UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

NATÁLIA CRISTINA SOUZA DA COSTA

Efeitos da qualidade da água sobre a estrutura da assembleia de copépodos e cladóceros no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia.

Salvador

2016

NATÁLIA CRISTINA SOUZA DA COSTA

Efeitos da qualidade da água sobre a estrutura da assembleia de copépodos e cladóceros no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Júnior.

Salvador

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

NATÁLIA CRISTINA SOUZA DA COSTA

EFEITOS DA QUALIDADE DA ÁGUA SOBRE A ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE COPÉPODOS E CLADÓCEROS NO ESTUÁRIO DO RIO JEQUITINHONHA, BAHIA.

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Júnior - Orientador

Instituto de Biologia – UFBA

Prof. Dr. Doriedson Gomes

Instituto de Biologia - UFBA

Dra. Angélica Yohana Cardozo Vargas

Instituto de Biologia - UFBA

Salvador

2016

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, aos meus pais, a quem devo tudo que tenho e o que sou hoje. Amo muito vocês.

À memória do meu avô, Argemiro, que apesar de ter partido cedo, conseguiu me ensinar o verdadeiro significado do amor e de ser amado por alguém.

Ao meu orientador, Dr. Paulo Mafalda Jr,, que permitiu a realização dessa monografia, pela paciência, dedicação, apoio e conhecimentos transmitidos a mim.

A todos os Professores que muito me ensinaram, e demais funcionários da faculdade que estiveram a minha disposição quando precisei.

Aos membros da banca examinadora, pela presença na defesa e avaliação deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de curso, em especial: Lílian, Laila, Adriane, Laura, Thaise, Renato, Lucas, Mário, Márcio e a todos os outros que estiveram comigo ao longo desta trajetória e que me permitiram vivenciar momentos inesquecíveis.

Aos meus grandes amigos de longas datas, Laís, Tamine, Jéssica, Luiz, Thiago, Arthur, pelos bons momentos e por estarem sempre por perto quando precisei.

Ao meu companheiro de todas as horas, Júlio, por todo o apoio, carinho, paciência e por sempre me fazer acreditar que posso ir mais longe e que sou forte o bastante para alcançar os meus sonhos.

À todos que não citei, mas que de alguma forma fizeram parte dessa minha jornada na UFBA, o meu muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência dos efluentes lançados por uma fábrica de celulose sobre a estrutura da assembleia de copépodos e cladóceros presente no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia. As coletas de água e zooplâncton foram realizadas nos períodos de verão e inverno, entre os anos de 2009 e 2012, em duas estações amostrais localizadas no encontro do rio com o mar e próximo à foz do rio, respectivamente. Em cada estação, foram coletados dados hidroquímicos (como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos totais dissolvidos, óleos e graxas, fenóis, carbono orgânico total, halometanos, sulfato, alumínio, cálcio, cloro, ferro, fósforo, nitrogênio, sódio, coliformes totais e coliformes termotolerantes), além do zooplâncton, utilizando rede cônica de malha 200 µm e diâmetro de boca 60cm. A composição da assembleia zooplanctônicas foi similar a de outras regiões estuarinas, encontrando-se 24 taxa de copépodos e 13 de cladóceros, que apresentaram representantes límnicos, estuarinos e marinhos. Durante esta série temporal, analisada ao longo de 4 anos, a assembleia de copépodos foi mais abundante que a assembleia de cladóceros. Não foi verificada variabilidade espacial nas variáveis hidroquímicas entre as duas estações de amostragem, provavelmente porque elas estão sujeitas ao mesmo tipo e intensidade de impacto e forçantes ambientais. A variabilidade temporal verificada nas assembleias de copépodos e de cladóceros foi consequência da menor qualidade da água observada em 2009, devido ao maior impacto ambiental hidroquímico estuarino promovido pelos efluentes da fábrica de celulose neste ano, e também da sazonalidade existente entre o verão e o inverno.

Palavras-chave: cladóceros, copépodos, estuário, fabrica de celulose.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
1.1. ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA 1
1.2. AMBIENTE ESTUARINO E SUAS RELAÇÕES COM O ZOOPLÂNCTON 2
1.3. FÁBRICA DE CELULOSE E SEUS EFLUENTES 3
1.4. ÁREA DE ESTUDO 4
2. OBJETIVOS 5
3. METODOLOGIA 5
3.1. AMOSTRAGEM 5
3.2. TRATAMENTO DAS AMOSTRAS 7
3.3. TRATAMENTO DOS DADOS 7
3.3.1. ABUNDÂNCIA RELATIVA PERCENTUAL (%) 7
3.3.2. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA PERCENTUAL (FO%) 7
3.3.3. DENSIDADE 8
3.3.4. ANÁLISE INFERENCIAL 8
3.3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA 8
3.3.5.1. ANÁLISE DE COMPONETES PRINCIPAIS (PCA) 8
3.3.5.2. ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA) 9
4. RESULTADOS 9
4.1. VARIÁVEIS HIDROQUÍMICAS 9
4.1.1. TEMPERATURA 9
4.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO 10
4.1.3. TURBIDEZ 10
4.1.4. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST) 11
4.1.5. FÉNOIS 11
4.1.6. AOX 12
4.1.7. FÓSFORO 12
4.1.8. NITROGÊNIO 12

4.1.9. FERRO 13
4.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA AS VARIÁVEIS HIDROQUÍMICAS 21
4.3. ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA 22
4.2.1 COMPOSIÇÃO DO ZOOPLÂNCTON 22
4.2.2. ABUNDÂNCIA RELATIVA PERCENTUAL (AR%) 24
4.2.3. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA PERCENTUAL (FO%) 29
4.4. ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA PARA CLADOCERA 31
4.5. ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA PARA COPEPODA 33
5. DISCUSSÃO 35
5.1. VARIÁVEIS HIDROQUÍMICAS 35
5.2. ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA 36
5.3. VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA 38
6. CONCLUSÕES 39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39
ANEXOS 44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das estações de amostragem ao longo do estuário do rio Jequitinhonha, Bahia..... 6

Figura 2: Variabilidade espacial da temperatura (a), oxigênio dissolvido (b) e turbidez (c) no estuário do rio Jequitinhonha, no verão e no inverno, nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012..... 18

Figura 3: Variabilidade espacial dos solidos suspensos totais SST (a), fénois (b) e compostos orgânicos halogenados adsorvíveis AOX (c) no estuário do rio Jequitinhonha, no verão e no inverno, nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012……... 19

Figura 4: Variabilidade espacial do fósforo (a), nitrogênio (b) e ferro (c) no estuário do rio Jequitinhonha, no verão e no inverno, nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012…….. 20

Figura 5: Diagrama de ordenação para análise de componentes principais para as variáveis hidroquímicas no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia, Brasil, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012..... 22

Figura 6: Abundância relativa da assembleia zooplanctônica, com ênfase em cladóceros e copépodos, encontrada no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia (Cer - *Ceriodaphnia sp*, Chi - *Chidorus sp*, Dap - *Daphnia sp,* Dia - *Diaphanossoma sp*, Dge - *Daphnia gessneri*, Cre - *Ceriodaphnia reticulata*, Pav - *Penilia avirostris*, Ysp - *Yliocryptus spinifer*, Blo - *Bosmina longirostris*, Cco - *Ceriodaphnia cornuta*, Dbr - *Diaphanossoma brevireme*, Mmi - *Moina minuta*, Dsp - *Diaphanossoma spinulosum*); (Cca - Copepodito de calanoida, Cci - Copepodito de ciclopoida, Epi - *Eucalanus pileatus*, Pma -*Pseudodiaptomus marshi,* Cam - *Calanopia americana*, Cen - *Centropages sp*, Cve - *Centropages velificatus*, Euc - *Eucalanus sp*, Tst - *Temora stylifera*, Uvu - *Undinula vulgaris*, Aca - *Acartia sp*, Par - *Paracalanus* sp, Psac - *Pseudodiaptomus acutus*, Pse - *Pseudodiaptomus sp*, Cor - *Coryceaus sp*, Paac - *Paracalanus aculeatus*, Pri - *Pseudodiaptomus richardi*, The - *Thermocyclops sp*, Cgi - *Coryceaus giesbrechti*, Eac - *Euterpina acutifrons*, Ttu - *Temora turbinata*, Not - *Notodiaptomus sp*, Pcr - *Paracalanus crassirostris*, Oit - *Oithona sp,* Ali - *Acartia lilljeborgi*, Nce - *Notodiaptomus cearenses*)..... 26

Figura 7: Abundância relativa de toda a assembleia zooplanctônica encontrada no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia (V1 – estação 1 verão, V2 - estação 2 verão, I1 – estação 1 inverno, I2 – estação 2 inverno)..... 28

Figura 8: Abundância relativa dos copépodos e cladóceros, com relação aos demais grupos zooplanctônicos encontrados no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia..... 29

Figura 9: Frequência de ocorrência percentual (FO%) do grupo de cladóceros nos períodos de verão e inverno (Cer - *Ceriodaphnia sp*, Chi - *Chidorus sp*, Dap - *Daphnia sp*, Dia - *Diaphanossoma sp*, Dge - *Daphnia gessneri*, Cre - *Ceriodaphnia reticulata*, Pav - *Penilia avirostris*, Ysp - *Yliocryptus spinifer*, Blo - *Bosmina longirostris*, Cco - *Ceriodaphnia cornuta*, Dbr - *Diaphanossoma brevireme*, Mmi - *Moina minuta*, Dsp - *Diaphanossoma spinulosum*)..... 30

Figura 10: Frequência de ocorrência relativa (FO%) do grupo de copépodos nos períodos de verão e inverno (Cca - Copepodito de calanoida, Cci - Copepodito de ciclopoida, Epi - *Eucalanus pileatus*, Pma -*Pseudodiaptomus marshi*, Cam - *Calanopia americana*, Cen - *Centropages sp*, Cve - *Centropages velificatus*, Euc - *Eucalanus sp*, Tst - *Temora stylifera*, Uvu - *Undinula vulgaris*, Aca - *Acartia sp*, Par - *Paracalanus sp*, Psac - *Pseudodiaptomus acutus*, Pse - *Pseudodiaptomus sp*, Cor - *Coryceaus sp*, Paac - *Paracalanus aculeatus*, Pri - *Pseudodiaptomus richardi*, The -*Thermocyclops sp*, Cgi - *Coryceaus giesbrechti*, Eac - *Euterpina acutifrons*, Ttu - *Temora turbinata*, Not - *Notodiaptomus sp*, Pcr - *Paracalanus crassirostris*, Oit - *Oithona sp*, Ali - *Acartia lilljeborgi*, Nce - *Notodiaptomus cearenses*)..... 32

Figura 11: Diagrama de ordenação para análise de redundância relacionando a assembleia de cladóceros com a hidroquímica no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia, Brasil, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012..... 33

Figura 12: Diagrama de ordenação para análise de redundância relacionando a assembleia de copépodos com a hidroquímica no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia, Brasil, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012..... 34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas geográficas das estações de amostragem ao longo do estuário do rio Jequitinhonha, Bahia..... 5

Tabela 2: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade temporal durante o verão. Legenda: 1 (2009), 2 (2010), 3 (2011) e 4 (2012).. 14

Tabela 3: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade temporal durante o inverno. Legenda: 1 (2009), 2 (2010), 3 (2011) e 4 (2012)..... 15

Tabela 4: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor), para o estudo da variabilidade espacial, durante o Verão..... 16

Tabela 5: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor), para o estudo da variabilidade espacial durante o Inverno..... 17

Tabela 6: Composição da assembleia zooplanctônica, com ênfase em cladóceros e copépodos, encontrada no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia..... 23

1. INTRODUÇÃO

1.1. ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA

O plâncton é constituído pelos organismos pelágicos que vivem na coluna d'água e que não possuem movimentos suficientemente fortes para que possam vencer as correntes, fazendo com que sua distribuição seja controlada pela dinâmica das massas d'água em que vivem (RÉ, 1999). Contribui com uma enorme parcela da produção orgânica anual dos ecossistemas aquáticos, ocupando a base da cadeia trófica e fornecendo energia orgânica para os níveis tróficos mais elevados. Além disso, os organismos planctônicos possuem um caráter muito dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, respondendo rapidamente às alterações físicas e químicas do meio aquático e estabelecendo complexas relações intra e interespecíficas na competição e utilização do espaço e dos recursos (LOPES *et al*., 1998).

Dentre os organismos planctônicos, temos o zooplâncton que é um termo genérico utilizado para agrupar os animais de diferentes categorias sistemáticas, que na água doce apresentam em sua maioria dimensões de 0.03 mm a 0.5 cm de comprimento, e tem como característica comum, a massa de água como seu habitat principal (ESTEVES, 1998). São um elo importante na cadeia alimentar em todos os ecossistemas aquáticos continentais, em estuários, oceanos e águas costeiras (TUNDISI, 2008), pois transferem para níveis superiores das cadeias aquáticas a energia assimilada pelo bacterioplâncton e fitoplâncton. Dentre os principais organismos zooplanctônicos destacam-se os cladóceros e copépodos (microcrustáceos), objetos deste estudo.

Os cladóceros são pequenos crustáceos da Classe Branchiopoda, conhecidos vulgarmente com "pulgas d'água". A maioria é de hábito rastejador ou bentônico, movendo-se entre os detritos na região litorânea de lagos e reservatórios, mas há famílias de hábito planctônico que se alimentam de algas, bactérias e partículas em suspensão (ROCHA; MATSUMURA-TUNDISI, 1976). Este grupo de organismos é considerado tipicamente límnico, embora existam algumas espécies marinhas pertencentes aos gêneros *Penilia*, *Evadne* e *Podon*. Devido ao seu alto valor nutricional, são principalmente utilizados como alimento para larvas e alevinos de peixes, com destaque para espécies pertencentes aos gêneros *Moina* e *Daphnia* (SIPAÚBA-TAVARES; ROCHA, 2001).

Os copépodos estão incluídos na Subclasse Copepoda, a qual possui três principais ordens de vida livre: Calanoida, Cyclopoida e Harpacticoida. Os calanóides são

essencialmente filtradores e com acentuado endemismo, visto que apresentam grande sensibilidade em relação a pequenas variações ambientais, em especial a condutividade elétrica e à composição iônica. Já os ciclopóides possuem um hábito alimentar do tipo capturador e são caraterizados pela presença de um maior número de espécies cosmopolitas, quando comparados as espécies da ordem Calanoida, uma vez que muitos gêneros de regiões temperadas também habitam regiões tropicais. E os harpacticóides são em sua maioria formas costeiras ou epibentónicas, que se alimentam de microorganismos e detritos.

1.2. AMBIENTE ESTUARINO E SUAS RELAÇÕES COM O ZOOPLÂNCTON

Estuário é um corpo de água costeiro semi-fechado que possui uma livre conexão com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental (PRITCHARD, 1965 *apud* MIRANDA *et al*., 2002). É um ecossistema dinâmico, apresentando variações diárias e sazonais de temperatura, maré, salinidade, oxigênio dissolvido, correntes e nutrientes, as quais influenciam diretamente na estrutura das espécies.

O zooplâncton estuarino difere daquele encontrado nas águas costeiras adjacentes. Apesar dos altos índices de produtividade primária torná-lo muito abundante, os fatores ambientais podem restringir a variedade das espécies quando comparado ao das áreas marinhas (KENNISH, 1990).

A distribuição do zooplâncton depende principalmente da dinâmica das águas. O período de enchente é caracterizado por espécies de origem marinha, enquanto no período de vazante ocorre a dominância de espécies de água doce (MONTÚ, 1980). Segundo Wooldridge (1977), o máximo da abundância do zooplâncton é atingido durante os períodos chuvosos devido ao aumento da quantidade de detritos que ocorre com o influxo de água doce. Estudos feitos por Sterza e Fernandes (2006) no sistema estuarino da baía de Vitória (Sudoeste do Brasil) e Lopes *et al*. (1998) no complexo estuarino da Baía de Paranaguá, observaram que os copépodos são o grupo mais abundante do zooplâncton, com maior abundância nos períodos chuvoso e de maré alta, devido à entrada de espécies costeiras no estuário.

