AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RIO GRANDE, SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

CARLA CAPOLETI

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais.

Orientadora:
Dra. Maria Beatriz Bohrer-Morel

São Paulo
2005

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RIO GRANDE, SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

CARLA CAPOLETI

IPEN
BIBLIOTECA
23 155

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais.

Orientadora:
Dra. Maria Beatriz Bohrer-Morel

SÃO PAULO
2005

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

Aos meus pais, irmãos, a Julia e ao Pedro pelo
carinho, apoio e compreensão.
Ao Rubens pelo amor, atenção e
presença em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as horas.

A minha querida orientadora Dra. Maria Beatriz Bohrer-Morel pela dedicada orientação, amizade, carinho, confiança e paciência.

A todos os colegas e amigos do Centro de Química e Meio Ambiente do IPEN, pelo apoio e facilidades concedidas para o desenvolvimento deste trabalho.

A Dra. Sueli Borreli pelas sugestões e amizade.

Ao meu querido amigo Dênis Abessa pela amizade, ajuda e tratamento dos dados estatísticos.

A Profa. Dra Odete Rocha e ao Dr. Paulo Pamplim pelo auxílio nas análises estatísticas.

A Dra. Liane Biehl Printes pelas valiosas sugestões.

A todos da ETA Rio Grande, em especial ao Osmar Rivelino, Vilma Rivelino, Henrique Merlo, João Merlo e Adilson Vieira pela ajuda e apoio recebido durante a execução deste trabalho.

Ao meu grande amigo Maurício P. Souza da ETA Rio Grande, pelo grande auxílio nas coletas e amizade.

Ao Instituto de Astrofísica, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo/SP, pelos dados climatológicos.

A Estação de Tratamento de Esgotos do ABC/SP, pelas análises das amostras realizadas.

Ao Prof. Silvio César de Osti, pela amizade, incentivos e confiança.

Ao Prof. Dr. Jorge Vaz pela amizade, ajuda e apoio.

Aos meus amigos do laboratório Ricardo Coelho, Nathália D. Carvalho, Gustavo Borges, Classira Tibolla e tantos outros que passaram por lá, pela amizade, sugestões, ajuda e apoio.

A minha pequena e querida amiga Vanessa Lameira pela amizade, carinho e ajuda.

As minhas eternas e grandes amigas Angélica Megda da Silva e Patrícia Jaconetti pela sincera amizade, momentos inesquecíveis, histórias, boas risadas, ajuda e apoio.

Ao meu amigo Luiz Pires pela amizade e ajudas constantes.

As minhas queridas amigas Flavia Tranjan Andreotti e Silmara D. Morgan pela amizade, carinho e apoio.

Ao Prof. Dr. André Cordeiro pelo material de laboratório, bibliografias e amizade.

A todos os amigos conquistados no decorrer deste trabalho, em especial ao Alberto Carvalho de O. Filho e Dr. Guilherme Lotufo pela amizade, bibliografias e ajuda.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

"O importante não é estar aqui ou ali,
mas ser.
E ser é uma pequena ciência delicada,
feita de pequenas grandes observações
do cotidiano dentro e fora da gente.
Senão executamos essas observações,
não chegamos a ser.
Apenas estamos e desaparecemos".

Carlos Drumond de Andrade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Tratamento de Água para Abastecimento Público	01
1.2. Monitoramento da Qualidade da Água	03
1.3. A Comunidade Zooplanctônica	04
1.3.1. Protozoa em Estação de Tratamento de Água	05
1.4. Ecotoxicologia	06
1.4.1. *Paramecium* cf *aurelia* como organismo-teste	07
2. OBJETIVOS	09
3. ÁREA DE ESTUDO	10
3.1. Características gerais das Estações de coleta	10
3.1.1. Estação 1 - Reservatório Rio Grande	10
3.1.2. Estações 2 e 3 - Sistema de Tratamento	12
3.1.2.1. Sistema Integrado da Estação de Tratamento de Água Rio Grande	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1. Parâmetros Climatológicos	16
4.1.1. Temperatura do ar	16
4.1.2. Pluviosidade	16
4.2. A Comunidade Zooplanctônica	16
4.2.1. Análises Físicas, Químicas e Biológicas da Água	16
4.2.1.1. Temperatura	16
4.2.1.2. Potencial Hidrogeniônico	16
4.2.1.3. Oxigênio Dissolvido	16
4.2.1.4. Condutividade Elétrica	16
4.2.1.5. Dureza	16
4.2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio	17
4.2.1.7. Cor e Turbidez	17
4.2.1.8. Análise Estatística	17
4.2.2. Análise da Comunidade Zooplanctônica	17
4.2.2.1. Coletas	17
4.2.2.2. Análise Qualitativa do Zooplâncton	19
4.2.2.3. Análise Quantitativa do Zooplâncton	20
4.2.3. Coeficiente de Similaridade	20

4.2.4. Diversidade, Equitatividade e Riqueza 21
4.2.5. Abundância Relativa (AR) 22
4.2.6. Análise Estatística 22
4.2.6.1. Comunidade Zooplanctônica 22
4.3. *Paramecium* cf *aurelia* como organismo-teste 22
4.3.1. Cultivo e manutenção de *Paramecium* cf *aurelia* em Laboratório 22
4.3.2. Experimentos com *Paramecium* cf *aurelia* 23
4.3.2.1. Temperatura 24
4.3.2.2. Alimento 24
4.3.3. Determinação da taxa intrínseca de aumento natural (r_m) de *Paramecium* cf *aurelia* 24
4.4. Determinação da Faixa de Sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* 25
4.4.1. Análise Estatística 26
5. RESULTADOS 27
5.1. Parâmetros Climatológicos 27
5.1.1. Temperatura do ar 27
5.1.2. Pluviosidade 27
5.2. A Comunidade Zooplanctônica 28
5.2.1. Análise das Variáveis Físicas e Químicas da Água 28
5.2.1.1. Temperatura 28
5.2.1.2. Potencial Hidrogeniônico (pH) 29
5.2.1.3. Oxigênio Dissolvido 30
5.2.1.4. Condutividade Elétrica 31
5.2.1.5. Dureza 32
5.2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio 33
5.2.1.7. Demanda Química de Oxigênio 34
5.2.1.8. Cor e Turbidez 35
5.2.2. Análise Estatística 36
5.2.3. Estrutura da Comunidade Zooplanctônica 38
5.2.3.1. Composição Específica 38
5.3. Distribuição Horizontal 40
5.4. Abundância Relativa 42
5.4.1. Comunidade Zooplanctônica 42

5.4.1.1. Protozoa 45
5.4.1.2. Rotifera 46
5.4.1.3. Copepoda 49
5.4.1.4. Cladocera 51
5.4.1.5. Outros Taxa 51
5.4.2. Densidade da Comunidade Zooplanctônica 52
5.4.2.1. Variação da densidade de vários grupos zooplanctônicos 53
5.4.2.1.1. PROTOZOA 56
5.4.2.1.2. ROTIFERA 62
5.4.2.1.3. COPEPODA 65
5.5. Diversidade, Equitatividade e Riqueza 68
5.6. Relações entre a comunidade zooplanctônica e as variáveis físicas e químicas 72
5.7. *Paramecium* cf *aurelia* 75
5.7.1. Otimização de cultivos 75
5.8. Crescimento populacional – Determinação da taxa intrínseca de aumento natural (r_m) de *Paramecium* cf *aurelia* 78
5.9. Determinação da faixa de sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* à Substância de Referência 82
6. DISCUSSÃO 84
6.1. Características Físicas e Químicas da Água 84
6.2. Estrutura da Comunidade Zooplanctônica 90
6.3. Flutuação da Comunidade Zooplanctônica 99
6.4. *Paramecium* cf *aurelia* como organismo-teste 102
6.4.1. Implantação de cultivos de *Paramecium* cf *aurelia* 102
6.4.1.1. Influência de diferentes dietas e temperaturas no cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* 102
6.4.1.2. Determinação da taxa intrínseca de aumento natural de *Paramecium* cf *aurelia* 104
6.4.1.3. Avaliação da sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* ao Cloreto de Sódio (NaCL) 105
7. CONCLUSÕES 108
8. BIBLIOGRAFIA 110

