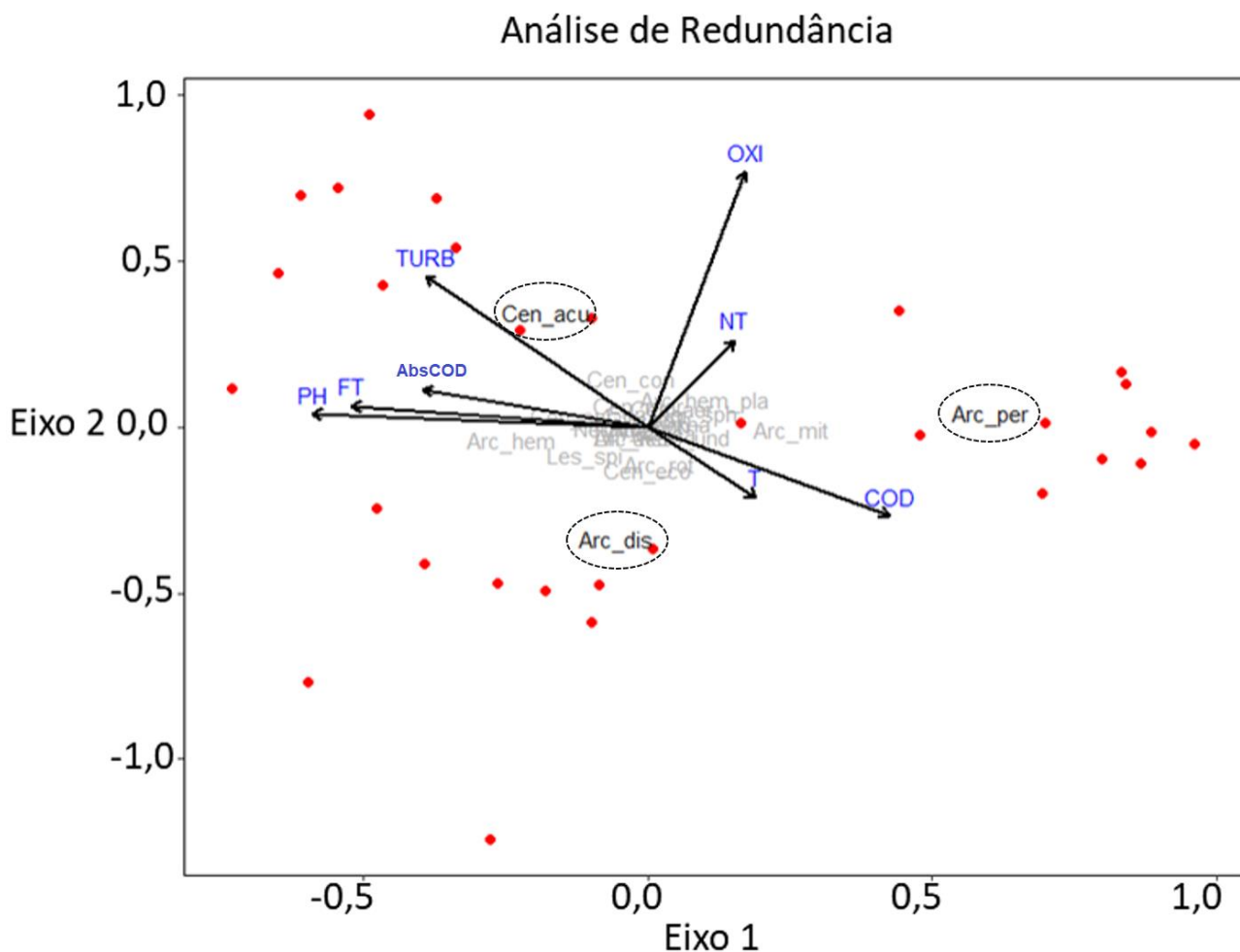
Figura 16 - Espécies de amebas testáceas indicadoras de faixas de pH nas quais são mais frequentes e abundantes. Arc\_per = *Arcella peruviana*, Arc\_mit = *Arcella mitrata*, Cen\_aer = *Centropyxis aerophila*.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

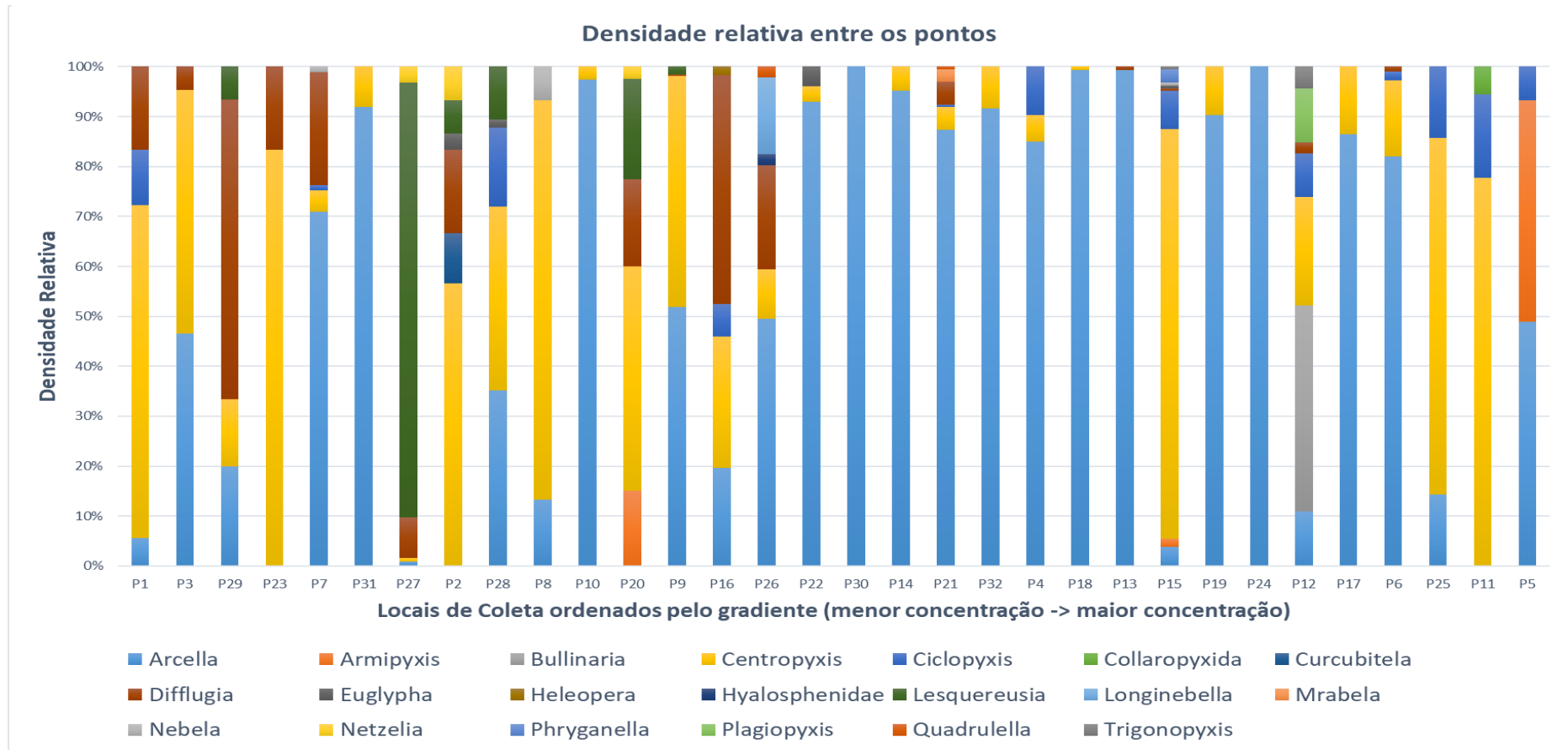
Realizamos também a análise de redundância (RDA –  $p < 0,01$ ;  $F_{(8,32)} = 1,4854$ ) somente com as espécies que foram utilizadas para a análise TITAN, cujo valor de explicabilidade foi de 34% (Figura 17). Vemos que as espécies, em sua maioria, se encontram ao centro da figura e isto nos mostra que elas, aparentemente, não sofreram quase nenhum efeito das variáveis ambientais amostradas. Porém, algumas espécies (destacadas) estão mais correlacionadas às alterações das variáveis ambientais, como por exemplo *A. peruviana* que está no lado oposto ao pH, indicando que estaria mais correlacionada aos menores valores de pH, e no mesmo sentido da seta do COD, indicando que possui correlação com valores mais altos de COD. Já *C. aculeata* está na posição oposta ao da seta do COD, indicando correlação com os menores valores.

Figura 17 - Relação das espécies de tecamebas e das variáveis ambientais na restinga do Norte Fluminense na coleta no mês de Janeiro de 2017, a representação do modelo é significativa ( $p < 0,01$ ;  $F_{(8,32)} = 1,4854$ ). As espécies aglomeradas no centro (cinza claro) não tiveram nenhuma especificidade para as variáveis. As espécies com o tom mais forte (Cen\_Acu - *Centropyxis aculeata*, Arc\_dis - *Arcella discoides* e Arc\_per - *Arcella peruviana*, destacadas no gráfico) são mais relacionadas às mudanças da variável ambiental no mesmo eixo.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 18 - Densidade relativa das amebas testáceas separadas dos gêneros em ambientes aquáticos do Norte Fluminense em Janeiro de 2017. No eixo horizontal, estão os nomes dos locais em função do gradiente de COD de 2 mg L<sup>-1</sup> (P1) até 346 mg L<sup>-1</sup> (P5). Os valores de carbono foram tratados como categóricos e por isso, o eixo está fora de escala.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## 5. DISCUSSÃO

Os ambientes aquáticos estudados na restinga Norte Fluminense apresentaram um amplo gradiente de carbono orgânico dissolvido e cor. A comunidade de TA respondeu principalmente quanto à sua composição às principais características ambientais, sendo, por exemplo, *A. peruviana*, uma espécie altamente correlacionada ao pH, e *A. mitrata* as médias e altas concentrações de COD e *C. aculeata* relacionada a ambientes com baixas concentrações de COD.