Trabalhos sobre a variabilidade espacial e temporal das comunidades zooplanctônicas estuarinas são essenciais para uma compreensão mais aprofundada do funcionamento dos ecossistemas costeiros (SIOKOU-FRANGOU, 1996), visto que ajudam a prever os efeitos

de possíveis mudanças no meio, de caráter antrópico ou não (SOETAERT & RIJSWIJK, 1993).

1.3. FÁBRICA DE CELULOSE E SEUS EFLUENTES

A indústria de celulose é a sexta maior poluidora mundial (depois da de óleo, cimento, couro, têxtil, e da indústria de aço) liberando uma variedade de gases, resíduos sólidos e efluentes líquidos no meio ambiente (ALI e SREEKRISHNAN, 2001). Estima-se que seja gerada uma faixa de 25 a 80 m³ de efluente por tonelada de celulose produzida, sendo a média brasileira de 50 m³ (XAVIER *et al*., 2006).

Os efluentes provenientes de fábricas de processamento de celulose apresentam uma complexa composição química, contendo compostos orgânicos e inorgânicos, componentes hidrofílicos e hidrofóbicos, incluindo metais de transição, policloridato dibenzo-p-dioxinas (PCDDs), policlorinato dibenzofuranos (PCDFs) e pentaclorofenol (FATIMA *et al*., 2001), cujos efeitos tóxicos podem afetar a composição genética, o comportamento e/ou a sobrevivência dos organismos aquáticos, bem como a saúde das populações (FRIZZO *et al*., 1996).

A utilização de variáveis hidroquímicas, tais como pH, carbono orgânico total, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e halógenos orgânicos adsorvíveis, é uma ferramenta essencial para o monitoramento do efluente, contudo, não suficiente para descrever o impacto causado por este no ambiente. Para tal, a associação destas variáveis a parâmetros biológicos torna-se uma importante ferramenta na qualificação dos efluentes e na predição de seus efeitos deletérios.

Segundo Zhou *et al.* (2008), a utilização de índices ecológicos como densidade, riqueza de espécies e abundância relativa dos organismos aquáticos pode ser bastante significativo na avaliação do equilíbrio ecológico induzido pela qualidade da água. Sendo que, alterações ao nível de populações ou comunidades podem indicar uma perturbação no equilíbrio normal da área estudada, podendo causar graves sequelas ambientais, e tornando muito importante a realização de um programa de biomonitoramento.

O estudo da estrutura das comunidades planctônicas é utilizado como ferramenta de avaliação de impactos causados por efluentes de fábricas de celulose há muitos anos. Sibley *et al.* (2000) observaram mudanças na estrutura da comunidade zoobentônica em função do efluente de uma fábrica de celulose. Huuskonen *et al.* (2000) usaram o estudo da estrutura da comunidade do plâncton e do bentos para avaliar os efeitos positivos da

modernização de uma fábrica de celulose na qualidade do seu efluente. Tenenbaum (1995) observou que os organismos zooplanctônicos apresentam mecanismos para aperfeiçoar suas respostas fisiológicas às variações ambientais causadas pelos efluentes de celulose, respostas estas que se refletem na população.

1.4. ÁREA DE ESTUDO

O rio Jequitinhonha nasce na Serra do Espinhaço, no município do Serro/MG, a uma altitude aproximada de 1.300m. Sua bacia limita-se a norte com a bacia do rio Pardo, a sul com a bacia do rio Doce e a sudeste com a bacia do Mucuri e várias outras pequenas bacias independentes (Sucuruçu, Itanhém, Buranhém e Peruípe). A oeste limita-se com a bacia do rio São Francisco e a leste atravessa o limite entre Minas Gerais e Bahia no município de Salto da Divisa e segue rumo ao Oceano Atlântico. A área total da bacia é de 70.315 km², dos quais 65.660 (93,38%) estão no território mineiro e 4.655 km² (6,62%) correspondem à porção baiana (FERREIRA, 2011). Ao longo do seu curso de 920 km, atravessa o território mineiro numa extensão de 760 km, e o baiano nos últimos 160 km percorridos até chegar a sua foz no Oceano Atlântico, junto à cidade de Belmonte. Os principais efluentes do rio Jequitinhonha são os rios Itacambiruçu, Vacaria, Salinas, São Pedro e São Francisco na margem esquerda, e Araçuaí, Piauí, São Miguel e São João pela margem direita.

A bacia do rio Jequitinhonha apresenta características climáticas que variam do clima semiárido a úmido, com totais pluviométricos anuais compreendidos entre 600 e mais de 1.600 mm, irregularmente distribuídos ao longo do ano. As chuvas concentram-se basicamente em seis meses do ano (outubro a março), sendo o trimestre dezembro/fevereiro responsável por mais de 50% da precipitação total (GONÇALVES, 1997). A temperatura média anual acusa pouca variação, situando-se na faixa de 21 a 24ºC, com fevereiro correspondendo ao mês mais quente e junho ao mais frio. A elevada taxa de evapotranspiração potencial ao longo do ano (1264 mm) e a pequena quantidade de chuvas (831 mm em média) acarretam em episódios de forte deficiência hídrica, principalmente durante os sete a nove meses mais secos (FERREIRA, 2011).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é avaliar a influência dos efluentes lançados por uma fábrica de celulose sobre a estrutura da assembleia de copépodos e cladóceros presente no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia, com os seguintes objetivos específicos:

a) Avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica da água (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos totais dissolvidos, óleos e graxas, fenóis, carbono orgânico total, halometanos, sulfato, alumínio, cálcio, cloro, ferro, fósforo, nitrogênio, sódio, coliformes totais e coliformes termotolerantes);
b) Investigar a variabilidade espaço-temporal da assembleia de copépodos e cladóceros;
c) Analisar a influência da qualidade da água sobre a estrutura da assembleia de copépodos e cladóceros.

3. METODOLOGIA

3.1. AMOSTRAGEM

As coletas de água e da assembleia de copépodos e cladóceros foram realizadas nos períodos de verão e inverno, entre os anos de 2009 e 2012, em duas estações amostrais ao longo do rio Jequitinhonha. A primeira estação estava localizada próximo ao encontro do rio com o mar, enquanto a segunda encontrava-se em local perto à foz do rio (**Tabela 1**; **Figura 1**).

Tabela 2: Coordenadas geográficas das estações de amostragem ao longo do estuário do rio Jequitinhonha, Bahia.

Estação Amostral	Latitude	Longitude
1	15°51.112’S	38º51.402’O
2	15º49.977’S	38°51.532’O

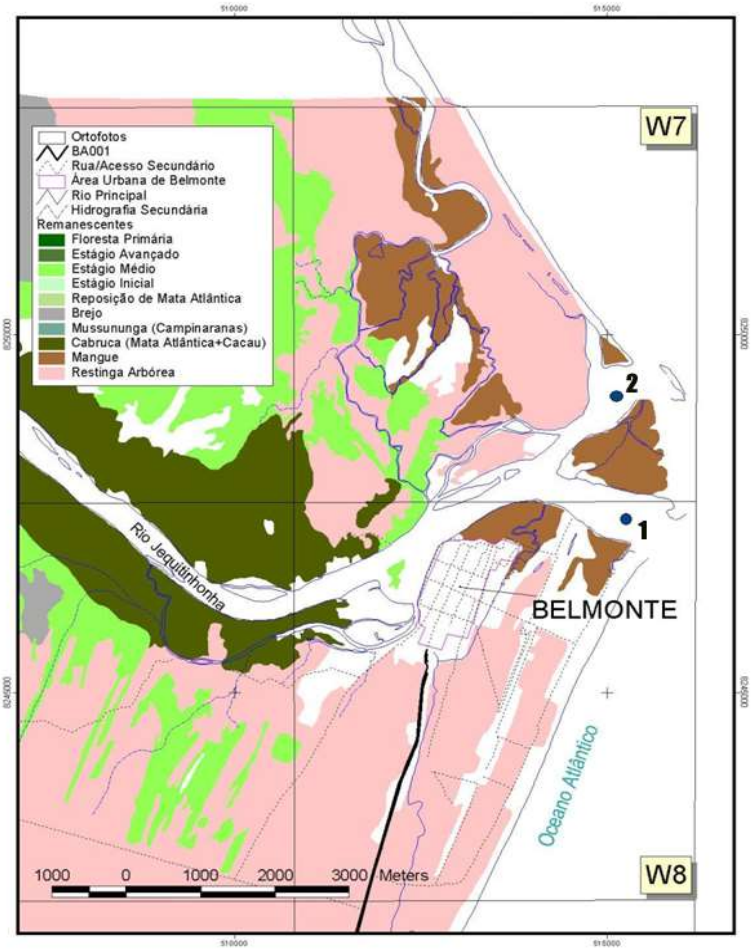

Figura 1: Localização das estações de amostragem ao longo do estuário do rio Jequitinhonha, Bahia.

As amostras de água foram realizadas em maré vazante de sigízia, segundo tábua de marés da região de Ilhéus/BA, fornecida pela DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação. Os parâmetros oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade foram determinados "in situ" com auxílio da sonda perfiladora HYDROLAB Quanta.

As amostras de zooplâncton também foram realizadas em maré de sigízia, porém, em dois horários de coleta: maré vazante e maré enchente. Estas foram coletadas através de uma rede cônica de 200 micrômetros de abertura de malha, 60 centímetros de abertura de boca e 200 cm de comprimento, dotada de fluxômetro mecânico para posteriormente ser feito o cálculo do número de indivíduos coletados por m^3 de água filtrada. Em cada estação, foram feitos arrastos subsuperficiais durante 3 minutos, a uma velocidade média de 2 nós. As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos apropriados e preservadas em solução aquosa de formaldeído 4%, neutralizada com tetraborato de sódio.

O cálculo do volume de água filtrada pela rede foi realizado através da seguinte fórmula: V = a.n.c, onde: V = volume de água filtrada (m^3); a = área da boca da rede (m^2); n = número de rotações durante o arrasto (rot); c = fator de aferição do fluxômetro, obtido em laboratório (m/rot).

3.2. TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

As amostras foram submetidas à triagem, identificação, contagem e processamento de dados. As análises empregaram microscópio estereoscópico (lupa) a partir de um volume de amostra padronizado (300 ml) onde foram retiradas alíquotas de 10ml. As amostras foram identificadas até o menor nível taxonômico possível (BOLTOVOSKOY, 1981, 2005; MONTÚ & GLOEDEN, 1986; TREGOUBOF & ROSE, 1987), onde foram estimados os índices da estrutura da assembleia: abundância relativa (%), frequência de ocorrência (%) e densidade (org/m^3).

3.3. TRATAMENTO DOS DADOS

3.3.1. ABUNDÂNCIA RELATIVA PERCENTUAL (%)

A abundância relativa (%) foi calculada a partir da fórmula (Na*100) / NA, onde Na é número total de indivíduos de cada táxon obtido na amostra e NA é o número total de organismos na amostra. Os grupos foram classificados segundo a escala de NEUMANN-LEITÃO (1994): >70% - dominante; 70-40% - abundante; 40-10% - pouco abundante; <10% - raro.

3.3.2. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA PERCENTUAL (FO%)

Para a determinação da frequência de ocorrência (%) foi utilizada a fórmula: Fo = (Ta x 100) / TA, onde Ta é o número total de amostras de ocorrência do táxon e TA o número total de amostras analisadas. De acordo com NEUMANN-LEITÃO (1994), foi utilizado o seguinte critério de classificação: muito freqüente (> 70 %), freqüente (70 – 40 %), pouco freqüente (40 – 10 %) e esporádico (< 10 %).

A frequência de ocorrência forneceu o critério utilizado para a determinação dos taxa característicos da assembleia zooplanctônica durante a análise multivariada.

3.3.3. DENSIDADE

A densidade (org/m³) foi obtida a partir da razão entre o número total de organismos obtidos em cada amostra (N) e o volume de água filtrada (V), através da fórmula: N/m³ = N/V.

3.3.4. ANÁLISE INFERENCIAL

Considerando que a grande maioria das variáveis hidroquímicas apresentou coeficiente de variação percentual, entre baixo e moderado (<100%), interpretados como tendência de normalidade (McCUNE & GRACE, 2002), a análise da variabilidade espaço-temporal foi realizada mediante o emprego da ANOVA dois critérios, seguida do teste de comparações múltiplas de Tuckey.

Para analisar a correlação entre as variáveis hidroquímicas foi empregada a Análise de Correlação Linear Pearson, cujos valores foram testados pelo Teste do CCLP, para revelar a significância estatística.

Entre as 19 variáveis hidroquímicas analisadas apenas 9 (AOX, fenóis, ferro, fósforo total, nitrogênio, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais, temperatura e turbidez) apresentaram variabilidade temporal significativa e por isto foram selecionadas para a análise multivariada PCA.

Todas a análises inferenciais foram realizadas através do programa BioEstat versão 5.3.

3.3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

3.3.5.1. ANÁLISE DE COMPONETES PRINCIPAIS (PCA)

A análise multivariada envolveu um modelo linear, denominado Análise de Componentes Principais (PCA), visando ordenar, a partir de uma matriz de correlações, as concentrações das variáveis hidroquímicas, ao longo de um gradiente temporal de pluviosidade envolvendo o inverno (período seco) e o verão (período úmido).

Para a realização do PCA, as 9 variáveis selecionadas anteriormente foram normalizadas pelo desvio-padrão e os scores foram centrados e padronizados para a sua representação no diagrama de ordenações. Para reduzir o efeito das diferentes escalas às varáveis ambientais foram transformadas logaritimicamente.

3.3.5.2. ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA)

Sobre as matrizes de taxa e de variáveis hidroquímicas também foi aplicado um método multidimensional de ordenação denominada Análise de Redundância (RDA) “step wise”, com a finalidade de evidenciar a influência da qualidade da água sobre a variabilidade temporal de cladóceros e de copépodos. Através do teste de Monte-Carlo, foram definidas as 6 variáveis significativas estatisticamente para serem incluídas nas análises de redundância: fenóis, ferro, fósforo total, nitrogênio, temperatura e turbidez. A matriz de taxa foi formada com as espécies zooplanctônicos características (frequência de ocorrência acima de 25% para cladóceros e acima de 25% para copépodos). Segundo Richardson *et al*., (1980), espécies raras carregam pouca informação classificatória, além disto, análises ecológicas baseadas em matrizes muito grandes, devido a inclusão de taxa que ocorrem com frequência esporádica, fornecem resultados duvidosos, pois se atribui alta correlação a taxa que possuem grande número de ausências simultâneas (NEUMANN-LEITÃO, 1994). Com a intenção de normalizar os dados, através da homogeneização das variâncias, e reduzir o efeito das espécies dominantes foi aplicada a transformação raiz quadrada sobre dados biológicos e log (x+1), sobre os dados ambientais. (CASSIE, 1962). O teste de permutações de Monte Carlo foi realizado para testar a significância estatística da contribuição das variáveis hidroquímicas (fenóis, ferro, fósforo total, nitrogênio, temperatura e turbidez) e dos eixos canônicos (TER BRAAK, 1988).

As análises PCA e RDA foram realizadas empregando o pacote estatístico Canoco for Windows versão 4.5 (TER BRAAK & SMILAUER, 1998).

4. RESULTADOS

4.1. VARIÁVEIS HIDROQUÍMICAS

4.1.1. TEMPERATURA

Durante o período de verão (úmido) foi detectada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de temperatura apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p<0,05$). Com relação ao teste de comparações múltiplas de Tuckey, a significância foi considerada elevada ($p<0,01$) no ano de 2009 com relação a 2010. O mesmo foi observado comparado o ano de 2010 com os de 2011 e de 2012.