5.4.1.1. Protozoa 45
5.4.1.2. Rotifera 46
5.4.1.3. Copepoda 49
5.4.1.4. Cladocera 51
5.4.1.5. Outros Taxa 51
5.4.2. Densidade da Comunidade Zooplanctônica 52
5.4.2.1. Variação da densidade de vários grupos zooplanctônicos 53
5.4.2.1.1. PROTOZOA 56
5.4.2.1.2. ROTIFERA 62
5.4.2.1.3. COPEPODA 65
5.5. Diversidade, Equitatividade e Riqueza 68
5.6. Relações entre a comunidade zooplanctônica e as variáveis físicas e químicas 72
5.7. *Paramecium* cf *aurelia* 75
5.7.1. Otimização de cultivos 75
5.8. Crescimento populacional – Determinação da taxa intrínseca de aumento natural (r_m) de *Paramecium* cf *aurelia* 78
5.9. Determinação da faixa de sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* à Substância de Referência 82
6. DISCUSSÃO 84
6.1. Características Físicas e Químicas da Água 84
6.2. Estrutura da Comunidade Zooplanctônica 90
6.3. Flutuação da Comunidade Zooplanctônica 99
6.4. *Paramecium* cf *aurelia* como organismo-teste 102
6.4.1. Implantação de cultivos de *Paramecium* cf *aurelia* 102
6.4.1.1. Influência de diferentes dietas e temperaturas no cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* 102
6.4.1.2. Determinação da taxa intrínseca de aumento natural de *Paramecium* cf *aurelia* 104
6.4.1.3. Avaliação da sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* ao Cloreto de Sódio (NaCL) 105
7. CONCLUSÕES 108
8. BIBLIOGRAFIA 110

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Sistema de Tratamento de água para Abastecimento Público da SABESP, SP. Fonte: SABESP, 2002 02

FIGURA 2 - Mapa da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos UGRHI6 – Alto Tietê, incluindo o Braço do Rio Grande, SP. Fonte: SABESP, 2002 11

FIGURA 3 - Vista aérea da ETA Rio Grande e manancial ao fundo. Fonte: SABESP, 2003 12

FIGURA 4 - Elevatória Rio Grande de Água Bruta. Fonte: ETA Rio Grande, 2003 13

FIGURA 5 - Detalhamento de cada tubulão da Elevatória Rio Grande. Fonte: ETA Rio Grande, 2003 13

FIGURA 6 - Croqui do decantador 9 (módulo tubular do tipo placas planas paralelas). Fonte: ETA rio Grande, 2003 14

FIGURA 7 - Croqui do filtro 18 (filtros rápidos de areia do tipo camada profunda). Fonte: ETA Rio Grande, 2003 15

FIGURA 8 - Estação 01: Captação da ETA Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP 18

FIGURA 9 - Estação 02: Decantador da ETA Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP 19

FIGURA 10 - Estação 03: Filtro da ETA Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP 19

FIGURA 11 - Condições de cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* 23

FIGURA 12 - Temperatura do ar (°C) (médias mensais) registradas no período de fevereiro a julho de 2004, na região do Grande ABC, SP 27

FIGURA 13 - Pluviosidade (mm) (médias mensais) registradas durante o período de fevereiro a julho de 2004 pela Estação de Tratamento de Água Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP 28

FIGURA 14 - Variação da temperatura da água na superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP. no período de fevereiro a julho de 2004 29

FIGURA 15 - Variação de pH na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 30

FIGURA 16 - Variação de oxigênio dissolvido na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 31

FIGURA 17 - Variação de condutividade elétrica na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 32

FIGURA 18 - Variação de dureza na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 33

FIGURA 19 - Variação de DBO na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 34

FIGURA 20 - Variação de DQO na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 35

FIGURA 21 - Variação de cor na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 36

FIGURA 22 - Variação de turbidez na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 36

FIGURA 23 - Dendograma de similaridade do zooplâncton na superfície entre as estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 41

FIGURA 24 - Abundância relativa média (%) da comunidade zooplanctônica na superfície das três estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 44

FIGURA 25 - Abundância relativa média (%) da comunidade zooplanctônica no fundo das estações 1 e 3 da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 45

FIGURA 26 - Abundância relativa média (%) das espécies de Protozoa da Estação de Tratamento de Água Rio Grande, período de fevereiro a julho de 2004 47

FIGURA 27 - Abundância relativa média (%) das espécies de Rotifera da Estação de Tratamento de Água Rio Grande, período de fevereiro a julho de 2004 48

FIGURA 28 - Abundância relativa média (%) das espécies de Copepoda da Estação de Tratamento de Água Rio Grande, período de fevereiro a julho de 2004 50

FIGURA 29 - Variação temporal da densidade da comunidade zooplanctônica total (superfície e fundo) observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, período de fevereiro a julho de 2004 52

FIGURA 30 - Variação temporal da densidade de Protozoa, Rotifera e Copepoda, obtida na superfície nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 54

FIGURA 31 - Variação temporal da densidade de Protozoa, Rotifera e Copepoda, obtida no fundo das estações 1 - captação e 3 - filtro da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 55

FIGURA 32 - Variação temporal da densidade de Protozoa na superfície da estação 1, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 58

FIGURA 33 - Variação temporal da densidade de Protozoa na superfície da estação 2, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 59

FIGURA 34 - Variação temporal da densidade de Protozoa na superfície da estação 3, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 61

FIGURA 35 - Variação temporal da densidade de Rotifera na superfície da estação 1, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 63

FIGURA 36 - Variação temporal da densidade de Rotifera na superfície da estação 2, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 64

FIGURA 37 - Variação temporal da densidade de Rotifera na superfície da estação 3, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 65

FIGURA 38 - Variação temporal da densidade de Copepoda na superfície da estação 1, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 66

FIGURA 39 - Variação temporal da densidade de Copepoda na superfície da estação 2, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 67

FIGURA 40 - Variação temporal da densidade de Copepoda na superfície da estação 3, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 68

FIGURA 41 - Diversidade, equitatividade e riqueza da comunidade zooplanctônica nas estações 1, 2 e 3 da Estação de Tratamento de Água Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004 71

FIGURA 42 - Crescimento de *Paramecium* cf *aurelia* (No. Inds./mL) sob diferentes dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®)) nas temperaturas de 20, 25 e 28°C 77

FIGURA 43 - Crescimento de *Paramecium* cf *aurelia* nas dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração 80

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®)) a 20°C

FIGURA 44 - Crescimento de *Paramecium* cf *aurelia* nas dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®)) 25°C 81

FIGURA 45 - Crescimento de *Paramecium* cf *aurelia* nas dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®)) 28°C **82**

FIGURA 46 - Carta- controle de *Paramecium* cf *aurelia* para Cloreto de Sódio 84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Espécies de ciliados utilizados como organismo-teste de acordo com GILRON & LYNN (1995) 9

TABELA 2 - Teste de sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* 26

TABELA 3 - Média, desvio-padrão e amplitude de variação dos parâmetros ambientais mensurados na estação 1 da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 37

TABELA 4 - Média, desvio-padrão e amplitude de variação dos parâmetros ambientais mensurados na estação 2 da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 37