### 5.1. Variáveis Abióticas

As restingas são consideradas como um local de alta heterogeneidade ambiental (ESTEVEES et al., 2008). Elas apresentam alta heterogeneidade da composição e estrutura vegetal que influenciam diretamente nas características limnológicas dos ambientes aquáticos próximos como lagoas e poças temporárias (FARJALLA et al., 2009). Essa influência se dá pelo aporte da matéria orgânica alóctone lixiviada e/ou percolada no solo arenoso, que é encontrada nos ambientes aquáticos estudados (ESTEVEES, 2008).

Farjalla et al. (2009) também comentam sobre a formação heterogênea dos ambientes aquáticos, sobre o gradiente de salinidade que se forma na região mais próxima à costa e diferenças entre os ambientes aquáticos que são paralelos à costa e dos ambientes que se posicionam mais atrás na restinga, que possuem baixa salinidade. Também fala sobre a influência da vegetação no entorno dos ambientes aquáticos, exportando altas concentrações de COD ( $10 \text{ mg L}^{-1}$  a  $160 \text{ mg L}^{-1}$ ) para os ambientes, principalmente composto de substâncias húmicas, que afetam a transparência da água.

Além disso, Suhett et al. (2013) também demonstram que há alta heterogeneidade espaço-temporal quanto a qualidade e quantidade do COD encontrado nos ambientes aquáticos costeiros do Norte Fluminense, tornando-os importantes para os estudos sobre a influência ecossistêmica do carbono. Diferentes aspectos ambientais aumentam a heterogeneidade para cada local na restinga, como vegetação do entorno, tipo do solo, temperatura, profundidade e etc. Assim, era esperado que a restinga tivesse alta variabilidade de características ambientais, e com isso, esperávamos encontrar um gradiente de COD nos locais amostrados.

Sendo assim, buscamos uma ampla amostragem dos sistemas aquáticos, objetivando obter um gradiente de COD entre os ambientes. Esta amostragem revelou ambientes com concentrações acima daquelas obtidas em um extenso levantamento em mais de 7000 ambientes de águas continentais no planeta (SOBEK et al., 2007) e inclusive determinamos o maior valor já registrado na literatura, em um ambiente de água doce, até o momento (ponto 5 - 346 mg L<sup>-1</sup>). Sabe-se que o COD possui uma relação direta de variação com a cor da água (PACE; COLE, 2002) e desta forma, era esperado que a variação do COD influenciasse diretamente no gradiente de cor da água. Além disso, Pace e Cole (2002) também demonstram a sincronidade das alterações de COD e coloração nos ambientes. A influência na cor da água tem relação direta com a produtividade primária nestes ambientes, já que, quanto mais escura esta for, maior o sombreamento e menores são as taxas de produtividade primária pelo fitoplâncton (WILLIAMSON et al., 1999). Por esse motivo, mesmo não tendo aferido a fotossíntese, já é esperada uma diminuição dos valores de clorofila ao longo do gradiente de cor.

O COD possui uma alta correlação com o NT e a AbsCOD. No caso do NT, ele é entendido como um dos nutrientes mais importantes para a atividade de microrganismos (MITCHELL et al., 2004), porém são utilizados em suas formas orgânicas, por exemplo, nitrito, nitrato e amônia. No entanto, as substâncias húmicas que compõe a maior parte do COD, possuem alta concentração de nitrogênio em suas longas cadeias carbônicas. Dessa forma, percebemos que quanto maiores forem as concentrações de COD, maiores serão as concentrações de nitrogênio, principalmente, porque o NT pode vir de diferentes fontes, além da do COD. Outro ponto, também pode ser entendido em relação a composição do COD, em menores concentrações e, por conseguinte, ambientes mais claros, grande parte desse carbono é de fonte autóctone, produzido no próprio ambiente, que por sua vez são moléculas menores e mais lábeis, sendo mais facilmente degradado no ambiente, tanto ao efeito da luz (foto-oxidação) quanto pelos organismos heterotróficos presentes (AMARAL et al., 2013). No outro lado, o COD advindo de fonte alóctone é molecularmente mais complexo por ser originado no ambiente terrestre, o que ocasiona na entrada de moléculas mais complexas e mais difícil de serem degradadas tanto pela luz quando pelos organismos heterotróficos.

Para a relação do COD com o pH, diversos trabalhos já atestaram sua forte correlação, de forma inversamente proporcional (KLAVINS et al., 2003). Essa correlação é encontrada principalmente devido ao fato de grande parte do COD ser de SH (de 40% a 80%), que são ácidos orgânicos de origem alóctone (STEINBERG et al., 2008). Diversos trabalhos investigaram a influência desses baixos valores de pH para os microrganismos (CHARMAN;

WARNER, 1992; MITCHELL et al., 2000; BEAULNE et al., 2018). Menores valores de pH influenciam o ambiente aquático de diversas formas: na solubilidade de íons diversos, principalmente o ferro, na complexação de íons nas moléculas orgânicas e redução da diversidade de organismos zooplanctônicos (IVANOVA; KAZANTSEVA, 2006).

Outro ponto importante a ressaltar é sobre a relação dos ambientes com 3 características ambientais da região e da formação do local, como a profundidade dos ambientes, a temperatura e o oxigênio. Pela baixa profundidade dos ambientes amostrados (máximo de 0,20 m) a temperatura regional tem alta influência. Os ambientes apresentaram uma temperatura média de 29,7 °C, sendo o valor mínimo, 24,9°. O oxigênio, também influenciado pela baixa profundidade, sempre estava em altas concentrações, sendo a maioria dos ambientes próximo de 6 mg L<sup>-1</sup>. E mesmo estes resultados mais homogêneos não diminuem a heterogeneidade ambiental dos ambientes amostrados.

## 5.2. Comunidade de Amebas Testáceas

A composição da comunidade de amebas testáceas respondeu ao gradiente húmico, porém, não como o esperado na nossa hipótese, que propunha que elas iriam ter maior diversidade e densidade nos locais de concentrações intermediárias. Nosso trabalho viu que a relação da riqueza, densidade e diversidade não foi tão importante quanto a composição da comunidade. Diversos estudos utilizando as TA demonstram que a principal forma de entender a relação delas com as variáveis ambientais se dá através da composição da comunidade (SULLIVAN; BOOTH 2011). Além disso, as relações espécies-ambiente são relativamente consistentes nas localidades em que têm sido analisadas (CHARMAN, 1997; WOODLAND et al., 1998; MITCHELL et al., 2000; MITCHELL et al., 2008).

Porém, há grande dificuldade em se chegar a esse tipo de resposta da composição, por i) falta de especialistas na identificação das TA (KOSAKYAN et al., 2016); ii) trabalhos recentes, principalmente na área da taxonomia molecular, atestarem que há um déficit no conhecimento das espécies, além de mais espécies que, pelo simples fato de estarmos recentemente explorando novos habitats como também o alto número de espécies crípticas e outras problemáticas taxonômicas (KOSAKYAN et al., 2012).

Encontramos uma relação negativa diante dos valores mais elevados do gradiente de COD, reduzindo sua densidade e riqueza. Na figura 18, podemos ver a mudança de dominância dos gêneros ao longo do gradiente, sendo o gênero *Arcella* dominante dos médios até os maiores

valores de concentração de COD. Krashevskaya et al. (2010) realizaram um experimento *ex-situ* onde também identificaram que maiores que a adição de concentrações de COD como um fator que reduziu a diversidade do grupo. Sabemos que espécies em maior densidade evidenciam uma condição ideal ou ótima para aqueles grupos, significando uma comunidade estabelecida no local, provavelmente havendo uma correlação com a espécie em alta abundância e o local amostrado (MACARTHUR, 1955).

As espécies representantes do gênero *Arcella* tiveram maior abundância em todos os locais de amostragem, se destacando nos locais com maiores concentrações de COD. A espécie recentemente descrita para ambientes amazônicos, *A. peruviana*, foi a de maior densidade entre todos os pontos. Vimos que ela está correlacionada a pH baixo (4,0) e às médias e altas concentrações de COD. Este trabalho, por conta da densidade elevada encontrada desta espécie, até então desconhecida e descrita com poucos indivíduos, permitirá rever e aprofundar o entendimento da sua relação com as variáveis ambientais e da sua variabilidade morfológica. Reczuga et al. (2015) encontrou a espécie numa poça na região amazônica, descrevendo-a a partir de poucos indivíduos, e foi considerada uma espécie bandeira para a região e associada ao baixo valor de pH naquele local.

### 5.3. Comunidade de Amebas Testáceas e as Variáveis Ambientais

A estruturação desta comunidade é modulada por diversos fatores. No presente trabalho testamos essa relação com a premissa de que as espécies teriam uma resposta em densidade e riqueza ao longo do gradiente. No entanto, foi encontrada uma relação entre as morfoespécies e as variáveis ambientais. Vemos que, com o aumento da concentração do COD, junto a outras variáveis como o pH, nitrogênio total e cor, a sua composição muda. Os trabalhos atualmente voltados ao grupo de amebas testáceas, como indicadores de uma característica ambiental, têm sido feitos com foco nos níveis da tábua d'água (*Water Table Depth – WTD*, MITCHELL et al., 2008). Além disso, a maioria dos trabalhos geralmente é feita no mesmo ambiente, em campos baixos de turfeiras, de diferentes tipos, tanto ombrotróficos quanto minerotróficos (BEAULNE et al., 2018). Além disso, são poucos os trabalhos realizados nas regiões tropicais como um todo, apesar de estarem em crescimento (SCHWIND et al., 2013; SWINDLES et al., 2018b). A maior parte dos trabalhos feitos na região tropical foram realizados no estado do Paraná, em ambientes lóticos, no rio Paraná e em diversos locais ao longo dele (SCHWIND ET AL. 2013).



Nosso trabalho explorou o ecossistema de restinga nunca antes investigado para a ocorrência de TA e principalmente sua relação intrínseca com as variáveis ambientais locais, dentro de um gradiente de COD. Outros trabalhos já foram realizados também em lagoas de regiões costeiras do Brasil, na região da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, que engloba o Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Porém, nessa região não foi testada a relação do grupo com as características locais. Os trabalhos realizaram levantamentos de biodiversidade e distribuição das espécies e testaram a relação da sazonalidade em lagoas artificiais, encontrando uma mudança das espécies dominantes (LEIPNITZ et al., 2006; LEÃO et al., 2007; et al., 2009).