Comparando o ano de 2009 com 2011 e o de 2011 com 2012, também se encontrou uma diferença significativa ($p<0,05$). Contudo, não houve diferença no ano de 2009 em relação a 2012.

No período de inverno (seco) também foi detectada variabilidade temporal (**Tabela 3**) entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p<0,05$). Porém, observou-se uma diferença significativa apenas quando foram comparados os anos de 2009 com 2012 (Teste de Tuckey, $p<0,05$).

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem (Teste ANOVA, $p>0,05$) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 2 (a)**).

4.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO

No período de verão (úmido) foi encontrada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de oxigênio dissolvido apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p<0,05$). Empregando o teste de comparações múltiplas de Tuckey, detectou-se uma diferença significativa ($p<0,05$) apenas na comparação do ano de 2009 com 2010 e no de 2009 com 2012.

Durante o período de inverno (seco) não foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, $p>0,05$) (**Tabela 3**).

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem (Teste ANOVA, $p>0,05$) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 2 (b)**).

4.1.3. TURBIDEZ

Durante o período de verão (úmido) não foi encontrada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de turbidez não apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p>0,05$).

No período de inverno (seco) foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, $p<0,05$) (**Tabela 3**). Entre as campanhas de amostragem analisadas, o teste de comparações múltiplas de Tuckey evidenciou uma diferença significativa ($p<0,05$) no comparativo entre os anos de 2009 e 2010, 2010 e 2011 e, por ultimo, 2010 e 2012.

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem (Teste ANOVA, p>0,05) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 2 (c)**).

4.1.4. SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST)

No período de verão (úmido) foi detectada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de sólidos suspensos totais apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, p<0,05). Com relação ao teste de comparações múltiplas de Tuckey, a diferença significativa (p<0,05) foi detectada no ano de 2009 com relação a 2011. O mesmo foi observado comparado o ano de 2010 com o de 2011 e o de 2011 com o de 2012.

Durante o período de inverno (seco) não foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, p>0,05) (**Tabela 3**).

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem (Teste ANOVA, p>0,05) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 3 (a)**).

4.1.5. FÉNOIS

Durante o período de verão (úmido) foi detectada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de fénois apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, p<0,05). O teste de comparações múltiplas de Tuckey evidenciou uma diferença muito significativa (p<0,01) apenas nos três comparativos do ano de 2009 com os demais anos das campanhas.

No período de inverno (seco) não foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, p>0,05) (**Tabela 3**).

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem (Teste ANOVA, p>0,05) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 3 (b)**).

4.1.6. AOX

No período de verão (úmido) foi detectada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de compostos orgânicos halogenados adsorvíveis (AOX) apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p<0,05$). Com relação ao teste de comparações múltiplas de Tuckey, uma diferença significativa ($p<0,05$) foi detectada no ano de 2009 com relação a 2011. O mesmo foi observado comparado o ano de 2010 com o de 2011 e o de 2011 com o de 2012.

Durante o período de inverno (seco) não foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, $p>0,05$) (**Tabela 3**).

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem ($p>0,05$) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 3 (c)**).

4.1.7. FÓSFORO

Durante o período de verão (úmido) foi detectada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de fósforo apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p<0,05$). O teste de comparações múltiplas de Tuckey evidenciou uma diferença significativa ($p<0,01$) apenas nos três comparativos do ano de 2009 com os demais anos das campanhas.

No período de inverno (seco) não foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, $p>0,05$) (**Tabela 3**).

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem ($p>0,05$) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 4 (a)**).

4.1.8. NITROGÊNIO

No período de verão (úmido) foi detectada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de nitrogênio apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p<0,05$). Com relação ao teste de comparações múltiplas de Tuckey, uma diferença significativa ($p<0,05$) foi detectada no ano de 2009 com relação a

2010. O mesmo foi observado comparando o ano de 2010 com o de 2011 e o de 2010 com o de 2012.

Durante o período de inverno (seco) foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, $p<0,05$) (**Tabela 3**). Entre as campanhas de amostragem analisadas, o teste de comparações múltiplas de Tuckey evidenciou uma diferença muito significativa ($p<0,01$) no comparativo entre os anos de 2009 e 2011, 2009 e 2012 e, por ultimo, 2010 e 2012.

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem ($p>0,05$) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 4 (b)**).

4.1.9. FERRO

Durante o período de verão (úmido) não foi encontrada variabilidade temporal (**Tabela 2**), pois os valores de ferro não apresentaram diferença significativa entre as campanhas de amostragem (Teste ANOVA, $p>0,05$).

No período de inverno (seco) foi observada a ocorrência de variabilidade temporal (Teste ANOVA, $p<0,05$) (**Tabela 3**). Entre as campanhas de amostragem analisadas, o teste de comparações múltiplas de Tuckey evidenciou uma diferença significativa ($p<0,05$) no comparativo entre os anos de 2009 e 2011, 2009 e 2012 e, por ultimo, 2010 e 2012.

Tanto no período de verão quanto no de inverno, não foi detectada variabilidade espacial, pois os valores não apresentaram diferença significativa entre as duas estações de amostragem ($p>0,05$) (**Tabelas 4** e **5**) (**Figura 4 (c)**).

Tabela 2: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade temporal durante o verão. Legenda: 1 (2009), 2 (2010), 3 (2011) e 4 (2012).

	1	**2**	**3**	**4**	**ANOVA**	**1 x 2**	**1 x 3**	**1 x 4**	**2 x 3**	**2 x 4**	**3x4**
Temperatura	29,50	28,00	30,10	29,35	**(p) <0,05**	<0,01	<0,05		<0,01	<0,01	<0,05
pH	6,885	7,240	7,170	7,665	(p) >0,05						
O.D.	6,90	7,70	7,25	7,65	**(p) <0,05**	<0,05		<0,05			
Condutividade	352	1082	3030	1204	(p) >0,05						
Turbidez	102,0	60,0	47,5	42,0	(p) >0,05						
SST	37,0	27,0	10,0	29,0	**(p) <0,05**		<0,01		<0,05		<0,05
STD	271	718	1916	638	(p) >0,05						
Óleos e Graxas	0,4	1,4	2,1	1,1	(p) >0,05						
Fenóis	0,01	0,002	0,003	0,002	**(p) <0,05**	<0,01	<0,01	<0,01			
AOX	0,015	0,032	0,95	0,155	**(p) <0,05**		<0,05		<0,05		<0,05
Fósforo	0,35	0,1	0,15	0,1	**(p) <0,05**	<0,05	<0,05	<0,05			
Nitrogênio Total	1,25	2,6	0,5	0,5	**(p) <0,05**	<0,05			<0,05	<0,05	
Sulfato	13,0	45,5	128,0	43,5	(p) >0,05						
Cl	89	295	953	323	(p) >0,05						
Na	34	197	472	190	(p) >0,05						
Ca	6,0	10,45	25,5	12,5	(p) >0,05						
Fe	1,250	0,265	0,770	0,765	(p) >0,05						
Al	0,360	0,435	0,255	0,360	(p) >0,05						
CTT	297,5	123,5	61,0	211,0	(p) >0,05						

Tabela 3: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor) e do Teste de Comparações Múltiplas de Tuckey (p-valor), para o estudo da variabilidade temporal durante o inverno. Legenda: 1 (2009), 2 (2010), 3 (2011) e 4 (2012).

	1	**2**	**3**	**4**	**ANOVA**	**1 x 2**	**1 x 3**	**1 x 4**	**2 x 3**	**2 x 4**	**3x4**
Temperatura	26,55	25,60	25,45	24,30	**(p) <0,05**			<0,05			
pH	7,650	7,450	7,215	8,075	(p) >0,05						
O.D.	7,65	7,85	7,65	7,00	(p) >0,05						
Condutividade	84	1734	4455	7140	(p) >0,05						
Turbidez	18,5	49,0	3,0	16,0	**(p) <0,05**	<0,05			<0,05	<0,05	
SST	79,5	43,0	10,5	74,0	(p) >0,05						
STD	5591	1155	2854	8386	(p) >0,05						
Óleos e Graxas	6,95	1,4	2,8	0,9	(p) >0,05						
Fenóis	0,01	0,003	0,001	0,001	(p) >0,05						
AOX	0,935	0,015	0,295	0,200	(p) >0,05						
Fósforo	0,1	0,1	0,1	0,1	(p) >0,05						
Nitrogênio Total	6,1	0,5	0,5	0,5	**(p) <0,05**	<0,01	<0,01	<0,01			
Sulfato	382,0	76,0	189,0	677,0	(p) >0,05						
Cl	2647	485	1298	4240	(p) >0,05						
Na	948	351	591	1497	(p) >0,05						
Ca	69,5	16,0	34,5	91,0	(p) >0,05						
Fe	0,450	0,345	0,050	0,010	**(p) <0,05**		<0,05	<0,05		<0,05	
Al	0,295	0,535	0,060	0,125	(p) >0,05						
CTT	226,5	131,5	196,5	111,5	(p) >0,05						

Tabela 4: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor), para o estudo da variabilidade espacial, durante o Verão.

	Ponto 1	Ponto 2	ANOVA
Temperatura	29,275	29,200	(p) >0,05
pH	7,2675	7,2125	(p) >0,05
O.D.	7,275	7,475	(p) >0,05
Condutividade	2065,25	768,00	(p) >0,05
Turbidez	55,75	70,00	(p) >0,05
SST	24,5	27,0	(p) >0,05
STD	1300,5	470,5	(p) >0,05
Óleos e Graxas	1,15	1,35	(p) >0,05
Fenóis	0,0045	0,0040	(p) >0,05
AOX	0,39	0,33	(p) >0,05
Fósforo	0,20	0,15	(p) >0,05
Nitrogênio Total	1,125	1,300	(p) >0,05
Sulfato	85,25	29,75	(p) >0,05
Cl	631,25	198,25	(p) >0,05
Na	324,50	121,75	(p) >0,05
Ca	18,475	8,750	(p) >0,05
Fe	0,730	0,795	(p) >0,05
Al	0,3475	0,3575	(p) >0,05
CTT	273,25	73,25	(p) >0,05

Tabela 5: Resultados da média das variáveis hidroquímicas, do Teste ANOVA dois critérios (p-valor), para o estudo da variabilidade espacial durante o Inverno.

	Ponto 1	Ponto 2	ANOVA
Temperatura	25,55	25,40	(p) >0,05
pH	7,5475	7,6475	(p) >0,05
O.D.	7,650	7,425	(p) >0,05
Condutividade	4732,5	1972,9	(p) >0,05
Turbidez	19,75	23,50	(p) >0,05
SST	45,0	58,5	(p) >0,05
STD	5050,0	3942,5	(p) >0,05
Óleos e Graxas	3,325	2,700	(p) >0,05
Fenóis	0,0038	0,0038	(p) >0,05
AOX	0,4275	0,2950	(p) >0,05
Fósforo	0,1	0,1	(p) >0,05
Nitrogênio Total	2,1	1,7	(p) >0,05
Sulfato	385,5	276,5	(p) >0,05
Cl	2560,5	1774,5	(p) >0,05
Na	1061,00	632,25	(p) >0,05
Ca	62,5	43,0	(p) >0,05
Fe	0,2275	0,2000	(p) >0,05
Al	0,2550	0,2525	(p) >0,05
CTT	252,5	80,5	**(p) <0,05**

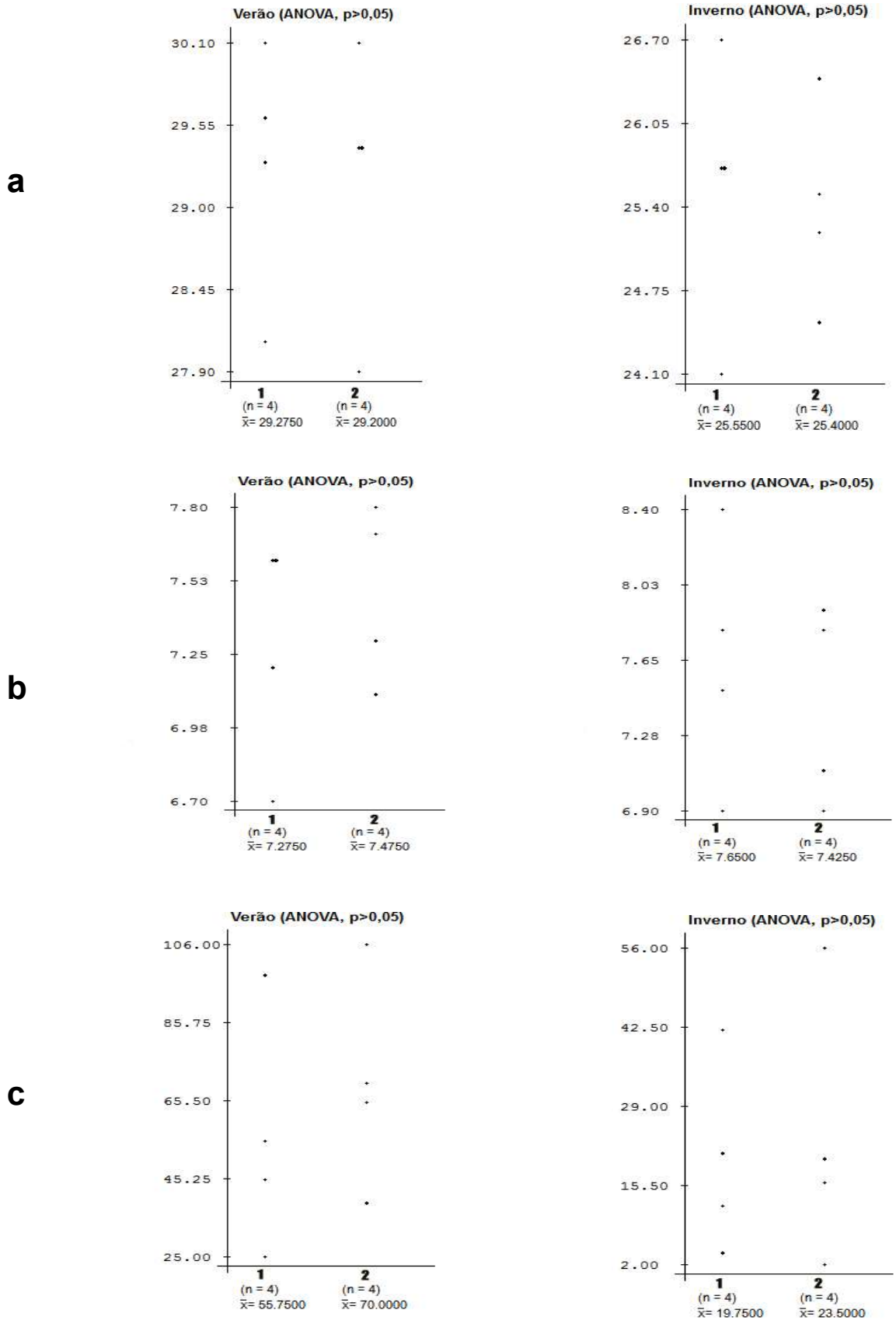

Figura 2: Variabilidade espacial da temperatura (a), oxigênio dissolvido (b) e turbidez (c) no estuário do rio Jequitinhonha, no verão e no inverno, nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.