TABELA 5 - Média, desvio-padrão e amplitude de variação dos parâmetros ambientais mensurados na estação 3 da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004 38

TABELA 6 - Distribuição horizontal da comunidade zooplanctônica nas estações de coleta (Captação-01; Decantador-02 e Filtro-03) nos meses de fevereiro a julho de 2004 40

TABELA 7 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para o zooplâncton, superfície e fundo, na estação 1 do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 42

TABELA 8 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para o zooplâncton, superfície e fundo, na estação 3 do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 43

TABELA 9 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para Protozoa na superfície das três estações do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 61

TABELA 10 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para Rotifera na superfície das três estações do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 65

TABELA 11 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para Copepoda na superfície das três estações do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 68

TABELA 12 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para diversidade na superfície das três estações do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 69

TABELA 13 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para equitatividade na superfície das três estações do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 69

TABELA 14 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para riqueza na superfície das três estações do sistema de tratamento da ETA Rio Grande 70

TABELA 15 - Correlações significativas entre as variáveis físicas e químicas e a comunidade zooplanctônica, da estação 1, no período de fevereiro a julho de 2004 74

TABELA 16 - Correlações significativas entre as variáveis físicas e químicas e a comunidade zooplanctônica, das estações 2 e 3, no período de fevereiro a julho de 2004 74

TABELA 17 - Resultado do teste de tukey de comparações múltiplas para os dados de crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia* em diferentes dietas a 20°C 77

TABELA 18 - Resultado do teste de tukey de comparações múltiplas para os dados de crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia* em diferentes dietas a 25°C 77

TABELA 19 - Resultado do teste de tukey de comparações múltiplas para os dados de crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia* em diferentes dietas a 28°C 77

TABELA 20 - Valores de Nt (número total), t (tempo) e r (taxa intrínseca de aumento natural) para *Paramecium* cf *aurelia* 82

TABELA 21 - Valores de CI50;48H (g L^{-1}) de Cloreto de Sódio para *Paramecium* cf *aurelia* nos testes preliminares 83

TABELA 22 - Valores de CI50;48H (g L^{-1}) de Cloreto de Sódio para *Paramecium* cf *aurelia* nos testes definitivos 83

TABELA 23 - Sensibilidade CE(I)50;48H (g L^{-1}) para microcrustáceos ao Cloreto de Sódio 106

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Características climatológicas do período de estudo e características físicas e químicas das estações de coleta 119

ANEXO 2 - Resultados do teste de Tukey de comparações múltiplas para os parâmetros físicos e químicos das estações de coleta 125

ANEXO 3 - Densidade populacional da comunidade zooplanctônica das estações de coleta 128

ANEXO 4 - Variação temporal da comunidade zooplanctônica das estações de coleta 133

ANEXO 5 - Diversidade, Equitatividade e Riqueza da comunidade zooplanctônica das estações de coleta 142

ANEXO 6 - Crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia* em diversos experimentos 145

ANEXO 7 - Cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* 148

ANEXO 8 - Testes de sensibilidade 152

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a comunidade zooplanctônica na Estação de Tratamento de Água Rio Grande da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo, SABESP, localizada no município de São Bernardo do Campo, SP. As amostragens foram realizadas quinzenalmente em três estações de coleta: captação (1), decantador (2) e filtro (3), de fevereiro a julho de 2004, perfazendo um total de 12 amostragens. Os principais taxa zooplanctônicos encontrados foram Protozoa, rotifera e Copepoda. A estrutura da comunidade revelou um grau de associação elevado para o sistema de tratamento, indicando condições ambientais semelhantes, com predomínio de Protozoa e Rotifera. Os protozoários estiveram representados por 15 táxons, sendo durante todo o período de estudo, o grupo dominante, com uma abundância relativa superior a 70% na Estação 1 e 40% no sistema de tratamento. *Euglena sp.* foi a espécie de protozoário mais abundante na superfície das três estações de coleta, com uma abundância relativa de 47, 62 e 69% nas estações 1, 2 e 3, respectivamente. Os rotíferos estiveram representados por 11 táxons, com uma abundância relativa superior a 40% das estações 2 e 3, enquanto que na estação 1, este valor não ultrapassou 22%. *Keratella sp.* e *Trichocerca sp.* 1 foram dominantes nas três estações de amostragens. Os copépodos apresentaram uma abundância que não ultrapassou 9% na superfície. Devido às poucas correlações existentes entre as variáveis ambientais e a comunidade zooplanctônica, é provável que o comportamento observado possa ser explicado pelas relações bióticas existentes como alimento e relações de competição e predação entre as espécies presentes. A viabilidade da utilização de *Paramecium* cf *aurelia* em testes de toxicidade crônica foi testada. A taxa de crescimento (r_m) foi medida em diferentes condições de temperatura e alimento. As melhores condições para a realização do teste de toxicidade e cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* foram obtidas com infusão de alface e 0,02 g de fermento Dr. Oetker®, a 25°C, sendo o valor de r_m de 1,488. A fim de estabelecer a sensibilidade (CI50;48H) de *Paramecium* cf *aurelia*, foram realizados testes com Cloreto de Sódio, obtendo-se o valor de 2,14 g L^{-1} e um coeficiente de variação de 17%. Os resultados validam o procedimento proposto para a realização do teste de toxicidade crônica com *Paramecium* cf *aurelia*, como organismo-teste. Para o país, constitui em uma nova ferramenta de avaliação da qualidade da água.

"Water Quality Biomonitoring of the Rio Grande water treatment system, São Bernardo do Campo, SP"

(Título informado pela orientadora 20/09/08)

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the zooplanktonic community of the Estação de Tratamento de Água Rio Grande of the Companhia de Saneamento Básico of São Paulo, SABESP, located in São Bernardo do Campo, state of São Paulo. Samples were collected every other week at three sampling stations: captation (station 1), decanter (station 2) and filter (station 3), from February to July of 2004, totaling 12 samples. The major zooplanktonic taxa present in the samples were Protozoa, Rotifera and Copepoda. Community structure analysis revealed a high degree of correlation for the treatment system, suggesting similar environmental conditions with Protozoa and Rotifera as dominant taxa. Protozoa, the dominant taxa throughout the study period, was represented by 15 taxa with a relative abundance of 70% at station 1 and 40% at the treatment system. *Euglena sp.* was the most abundant protozoan species at the surface with relative abundance of 47, 62 and 69% at stations 1, 2 and 3, respectively. Rotifers were represented by 11 taxa and their relative abundance was 22% at station 1 and higher than 40% at stations 2 and 3. *Keratella sp.* and *Trichocerca sp.* 1 were the dominant species in samples from the three stations. Because low correlation was observed between planktonic community and environmental parameters, the observed relative abundance pattern was likely driven by biotic relationships such as food resources, competition and predation relationships between the present species. The use of the *Paramecium* cf *aurelia* as a toxicity test species was investigated. The rate of population growth (r_m) was determinated in different temperature and feeding conditions. Optimal culturing and conducting toxicity test performance were attained at 25°C and feeding with lettuce infusion and 0,02 g of the Dr. Oetker® yeast. The r_m was 1,488 under those conditions. Investigation of the sensitivity of *Paramecium* cf *aurelia* to sodium chloride yielded a 48H median lethal concentration (IC*p*) of 2,14 g L^{-1} and 17% coefficient of variation. This study validated the use of *Paramecium* cf *aurelia* as test organism in toxicity evaluations. To the country, it constitutes in a new tool of evaluation of the water quality.

1. INTRODUÇÃO

A água constitui um recurso natural indispensável para o desenvolvimento e sustentação da vida. Suas disponibilidades, em quantidade e qualidade inadequadas, têm sido um dos fatores limitantes ao crescimento social e econômico mundial. A procura por água doce em todo o mundo tem aumentado consideravelmente e, conseqüentemente, a degradação de sua qualidade tem reduzido ainda mais sua disponibilidade.