A maioria dos trabalhos disponíveis na bibliografia atual relacionam a comunidade de amebas testáceas aos ambientes chamados de *peatlands* (SWINDLES et al., 2014). Os *peatlands* são campos de turfeiras, com a predominância do gênero de musgo *Sphagnum* sp., onde a matéria orgânica se acumula da vegetação que morre, e então, novos indivíduos crescem (BACON et al., 2017). Existe, portanto, uma lacuna a ser explorada, uma vez que mecanismos de regulação da comunidade de amebas testáceas podem vir a ser diferente em ambientes da restinga, aqui estudados, onde a matéria orgânica é lixiviada e/ou percolada em fundo arenoso.

Respostas a gradientes ambientais não são necessariamente lineares, mas se relacionam a um determinado limiar, onde a ocorrência e abundância das espécies passa a diminuir ou aumentar. Utilizamos a análise TITAN e encontramos uma relação entre as espécies dentro do gradiente, com as principais respostas sendo do COD e do pH. Para Arvola e Tulcnen (1998), as espécies que são positivamente relacionadas ao aumento do gradiente de COD podem estar intimamente relacionadas ao aumento da disponibilidade de alimento, tanto da matéria orgânica quanto de bactérias e mostraram que na presença de algas e protozoários, o número de bactérias reduziu, demonstrando a predação destas pelos protozoários (organismos heterotróficos). Farjalla et al. (2002) apresentam que em altas concentrações de matéria orgânica e baixa produtividade primária, a alça-microbiana é mais forte nesses ambientes. Schwind et al. (2017) utilizaram a análise TITAN para testar a relação da produtividade com as TA, encontrando uma relação de mudança da composição em relação aos gradientes de fósforo total, nitrogênio total e clorofila- $\alpha$ , os quais atribuíram a relação principalmente com a maior oferta de alimento.

Em uma visão um pouco mais profunda, Foissner (2006) discute a questão do cosmopolitismo das espécies e propõe que seria errôneo afirmarmos que elas podem estar em qualquer local se as condições forem iguais. Primeiro, não é possível replicar um mesmo local para ser totalmente igual, então seriam no máximo semelhantes e manteriam suas particularidades; segundo, para afirmar isso seria necessário ter conhecimento de todas as

espécies, sua distribuição e ecologia. Farjalla et al. (2012) apresentam um trabalho em que testaram a relação do tamanho dos organismos com a distribuição dos grupos, e encontraram que a relação dos organismos com o ambiente é melhor modulada pelas condições ambientais locais, com exceção das bactérias. Sendo assim, podemos entender que TA, mesmo sendo organismos menores (entre 50  $\mu\text{m}$  e 300  $\mu\text{m}$ ), ainda assim, não estão em todos os locais. Não encontramos uma diversidade homogênea em todos os locais de coleta. O que encontramos foi uma relação de especificidade dos ambientes com um determinado grupo de espécies ou espécie. Ainda que, algumas espécies tenham aparecido em quase todos os locais, podemos pensar que não conseguimos amostrar o que modula o aparecimento daquela espécie ou espécies na região. No Ponto 27 foi encontrada a maior densidade e diversidade do Gênero *Lesquereusia*, nos locais mais claros maior prevalência de *Diffflugia*, e nos mais escuros, de *Arcella*. As espécies do gênero *Centropyxis* tiveram a maior taxa de ocorrência, demonstrando que sua distribuição na restinga foi pouco influenciada pelo gradiente.

As TA também já foram abordadas por trabalhos aplicando as análises de diversidade funcional ao grupo. Arrieira et al. (2015) encontraram que as características relacionadas à alimentação são as mais fortes na maioria das espécies identificadas, porém, as variáveis ambientais locais foram mais importantes para a distribuição das espécies porque regulavam a disponibilidade de alimento. Jassey et al. (2016) testou a relação da diversidade funcional entre diferentes grupos, os musgos, as plantas vasculares e as TA, e viu que a diversidade funcional vegetal influenciava a comunidade de TA, que poderia ser explicado pelas alterações que os grupos vegetais fazem no ambiente, alterando suas variáveis ambientais.

Nosso trabalho nos mostra que realmente há uma relação entre o grupo das TA e o gradiente de carbono orgânico dissolvido nos ambientes aquáticos. Complementarmente, para melhor entender, serão necessários experimentos sobre a relação dos indivíduos (escolhendo uma espécie modelo) com o COD. Entender a relação, principalmente das cadeias tróficas nos ambientes de altas concentrações, desde as interfaces, bactéria - DOC, para bactéria - protozoários. Trabalhos que tenham uma maior escala temporal para reforçar e confirmar a relação encontrada em nosso trabalho. Para a biodiversidade, trabalhos com o foco em análises moleculares para conhecer a biota e montar um banco de dados da diversidade em ambientes de restinga. Finalmente, modelos que possam medir a participação do grupo como decompositores na restinga. E, estudos paleoecológicos na região para melhor visitar a dinâmica da comunidade e sua relação com a matéria orgânica.

## 6. CONCLUSÃO

- As amebas testáceas responderam ao gradiente de COD quanto sua composição e densidade, alternando as espécies dominantes de acordo com a concentração em ambientes aquáticos da região da restinga no Norte Fluminense.
- As espécies do gênero *Arcella* demonstraram uma relação significativa da densidade com os ambientes mais húmicos.
- *Arcella peruviana* foi fortemente relacionada aos ambientes de baixo pH.
- O gênero *Centropyxis* é o mais amplamente distribuído nos ambientes da restinga, apesar de não ocorrer em altas densidades.

## REFERÊNCIAS

- ADL, S.M. et al. The revised classification of eukaryotes. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 59, n.5, p.429-514, 2012.
- AMARAL, J.H.F. et al. Seasonal variation and interaction of photodegradation and microbial metabolism of DOC in black water Amazonian ecosystems. **Aquatic Microbial Ecology**, v.70, n.2, p.157-168, 2013.
- ARAÚJO, D.S.D.; LACERDA, L.D. A natureza das restingas. **Ciência hoje**, v.6, n.33, p.42-48, 1987.
- \_\_\_\_\_. et al. Comunidades vegetais do Parque Nacional da restinga de Jurubatiba. In: **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998. p.39-62
- ARRIEIRA, R.L. et al. Use of functional diversity to assess determinant assembly processes of testate amoebae community. **Aquatic ecology**, v.49, n.4, p.561-571, 2015.
- ARVOLA, L.; TULCEN, T. Effects of allochthonous dissolved organic matter and inorganic nutrients on the growth of bacteria and algae from a highly humic lake. **Environment International**, v.24, n.5-6, p.509-520, 1988.
- BACON, K.L. et al. Questioning ten common assumptions about peatlands. **Mires and Peat**, v.19, n.12, p.1-23, 2017.
- BAKER, M. E.; KING, R. S. Of TITAN and straw men: an appeal for greater understanding of community data. **Freshwater Science**, v.32, n.2, p.489-506, 2013.
- BATTIN, T. J. et al. The boundless carbon cycle. **Nature Geoscience**, v.2, n.9, p.598, 2009.
- \_\_\_\_\_; KING, R. S. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. **Methods in Ecology and Evolution**, v.1, n.1, p.25-37, 2010.
- BEAULNE, J.; MAGNAN, G.; GARNEAU, M. Evaluating the potential of testate amoebae as indicators of hydrological conditions in boreal forested peatlands. **Ecological Indicators**, v.91, p.386-394, 2018.
- CHARDEZ, D. Histoire naturelle des protozoaires thécamoebiens. **Les Naturalistes Belges**, p.1-100, 1967.
- CHARMAN, D. J.; WARNER, B. G. Relationship between testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) and microenvironmental parameters on a forested peatland in northeastern Ontario. **Canadian Journal of Zoology**, v.70, n. 12, p.2474-2482, 1992.
- \_\_\_\_\_. Modelling hydrological relationships of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) on New Zealand peatlands. **Journal of the Royal Society of New Zealand**, v.27, n.4, p.465-483, 1997.
- \_\_\_\_\_.; ROE, H. M.; GEHRELS, W. R. The use of testate amoebae in studies of sea-level change: a case study from the Taf Estuary, south Wales, UK. **The Holocene**, v.8, n.2, p.209-218, 1998.
- \_\_\_\_\_. Biostratigraphic and palaeoenvironmental applications of testate amoebae. **Quaternary Science Reviews**, v.20, n.16-17, p.1753-1764, 2001.
- COLE, J. J. et al. Plumbing the global carbon cycle: integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. **Ecosystems**, v.10, n.1, p.172-185, 2007.
- DA SILVA, M. L. C. et al. Checklist comentada de *Arcella* (Arcellidae) da região litorânea do lago Paranoá, Brasil, com uma chave pictórica. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.38, n.2, p.229-240, 2016.
- SILVA-NETO, E. V.; HARDOIM, E. I.; BORGES, L. M. K. Diversidade de Testacea (Protozoa: Rhizopoda) em conteúdo estocamagal de *Hypheosbrycon callistus*