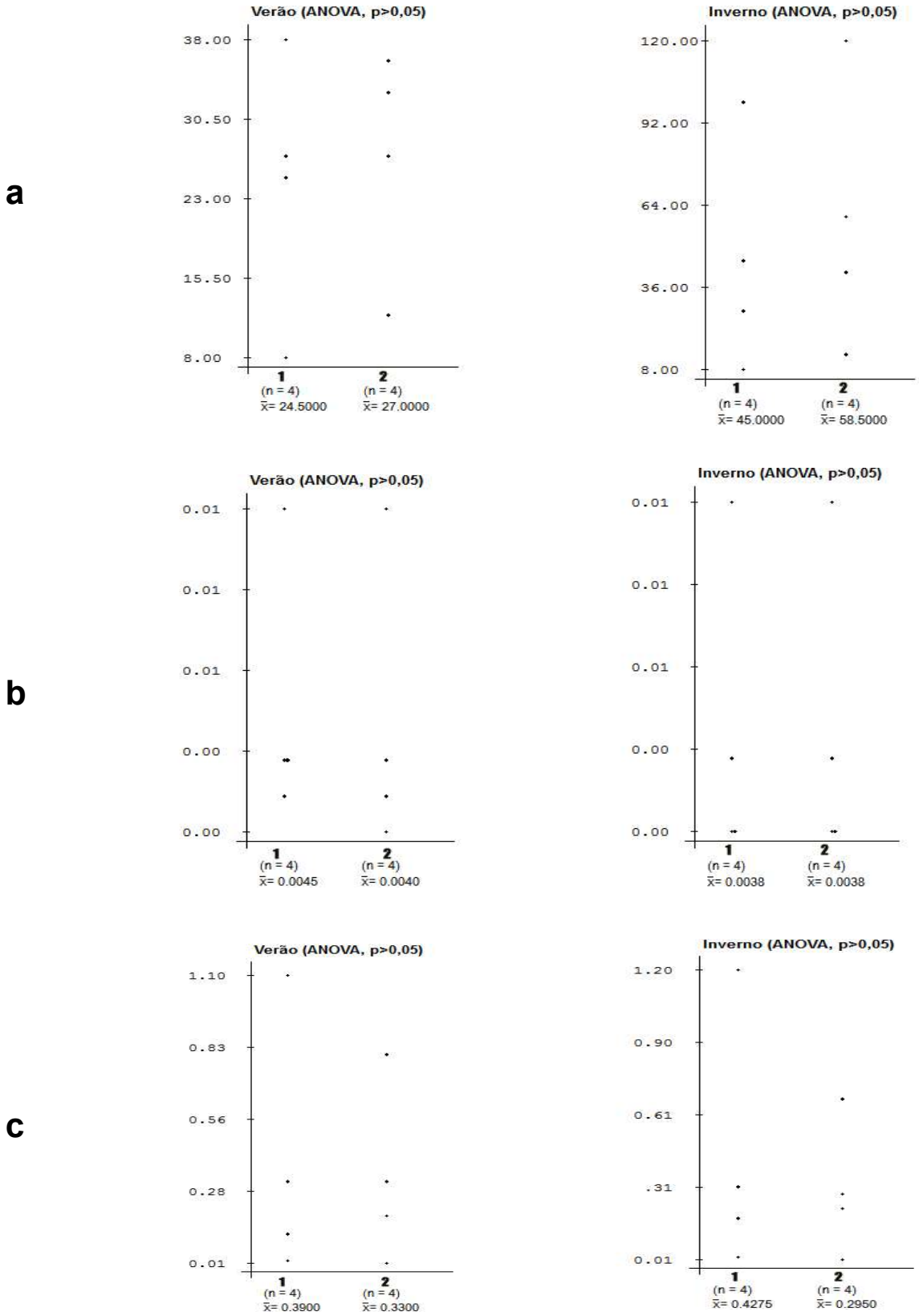

Figura 3: Variabilidade espacial dos solidos suspensos totais SST (a), fénois (b) e compostos orgânicos halogenados adsorvíveis AOX (c) no estuário do rio Jequitinhonha, no verão e no inverno, nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.

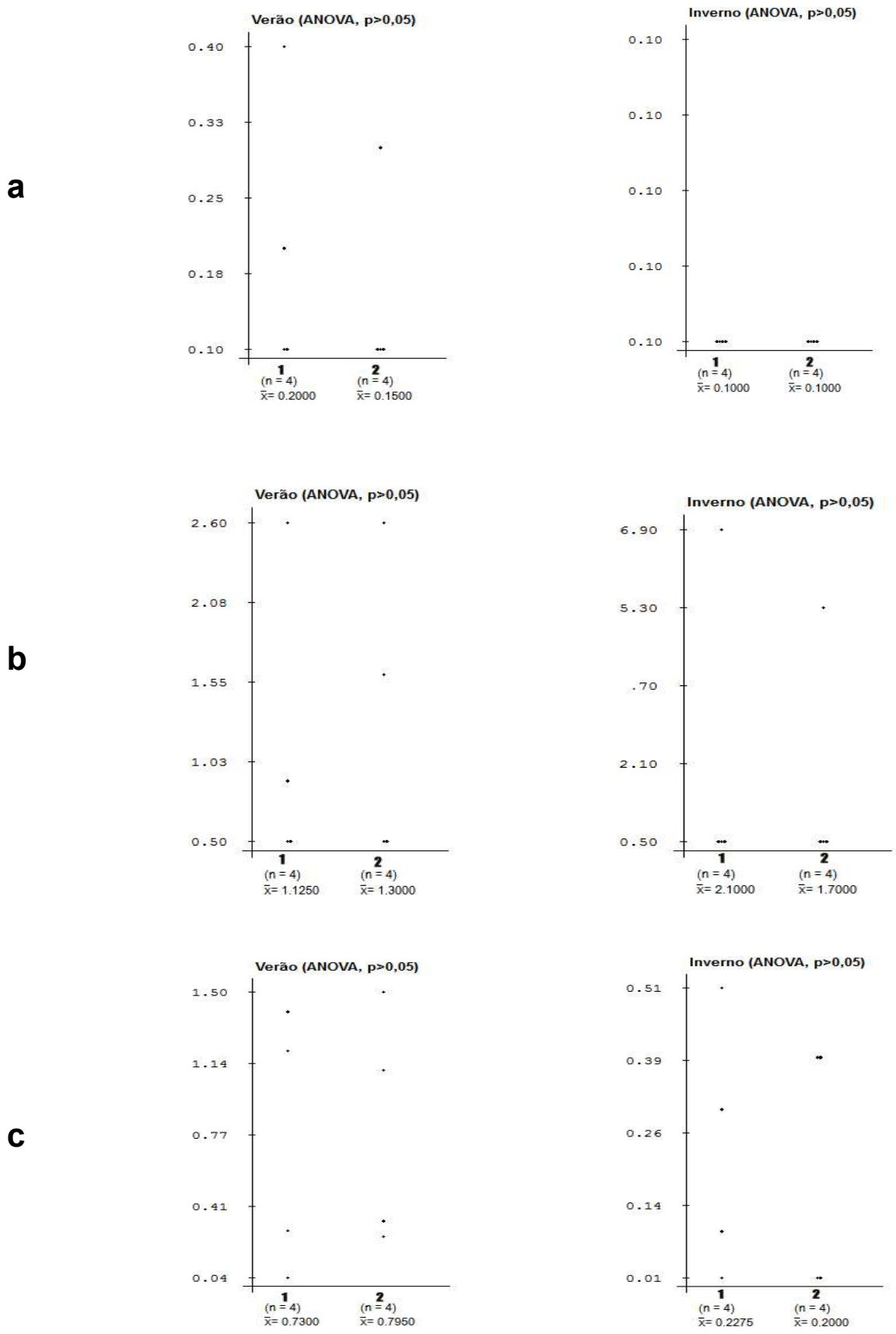

Figura 4: Variabilidade espacial do fósforo (a), nitrogênio (b) e ferro (c) no estuário do rio Jequitinhonha, no verão e no inverno, nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.

4.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA AS VARIÁVEIS HIDROQUÍMICAS

Na análise de componentes principais realizada para as 4 campanhas do período úmido (verão) e 4 campanhas do período seco (inverno), o primeiro componente principal explicou 36% da variância total dos dados, enquanto que o segundo componente explicou 22% desta variância. Juntos os dois primeiros componentes principais explicaram 58% da variância dos dados hidroquímicos.

O gradiente ambiental levou a separação entre as campanhas de amostragem realizadas no ano de 2009, localizadas no lado direito do diagrama de ordenação, das campanhas de amostragem realizadas nos anos de 2010, 2011 e 2012 (lado esquerdo).

Durante a campanha do verão de 2009 (2009V1 e 2009V2), foi obtida a menor qualidade da água ao longo dos 4 anos de estudo quando foram atingidos os valores mais elevados de: ferro, fósforo total, turbidez e temperatura, além dos menores valores de oxigênio dissolvido. No inverno de 2009 (2009I1 e 2009I2), a menor qualidade da água foi evidenciada pelos valores mais elevados de nitrogênio, fenóis, sólidos suspensos totais e AOX.

Nas campanhas realizadas entre 2010 e 2102, tanto no verão como no inverno foram obtidos menores concentrações de todas as variáveis hidroquímicas, com exceção do oxigênio dissolvido, cujos valores foram mais elevados, revelando a melhor qualidade da água **(Figura 5)**.

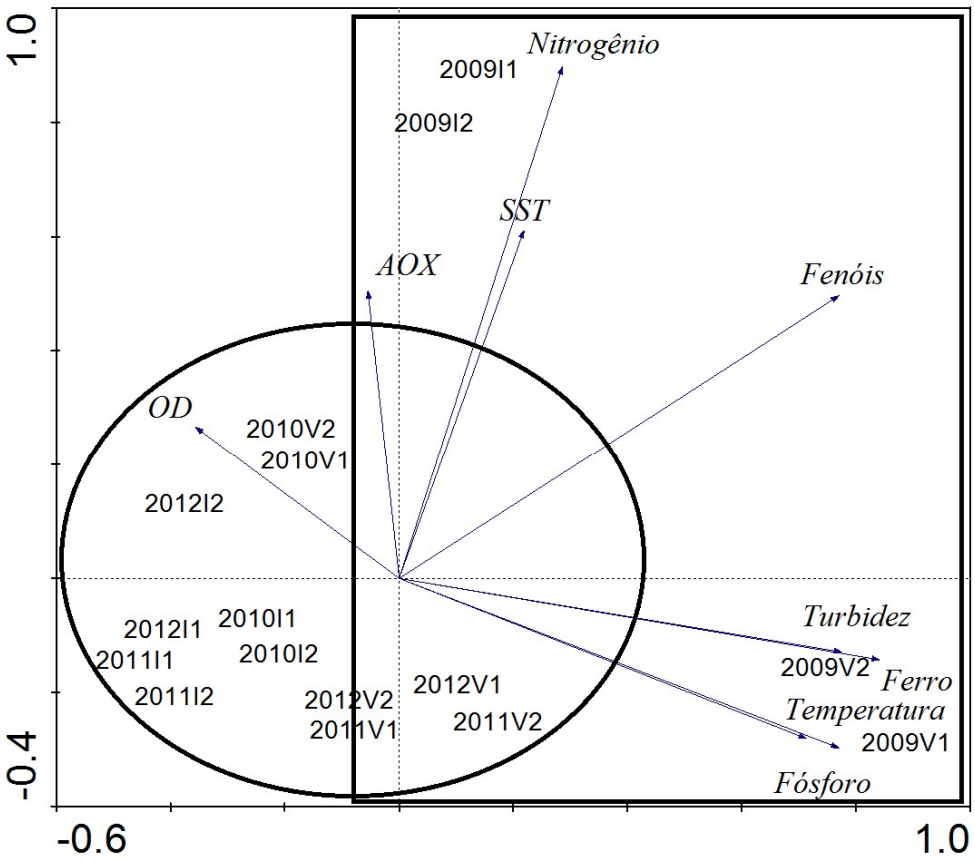

Figura 5: Diagrama de ordenação para análise de componentes principais para as variáveis hidroquímicas no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia, Brasil, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.

4.3. ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA

4.2.1 COMPOSIÇÃO DO ZOOPLÂNCTON

No presente estudo, considerando-se todo o período de amostragem e os dois pontos amostrais, identificou-se um total de 13 taxa constituintes de 6 famílias de cladóceros (Bosminidae, Ilyocryptidae, Sididae, Daphnidae, Moinidae e Chydoridae) e 24 taxa representantes de 13 famílias de copépodos (Eucalanidae, Tachydiidae, Paracalanidae, Oithonidade, Acartiidae, Centropagidae, Temoridade, Corycaeidade, Pontellidae, Diaptomidae, Calanidae e Cyclopidae), conforme pode ser observado na **Tabela 6**.

.

Tabela 6: Composição da assembleia zooplanctônica, com ênfase em cladóceros e copépodos, encontrada no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia.

CLADOCERA
Bosminidae
*Bosmina longirostris (*O.*F.* Müller*, 1785)*
Ilyocryptidae
*Ilyocryptus spinifer (*Herrick*,* 1882)
Sididae
Diaphanosoma sp
Diaphanosoma brevireme (Sars, 1901)
*Diaphanosoma spinulosum (*Herbst, 1967)
Penilia avirostris (Dana, 1849)
Daphnidae
Daphnia sp
Daphnia gessneri (Herbst, 1967)
Ceriodaphnia sp
Ceriodaphnia reticulata ((Jurine, 1820)
Ceriodaphnia cornuta
Moinidae
Moina minuta (Hansen, 1899)
Chydoridae
Chydorus sp
COPEPODA
Eucalanidae
Eucalanus sp
Eucalanus pileatus (Giesbrecht, 1888)
Tachydiidae
Euterpina acutifrons (Dana, 1852)
Paracalanidae
Paracalanus sp
Paracalanus aculeatus (Giesbrecht, 1888)
Paracalanus crassirostris (F. Dahl, 1894)
Pseudodiaptomidae
Pseudodiaptomus sp

Pseudodiaptomus acutus (F. Dahl, 1984)
Pseudodiaptomus richardi (F. Dahl, 1984)
Pseudodiaptomus marshi (F. Dahl, 1984)
Oithonidae
Oithona sp
Acartiidae
Acartia sp
Acartia lilljeborgi (Giesbrecht, 1892)
Centropagidae
Centropages sp
Centropages velicatus (de Oliveira, 1947)
Temoridae
Temora stylifera (Dana, 1848)
Temora turbinata
Corycaeidae
Corycaeus sp
Corycaeus giesbrechti (F. Dahl, 1894)
Pontellidae
Calanopia americana (F. Dahl, 1894)
Diaptomidae
Notodiaptomus sp
Notodiaptomus cearenses
Calanidae
Undinula vulgaris(Dana, 1849)
Cyclopidae
Thermocyclops sp

4.2.2. ABUNDÂNCIA RELATIVA PERCENTUAL (AR%)

Durante as 4 campanhas realizadas no período de verão, no grupo dos cladóceros foram identificados e quantificados representantes de 8 taxa, sendo eles: *Yliocryptus spinifer, Ceriodaphnia reticulata, Bosmina longirostris, Diaphanossoma brevireme, Ceriodaphnia cornuta, Penilia avirostris, Moina minuta* e *Diaphanossoma spinulosum*. Segundo a escala de NEUMANN-LEITÃO (1994), não houve um táxon dominante. O táxon *Diaphanossoma spinulosum* foi classificado como abundante, apresentando uma

abundância relativa 62%. O *Moina minuta* foi considerado pouco abundante, visto que apresentou uma abundância relativa de apenas 14,3%. Enquanto que os demais taxa mostraram-se raros, caracterizando-se por valores inferiores a 10% (**Figura 6**).

Por outro lado, no grupo dos copépodos, foi possível identificar 20 taxa diferentes durante o verão: *Notodiaptomus cearensis, Temora turbinata, Centropages velificatus, Eucalanus pileatus, Pseudodiaptomus marshi, Acartia sp, Paracalanus sp, Oithona sp, Paracalanus crassirostris, Coryceaus sp, Thermocyclops sp, Calanopia americana, Coryceaus giesbrechti, Euterpina acutifrons, Pseudodiaptomus sp, Eucalanus sp, Notodiaptomus sp, Temora stylifera, Undinula vulgaris* e *Paracalanus aculeatus*. Destes, apenas o *Paracalanus aculeatus* apresentou uma abundância relativa significativa, podendo ser classificado como abundante (62,5%). Os demais taxa apresentaram valores inferiores a 10%, caracterizando-se como raros (**Figura 6**).