Os ecossistemas aquáticos estão permanentemente sob grande impactos, provocados pela crescente urbanização, industrialização e diversificação dos usos múltiplos. A grande variedade e número de resíduos que são depositados, nos rios, lagos e represas, em grande parte sem tratamento, provocam aumento da toxicidade, causando danos à saúde humana e à biodiversidade. Devido a todos esses problemas, a proteção, conservação e recuperação dos recursos hídricos são essenciais.

No Brasil, os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade estão estabelecidos Portaria 518, do Ministério da Saúde, de 25 de Março de 2004 e a Resolução CONAMA 357 (D.O.U, 2005) estabelece uma classificação para as águas doces, salobras e salinas em função dos usos atuais e futuros em Território Nacional.

1.1. Tratamento de Água para Abastecimento Público

Os serviços públicos de abastecimento devem fornecer sempre água de boa qualidade, para tanto se faz necessário à construção de uma Estação de Tratamento de Água, que é a parte do sistema de abastecimento de água onde ocorre o tratamento da água captada na natureza visando a potabilização para posterior distribuição à população.

O objetivo de todo sistema de tratamento de água é de remover bactérias, protozoários, vírus e outros microorganismos, substâncias tóxicas, redução do excesso de impurezas, correção da cor, turbidez, odor, sabor, entre outros (BRANCO, 1986).

A SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, é uma empresa de economia mista, de capital aberto, que tem como principal acionista o Governo do Estado de São Paulo. Seu objetivo é atender às necessidades de saneamento ambiental: planejar, executar e operar sistemas de água potável e esgotos, melhorando a qualidade de vida da população e preservar o meio ambiente.

A empresa atua como concessionária de serviços sanitários municipais. Para atender os habitantes da região metropolitana de São Paulo, produz cerca de 63 mil litros de água por segundo. Desse total, cerca de 99,5% são provenientes de reservatórios superficiais, que em grande parte encontram-se em áreas atingidas pela mancha urbana da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. São 30 cidades operadas, além de 07 municípios (Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Guarulhos, Mogi das Cruzes, Diadema e Mauá).

Para abastecer aproximadamente 18 milhões de habitantes da RMSP, cuja área se estende em 8.051 Km^2, comportando 2.991 mil ligações de água, a SABESP opera 09 sistemas de grande porte integrados entre si e 35 sistemas isolados compostos por Estações de Tratamento de Água (ETA's) de pequeno porte e poços.

Em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), a água bruta passa por diversos processos: Aeração (2), Coagulação/Floculação (3), Decantação (4), Filtração (5), Desinfecção e Fluoretação (6) (FIG. 1).

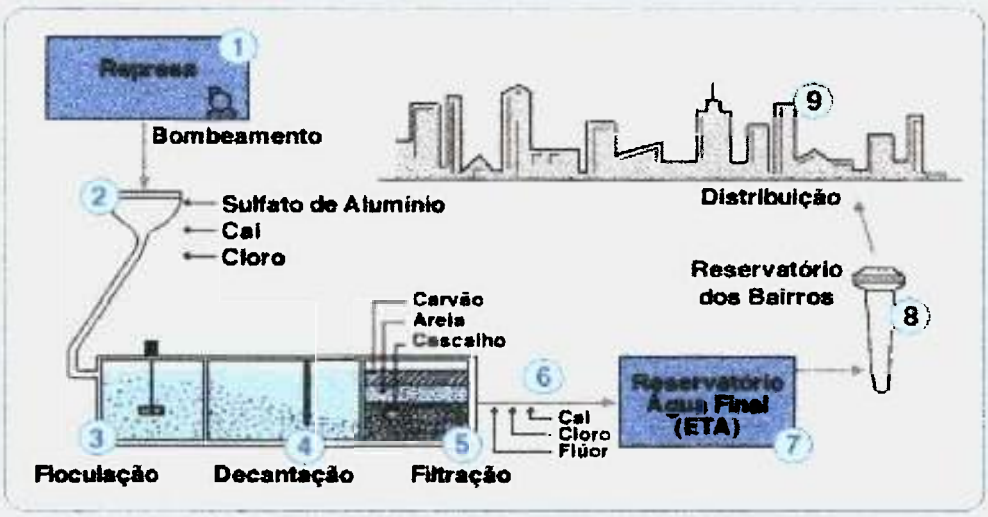


FIGURA 1 - Sistema de Tratamento de Água para Abastecimento Público da SABESP, SP. Fonte: SABESP, 2002.

No processo de aeração a água e o ar são colocados em contato com a finalidade de transferir substâncias voláteis da água para o ar e substâncias solúveis do ar para a água, de forma a obter-se o equilíbrio entre os teores das mesmas (NETTO, 1987). O objetivo da coagulação e floculação é de transformar as impurezas que se encontram em suspensão fina, em estado coloidal ou em solução (bactérias, protozoários e plâncton), em partículas

maiores (flocos) para que possam ser removidas pela decantação, filtração ou flotação (CAMPOS & POVINELLI, 1987). Os coagulantes mais utilizados são os sais de ferro, alumínio, polímeros naturais ou sintéticos e cal virgem, cal hidratada, barrilha e bicarbonato de sódio para promover e manter a alcalinidade.

A decantação ou sedimentação é um processo físico de separação de partículas sólidas suspensas nas águas. O decantador é o responsável pela clarificação da água. A filtração é um processo que permite a remoção de partículas sólidas e impurezas na água que não foram removidas no decantador, pela passagem da água em meio poroso (NETTO, 1987).

Segundo ROSSIN (1987) a desinfecção consiste na eliminação de microorganismos patogênicos, capazes de produzir doenças ou de outros organismos indesejáveis, onde o cloro é utilizado como desinfetante. O objetivo da fluoretação é a aplicação controlada de compostos de flúor às águas de abastecimento público (YAGUINUMA, 1987). Após todas essas etapas de tratamento, a água é armazenada em um reservatório onde posteriormente será distribuído para os reservatórios de bairros, espalhado em regiões estratégicas das cidades.

1.2. Monitoramento da Qualidade da Água

Entre os recursos naturais, a água é um dos mais importantes e também um dos mais suscetíveis a impactos decorrentes de atividades antrópicas. A constante utilização deste recurso tem requerido um grande número de estudos para avaliar e manter sua qualidade.

Segundo CHAPMAN (1989), o monitoramento fornece informações importantes sobre a extensão da poluição no ambiente e avalia a eficiência de ações mitigadoras adotadas com o propósito de diminuir ou mesmo eliminar sua origem da contaminação. Tais informações são necessárias para se conhecer o funcionamento destes ecossistemas.

Basicamente é dividido em dois tipos: os que se baseiam em parâmetros físicos e químicos, que podem detectar a presença de certas substâncias, bem como alterações de pH, oxigênio dissolvido, condutividade, entre outros e, aqueles que detectam respostas dos organismos frente às alterações ambientais, denominado de biomonitoramento (BOHRER, 1995).

O biomonitoramento pode ser definido como o uso sistemático de respostas biológicas

para avaliar mudanças ambientais. Estas mudanças normalmente estão associadas a fontes antrópicas. Vários organismos podem ser utilizados como detectores de problemas causados ao meio ambiente, sendo chamados de bioindicadores. De acordo com HELLAWELL (1986), os mesmos indicam problemas causados no corpo receptor. Um organismo só é utilizado como indicador se apresentar as seguintes características: distribuição cosmopolita; fácil amostragem; mobilidade limitada; baixa variabilidade genética e ecológica; diversidade taxonômica e fácil identificação; fácil cultivo em laboratório, com custos relativamente baixos para sua manutenção; e sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio, fornecendo ampla faixa de respostas frente a diferentes níveis de contaminação ambiental.