- (Boulenger, 1900) da Vazante Birici, Pantanal, Poconé - MT. In: II Simpósio sobre Recursos Naturais Sócio-econômico do Pantanal. **Anais** 1997, p. 38-39.
- DECLOITRE, L. Mises à jour au 31.12.1978 des mises à jour au 31.12.1974 concernant les genres *Arcella*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*, *Euglypha* et *Nebela*: The genera *Arcella*, *Centropyxis*, *Cyclopyxis*, *Euglypha* and *Nebela*. Supplement to the supplements closed 31.12.1974. **Archiv für Protistenkunde**, v.122, n.3-4, p.387-397, 1979.
- DEFLANDRE, G. Le genre *Arcella* Ehrenberg. **Archiv für Protistenkunde**, v.64, n.1, p.152-287, 1928.
- \_\_\_\_\_. Le genre *Centropyxis* STEIN. **Archiv für Protistenkunde**, v.67, p.322-375, 1929.
- DRUVIETIS, I. et al. Evaluation of plankton communities in small highly humic bog lakes in Latvia. **Environment international**, v.24, n.5-6, p.595-602, 1998.
- DU CHATELET, E. A. et al. The mineral composition of the tests of '*testate amoebae*' (Amoebozoa, Arcellinida): The relative importance of grain availability and grain selection. **Revue de micropaleontologie**, v.58, n.3, 141-154, 2015.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v.67, n.3, p.345-366, 1997.
- MELO, S.; SUZUKI, M.S. Variações temporais do fitoplâncton das lagoas de Imboassica, Cabiúnas e Comprida. In: ESTEVES, F. A. **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: NUPEM-UFRJ, 1998, p.177-203.
- ESTEVES, F. A. et al. Neotropical coastal lagoons: an appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. **Brazilian Journal of Biology**, v.68, n.4, p.967-981, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Fundamentos de limnologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FARJALLA, V. F. et al. DOC removal paradigms in highly humic aquatic ecosystems. **Environmental Science and Pollution Research**, v.16, n.5, p.531-538, 2009.
- \_\_\_\_\_. et al. Ecological determinism increases with organism size. **Ecology**, v.93, n. 7, p.1752-1759, 2012.
- SCHWIND, F. L. T. et al. Advances in studies on *testate amoebae* (Arcellinida and Euglyphida): a scientometric approach. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.35, p.4, p.549-555, 2013.
- FOISSNER, W. Biogeography and dispersal of micro-organisms: a review emphasizing protists. **Acta Protozoologica**, v.45, n.2, p.111-136, 2006.
- GAUTHIER-LIEVRE, L.; THOMAS, R. Les genres *Diffflugia*, *Pentagonia*, *Maghrebica* et *Hoogenraadia* (Rhizopodes testacés) en Afrique. **Archiv für Protistenkunde**, v.103, n.1-2, p.241-370, 1958.
- \_\_\_\_\_.; THOMAS, R. Le genre *Cucurbitella* Pénard. **Archiv für Protistenkunde**, v.104, n.4, p.569-602, 1960.
- GOMAA, F. et al. SSU rRNA phylogeny of Arcellinida (Amoebozoa) reveals that the largest *Arcellinid* genus, *Diffflugia* Leclerc 1815, is not monophyletic. **Protist**, v.163, n.3, p.389-399, 2012.
- \_\_\_\_\_. et al. One alga to rule them all: unrelated mixotrophic *testate amoebae* (amoebzoa, rhizaria and stramenopiles) share the same symbiont (trebouxiophyceae). **Protist**, v.165, n.2, p.161-176, 2014.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Dados Gerais das Unidades de Conservação**. Brasília, 2012.
- IVAVONA, M. B; KAZANTSEVA, T. I. Effect of Water pH and Total Dissolved Solids on the Species Diversity of Pelagic Zooplankton in Lakes: A Statistical Analysis. **Russian Journal of Ecology**, v.37, n.7, p.294-300, 2006.

- JASSEY, V. E. et al. Plant functional diversity drives niche-size-structure of dominant microbial consumers along a poor to extremely rich fen gradient. **Journal of Ecology**, v.102, n. 5, p.1150-1162, 2014.
- \_\_\_\_\_. et al. Loss of testate amoeba functional diversity with increasing frost intensity across a continental gradient reduces microbial activity in peatlands. **European journal of protistology**, v.55, p.190-202, 2016.
- JUNG, W. Illustrierte Thekamöben-Bestimmungstabellen. I. Die Systematik der Nebelinen. **Archiv für Protistenkunde**, v.95, p.357-390, 1942.
- KING, R. S.; BAKER, M. E. Use, misuse, and limitations of Threshold Indicator Taxa Analysis (TITAN) for natural resource management. In: GUNTENSPERGN, G. **Application of Threshold Concepts in Natural Resource Decision Making**, New York: Springer, p.231-254, 2014. KLAVINS, M.; RODINOV, V.; DRUVIETIS, I. Aquatic chemistry and humic substances in bog lakes in Latvia. **Boreal Environment Research**, v.8, n.2, p.113-123, 2003.
- KOSAKYAN, A. et al. COI barcoding of Nebelid *testate amoebae* (Amoebozoa: Arcellinida): extensive cryptic diversity and redefinition of the Hyalospheniidae Schultze. **Protist**, v.163, n.3, p.415-434, 2012.
- \_\_\_\_\_. et al. Current and future perspectives on the systematics, taxonomy and nomenclature of testate amoebae. **European journal of protistology**, v.55, p.105-117, 2016.
- \_\_\_\_\_. et al. Phylogenetic reconstruction based on COI reshuffles the taxonomy of hyalosphenid shelled (testate) amoebae and reveals the convoluted evolution of shell plate shapes. **Cladistics**, v.32, n.6, p.606-623, 2016.
- KRASHEVSKA, V. et al. Carbon and nutrient limitation of soil microorganisms and microbial grazers in a tropical montane rain forest. **Oikos**, v.119, n.6, p.1020-1028, 2010.
- LAMENTOWICZ M. et al. Contrasting species-environment relationships in communities of *testate amoebae*, bryophytes and vascular plants along the fen-bog gradient. **Microbial Ecology**, v.59, p.499-510, 2010.
- \_\_\_\_\_. et al. Combining short-term manipulative experiments with long-term palaeoecological investigations at high resolution to assess the response of Sphagnum peatlands to drought, fire and warming. **Mires and Peats**, v.18, n.20, p.1-17, 2016.
- LANSAC-TÔHA, F. A. et al. Structure of the testate amoebae community in different habitats in a neotropical floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v.74, n.1, p.181-190, 2014.
- LEÃO, C. J. et al. Distribuição de amebas testáceas (Protozoa, Rhizopoda) em sedimentos de um ambiente palustre da região do Capão do Leão, município de Mostardas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Gaea-Journal of Geoscience**, v.3, n. 2, p.75-86, 2007.
- LEÃO, C. J.; LEIPNITZ, I. I.; FERREIRA, F. Levantamento da biodiversidade de amebas testáceas em sedimentos de lagoas artificiais de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Bioikos**, v.23, n.1, p.39-49, 2012.
- LEIPNITZ, I. I. et al. Amebas testáceas (Protozoa, Rhizopoda) de ambientes límnicos do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS, Brasil. **Gaea-Journal of Geoscience**, v.2, n.2, p.47-58, 2006.
- LENA, H.; ZAIDENWERG, S. J. Tecamebas del delta del Paraná (Argentina). **Revista Española de Micropaleontología**, v.7, n.3, p.519-537, 1975.
- MACARTHUR, R. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. **Ecology**, v.36, n.3, p.533-536, 1955.
- MAZEY, Y.; TSYGANOV, A. N. **Freshwater testate amoebae**. Moscow: KMK, pp.302, 2006.

- \_\_\_\_\_, WARREN, A. A survey of the *testate amoeba* genus *Diffflugia* Leclerc, 1815 based on specimens in the E. Penard and CG Ogden collections of the Natural History Museum, London. Part 1: Species with shells that are pointed aborally and/or have aboral protuberances. **Protistology**, v.7, n.3, p.121-171, 2012.
- \_\_\_\_\_.; WARREN, A. A survey of the *testate amoeba* genus *Diffflugia* Leclerc, 1815 based on specimens in the E. Penard and CG Ogden collections of the Natural History Museum, London. Part 2: Species with shells that are pyriform or elongate. **Protistology**, v.8, n.4, p. 133-171, 2014.
- MITHCELL, E. A. et al. Relationships among *Testate amoebae* (Protozoa), vegetation and water chemistry in five Sphagnum-dominated peatlands in Europe. **The New Phytologist**, v.145, n.1, p.95-106, 2000.
- \_\_\_\_\_.; GILBERT D. Vertical Micro-Distribution and Response to Nitrogen Deposition of *Testate amoebae* in Sphagnum. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v.51, n.4, p.480-490, 2004.
- \_\_\_\_\_.; CHARMAN, D. J.; WARNER, B. G. *Testate amoebae* analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: past, present and future. **Biodiversity and Conservation**, v.17, n.9, p.2115-2137, 2008.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, n.6772, p.853-858, 2000.
- \_\_\_\_\_. 1988). Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. **Environmentalist**, v.8, n.(3), p.187-208, 1988..
- OGDEN, G. G.; HEDLEY, R. H. An atlas of freshwater *testate amoebae*. **Soil Science**, v.130, n.3, p.176, 1980.
- PACE, M. L.; COLE, J. J. Synchronous variation of dissolved organic carbon and color in lakes. **Limnology and Oceanography**, v.47, n.2, p.333-342, 2002.
- PAYNE, R. J. et al. Significance testing *testate amoeba* water table reconstructions. **Quaternary Science Reviews**, v.138, p.131-135, 2016.
- PORTER, S. M.; KNOLL, A. H. *Testate amoebae* in the Neoproterozoic Era: evidence from vase-shaped microfossils in the Chuar Group, Grand Canyon. **Paleobiology**, v.26, n.3, p.360-385, 2000.
- RECZUGA, M. K. et al. *Arcella peruviana* sp. nov. (Amoebozoa: Arcellinida, Arcellidae), a new species from a tropical peatland in Amazonia. **European journal of protistology**, v.51, n.5, p.437-449, 2015.
- ROCHA, C. F. D. et al. The remnants of restinga habitats in the Brazilian Atlantic Forest of Rio de Janeiro state, Brazil: habitat loss and risk of disappearance. **Brazilian Journal of Biology**, v.67, n.2, p.263-273, 2007.
- DOS SANTOS, C. C. N. **Comunidade zooplânctônica e gradientes húmicos em ecossistemas costeiros do Norte Fluminense**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- SCARANO, F. R. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, v.90, n.4, p.517-524, 2002.
- SCHWIND, F. L. T. et al. Advances in studies on *testate amoebae* (Arcellinida and Euglyphida): a scientometric approach. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.35, p.4, p.549-555, 2013.
- \_\_\_\_\_. et al. Productivity gradient affects the temporal dynamics of *Testate amoebae* in a neotropical floodplain. **Ecological Indicators**, v.78, p.264-269, 2017.
- SENESI, N.; PLAZA, C. Role of humification processes in recycling organic wastes of various nature and sources as soil amendments. **Clean–Soil, Air, Water**, v.35, n.1., p.26-41, 2007.