Durante as 4 campanhas feitas no período de inverno, foram identificados 8 taxa representantes do grupo de cladóceros, sendo eles: *Daphnia gessneri, Yliocryptus spinifer, Bosmina longirostris, Diaphanossoma brevireme, Ceriodaphnia cornuta, Penilia avirostris, Moina minuta* e *Diaphanossoma spinulosum*. Foram identificados como pouco abundantes os taxa *Daphnia gessneri, Moina minuta* e *Diaphanossoma spinulosum*, apresentando uma abundância relativa de 13,2%, 25,9% e 35,3%, respectivamente. Os outros representantes foram classificados como raros, possuindo valores menores que 10% (**Figura 6**).

No grupo dos copépodos encontrou-se 20 taxa diferentes: *Acartia lilljeborgi, Pseudodiaptomus richardi, Notodiaptomus cearensis, Temora turbinata, Centropages velificatus, Pseudodiaptomus marshi, Acartia sp, Paracalanus sp, Oithona sp, Paracalanus crassirostris, Coryceaus sp, Thermocyclops sp, Calanopia americana, Euterpina acutifrons, Pseudodiaptomus sp, Eucalanus sp, Notodiaptomus sp, Temora stylifera, Undinula vulgaris, Paracalanus aculeatus* e *2 copepoditos, de calanoida e ciclopoida*. Apenas o *Pseudodiaptomus sp, Notodiaptomus sp, Undinula vulgaris* e *Paracalanus aculeatus* apresentaram valores consideráveis de abundância relativa (11,9%, 15,8%, 21,7 % e 20,8%, respectivamente), podendo ser classificados como pouco abundantes. Os demais apresentaram valores inferiores a 10% (**Figura 6**).

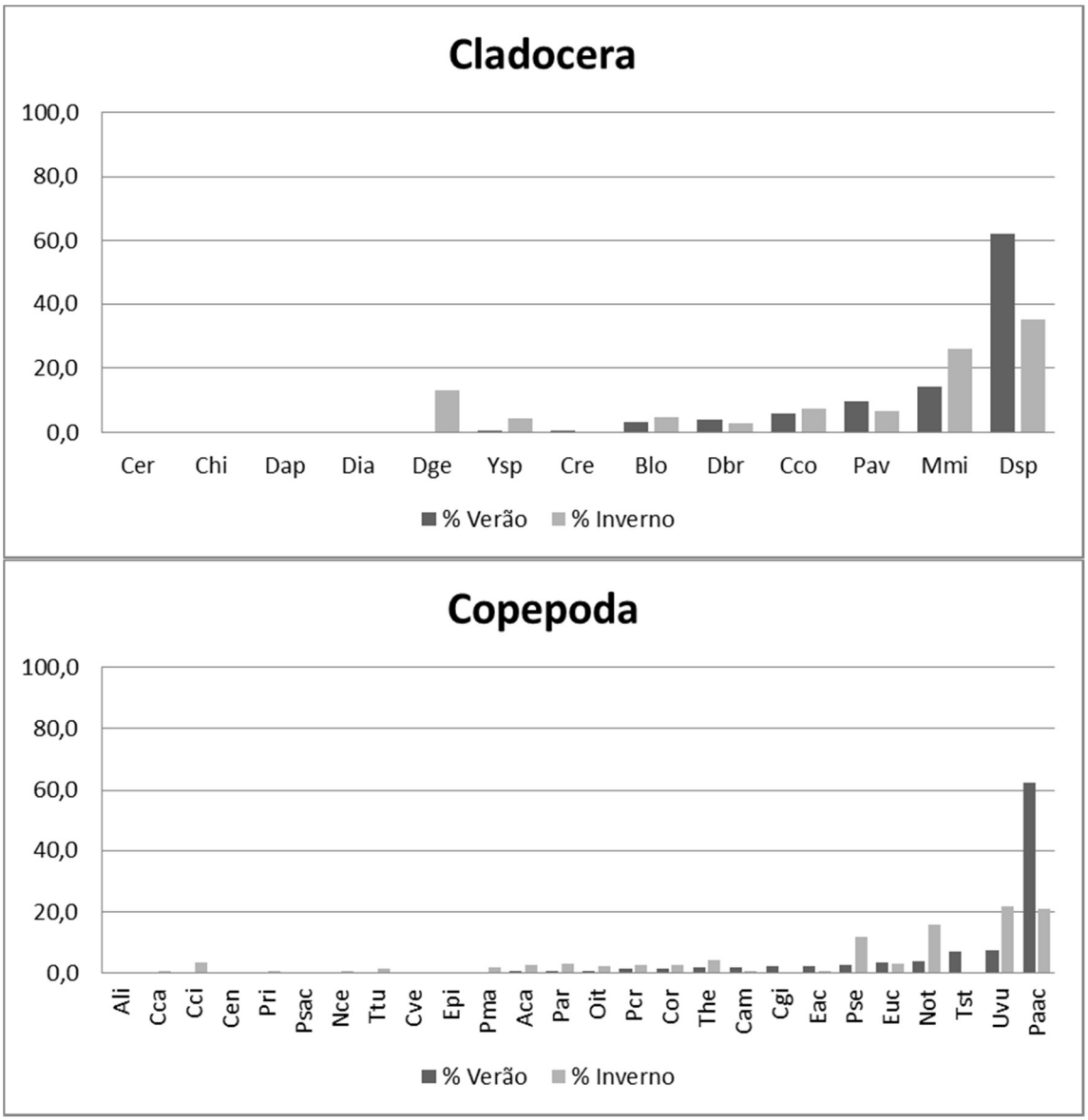

Figura 6: Abundância relativa da assembleia zooplanctônica, com ênfase em cladóceros e copépodos, encontrada no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia (Cer - *Ceriodaphnia sp*, Chi - *Chidorus sp*, Dap - *Daphnia sp,* Dia - *Diaphanossoma sp*, Dge - *Daphnia gessneri*, Cre - *Ceriodaphnia reticulata*, Pav - *Penilia avirostris*, Ysp - *Yliocryptus spinifer*, Blo - *Bosmina longirostris*, Cco - *Ceriodaphnia cornuta*, Dbr - *Diaphanossoma brevireme*, Mmi - *Moina minuta*, Dsp - *Diaphanossoma spinulosum*); (Cca - Copepodito de calanoida, Cci - Copepodito de ciclopoida, Epi - *Eucalanus pileatus*, Pma -*Pseudodiaptomus marshi,* Cam - *Calanopia americana*, Cen - *Centropages sp*, Cve - *Centropages velificatus*, Euc - *Eucalanus sp*, Tst - *Temora stylifera*, Uvu - *Undinula vulgaris*, Aca - *Acartia sp*, Par - *Paracalanus* sp, Psac - *Pseudodiaptomus acutus*, Pse - *Pseudodiaptomus sp*, Cor - *Coryceaus sp*, Paac - *Paracalanus aculeatus*, Pri - *Pseudodiaptomus richardi*, The - *Thermocyclops sp*, Cgi - *Coryceaus giesbrechti*, Eac - *Euterpina acutifrons*, Ttu - *Temora turbinata*, Not - *Notodiaptomus sp*, Pcr - *Paracalanus crassirostris*, Oit - *Oithona sp,* Ali - *Acartia lilljeborgi*, Nce - *Notodiaptomus cearenses*).

Ao fazer um comparação entre toda a assembleia zooplanctônica identificada e quantificada no presente estudo (**Figura 7**), observa-se uma leve tendência de decréscimo nos valores de abundância relativa dos copépodos ao longo das 4 campanhas de verão, variando de 35 a 66%. Enquanto que para os cladóceros, nota-se uma baixíssima abundância nos anos de 2010 e 2011, destacando-se a total ausência na segunda estação amostral em 2011. De uma forma geral, observam-se valores menores de copépodos e cladóceros quando a abundância de representantes de outros grupos do zooplâncton foi mais elevada.

Com relação às campanhas feitas no inverno, nota-se uma maior abundância de copépodos nos anos de 2009 e 2010, alcançando 82% do valor total na segunda estação amostral em 2010. Os demais representantes da assembleia zooplanctônica foram bastante representativos no ano de 2011, chegando a corresponder ao valor total da amostra na primeira estação amostral. Assim como no verão, observa-se uma diminuição nos valores de abundância de copépodos e cladóceros em virtude do aumento na quantidade dos demais representantes do zooplâncton.

Considerando a amostragem como um todo, observa-se que no verão os copépodos constituem 57% da abundância relativa total, os cladóceros 26% e os 17% restantes ficam a cargo dos demais representantes do zooplâncton. Por outro lado, no inverno há um significativo acréscimo na abundância correspondente aos demais grupos, alcançando 49%, enquanto os copépodos decaem para 38% e os cladóceros para 13%. (**Figura 8**).

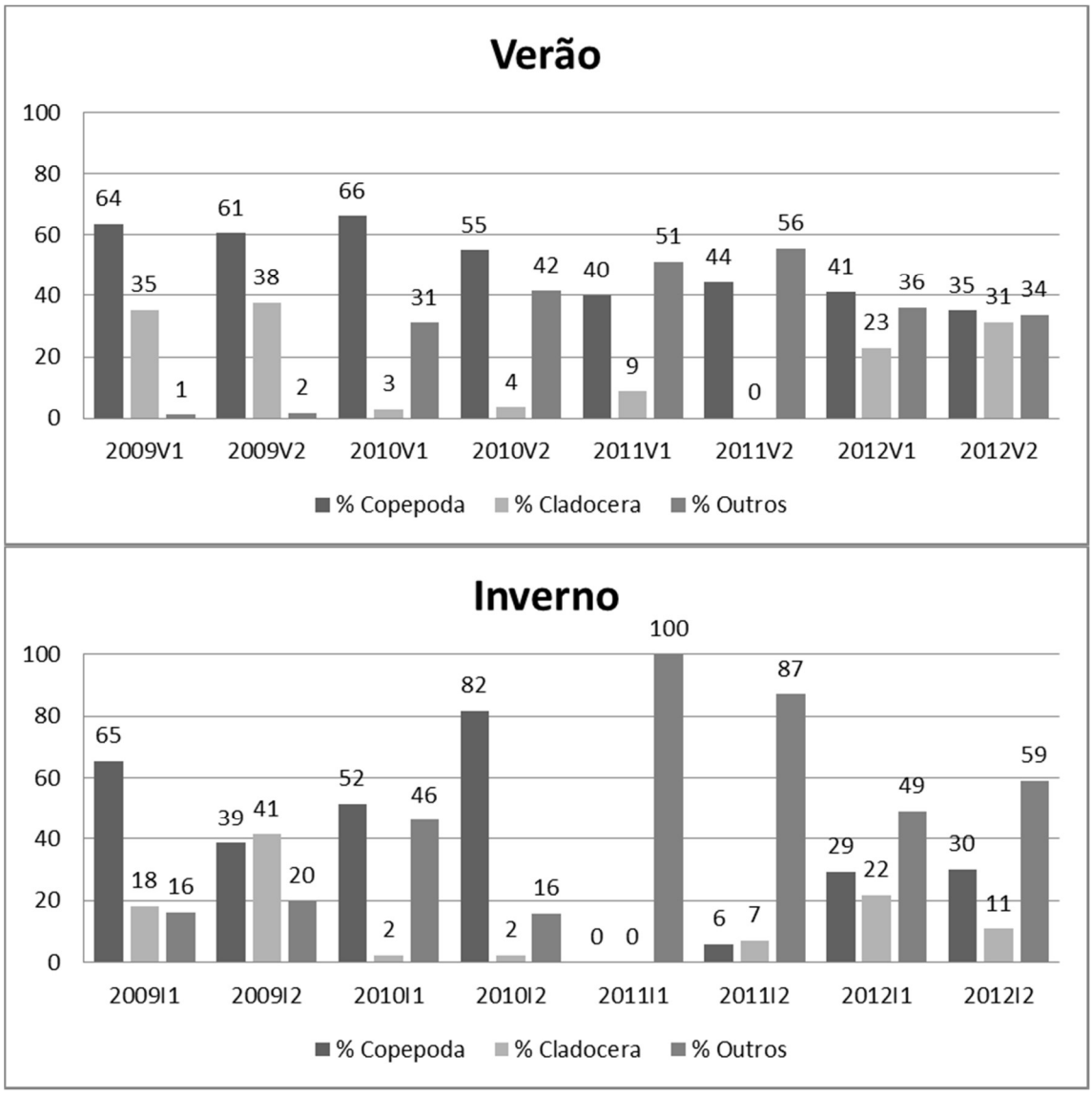

Figura 7: Abundância relativa de toda a assembleia zooplanctônica encontrada no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia (V1 – estação 1 verão, V2 - estação 2 verão, I1 – estação 1 inverno, I2 – estação 2 inverno).

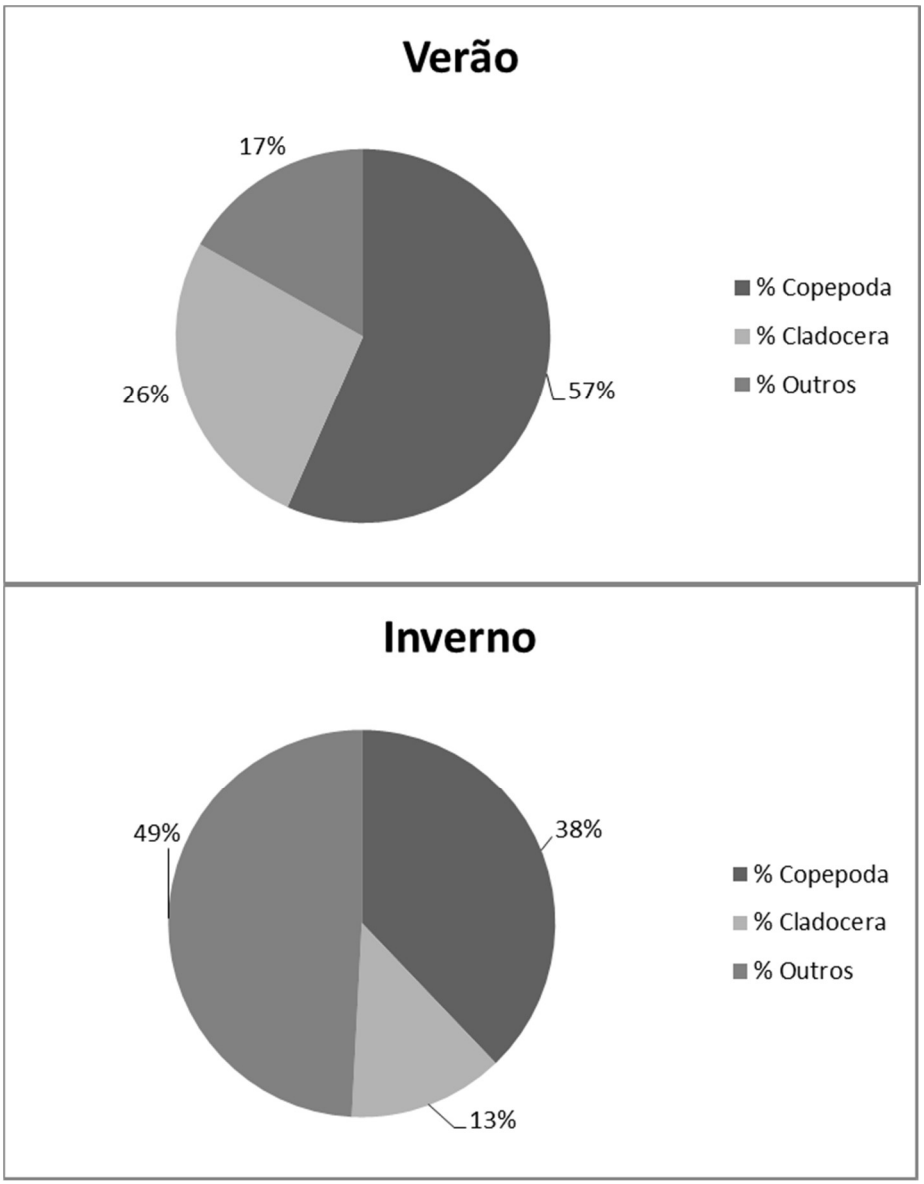

Figura 8: Abundância relativa dos copépodos e cladóceros, com relação aos demais grupos zooplanctônicos encontrados no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia.