É sabido que a comunidade zooplanctônica tem um grande valor como avaliadores das condições de trofia, pois respondem rapidamente as mudanças ambientais e podem ser bioindicadores de alterações da qualidade da água (BARBIERI & GOODINHO-ORLANDI, 1989).

1.3. A Comunidade Zooplanctônica

O plâncton é o conjunto de todos os seres vivos suspensos, flutuantes ou com pouco movimento, e que são levados pelos movimentos das águas. Constitui a unidade básica de produção de matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos. É representado pelo bacterioplâncton (organismos procariontes autotróficos e heterotróficos), fitoplâncton (algas) e zooplâncton (pequenos animais) (ESTEVES, 1998).

Segundo WETZEL (1975), os diferentes grupos de organismos que compõe o plâncton podem ser classificados de acordo com o tamanho, a saber:

- Macroplâncton > 500 μm;
- Microplâncton de 50 a 500 μm;
- Nanoplâncton de 10 a 50 μm;
- Ultraplâncton de 2 a 10 μm;
- Picoplâncton de 0,2 a 2 μm

Nos ecossistemas aquáticos, o zooplâncton é formado por protozoários (flagelados, sarcodinas e ciliados) e por vários grupos metazoários, destacando-se rotíferos (asquelmintes), cladóceros e copépodos (crustáceos) e larvas de dípteros (insetos) (ESTEVES,1998).

Dentre a comunidade planctônica, os organismos mais utilizados como indicadores de poluição ambiental são os zooplanctônicos, visto que são os mais abundantes, apresentam ciclo de vida curto, o que facilita o cultivo, entre outros, como descritos no item 1.2.

Muitos pesquisadores consideram que a grande parte da biomassa do zooplâncton seja formada por rotíferos e crustáceos, mas recentes pesquisas têm evidenciado a presença dominante de protozoários (ESTEVES, 1998). Juntamente com os rotíferos e os crustáceos, os protozoários são considerados bons indicadores, pois sua diversidade e densidade de espécies são utilizadas para indicar qualidade e potabilidade da água (CAIRNS, 1978; BARBIERI & GOODINHO-ORLANDI, 1989).

A eliminação destes microorganismos no ambiente em águas destinadas ao abastecimento público é questionável, visto que estes não são necessariamente seres nocivos à saúde pública ou ao tratamento da água, pois em certos casos, podem ser de grande interesse econômico (aplicações na piscicultura) e mesmo sanitário em águas naturais (oxigenação por organismos vegetais fotossintetizantes para a respiração dos animais aquáticos, como também para a oxidação bioquímica de matéria orgânica e estabilização de esgotos, entre outros) (BRANCO, 1986).

Por outro lado, quando estes organismos ultrapassam um certo número por unidade de volume de água nos mananciais ou são parasitas, podem causar problemas ao abastecimento de água: transmissão de moléstias, produção de sabor e odor desagradáveis, distúrbios causados no tratamento, etc (BRANCO, 1986).

O conhecimento da comunidade zooplanctônica em Estações de Tratamento de Água é também importante, pois muitas vezes ocorre o crescimento em larga escala, o que não é favorável o sistema de tratamento. Este crescimento do zooplâncton pode ocasionar nos filtros entupimento e diminuição da eficiência.

1.3.1. Protozoa em Estação de Tratamento de Água

Apesar da abundância dos protozoários nos sistemas aquáticos, eles raramente estão incluídos em estudos de comunidade zooplanctônicas devido às dificuldades e diferenças metodológicas, além de serem considerados menos importantes do que os rotíferos, cladóceros e copépodos em termos de densidade, biomassa e regeneração de nutrientes (PACE & ORCUTT, 1981).

Segundo SELEGHIM (2001), os estudos sobre o protozooplâncton tem se tornado mais freqüentes. Tal fato se dá. pelo reconhecimento da importância desses organismos nos ecossistemas aquáticos. Os protozoários são consumidores de bactérias em ambientes ricos em matéria orgânica e fitoplâncton, podendo servir de presa para os rotíferos, cladóceros e copépodos (ESTEVES, 1998).

Em Estações de Tratamento de Água, os protozoários são responsáveis pela remoção de bactérias. Embora estes organismos sejam importantes no processo de purificação, algumas espécies podem afetar o tratamento da água destinada ao abastecimento público. Alguns flagelados pigmentados, como a *Trachelomonas* e dinoflagelados podem causar obstrução de filtros, algumas espécies de *Euglena* causam gosto, coloração, odor na água e interferem no processo de coagulação (DI BERNARDO, 1995). AGGIO (1993) investigando a comunidade biótica da Estação Piloto do SHS – Escola de Engenharia de São Carlos, também observou a presença de *Euglena sp., Phacus sp.* e *Trachelomonas sp.* nos filtros lentos de areia.

1.4. Ecotoxicologia

O termo Ecotoxicologia foi utilizado inicialmente por TRUHAUT, em 1969 (MORIARTY, 1983), como sendo a ciência que estuda os efeitos de poluentes em nível individual e suas conseqüências na estrutura e funcionamento das populações, comunidades e ecossistemas (SOARES, 1990).

Segundo NEWMAN & UNGER (2003) a Ecotoxicologia pode ser definida como a ciência dos contaminantes na biosfera e seus efeitos nos constituintes desta biosfera, incluindo o homem.

A partir da década de 60, o interesse em estudar os danos causados nos ecossistemas aquáticos e nos seus níveis de organização fez com que a Ecotoxicologia tivesse um grande desenvolvimento.

Para conhecer a toxicidade de agentes químicos e avaliar os efeitos nas comunidades aquáticas, tem sido realizado nas ultimas décadas, testes de toxicidade com organismos de águas continentais, estuarinas e marinhas, em condições laboratoriais e/ou campo (CETESB, 1997). Portanto, verifica-se a importância desta metodologia quando utilizada como ferramenta para o estabelecimento de critérios de qualidade de águas e sedimentos

de modo a proteger a biota aquática, no monitoramento de efluentes industriais e áreas de influência, como também na avaliação da eficiência de sistemas de tratamento (EPA, 1989; EPA, 1993).

Conforme ADAMS (1995), os testes de toxicidade aquática ou bioensaios, no qual utiliza as respostas dos organismos aquáticos, são capazes de detectar a presença ou avaliar os efeitos de uma ou mais sustâncias, resíduos ou fatores ambientais, sozinhos ou combinados. Recomenda-se que os testes sejam realizados com organismos representativos de vários níveis tróficos da cadeia alimentar. Geralmente são utilizados bactérias, algas, microcrustáceos ou peixes (BASSOI, 1990; CETESB, 1992). Desde a década de 70, testes de toxicidade utilizando protozoários também tem sido relatado (DIVE *et. al.*, 1989). De acordo com PATRICK *et. al.* (1968), quando seguimos esta recomendação as conclusões são mais significativas para o balanço funcional das comunidades aquáticas. Se possível, o uso de espécies autóctones é recomendado, havendo, portanto, a necessidade de conhecer quais espécies presentes, como também aspectos de sua biologia.

1.4.1. *Paramecium* cf *aurelia* como organismo-teste

Os protozoários ciliados são organismos unicelulares eucariontes que habitam solos, sedimentos, ambientes aquáticos marinhos e de água doce e exibem uma grande variedade de formas e funções. Estes organismos têm o papel fundamental na transformação e transferência de nutrientes nos ecossistemas lacustres, pois se alimentam predominantemente de bactérias e fitoplâncton de pequeno tamanho, e são responsáveis pelo repasse de energia da cadeia alimentar aos metazoários (rotíferos, cladóceros e copépodos) (GILRON & LYNN, 1995; ESTEVES, 1998).