- SOBEK, S. et al. Patterns and regulation of dissolved organic carbon: An analysis of 7,500 widely distributed lakes. **Limnology and Oceanography**, v.52, n.3, p.1208-1219, 2007.
- SOUZA, M. B. G. **Guia das tecamebas. Bacia do rio Peruaçu–Minas Gerais**: Subsídio para conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008, p.159.
- STEINBERG, C. E. et al. Pure humic substances have the potential to act as xenobiotic chemicals-A review. **Fresenius Environmental Bulletin**, v.12, v.5, p.391-401, 2003.
- \_\_\_\_\_. et al. Dissolved humic substances—ecological driving forces from the individual to the ecosystem level. **Freshwater Biology**, v.51, n.7, p.1189-1210, 2006.
- \_\_\_\_\_. et al. Humic substances. **Environmental Science and Pollution Research**, v.15 n.2, p.128-135, 2008.
- SUHETT, A. L. et al. Natural dissolved humic substances increase the lifespan and promote transgenerational resistance to salt stress in the cladoceran *Moina macrocopa*. **Environmental science and pollution research**, v.18, n.6, p.1004-1014, 2011.
- \_\_\_\_\_. et al. Origem, concentração, disponibilidade e destino do carbono orgânico dissolvido em lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.25, n.3, p.326-340, 2013.
- SULLIVAN, M. E.; BOOTH, R. K. The potential influence of short-term environmental variability on the composition of *Testate amoeba* communities in Sphagnum peatlands. **Microbial Ecology**, v.62, n.1 p.80-93, 2011.
- SWINDLES, G. T.; ROE, H. M. Examining the dissolution characteristics of *Testate amoebae* (Protozoa: Rhizopoda) in low pH conditions: implications for peatland palaeoclimate studies. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.252, n.3-4, p.486-496, 2007.
- \_\_\_\_\_. et al. Ecology of *Testate amoebae* in an Amazonian peatland and development of a transfer function for palaeohydrological reconstruction. **Microbial ecology**, v.68, n.2, p.284-298, 2014.
- TEAM R. C. **R: A language and environment for statistical computing**. Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013, pp. 2673.
- Tranvik, L. J. et al. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. **Limnology and Oceanography**, v. 54, p.2298-2314, 2009.
- TSYGANOC A. N. et al. *Testate amoeba* transfer function performance along localised hydrological gradients. **European journal of protistology**, v.55, p.141-151, 2016.
- VELHO, L. F. M.; LANSAC-TÔHA, F. A.; SERAFIM-JÚNIOR, M. *Testate amoebae* (Rhizopodea-Sarcodina) from zooplankton of the high Paraná river floodplain, state of Mato Grosso do Sul, Brazil: I. Families Arcellidae and Centropyxidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.31, n1, p.35-50, 1996.
- \_\_\_\_\_.; LANSAC-TÔHA, F. A.; BINI, L. M. Influence of environmental heterogeneity on the structure of *Testate amoebae* (Protozoa, Rhizopoda) assemblages in the plankton of the upper Paraná river floodplain, Brazil. **International Review of Hydrobiology**, v.88, n.2, p.154-166, 2003.
- VUCETICH, M. C. Estudio de tecamebianos argentinos, en especial los del dominio pampasico. *Revista del Museo de La Plata*, v.118, p.287-322, 1973.
- WARNER, B. G.; ASADA, T.; QUINNM N. P. Seasonal influences on the ecology of *Testate amoebae* (Protozoa) in a small Sphagnum peatland in Southern Ontario, Canada. **Microbial ecology**, v.54, n.1, p.91-100, 2007.
- WEISSE, T. Distribution and diversity of aquatic protists: an evolutionary and ecological perspective. **Biodiversity and Conservation**, v.17, n.2, p.243-259, 2008.



- WETZEL R. G. **Limnology**: lake and river ecosystems. 3 .ed. United States: Elsevier, 2001, pp.1006.
- WILLIAMSON, C. E. et al. Dissolved organic carbon and nutrients as regulators of lake ecosystems: resurrection of a more integrated paradigm. **Limnology and Oceanography**, v.44, p.795-803, 1999.
- WOODLAND, W. A.; CHARMAN, D. J.; SIMS, P. C. Quantitative estimates of water tables and soil moisture in Holocene peatlands from *Testate amoebae*. **The Holocene**, v., n. (3, p.261-273, 1998.

## ANEXO 1 - LISTA DE ESPÉCIES

**Super Grupo - AMOEBOZOA Lühe, 1913, emend Cavalier-Smith, 1998****Tubulinea Smirnov em Adl et al., 2005****Ordem Arcellinida Kent, 1880 [= Testacealobosia De Saedeleer 1934]****Suborder: Sphaerothecina Kosakyan et al. 2016**

Fam. Arcellidae Ehrenberg, 1843

Gen. *Arcella* Ehrenberg, 1830

- *Arcella brasiliensis* Da Cunha, 1913
- *Arcella catinus* Penard, 1890 (*A. artocrea* Penard, 1902; *A. vulgaris* Leidy, 1879; *A. vulgaris compressa* Cash, 1905)
- *Arcella conica* (Playfair, 1918) Deflandre, 1928
- *Arcella discoides* Ehrenberg, 1843
- *Arcella discoides* type
- *Arcella excavata* Cunningham, 1919
- *Arcella gibbosa* Penard, 1890
- *Arcella hemisphaerica* Perty, 1852
- *Arcella hemisphaerica playfariana* Deflandre, 1928
- *Arcella hemisphaerica undulata* Deflandre, 1928
- *Arcella intermedia* (Deflandre, 1928) Tsyganov, Mazei, 2006
- *Arcella intermedia undulata* Deflandre, 1928
- *Arcella jeanneli* Virieux, 1913
- *Arcella megastoma* Pénard 1902
- *Arcella mitrata* Leidy, 1879
- *Arcella mitrata spectabilis* Deflandre, 1928
- *Arcella mitrata* var. *undulata*
- *Arcella peruviana* Reczuka 2015
- *Arcella rotunda* Playfair, 1918
- *Arcella rotundata* Playfair, 1917
- *Arcella* spp
- *Arcella vulgaris crenulata* Deflandre, 1928
- *Arcella vulgaris* Ehrenberg, 1930
- *Arcella vulgaris undulata* Deflandre, 1928

Fam. Netzeiliidae Kosakyan et al., 2016

Gen. *Netzelia* Ogden, 1979

- *Netzelia corona* (Wallich, 1864) Kosakyan et al., 2016a
- *Netzelia gramen* (Penard, 1902) Kosakyan et al., 2016a
- *Netzelia tuberculata* (Wallich, 1864) Kosakyan et al., 2016a

Fam. Centropyxidae Jung, 1942

Gen. *Armipyxis* Dekhtiar, 2009

- *Armipyxis discoides*
- *Armipyxis discoides solaris*

- *Armipyxis solaris*
- Gen. *Centropyxis* Stein, 1857
- *Centropyxis aculeata* Ehrenberg, 1838
  - *Centropyxis aculeata lata* Decloitre
  - *Centropyxis aculeata oblonga* Deflandre, 1929
  - *Centropyxis aerophila* Deflandre, 1929
  - *Centropyxis aerophila sphagnicola* Deflandre, 1929
  - *Centropyxis cassis* (Wallich, 1864) Deflandre, 1929 (*Diffflugia cassis* Wallich, 1864)
  - *Centropyxis constricta* (Ehrenberg, 1841) Deflandre, 1929 (*Diffflugia constricta* Ehrenberg, 1838)
  - *Centropyxis discoides* (Penard, 1890) Deflandre, 1929 (*C. aculeata discoides* Penard, 1890)
  - *Centropyxis ecornis* (Ehrenberg, 1841) Leidy, 1879 (*Arcella ecornis* Ehrenberg, 1841)
  - *Centropyxis elongata* (Penard, 1890) Thomas, 1959
  - *Centropyxis hirsuta* Deflandre, 1929
  - *Centropyxis marsupiformis* (Wallich, 1864) Deflandre, 1929 (*Diffflugia marsupiformis* Wallich, 1864)
  - *Centropyxis platystoma* (Penard, 1890) Deflandre, 1929 (*Diffflugia platystoma* Penard, 1890)
  - *Centropyxis spinosa* (Cash, 1909) Deflandre, 1929 (*C. aculeata spinosa* Cash, 1909)
  - *Centropyxis* spp
- Gen. *Collaropyxidida* Zikovic, 1975
- *Collaropyxidida* sp1
- Fam. Hyalospheniidae Schultze, 1877, emend. Kosakyan et Lara, 2012
- Gen. *Hyalosphenia* Stein, 1859
- *Hyalosphenia* spp
- Gen. *Mrabella* Kosakyan et al., 2016
- *Mrabela subcarinata* (Gautier-Lièvre 1957) Kosakyan, Lahr, Mulot, Meisterfeld, Mitchell and Lara 2016
- Gen. *Nebela* (Leidy, 1874) *sensu* Kosakyan et al., 2016
- *Nebela barbata* Leidy, 1874
  - *Nebela (Argynnia) vitrea minor*
  - *Nebela* spp
- Gen. *Longinebela* Kosakyan et al., 2016
- *Longinebella* spp
- Gen. *Quadrullella* (Cockerell, 1909) Kosakyan et al., 2016