4.2.3. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA PERCENTUAL (FO%)

Os taxa foram classificados de acordo com sua frequência de ocorrência, seguindo a classificação de NEUMANN-LEITÃO (1994). No grupo dos cladóceros (**Figura 9**), durante o verão, observou-se que *Diaphanossoma spinulosum* e *Moina minuta* foram muito frequentes, estando presentes em 87,5% e 75% das amostras, respectivamente. Enquanto que *Diaphanossoma brevireme* (37,5%), *Bosmina longirostris* (25%), *Ceriodaphnia cornuta* (25%), *Yliocryptus spinifer* (12,5%), *Penilia avirostris* (12,5%) e *Ceriodaphnia reticulata* (12,5%), foram considerados como pouco frequentes. Os demais taxa mostraram-se raros ou ausentes.

No período do inverno, *Diaphanossoma spinulosum* continuou sendo o taxa mais frequente, com FO = 87,5%. Por outro lado, *Moina minuta* teve um decréscimo para 50% das amostras, sendo classificado como frequente. Mostraram pouca frequência os taxa: Ceriodaphnia cornuta (37,5%), Diaphanossoma brevireme (25%), Bosmina longirostris (25%), Daphnia gessneri (25%), Yliocryptus spinifer (12,5%), Penilia avirostris (12,5%).

De forma geral, observou-se uma similaridade na frequência de ocorrência entre os períodos de verão e inverno. Destacando-se apenas o taxa *Ceriodaphnia reticulata*, que apareceu apenas na amostragem de verão e o *Daphnia gessneri*, que ocorreu apenas no inverno.

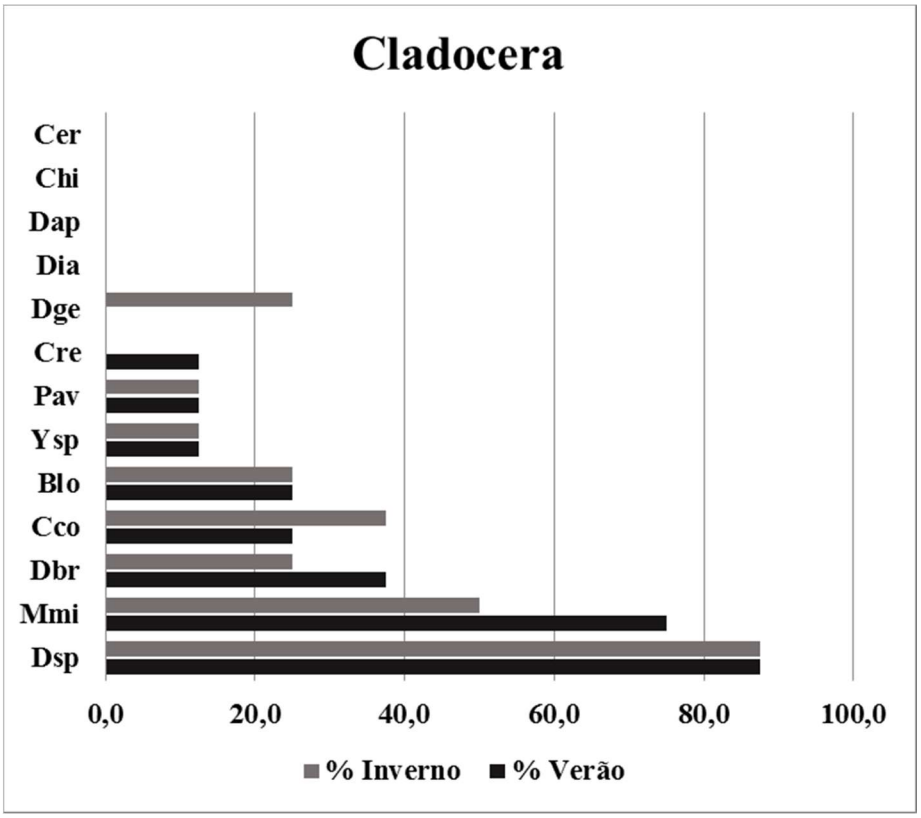

Figura 9: Frequência de ocorrência percentual (FO%) do grupo de cladóceros nos períodos de verão e inverno (Cer - *Ceriodaphnia sp*, Chi - *Chidorus sp*, Dap - *Daphnia sp*, Dia - *Diaphanossoma sp*, Dge - *Daphnia gessneri*, Cre - *Ceriodaphnia reticulata*, Pav - *Penilia avirostris*, Ysp - *Yliocryptus spinifer*, Blo - *Bosmina longirostris*, Cco - *Ceriodaphnia cornuta*, Dbr - *Diaphanossoma brevireme*, Mmi - *Moina minuta*, Dsp - *Diaphanossoma spinulosum*).

No grupo dos copépodos (**Figura 10**), durante o verão, observou-se que os taxa *Notodiaptomus cearenses* e *Acartia lilljeborgi* foram muito frequentes, ocorrendo em 100% e

87,5% das amostras, respectivamente. Já os taxa *Oithona sp* (62,5%), *Paracalanus crassirostris* (62,5%), *Notodiaptomus sp* (62,5%), *Temora turbinata* (50%), *Euterpina acutifrons* (50%) e *Coryceaus giesbrechti* (50%) classificaram-se como frequentes. Enquanto que os demais taxa foram considerados pouco frequentes ou raros.

Analisando o período de inverno, têm-se como muito frequentes os taxa *Notodiaptomus cearenses*, com um decréscimo para 75% das amostras, e o *Acartia lilljeborgi*, mantendo-se em 87,5% destas. *Paracalanus sp, Euterpina acutifrons* e *Coryceaus giesbrechti* classificaram-se com frequentes, por aparecerem em 50% da amostragem. E os demais taxa foram considerados pouco frequentes ou raros.

Comparando os dois períodos de amostragem, nota-se que os taxa *Calanopia americana, Centropages sp, Temora stylifera* e *Pseudodiaptomus sp* foram frequentes apenas durante o verão. Enquanto Copepodito de calanoida, Copepodito de ciclopoida, *Eucalanus pileatus* e *Pseudodiaptomus marshi* apresentaram-se apenas nas amostras de inverno.

4.4. ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA PARA CLADOCERA

A partir do modelo estatístico multivariado, conhecido como análise direta de gradiente, do tipo Análise de Redundância (RDA), para as 8 campanhas de amostragem realizadas entre o verão e o inverno de 2009-2012, foi possível verificar que a variância percentual acumulada na relação entre cladóceros e ambiente foi muito elevada (90%) e significante (Teste de Monte-Carlo, $p<0,05$), indicando que o gradiente hidroquímico gerado pela baixa qualidade de água em 2009, em relação aos anos de 2010, 2011 e 2012, explicou a variabilidade temporal das espécies de cladóceros.

Assim, houve uma clara separação entre as estações de amostragem do Grupo A, formada pelas campanhas de 2009 e pelas espécies *Diaphanossoma brevireme* (Dbr), *Diaphanossoma spinulosum* (Dsp) e *Moina minuta* (Mmi) (**Figura 11**), em relação ao Grupo B (verão de 2011 e 2012) e Grupo C (Inverno de 2011 e 2012; inverno e verão de 2010). O Grupo B foi caracterizado pela presença de *Bosmina longirostris* (Blo) e *Ceriodaphnia cornuta* (Cco), enquanto o Grupo C foi identificado pela ocorrência de *Daphnia gessneri* (Dge).

Esta separação entre os 3 grupos é consequência da menor qualidade da água obtida em 2009, além da sazonalidade do período seco (inverno) em relação ao período úmido (verão).

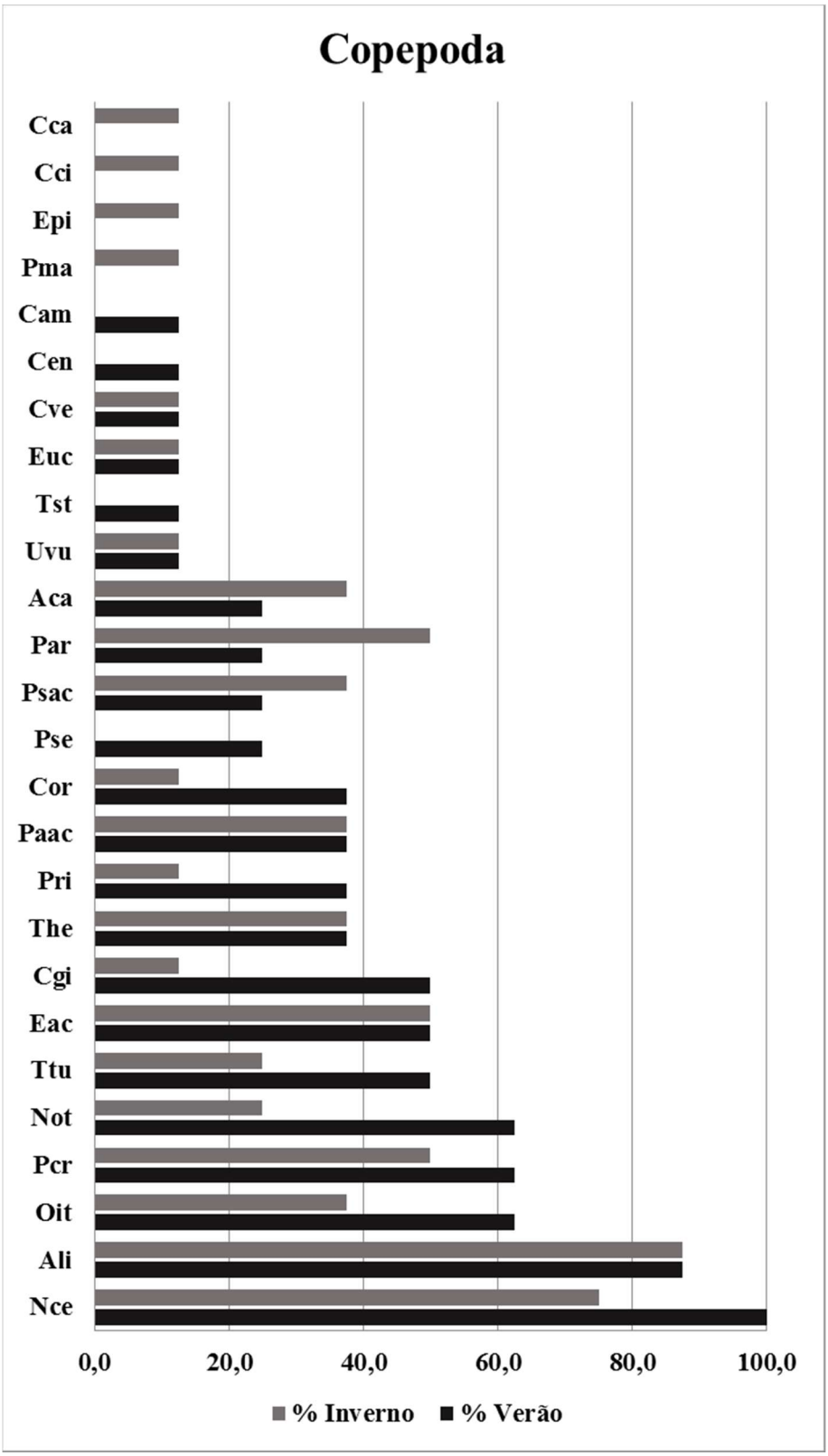

Figura 10: Frequência de ocorrência relativa (FO%) do grupo de copépodos nos períodos de verão e inverno (Cca - Copepodito de calanoida, Cci - Copepodito de ciclopoida, Epi - *Eucalanus pileatus*, Pma -*Pseudodiaptomus marshi*, Cam - *Calanopia americana*, Cen - *Centropages sp*, Cve - *Centropages velificatus*, Euc - *Eucalanus sp*, Tst - *Temora stylifera*, Uvu - *Undinula vulgaris*, Aca - *Acartia sp*, Par - *Paracalanus sp*, Psac - *Pseudodiaptomus acutus*, Pse - *Pseudodiaptomus sp*, Cor - *Coryceaus sp*, Paac - *Paracalanus aculeatus*, Pri -

Pseudodiaptomus richardi, The -*Thermocyclops sp*, Cgi - *Coryceaus giesbrechti*, Eac - *Euterpina acutifrons*, Ttu - *Temora turbinata*, Not - *Notodiaptomus sp*, Pcr - *Paracalanus crassirostris*, Oit - *Oithona sp*, Ali - *Acartia lilljeborgi*, Nce - *Notodiaptomus cearenses*).

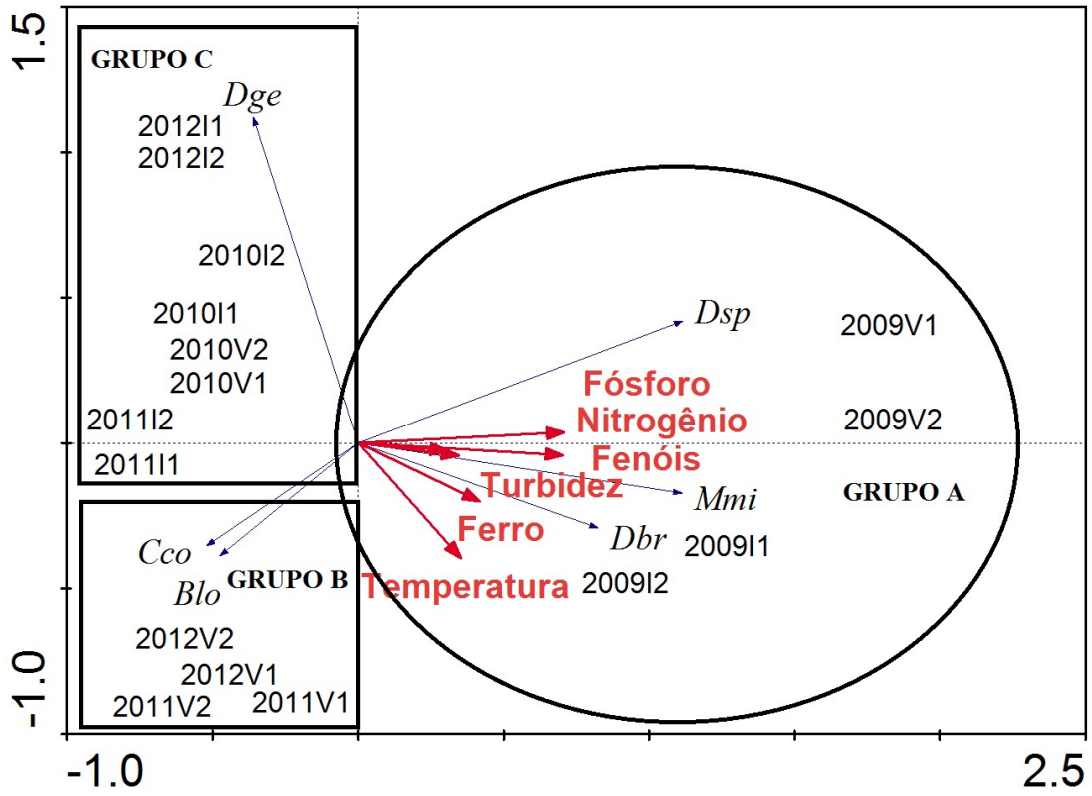

Figura 11: Diagrama de ordenação para análise de redundância relacionando a assembleia de cladóceros com a hidroquímica no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia, Brasil, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.