Conforme GILRON & LYNN (1995) a prevalência deste grupo e sua importância no processo trófico os tornam apropriados organismos na avaliação da qualidade da água. Os protozoários ciliados são utilizados em testes de toxicidade devido ao seu ciclo de vida curto, fácil cultivo e manutenção em laboratório, exigem pouco espaço e possuem alta taxa de crescimento populacional e os aspectos biológicos e ecofisiológicos são conhecidos. Estas características foram levadas em consideração em vários estudos: KOMALA (1975, 1976, 1978, 1982, 1984 e 1995) ao investigar os efeitos tóxicos de vários pesticidas comumente utilizados na Polônia em complexos de *Paramecium aurelia*; MADONI *et. al.* (1992), ao avaliar a toxicidade do cadmium, cobre, mercúrio e zinco em 7 espécies de

protozoários em plantas de lodo ativado e MADONI (2000), ao estudar a toxicidade aguda do níquel em 12 espécies de ciliados de água doce, entre outros.

De acordo com GILRON & LYNN (1995), os testes de toxicidade com protozoários como organismos-teste, semelhantes a outros testes de toxicidade aquática, são utilizados na avaliação de respostas biológicas frente a uma variedade de contaminantes ambientais (metais, químicos orgânicos, pesticidas, entre outros) (TAB. 1). Como parâmetros biológicos são utilizados: inibição de crescimento, sobrevivência, respiração, comportamento quimiosensor, mutagenicidade e taxa de ingestão

TABELA 1- Espécies de ciliados utilizados como organismo-teste de acordo com GILRON & LYNN (1995).

Parâmetros biológicos	**Espécies**
Inibição de crescimento	*Balanion sp.; Colpidium campylum; Colpoda aspera; Colpoda cucullus; Colpoda inflata; Colpoda steinii; Euplotes vannus; Tetrahymena pyriformis; Tetrahymena thermophila; Uronema marinum; Uronema parduczi; Blepharisma undulans; Oxytricha fallax.*
Sobrevivência	*Aspidisca cicada; Blepharisma americanum; Colpidium campylum; Euplotes affinis; Euplotes patella; Paramecium caudatum; Paramecium primaurelia; Uronema nigricans; Tetrahymena thermophila; Vorticella convallaria.*
Respiração	*Tetrahymena pyriformis*
Comportamento quimiosensor	*Tetrahymena pyriformis; Tetrahymena sp.; Tetrahymena thermophila; Tetrahymena vorax; Tetrahymena corlissi; Colpidium campylum; Glaucoma chattoni; Paranophrys sp.; Miamiensis avidus*
Mutagenicidade	*Paramecium tetraurelia; Tetrahymena pyriformis*
Taxa de ingestão	*Euplotes mutabilis; Paramecium aurelia*

No Brasil, não existem até momento trabalhos envolvendo avaliações ecotoxicológicas com protozoários. O presente trabalho apresentou como um dos objetivos o desenvolvimento de testes de toxicidade utilizando-os como organismo-teste.

A espécie selecionada foi *Paramecium* cf *aurelia*, isolada do reservatório Rio Grande, localizado na região de São Bernardo do Campo, SP e mantidas em culturas no Laboratório de Ecotoxicologia Aquática, no Centro de Química e Meio Ambiente do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

2. OBJETIVOS

- Determinar a estrutura da comunidade zooplanctônica da Estação de Tratamento de Água Rio Grande da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, com relação à composição de espécies e distribuição horizontal nas diversas etapas do sistema;
- Estabelecer possíveis relações entre as variáveis físicas e químicas com o crescimento do zooplâncton;
- Desenvolver metodologia de cultivo de *Paramecium* cf *aurelia;*
- Determinar a taxa intrínseca de aumento natural da população de *Paramecium* cf *aurelia* em relação a diferentes tipos de alimento e temperaturas, de modo a conhecer as condições ótimas para seu cultivo e realização de testes de toxicidade;
- Estabelecer procedimento para o teste de toxicidade crônica com *Paramecium* cf *aurelia* como organismos-teste;
- Determinar a sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* a uma substância de referência;
- Estabelecer carta-controle como critério de qualidade para os cultivos de *Paramecium* cf *aurelia.*

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Características gerais das estações de coleta

3.1.1. Estação 1 - Reservatório Rio Grande

A Represa Billings está situada na região sudeste do município de São Paulo/SP, a uma altitude de 746,50 metros, entre as coordenadas 23° 42' e 23° 45' latitude sul, e 46° 27' e 46° 42' longitude oeste de Greenwich, cobrindo uma área de 127 km^2. Possui um contorno irregular, o que lhe dá um perímetro de quase 900 km. O Reservatório Rio Grande, ora em estudo, pertence a um dos braços do grande reservatório Billings, é formado pelo barramento do Rio Grande.

Em meados dos anos 80, a Represa Rio Grande ficou isolada do corpo principal da Represa Billings, devido à construção da barragem Rio Grande, cujo objetivo era de garantir a preservação da qualidade da água daquele compartimento, garantindo assim uma melhora significativa da qualidade da água bruta captada pelo Sistema Produtor Rio Grande.

O reservatório está situado na região sudeste do estado de São Paulo (23° 51' S e 46° 31'W), a uma altitude de 745,69 (FIG. 2), pertencendo a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos UGRHI6 – Alto Tietê, que abrange a parte superior do rio Tietê, que inclui as cabeceiras até a barragem do Reservatório de Pirapora, compreendendo 133 km de extensão. Possui as seguintes características morfométricas:

- Bacia de drenagem : 188 km^2;
- Área inundada: 15 Km^2;
- Volume: 112.018.500 m^3;
- Comprimento: 12,5 Km;
- Profundidade média: 8m.

O clima predominante da região é o tropical úmido, com duas estações distintas, primavera/verão, mais quente e úmida e outono/inverno, frio e seco. Nesta região chove em média 1.400 mm ao ano, sendo que a maior parte das chuvas se precipita no verão (janeiro, fevereiro e março).

A vegetação circundante é constituída originalmente pela Mata Subtropical do Planalto, achando-se hoje bastante alterada.