- *Quadrullella symmetrica* (Wallich 1863) Cockerell 1909
- Fam. Plagiopyxidae Bonnet et Thomas, 1960
- Gen. *Plagiopyxis* Penard, 1910
- *Plagiopyxis* sp1
- Gen. *Bullinaria* Deflandre, 1953
- *Bullinaria indica minor*
  - *Bullinaria minor*
- Fam. Phryganellidae Jung, 1942
- Gen. *Phryganella* Penard, 1902
- *Phryganella nidulus* Penard, 1902
- Fam. Trigonopyxidae Leoblich et Tappan, 1964
- Gen. *Cyclopyxis* Deflandre, 1929
- *Ciclopyxis kahli* Deflandre, 1929 (*C. kahli cyclostoma* Bonnet et Thomas, 1959; *C. kahli oblique* Decloitre, 1969; *C. dispar* Decloitre, 1965; *C. duclis* Coûteaux et Munsch, 1978; *C. eurystoma stenostoma* Decloitre, 1953; *C. insolitus* Decloitre, 1969; *C. profundistoma* Bartos, 1963)
  - *Ciclopyxis orbicularis*
  - *Ciclopyxis* spp
- Gen. *Trigonopyxis* Penard, 1912
- *Trigonopyxis* sp1

## INCERTAE SEDIS

Gen. *Diffflugia* Leclerc, 1815

- *Diffflugia acuminata* Ehrenberg, 1838 (*D. acaulis* Perty, 1849; *D. acuminata acaulis* Perty, 1852; *D. mitriformis acuminata* Wallich, 1864)
- *Diffflugia bacillifera* Penard, 1890 (*D. pyriformis bacillifera* Levander, 1895; *D. septentrionalis bacillifera* Awerintzew, 1900)
- *Diffflugia bidens* Penard, 1902
- *Diffflugia brevicolla* Cash et Hopkinson, 1909
- *Diffflugia elegans* Penard, 1890
- *Diffflugia linearis* (Penard, 1890) Gauthier-Lievre et Thomas, 1958 (*D. pyriformis linearis* Penard, 1890)
- *Diffflugia microclaviformis* (Kourova, 1925) Ogden, 1983 (*D. oblonga microclaviformis* Kourova, 1925)
- *Diffflugia oblonga* Ehrenberg, 1838
- *Diffflugia pyriformis* Perty, 1849
- *Diffflugia schurmanni* van Oye, 1932
- *Diffflugia* spp
- *Diffflugia ventricosa* Deflandre, 1926

Gen. *Heleopera* Leidy, 1879

- *Heleopera* sp1

Gen. *Lesquereusia* Schlumberger, 1845

- *Lesquereusia globulosa* Thomas et I., Gauthier-Lievre, 1960
- *Lesquereusia modesta minima* Van Oye, 1958
- *Lesquereusia modesta* Rhumbler, 1895
- *Lesquereusia modesta truncata* Thomas et I., Gauthier-Lievre, 1960
- *Lesquereusia* sp1
- *Lesquereusia spiralis* (Ehrenberg, 1840) Butschli 1888 (*Diffflugia spiralis* Ehrenberg, 1840; *L. jurassica* Schlumberger, 1845)
- *Lesquereusia spiralis* type
- *Lesquereusia spiralis* var *arenata* Thomas et I., Gauthier-Lievre, 1960
- *Lesquereusia spiralis* var *caudata* Playfair, 1917 (Van Oye, 1958)
- *Lesquereusia spiralis* var *dentata* Decloitre, 1947

**Super- Grupo Rhizaria Cavalier-Smith, 2002**

**Cercozoa Cavalier-Smith, 1998, emend. Adl et al., 2005**

**Imbricatea Cavalier-Smith 2011 [Cavalier-Smith 2003]**

**Silicofilosea Adl et al., 2005, emend. Adl et al. 2012**

**Ordem Euglyphida Copeland, 1956, emend. Cavalier-Smith, 1997**

**Sub-Ordem Euglyphina Kosakyan et al., 2016**

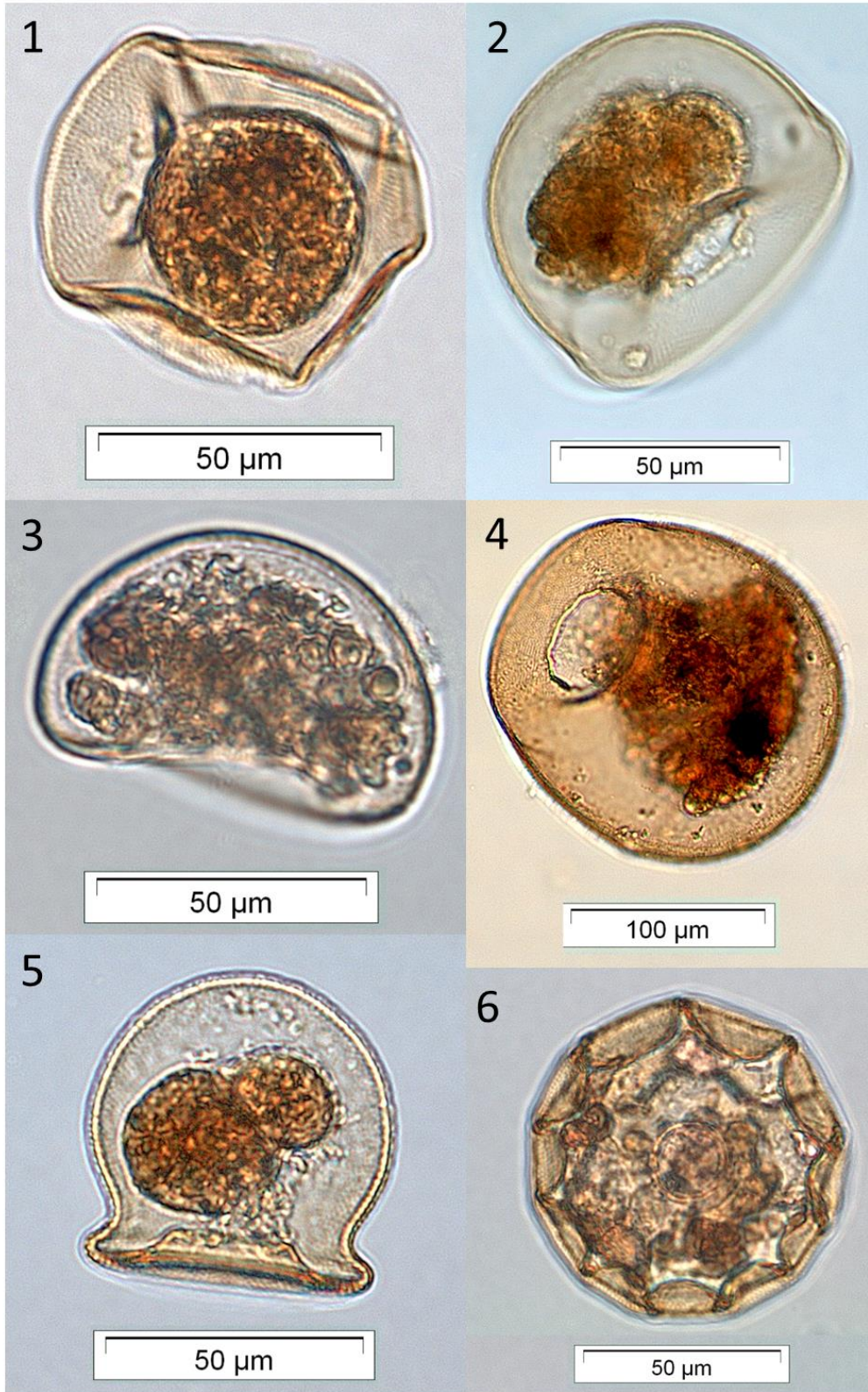
Fam. Euglyphidae Wallich, 1864, emend. Lara et al., 2007

Gen. *Euglypha* Dujardin, 1841

- *Euglypha acantophora* (Ehrenberg, 1841) Perty, 1849 (*Diffflugia acanthophora* Ehrenberg, 1841; *Diffflugia* Ehrenberg, 1871; *Diffflugia setigera acanthophora* Ehrenberg, 1871)
- *Euglypha filifera spinosa* Wailes, 1912
- *Euglypha filifera* type Penard, 1890
- *Euglypha* spp