4.5. ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA PARA COPEPODA

Através da Análise de Redundância (RDA), realizada para as 8 campanhas de amostragem realizadas entre 2009 e 2012, verificou-se que a variância percentual acumulada na relação entre copépodos e ambiente foi moderada (61%) e não significante (Teste de Monte-Carlo, p>0,05), indicando que o gradiente hidroquímico gerado pela baixa qualidade de água em 2009, em relação aos anos de 2010, 2011 e 2012, explicou moderadamente a variabilidade temporal das espécies de copépodos.

Desta forma, houve uma separação entre as estações de amostragem do Grupo A, formada pelas estações do verão de 2009 e pelas espécies *Notodiaptomus cearenses*

(Nce), *Oithona sp* (Oit) e *Pseudodiaptomus sp* (Pse) (**Figura 12**), em relação ao Grupo B (Inverno de 2009, 2011 e 2012, além do verão de 2010) e Grupo C (Verão de 2012, além do inverno e verão de 2011). O Grupo B foi caracterizado pela presença de *Acartia sp* (Aca), *Acartia lilljeborgi* (Ali), *Paracalanus sp* (Par), *Thermocyclops sp* (The) e *Temora turbinata* (Ttu), enquanto o Grupo C foi identificado pela ocorrência de *Coryceaus giesbrechti* (Cgi), *Coryceaus sp* (Cor), *Centropages velificatus* (Cve), *Euterpina acutifrons* (Eac), *Eucalanus sp* (Euc), *Notodiaptomus sp* (Not), *Paracalanus aculeatus* (Paac), *Pseudodiaptomus acutus* (Psac) e *Pseudodiaptomus richardi* (Pri).

Esta separação entre os 3 grupos é consequência da menor qualidade da água obtida em 2009, além da sazonalidade do período seco (inverno) em relação ao período úmido (verão).

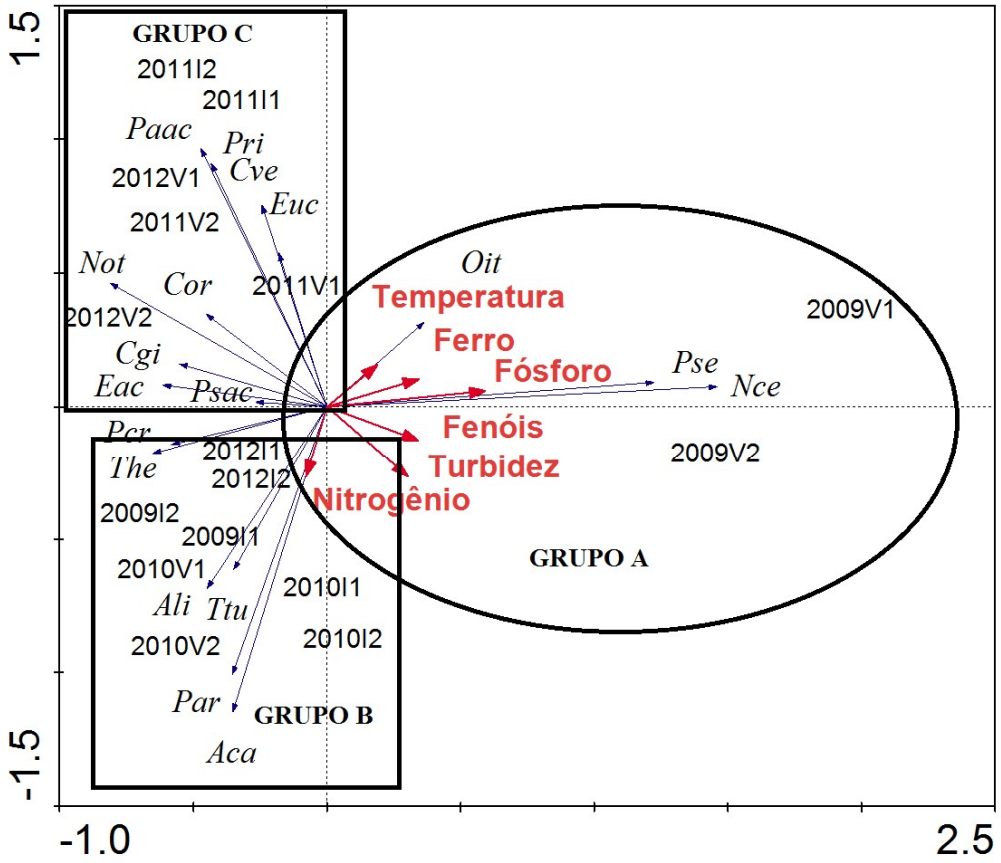

Figura 12: Diagrama de ordenação para análise de redundância relacionando a assembleia de copépodos com a hidroquímica no estuário do rio Jequitinhonha, Bahia, Brasil, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.

5. DISCUSSÃO

5.1. VARIÁVEIS HIDROQUÍMICAS

No presente estudo, a temperatura apresentou valores mais elevados durante o período úmido (verão), oscilando entre 27,9°C e 30,1°C. Enquanto que no período seco (inverno), esta variou entre 24,1°C e 26,7°C. Os maiores valores de temperatura nos meses de verão em relação ao inverno são típicos para estuários tropicais, sendo este padrão observado em vários estudos (COELHO-BOTELHO, 1999; ARA, 2002). Além disso, estuários tropicais e subtropicais fundamentalmente diferem dos estuários temperados, por apresentarem uma mudança sazonal menos marcada na temperatura e radiação solar (ARAÚJO *et al*., 2008), conforme foi verificado.

A concentração de oxigênio dissolvido oscilou entre 6,7 e 7,8 mg/L no período úmido e entre 6,9 e 8,4 mg/L no período seco, sendo todos os valores maiores do que 5,0 mg/L, que é o valor mínimo recomendado para águas salobras classe 1 pela resolução Conama 357/2006. Os altos valores de oxigênio registrados podem ser consequência dos processos de circulação e de mistura causados pela penetração de água marinha, que atua como renovador dos recursos físico-quimicos do estuário, ou podem ser resultado de uma intensa produtividade primária, devido a um provável aumento na disponibilidade de nutrientes. O oxigênio dissolvido é um bom indicador da poluição estuarina e seus baixos valores podem comprovar o estado de eutrofização de um sistema (CHAPMAN, 1992).

A turbidez, no período úmido (verão) variou entre 39 e 106 NTU, sendo os maiores valores encontrados na campanha de 2009, Já no período seco, esta oscilou entre 2 e 56 NTU. A turbidez funciona como um fator limitante da produção fitoplanctônica e consequentemente da produção secundária (zooplâncton).

Em relação aos sólidos suspensos totais (SST), esperava-se que as maiores concentrações fossem observadas durante o período úmido, quando a maior vazão fluvial transporta matéria orgânica e sedimento em maior quantidade para o estuário (DAVIES, 2004). Contudo as maiores concentrações ocorreram durante o período seco, chegando a 120 mg/L na estação 2 da campanha feita em 2012.

Para os fenóis, observou-se valores maiores que 0,003 mg/L, mínimo recomendado pela resolução Conama 357/2006, na maioria das amostras, sendo os valores mais elevados encontrados durante a campanha de 2009. O mesmo observou-se com relação ao ferro, apresentando valores muito maiores que 0,3 mg/L nesta mesma campanha. O fósforo

também registrou valores elevados principalmente no período úmido da campanha de 2009, com valores de 0,4 e 0,3 mg/L nas estações 1 e 2, respectivamente.

De forma geral, observou-se neste trabalho uma menor qualidade da água durante a campanha do verão de 2009 quando foram atingidos os valores mais elevados de ferro, fósforo total, turbidez e temperatura, além dos menores valores de oxigênio dissolvido. No inverno de 2009, a menor qualidade da água foi evidenciada pelos valores mais elevados de nitrogênio, fenóis, sólidos suspensos totais e compostos orgânicos halogenados adsorvíveis (AOX). Tal qualidade da água nesta campanha pode ser consequência de um maior impacto provocado pelos efluentes da fábrica de celulose localizada na área de estudo.

Não houve variabilidade espacial entre as duas estações de amostragem para nenhuma variável hidroquímica. Provavelmente, estão submetidas ao mesmo tipo e intensidade de impacto antropogênico e de forçantes ambientais, como dinâmica das marés, vazão estuarina e regime pluviométrico.

5.2. ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA

A caracterização do zooplâncton do estuário do rio Jequitinhonha revelou que este é composto por taxa de água doce, estuarino e oceânico. *Acartia lilljeborgi*, *Oithona sp*, *Temora turbinata*, *Temora stylifera*, *Pseudodiaptomus richardi* e *Pseudodiaptomus acutus*, são alguns dos taxa estuarinos (KENNISH, 1994). A ocorrência de taxa oceânicos ficou bem caracterizada pela presença de *Penilia avirostris*, *Paracalanus crassirostris*, *Coryceaus giesbrechti* e *Centropages velificatus* (BOLTOVSKOY, 1999). Como representantes de taxa tipicamente límnicos obteve-se *Notodiaptomus cearenses*, *Bosmina longirostris*, *Diaphanossoma spinulosum*, *Diaphanossoma brevireme*, *Yliocryptus spinifer*, *Moina minuta*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Chidorus sp* e *Daphnia gessneri* (MATSUMURA-TUNDISI e ROCHA,1983; MATSUMURA-TUNDISI e TUNDISI, 2003).

De uma forma geral, foram encontrados 24 taxa de Copepoda, número próximo ao obtido em outros locais, como no complexo estuarino de Paranaguá em que foi registrada a ocorrência de 28 espécies (LOPES *et al*., 1998), e no estuário do rio Sergipe com 23 espécies (ARAÚJO *et al*., 2008). Para Cladocera, obteve-se 13 taxa, número similar ao encontrado no baixo estuário do rio Itajaí-açu (VEADO, 2008).

Copepoda foi o grupo dominante, como geralmente encontrado na literatura, a exemplo dos trabalhos de Silva et al. (2003) no canal de Santa Cruz (PE), Sterza e Fernandes (2006) no sistema estuarino da Baía Vitória (ES) e Lopes *et al*. (1998) no complexo estuarino da

Baía de Paranaguá (PR). Segundo Tundisi (1970), em ecossistemas aquáticos, copépodos geralmente são os mais importantes componentes do mesozooplâncton em termos de abundância e biomassa, atuando como um importante elo, transferindo energia e matéria orgânica entre os produtores primários e animais de níveis tróficos superiores, tais como peixes planctívoros e invertebrados carnívoros.

Analisando a abundância relativa total, observou-se um predomínio de representantes de Copepoda no período úmido (verão) correspondendo a 57% da amostragem, seguido por Cladocera e demais grupos zooplanctônicos (por exemplo, Mollusca, Decapoda, Cirripedia), com 26% e 17%, respectivamente. Enquanto que no período seco (inverno), o grupo Copepoda configurou apenas 38% do total e o Cladocera 13%, tendo como mais abundante os demais grupos com 49%. Esta maior abundância de cladóceros no período úmido em relação ao período seco deve-se principalmente ao aumento da abundância desses organismos em áreas alagadas e rios durante o verão (BURGER *et al*., 2002), possibilitando que espécies límnicas entrem em maior quantidade no estuário com o aumento da vazão fluvial. Por outro lado, a maior abundância dos demais organismos zooplanctônicos no período seco pode ser explicada pelo maior tempo de residência da água no estuário deste período, o qual provoca uma maior estabilidade da coluna d'água, permitindo um melhor desenvolvimento do plâncton em geral. Já no período úmido, o tempo de residência da água é menor, tornando o ambiente estressante para a maioria dos organismos.

No grupo dos cladóceros, observou-se que no período úmido (verão), o táxon *Diaphanossoma spinulosum* foi o mais abundante, correspondendo a 62% do total. Em seguida, teve-se o *Moina minuta*, com 14,3%. Com relação ao período seco (inverno), os taxa mais abundantes foram *Diaphanossoma spinulosum*, *Moina minuta* e *Daphnia gessneri*, com 35,3%, 25,9 % e 13,2%, respectivamente. O táxon *Moina minuta* é uma espécie muito comum em ambientes dulcícolas no Brasil, ocorrendo no estuário da baía de Guarujá e em Belém (PA) (SILVA *et al*., 2008; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; RODRIGUES *et al*., 2008). É considerada uma indicadora de ambiente oligo-mesotróficos (COELHO-BOTELHO, 2003).

Ao observar o grupo dos copépodos, no período úmido (verão), o táxon *Paracalanus aculeatus* destacou-se como o mais abundante, correspondendo a 62,5% do total. Já no período seco (inverno), os taxa mais significativos foram *Paracalanus aculeatus*, *Undinula vulgaris*, *Notodiaptomus sp* e *Pseudodiaptomus sp*, caracterizando-se por 20,8%, 21,7%, 15,8% e 11,9%, respectivamente. O táxon *Paracalanus aculeatus* tem sido citado como um dos mais abundantes, estando associado a águas costeiras e neríticas (BJÖRNBERG, 1981). Em ambientes marinhos tem sido registrado no baixo estuário (boca) onde as correntes de maré têm uma grande influência (LOPES, 1994).

Para os cladóceros, *Diaphanossoma spinulosum* foi frequente em 87,5% das amostras, nos dois períodos estudados, sendo o táxon mais representativo. *Notodiaptomus* cearenses foi o mais característico dos copépodos, estando presente em 100% das amostras no verão e em 75% no inverno, seguido pelo Acartia lilljeborgi, que teve frequência de 87,5% para os dois períodos.

5.3. VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA

A estrutura da comunidade zooplanctônica depende da relação complexa de diversos fatores que incluem desde condições morfométricas e climáticas regionais a características físicas e químicas da água (NEVES *et al.,* 2003). Através dos resultados obtidos no diagrama de ordenação da análise de redundância, é possível notar que, para o grupo dos cladóceros, os maiores valores de temperatura, turbidez, nitrogênio, ferro, fósforo e fénois, estão relacionados à maior abundância dos taxa Diaphanossoma brevireme, Diaphanossoma spinulosum e Moina minuta, que caracterizaram a campanha de 2009 e o grupo A. No grupo B, tem-se uma separação das campanhas de verão de 2011 e 2012, caracterizadas pela grande abundância de Bosmina longirostris e Ceriodaphnia cornuta. Enquanto o grupo C engloba as campanhas de inverno dos anos de 2010 a 2012, juntamente com o verão de 2012, com grande abundância de Daphnia gessneri.

No grupo dos copépodos, observa-se que aos maiores valores das variáveis hidroquímicas estão relacionadas ao verão de 2009, grupo A, sendo caraterizadas pela grande abundância de Notodiaptomus cearenses, Oithona sp e Pseudodiaptomus sp. No grupo B notou-se uma similaridade entra as campanhas de inverno de 2009, 2010 e 2012, incluindo-se o verão de 2010, sob o domínio de Acartia sp, Acartia lilljeborgi, Paracalanus sp, Thermocyclops sp e Temora turbinata. O grupo C englobu as campanha de verão de 2011 e 2012 e o inverno de 2011, sob influencia dos demais taxa de copépodos.

De forma geral, essa divisão de cladóceros e copépodos em 3 grupos pode ser justificada pela baixa qualidade da água observada em 2009, provavelmente devido ao maior impacto dos efluentes da fábrica de celulose, e pela sazonalidade entre as campanhas de verão e inverno.