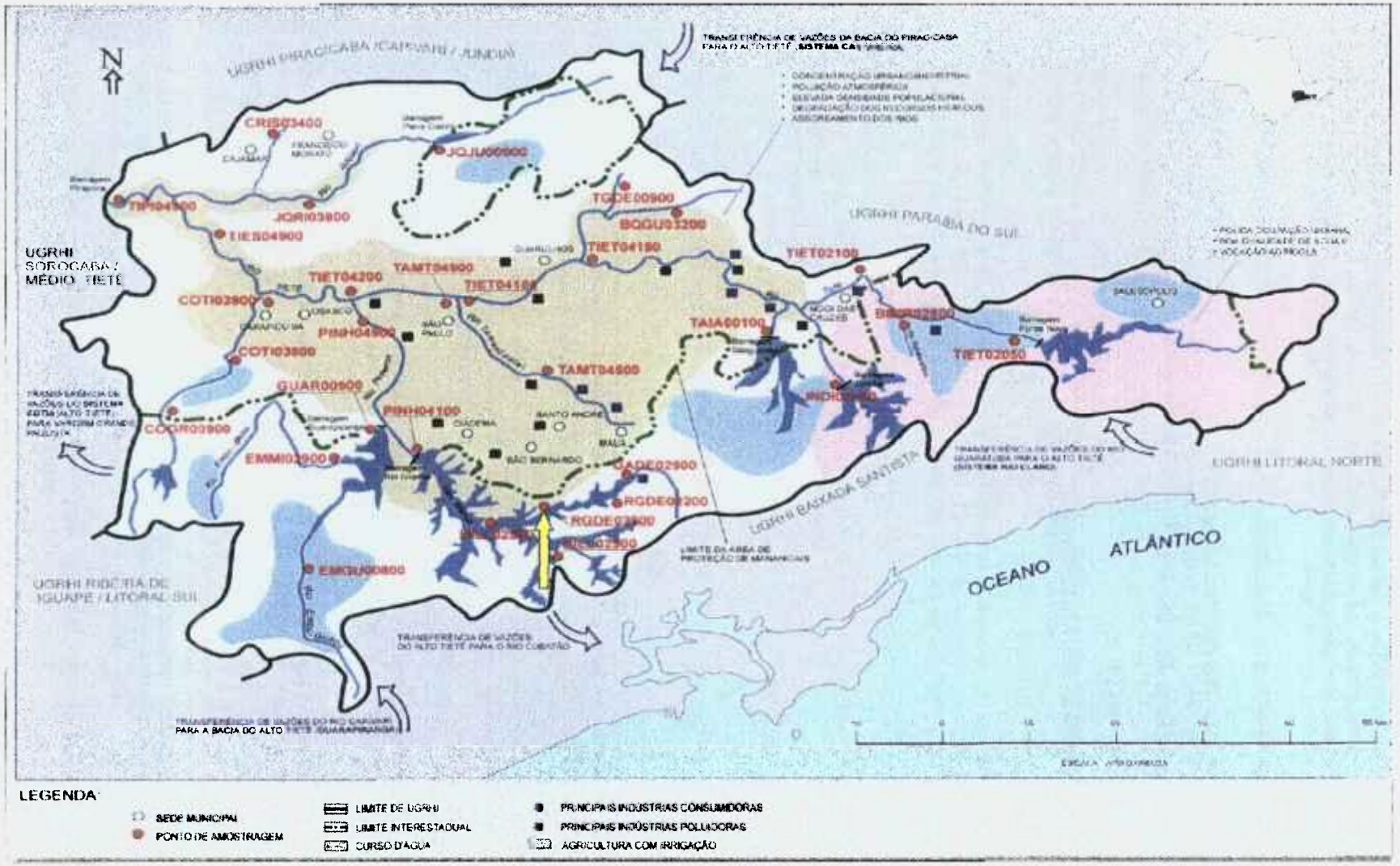


FIGURA 2 - Mapa da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI6) Alto Tietê, incluindo o braço do Rio Grande, SP. Fonte: CETESB, 2002.

3.1.2. Estações 2 e 3 - Sistema de Tratamento

A Estação de Tratamento de Água selecionada está localizada no município de São Bernardo do Campo/SP, na altura do Km 26,5 da Rodovia Anchieta. Esta planta encontra-se em operação a mais de 40 anos.

A ETA Rio Grande é um sistema do tipo clássico, cuja função é a produção de 4,5 m^3s^{-1}, em regime contínuo. É responsável por aproximadamente 6,5% da produção de água tratada na Região Metropolitana de São Paulo (RMPS), abastecendo uma população de 1.300.000 habitantes dos municípios de São Bernardo do Campo, Diadema e Santo André (Setor Paraíso). Possui uma área de 51.799,81 m^2, cujo perímetro é de 992,61 m (FIG. 3).

FIGURA 3 - Vista aérea da ETA Rio Grande e manancial ao fundo. Fonte: ETA Rio Grande, 2003.

3.1.2.1. Sistema Integrado da Estação de Tratamento de Água Rio Grande

A água que alimenta a ETA provém do represamento de vários rios, Rio Grande, Ribeirão Pires e Ribeirão Pedroso. A água bruta é bombeada da Elevatória Rio Grande situada no reservatório Rio Grande. A edificação encontra-se afastada da margem direita da represa, e sua comunicação com o continente é feita através de uma ponte acesso (FIG. 4). Apesar de a represa Rio Grande está situada em região de grande densidade populacional, recebendo diariamente parte dos esgotos domésticos e despejos industriais, este reservatório é classificado pelo CONAMA 357 (2005) como pertencente à Classe 2, ou seja, esta represa pode ser usada para múltiplas funções, destacando-se abastecimento público, aqüicultura, lazer e recreação, entre outros.

FIGURA 4 - Elevatória Rio Grande de água bruta. Fonte: ETA Rio Grande, 2003.

A captação de água bruta é feita através de 08 tubulões vazados, nos quais estão instaladas em seu interior as bombas de eixo vertical, servindo como base de sustentação do piso da edificação.

A adução da água é feita através de 04 aberturas de seção quadrada de 0,60m x 0,60m dotadas de grades e comportas, ao longo de cada tubulão com 14m de altura. A nível do mar, essas comportas estão situadas à: 733,00 m, 734,50 m, 737,90 m e 742,00 m, permitindo uma admissão seletiva de água bruta (FIG. 5).

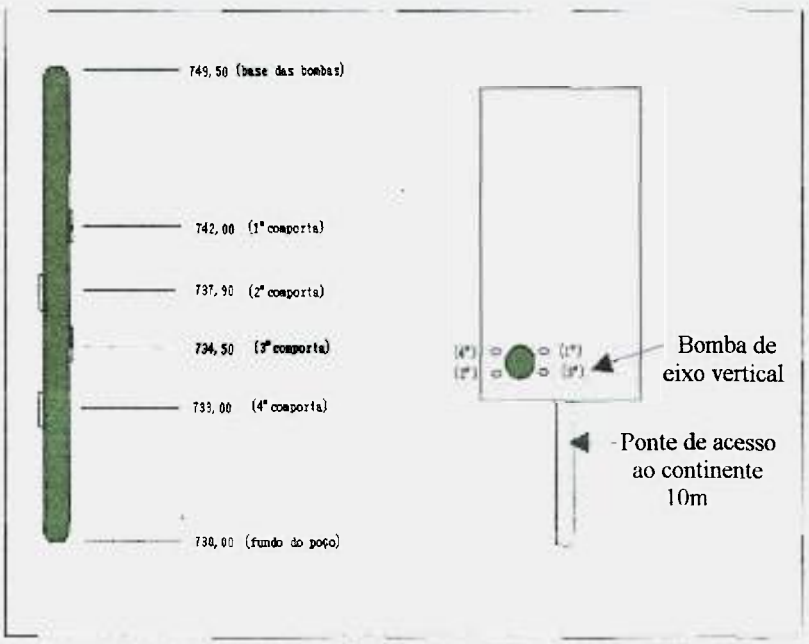


FIGURA 5 - Detalhamento de cada tubulão da Elevatória Rio Grande. Fonte: ETA Rio Grande, 2003.

A água bruta chega à Estação de Tratamento de Água por meio de uma adutora em aço com 1.800 mm de diâmetro (72"), perfazendo uma extensão de 1.967 m.

As principais unidades e características da estação são apresentadas abaixo:

- 09 floculadores: do nº 01 ao 07 dinâmicos de fluxo horizontal (chicanas de madeira) e nº 08 e 09 são agitadores tipo turbina (motor, redutor, eixo e hélice);
- 09 decantadores: 07 decantadores híbridos e fluxo horizontal e 02 decantadores com módulos tubulares do tipo placas planas paralelas;
- 18 filtros: do nº 01 ao 14 são rápidos de dupla camada (areia e antracito) com lavagem superficial e do nº 15 ao 18, filtros rápidos de areia do tipo camada profunda, com lavagem de ar comprimido e água.

O decantador selecionado é o nº 09, módulo tubular do tipo placas planas e paralelas, e o filtro nº 18, cujas dimensões são de 30,0 x 12,1m e 15,0 x 5,90m respectivamente (FIG. 6 e 7).