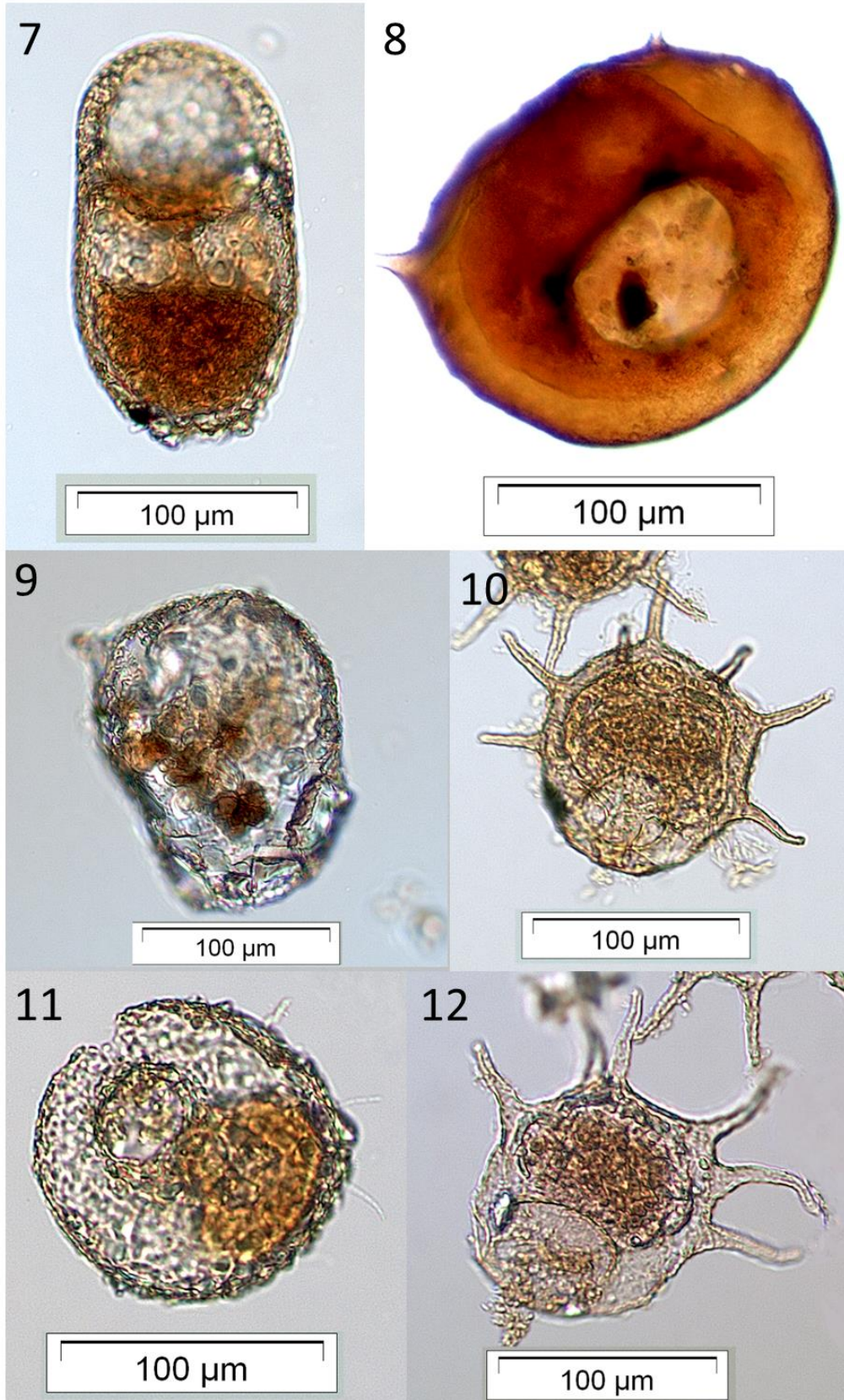
## ANEXO 2 - PRANCHAS DAS ESPÉCIES

Figura 19 – Espécies do gênero *Arcella*, de 1 a 6. 1 – *Arcella peruviana*, 2 – *A. hemisphaerica*, 3 – *A. rotundata*, 4 – *A. mitrata*, 5 – *A. jeanneli*, 6 – *A. gibbosa*.



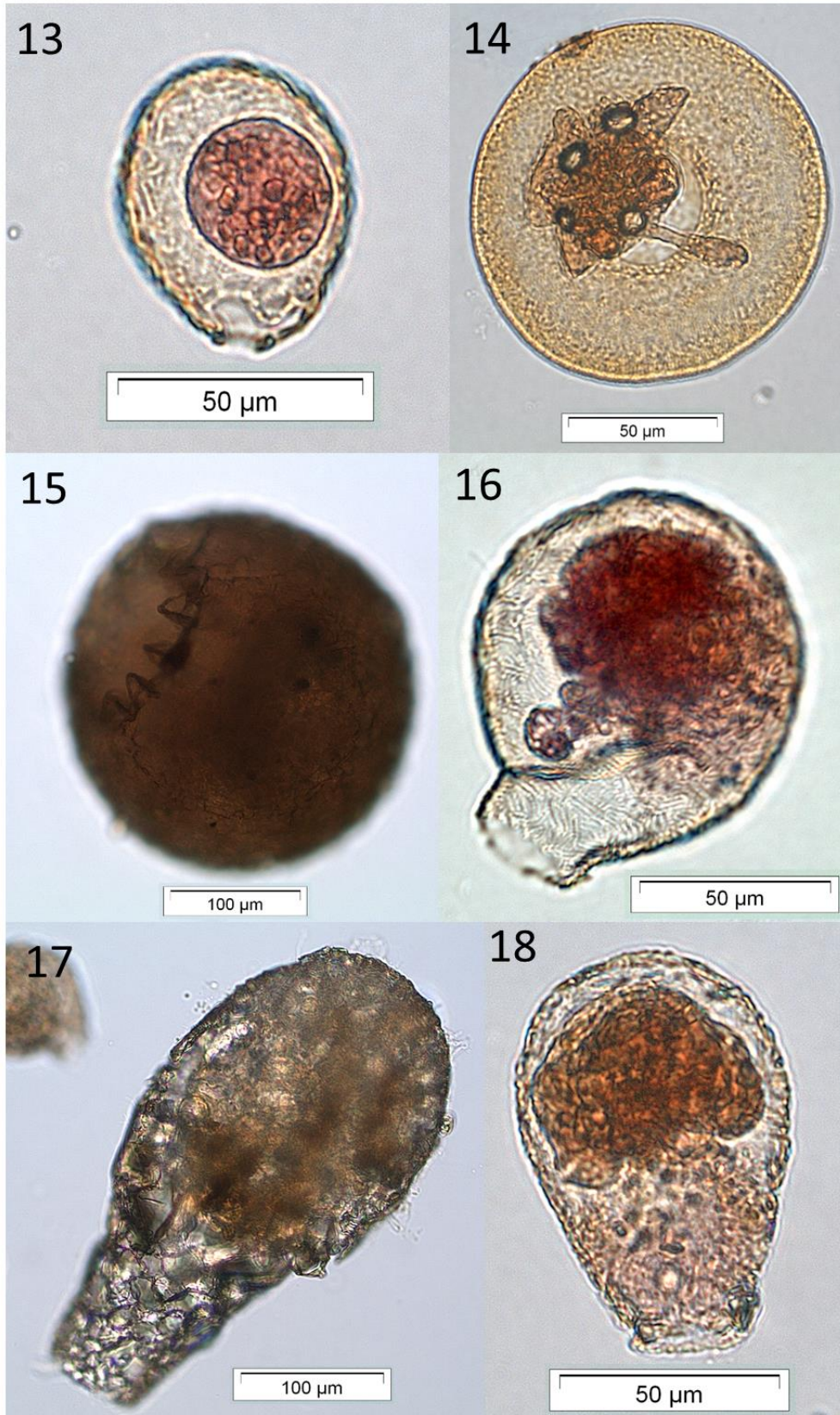
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 20 – Espécies do gênero *Centropyxis*, de 7 a 12. 7 – *Centropyxis elongata*, 8 – *C. aculeata*, 9 – *C. marsupiformis*, 10 – *C. hirsuta*, 11 – *C. ecornis*, 12 – *C. spinosa*.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

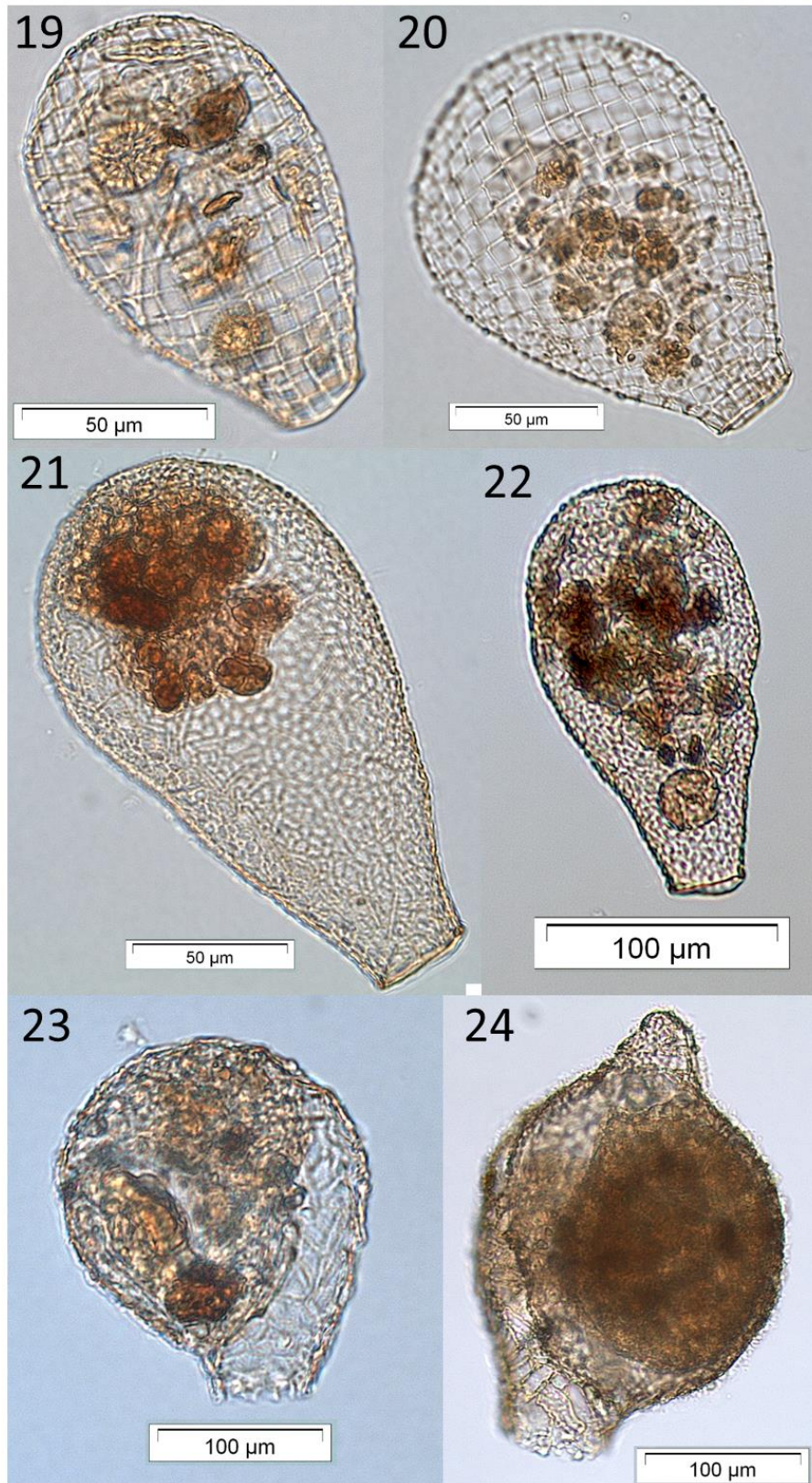
Figura 21 – 13 – *Curcubitella* sp1, 14 – *Arcella megastoma*, 15 – *Netzelia corona*, 16 – *Lesquereusia spiralis*, 17 – *Diffugia oblonga*, 18 – *Nebela (Argynnia) vítrea minor*.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