6. CONCLUSÕES

- As variáveis hidroquímicas mais importantes na definição do gradiente verificado na qualidade da água foram: AOX, fenóis, ferro, fósforo total, nitrogênio, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais, temperatura e turbidez.
- Não foi verificada variabilidade espacial entre os 2 pontos de amostragem, provavelmente porque eles estão sujeitos ao mesmo tipo e intensidade de impacto e forçantes ambientais.
- O impacto ambiental hidroquímico estuarino, promovido pelo lançamento dos efluentes industriais no rio Jequitinhonha, a partir de uma fábrica de celulose, foi mais intenso durante o ano de 2009, quando foi verificada a menor qualidade da água no ambiente estuarino.
- No estuário do rio Jequitinhonha, a variabilidade sazonal das variáveis hidroquímicas foi mais intensa no verão em relação ao inverno.
- Durante esta série temporal mesozooplanctônica, analisada ao longo de 4 anos, a assembleia de copépodos foi mais abundante que a assembleia de cladóceros.
- As assembleias de copépodos e cladóceros do estuário do rio Jequitinhonha são formadas por representantes límnicos, estuarinos e marinhos.
- A riqueza específica de copépodos, formada por 24 espécies, está próxima do limite superior verificada em outros estuários brasileiros.
- A riqueza específica de cladóceros, com 13 espécies, foi, como esperado, inferior à riqueza de copépodos.
- A variabilidade temporal verificada nas assembleias de copépodos e de cladóceros foi consequência da menor qualidade da água observada em 2009 e também da variabilidade temporal existente entre o verão e o inverno.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M.; SREEKRISHNAN, T. R. 2001. Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents: a review. Advances in Environmental Research. v. 5. p. 175 – 196.

ARA K. 2002. Temporal variability and production of Temora turbinata (Copepoda: Calanoida) in the Cananéia Lagoon estuarine system, São Paulo, Brazil. Scientia Marina, 66(4): 399-406p.

Araújo, C. V. M. ET AL. 2008. Potencial de dois cladóceros tropicais Latonopsis australis Sars, 1888 e Macrothrix elegans Sars, 1901 como biomonitores de um lago acidificado. Acta Limnológica Brasiliensia, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 111- 118.

ARAÚJO, H. M. P; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A; NEUMANN-LEITÃO, S; SCHWAMBORN, R; LUCAS, A. P. O; ALVES, J.P.H. 2008. Zooplankton community dynamics in relation to the seasonal cycle and nutrient inputs in an urban tropical estuary in Brazil. Braz. J. Biol., 68(4): 751-762.

BJÖNBERG, T. K. S. 1981. Copepoda. In: BOLTOVSKOY, D. (ed.). Atlas Del Zooplancton del Atlantico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar Del Plata, INIDEP, p. 587-679.

BOLTOVSKOY, D. 1981. Atlas del Zooplacton del Atlantico Sudoccidental: y métodos de trabajo con el zooplankton marino. Argentina, 935pp.

BOLTOVSKOY, D. (Ed). South Atlantic Zooplankton. Leiden: Backhuys Publishers. 1999. 2v. 1706p.

BOLTOVSKOY, D. 2005. Zooplankton of the South Atlantic Ocean. CD-ROM.

BURGER, D. F. HOOG, I. D. GREEN, J. D. 2002. Distribution and abundance of zooplankton in the Waikato River, New Zeeland. Hydrobiologia, 479: 31-38p.

CHAPMAN, D. 1992. Water Quality Assessments. A guide to the use of biota sediments and water in environmental monitoring. Chapman & Hall. Cambridge. 585p.

COELHO-BOTELHO, M. J.; MAURO, J. B. N.; DIAS, C. de O.; KURTZ, F. W.; TRUZZI, A. C.; NOGUEIRA, C. R.; REIS, J. L. dos e MATHIAS, A. M. da F. 1999. Aspectos do zooplâncton da baía de Sepetiba (RJ, Brasil). 1-33p. In SILVA, S. H. G. e LAVRADO, H. P. (eds.). Ecologia de ambientes costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Série Oecologia Brasiliensis, vol. VII. PPGE – UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

COELHO-BOTELHO, M. J. 2003. Dinâmica da Comunidade Zooplanctônica e sua Relação com o Grau de Trofia em Reservatórios, CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, Setor de Comunidades Aquáticas, SP.

DAVIES, P. 2004. Nutrient processes and chlorophyll in the estuaries and plume of Gulf of Papua. Continental Shelf Research, 24. 2317-2341p.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. 1997. Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil. Ed. Universitária. Brasília. 156pp.

ESTEVES, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Jeneiro: Interciência Ltda.

FATIMA M.; AHMAD, I.; SIDDIQUI R.; RAISUDDIN S. 2001. Paper and Pulp Mill Effluent-Induced Immunotoxicity in Freshwater Fish Channa punctatus (Bloch). Arch. Environ. Contam. Toxicol, v.40, p. 271–276.

FERREIRA, V. O. 2011. Unidades de paisagem da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos. Ver. Caminhos de Geografia, 37: 239 – 257.

FRIZZO S. M. B.; SILVA M. C. M.; FOELKEL C. E. B. 2007. Contribuição ao Estudo de Efluentes de Indústrias de Celulose e Papel. Ciên. Flor.,, v.6, p. 129-136, 1996. GAETE H.; ARÁNGUIZ F.; CIENFUEGOS G.; TEJOS M. Metales Pesados y Toxicidad de Aguas del Río Aconcagua en Chile. Quim. Nova, v. 30, p. 885-891.

GONÇALVES, R. N. 1997. Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha. Diretrizes gerais para a ordenação do solo. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica. 1ª Divisão de Geociências do Nordeste – DIGEO 1/ NE .1.

HUUSKONEN, H; HOLOPAINEN, A.-L; HÄMÄLÄINEN, H; KARJALAINEN, J; LEPPÄ, M; PUNTA, E. & RAHKOLA, M. 2000. Eutrophication and recovery- positive effects of the modernization of a pulp mill. In: Ruoppa, M., Paasivirta, J., Lehtinen, K-J. & Ruonala, S. (Eds). 4th International Conference on Environmental Impacts of the Pulp and Paper Industry: proceedings of the conference 12-15 June 2000 Helsinki, Finland. Finnish Environment Institute, 2000. 404 s.

KENNISH, M. J. 1990. Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects. CRC Press, Boca Raton, FL, (1): 494 pp.

KENNISH, M. J. (ed.). 1994. Pratical Handbook of Marine Science. CRC Press, Boca Raton, FL: 566 pp.

LOPES, R. M. 1994. Zooplankton Distribution in the Guaraú River Estuary (South-eastern Brazil). Estuar. coastal. Shelf. Sci. 39: 287-302.

LOPES, R.M; do VALE, R; BRANDINI, F.P. 1998. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. Rev. Bras. Oceanogr., 46(2):195-211.

MATSUMURA-TUNDISI, T. e ROCHA, O. 1983. Occurence of Copepod (Calanoida Cyclopoida and Harpaticoida) From Broa Reservoir (São Carlos, São Paulo, Brazil). Revista Brasileira de Biologia, 1(43): 1-17p.

MATSUMURA-TUNDISI, T. e TUNDISI, J. G. 2003. Calanoida (Copepoda) species composition changes in the reservoirs of São Paulo State (Brazil) in the last twenty years. Hydrobiologia, 504: 215-222p.

MIRANDA, L. B. de; CASTRO, B. M. de e KJERFVE, B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. Edusp. São Paulo, 414pp.

MONTÚ, M. 1980. Zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos. I. Estrutura e variações temporais e espaciais da comunidade. Atlântica, (4): 53-72p.

NEUMANN-LEITÃO, S. 1994. Impactos antrópicos na comunidade zooplanctônica estuarina. Porto de Suape – PE – Brasil. São Carlos, 273p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

NEVES, I. F.; ROCHA, O.; ROCHE, K. F.; PINTO, A.A. 2003. Zooplankton Community Structure of Two Marginal Lakes of the River Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with Analysis of Rotifera and Cladocera Diversity. Braz. J. Biol., 63(2): 329-343.

RÉ, P. 1999. Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica, Guia de identificação de ovos e estados larvares planctônicos. Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 114 pp.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 1976. Atlas de zooplâncton Reservatório do Broa, São Carlos. São Carlos: UFSCar. 68p.

RODRIGUES, M. S., GÓES. DA COSTA, E. BELÚCIO, L. F. 2008. Levantamento do zooplanct^n da bía do Guajará (Pará-Brasil). In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 3º e Congresso Ibero-Americano de Oceanografia, 1º, 2008, Fortaleza. CD-ROM. Balneário Camboriú: Aoceano.

SIBLEY, P.K; DIXON, F.G. & BARTON, D.R. 2000. Impact of bleached kraft pulp mill effluent on benthic community structure in relation to environmental factors. Journal of Aquatic Stress and Recovery 7, 229–246.

Silva, T. A.; Neumann-leitão, S.; Schwamborn, R.; Gusmão, L. M. O. & Nascimento-Vieira, D.A. 2003. Diel and seasonal changes in the macrozooplankton community of a tropical estuary in northeastern Brazil. Revista Brasileira de Zoologia, 20(3): 439-446.

SIOKOU-FRANGOU, I, 1996. Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area. J. Plankton Res. 18: 203–223.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ROCHA O. 2001. Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. São Carlos: RiMa. 106p.

SOETAERT, C. & VAN RIJSWIJK, P. 1993. Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde estuary. Marine Ecology Progress Series 97: 47–59.

STERZA, J.M; FERNANDES, L.L. 2006. Zooplankton Community of the Vitória Bay Estuarine System (Southeastern Brazil). Characterization During a Three-Year Study. Braz. J. Oceanogr., 54(2/3):95-105.

TENENBAUM, D. R. 1995. O fitoplâncton numa região tropical costeira impactada pelo efluente de uma fábrica de celulose (Espírito Santo, Brasil). Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

TUNDISI, J. G. 1970. O plâncton estuarino. Contrações. Inst. Oceanogr., Univ. S. Paulo., série Ocean Biol. 19:1-22.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos.

VEADO, L. 2008. Variação espaço-temporal do zooplâncton do baixo estuário do rio Itajaí-açu. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. Universidade do Vale do Itajaí. 71pp.

XAVIER, C. R.; BECERRA J.; HERNÁNDEZ, V.; CHAMORRO S.; VIDAL, G. 2006. Effects of phytosterols contained in pulp mill effluent on *D. magna* and *D. obtuse*. In: Sixth International Conference on Fate and Effects of Pulp and Paper Mill Effluents, 2006, Vitória. Anais... Vitória. CD-ROM.

ZHOU, Q., ZHANG, J., FU, J., SHI, J., JIANG, G. 2008. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. Analytica Chimica Acta 606, 135–150.

ANEXOS

	Temp	OD	Turbidez	SST	Fenóis	Fósforo	Nitrogênio	Ferro	AOX
2009V1	29,6	6,7	98	38	0,01	0,4	0,9	1,4	0,02
2009V2	29,4	7,1	106	36	0,01	0,3	1,6	1,1	0,01
2010V1	28,1	7,6	55	27	0,002	0,1	2,6	0,28	0,32
2010V2	27,9	7,8	65	27	0,002	0,1	2,6	0,25	0,32
2011V1	30,1	7,2	25	8	0,003	0,2	0,5	0,04	1,1
2011V2	30,1	7,3	70	12	0,003	0,1	0,5	1,5	0,8
2012V1	29,3	7,6	45	25	0,003	0,1	0,5	1,2	0,12
2012V2	29,4	7,7	39	33	0,001	0,1	0,5	0,33	0,19
2009I1	26,7	7,5	21	99	0,01	0,1	6,9	0,51	1,2
2009I2	26,4	7,8	16	60	0,01	0,1	5,3	0,39	0,67
2010I1	25,7	7,8	42	45	0,003	0,1	0,5	0,3	0,02
2010I2	25,5	7,9	56	41	0,003	0,1	0,5	0,39	0,01
2011I1	25,7	8,4	4	8	0,001	0,1	0,5	0,09	0,31
2011I2	25,2	6,9	2	13	0,001	0,1	0,5	0,01	0,28
2012I1	24,1	6,9	12	28	0,001	0,1	0,5	0,01	0,18
2012I2	24,5	7,1	20	120	0,001	0,1	0,5	0,01	0,22

Anexo 1: Matriz para análise de componentes principais das variáveis hidroquímicas, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012

	Dbr	Dsp	Dge	Mmi	Cco	Blo
2009V1	12,0	180,0	0,0	40,0	0,0	0,0
2009V2	0,0	60,0	0,0	12,0	0,0	0,0
2010V1	0,0	2,4	0,0	0,5	0,0	0,0
2010V2	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0
2011V1	1,9	2,8	0,0	2,6	0,0	0,0
2011V2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2012V1	0,0	4,4	0,0	1,5	11,2	3,4
2012V2	2,8	3,1	0,0	2,8	13,5	9,0
2009I1	1,2	13,9	0,0	3,2	0,0	0,0
2009I2	1,7	5,9	0,0	22,7	0,0	0,0
2010I1	0,0	1,5	0,0	0,7	0,0	0,0
2010I2	0,0	2,0	0,0	0,3	0,0	0,0
2011I1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011I2	0,0	3,1	0,0	0,0	2,4	1,6
2012I1	0,0	7,1	7,5	0,0	3,8	3,3
2012I2	0,0	3,1	6,2	0,0	1,5	0,0

Anexo 2: Matriz para análise de redundância com dados de densidade das espécies de cladóceros característicos, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.

2012I2	2012I1	2011I2	2011I1	2010I2	2010I1	2009I2	2009I1	2012V2	2012V1	2011V2	2011V1	2010V2	2010V1	2009V2	2009V1	
0,0	2,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**Euc**
3,5	0,0	1,9	1,7	0,4	0,6	0,0	2,3	0,0	0,0	1,9	1,7	0,9	1,0	0,0	0,0	**Eac**
0,0	1,7	5,6	5,0	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	5,6	5,0	0,4	0,0	0,0	0,0	**Paac**
0,0	6,7	8,5	5,8	10,4	19,0	0,0	11,7	0,0	2,2	8,5	5,8	11,6	4,9	0,0	0,0	**Pcr**
0,0	0,8	0,0	0,0	0,7	0,3	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,0	0,0	**Par**
0,0	2,3	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	8,1	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**Pri**
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	18,0	**Pse**
6,9	4,6	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	6,2	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**Psac**
11,2	6,5	4,5	5,8	6,7	1,8	23,0	13,7	11,1	11,2	4,5	5,8	3,0	14,2	120,0	380,0	**Nce**
0,0	0,0	0,5	1,4	0,0	0,0	5,5	1,9	3,1	3,6	0,5	1,4	0,0	3,9	0,0	0,0	**Not**
0,0	0,0	0,0	5,5	33,8	2,3	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	5,5	8,7	6,7	0,0	0,0	**Ttu**
0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,2	5,7	2,7	0,0	0,0	0,0	3,4	1,6	0,6	0,0	0,0	**The**
0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	1,5	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	1,3	0,0	0,0	**Aca**
8,5	4,4	6,5	4,7	22,0	9,7	4,5	13,0	3,1	7,3	6,5	4,7	10,3	24,9	0,0	8,0	**Ali**
0,0	0,0	5,8	3,5	2,1	1,8	0,0	4,9	0,0	0,0	5,8	3,5	9,7	0,2	0,0	12,0	**Oit**
0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**Cve**
0,0	0,0	2,4	2,8	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2,8	4,7	6,8	0,0	0,0	**Cgi**
0,0	0,0	0,5	0,7	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,5	0,7	0,0	0,3	0,0	0,0	**Cor**

Anexo 3: Matriz para análise de redundância com dados de densidade das espécies de copépodos característicos, no verão (V) e inverno (I), nos pontos 1 e 2, entre 2009 e 2012.