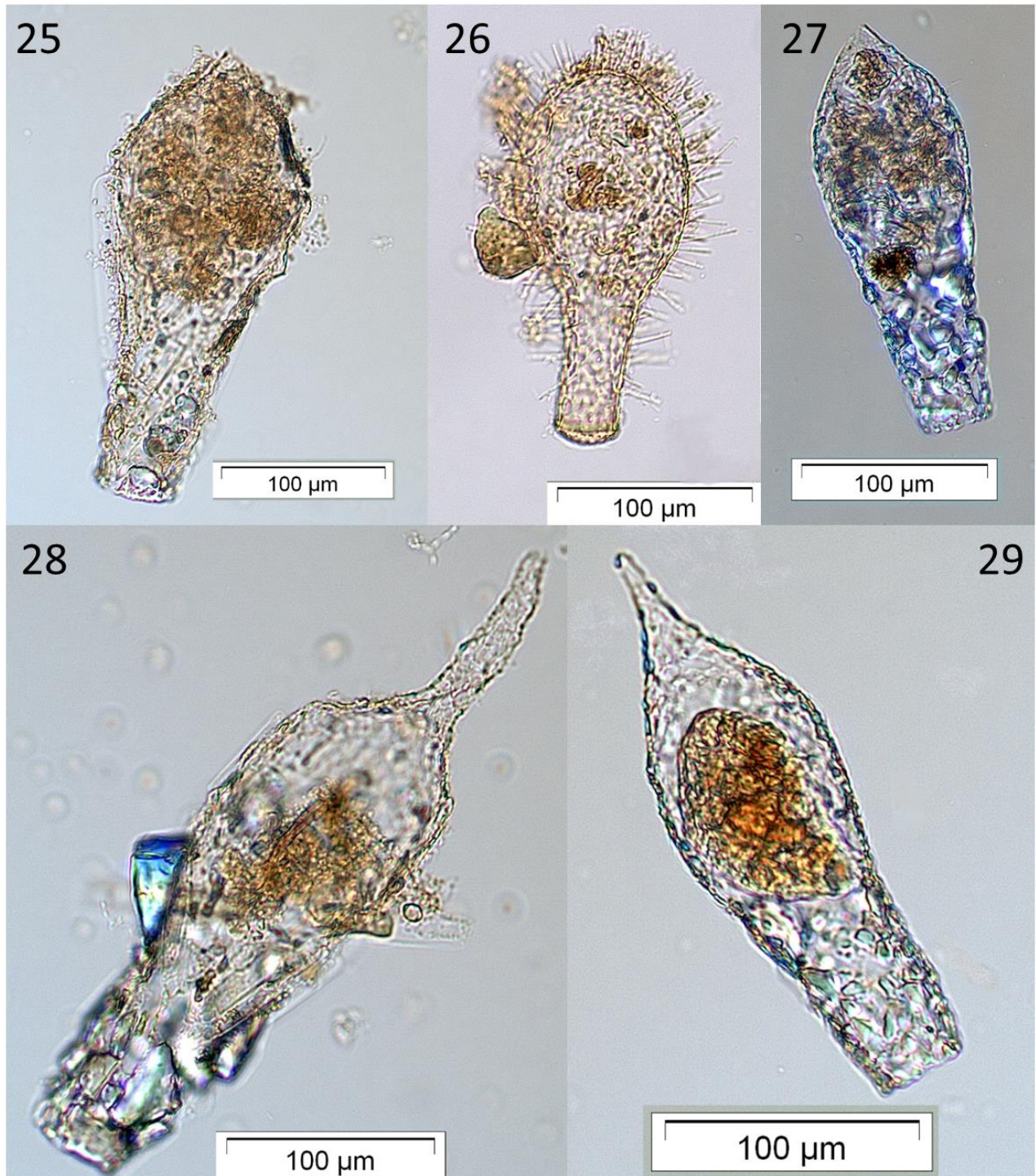


Figura 22 – Espécies da Família Hyalosphenidae (19 a 22) e as espécies do Gen. Lesquereusia (23 e 24). 19 – *Quadrullella symmetrica*, 20 – *Mrabella subcarinata*, 21 – *Longinebella* sp 1, 22 – *Nebela collaris*, 23 – *Lesqueuria modesta*, 24 – *Lesquereusia spiralis* var. *cornuta*.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 23 – Espécies do Gênero *Diffugia* e uma *Nebela* com o mesmo formato de teca, 25 a 29. 25 - *Diffugia baccilarium*, 26 - *Nebela barbata*, 27 - *Diffugia claviformis*, 28 - *Diffugia ventricosa*, 29 - *Diffugia acuminata*.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

ANEXO 3 – Tabela das espécies em diferentes faixas de concentração de carbono orgânico dissolvido.

Tabela 2 - Tabela da densidade (ind. L<sup>-1</sup>) por espécies (ou morfotipo) em diferentes faixas da Concentração (mg L<sup>-1</sup>) de COD dos ambientes aquáticos da Restinga do Norte Fluminense em Janeiro de 2017.

<b>Espécies</b>	<b>Baixa [COD] 2 - 30</b>	<b>Baixa média [COD] 31 - 50</b>	<b>Média [COD] 51 - 100</b>	<b>Média Alta [COD] 101 - 150</b>	<b>Alta [COD] 151 - 200</b>	<b>Altíssima [COD] 201 - 350</b>
<i>Arcella brasiliensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,5	5,5	0,0
<i>Arcella catinus</i>	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Arcella conica</i>	0,7	0,0	1,0	6,0	1,0	0,0
<i>Arcella discoides</i>	0,7	24,4	33,3	18,9	55,7	0,0
<i>Arcella discoides type</i>	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	2,5
<i>Arcella excavata</i>	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Arcella gibbosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
<i>Arcella hemisphaerica</i>	40,7	669,2	6,7	44,0	20,0	0,0
<i>Arcella hemisphaerica playfariana</i>	0,0	1,2	29,0	23,2	2,0	0,0
<i>Arcella hemisphaerica undulata</i>	0,0	0,0	10,0	12,3	0,0	0,0
<i>Arcella intermedia</i>	0,0	0,0	0,0	63,6	0,0	8,0
<i>Arcella intermedia undulata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
<i>Arcella jeanneli</i>	2,0	0,0	6,0	3,0	0,0	0,0
<i>Arcella megastoma</i>	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

<i>Arcella mitrata</i>	0,0	22,4	74,7	53,8	49,5	1,3
<i>Arcella mitrata spectabilis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
<i>Arcella mitrata</i> var, <i>undulata</i>	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0
<i>Arcella peruviana</i>	9,3	136,0	527,7	553,8	0,0	8,0
<i>Arcella rotunda</i>	0,0	4,0	0,0	0,3	0,0	0,0
<i>Arcella rotundata</i>	4,0	0,0	140,7	2,0	0,0	0,0
<i>Arcella</i> spp	170,0	0,0	0,0	0,0	30,1	5,0
<i>Arcella vulgaris</i>	12,0	6,6	2,0	0,0	12,5	0,0
<i>Arcella vulgaris crenulata</i>	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
<i>Arcella vulgaris undulata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Armipyxis discoides</i>	0,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Armipyxis discoides solari</i>	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
<i>Armipyxis solaris</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7
<i>Bullinaria indica minor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0
<i>Bullinaria minor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
<i>Centropyxidae</i>	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,7
<i>Centropyxis acuelata lata</i>	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Centropyxis aculeata</i>	24,7	196,9	12,0	48,5	3,1	0,0

<i>Centropyxis aculeata oblonga</i>	0,0	27,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Centropyxis aerophila</i>	4,1	10,6	6,0	10,4	0,0	0,0
<i>Centropyxis aerophila sphagnicola</i>	0,0	0,7	0,0	0,0	17,9	0,0
<i>Centropyxis cassis</i>	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Centropyxis constricta</i>	0,0	12,0	0,0	0,0	11,0	8,0
<i>Centropyxis discoides</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Centropyxis ecornis</i>	0,7	3,3	1,0	3,2	0,0	27,5
<i>Centropyxis hirsuta</i>	0,0	336,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Centropyxis marsupiformis</i>	0,0	42,0	4,0	0,0	0,0	0,0
<i>Centropyxis platystoma</i>	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Centropyxis spinosa</i>	0,0	184,9	23,0	59,3	6,0	0,0
<i>Centropyxis spp</i>	6,1	2,0	0,0	0,4	0,0	10,7
<i>Ciclopyxis khali</i>	3,3	47,0	2,0	9,3	6,2	0,0
<i>Ciclopyxis orbicularis</i>	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ciclopyxis spp</i>	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	13,5
<i>Collaropyxida sp1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
<i>Curcubitela sp1</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia acuminata</i>	20,0	30,0	0,0	0,0	1,1	0,0
<i>Diffflugia bacillifera</i>	10,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia bidens</i>	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia brevicolla</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

<i>Diffflugia elegans</i>	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia gramen</i>	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia linearis</i>	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia microclaviformis</i>	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia oblonga</i>	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia piriformis</i>	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia schurmanni</i>	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia spp</i>	6,7	11,3	25,0	1,7	1,0	0,0
<i>Diffflugia tuberculata</i>	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diffflugia ventricosa</i>	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euglypha acantophora</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euglypha filifera spinosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
<i>Euglypha filifera type</i>	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0
<i>Euglyphidae</i>	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Heleopera sp1</i>	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Hyalosphenidae sp1</i>	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia globulosa</i>	46,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia modesta</i>	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia modesta minima</i>	6,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia modesta truncata</i>	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia sp1</i>	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0

<i>Lesquereusia spiralis</i>	54,7	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia spiralis</i> type	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia spiralis</i> var, <i>arenata</i>	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia spiralis</i> var, <i>caudata</i>	82,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Lesquereusia spiralis</i> var, <i>dentata</i>	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Longinebella spp</i>	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mrabela subcarinata</i>	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nebela barbata</i>	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
<i>Nebela spp</i>	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nebela_Argynnia_vitrea</i> <i>minor</i>	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Netzelia corona</i>	8,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Phryganella nidulus</i>	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0
<i>Plagiopyxis sp1</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0
<i>Quadrullella symmetrica</i>	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
<i>Trigonopyxis sp1</i>	0,0	0,0	0,0	0,7	2,0	0,0

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.