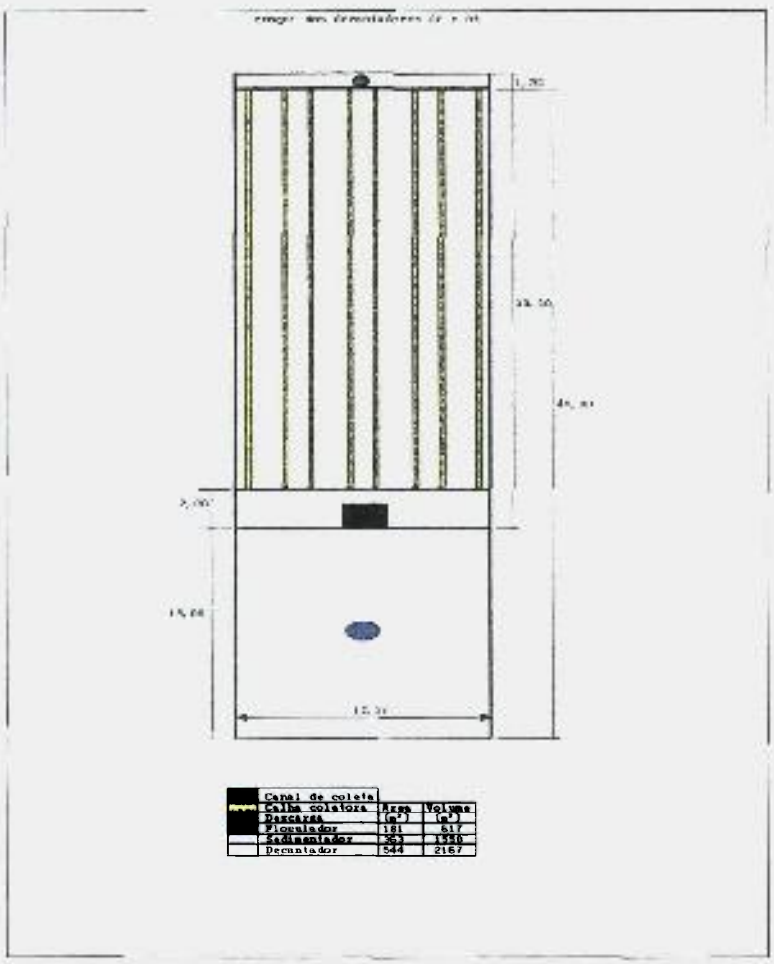


FIGURA 6 - Croqui do decantador 09 (módulo tubular do tipo placas planas paralelas). Fonte: ETA Rio Grande, 2003.

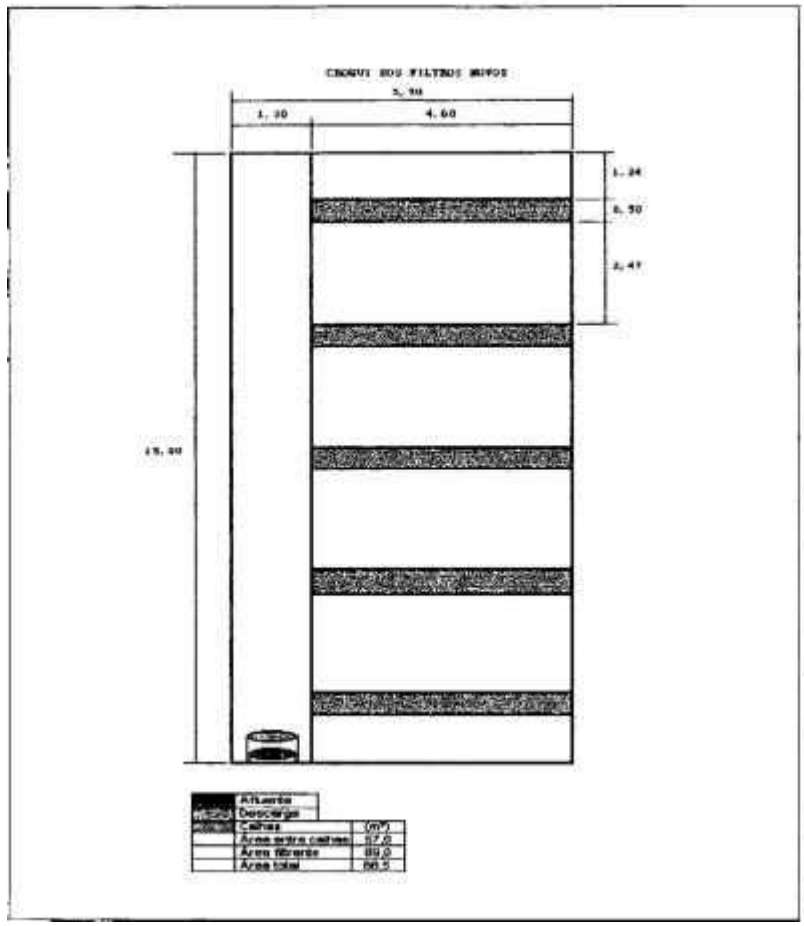


FIGURA 7 - Croqui do filtro 18 (filtros rápidos de areia do tipo camada profunda). Fonte: ETA Rio Grande, 2003.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Parâmetros Climatológicos

4.1.1. Temperatura do Ar

Os valores de temperatura do ar foram fornecidos pelo Instituto de Astrofísica, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo, SP.

4.1.2. Pluviosidade

Os valores de precipitação total foram fornecidos pela Estação de Tratamento de Água Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP.

4.2. A Comunidade Zooplanctônica

4.2.1. Análises Físicas, Químicas e Biológicas da Água

4.2.1.1. Temperatura

Foram feitas determinações de temperatura da água utilizando-se termômetro de mercúrio no local da coleta.

4.2.1.2. Potencial Hidrogeniônico

O pH foi medido em laboratório, imediatamente após o retorno da coleta, utilizando-se o potenciômetro marca Digimed, modelo Dm2.

4.2.1.3. Oxigênio Dissolvido

O teor de oxigênio dissolvido foi medido em laboratório, utilizando-se o oxímetro marca Orion, modelo 810. Os resultados são expressos em mg L^{-1} O_2.

4.2.1.4. Condutividade Elétrica

Medida com condutivímetro marca Orion, modelo 150 em laboratório. Os resultados são expressos em $\mu S\ cm^{-1}$.

4.2.1.5. Dureza

Através da titulação com EDTA 0,01 M como titulante e utilizando-se negro de ericromo e amônia como indicadores (APHA, 1998). Os resultados são expressos em mg L^{-1} $CaCO_3$.

4.2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio

Os valores de DBO_5 e DQO foram fornecidos pela Estação de Tratamento de Esgotos do ABC, São Paulo/SP.

Estas análises foram realizadas de acordo com "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (APHA, 1998), "Caracterização de Águas Residuárias" (PIVELLI & MORITA, 1998) e Projeto Norma Técnica Sabesp – PTNS 003 para DBO_5 e PTNS 004 para DQO. Ambos os resultados são expressos em mg L^{-1}.

4.2.1.7. Cor e Turbidez

Análises de Cor e Turbidez foram fornecidas pela Estação de Tratamento de Água Rio Grande, São Bernardo do Campo/SP, onde a determinação da cor é medida com Colorímetro Aquatester Orbeco Hellige a cada duas horas e a turbidez através do Turbidímetro HACH 2100 NA de hora em hora. Os resultados para Cor são expressos em uH (Unidade de Hanzen - mg L^{-1}) e NTU (Nephelometric Turbity Units - mg L^{-1}) para a Turbidez.

4.2.1.8. Análise Estatística

Os valores das análises físicas e químicas da água nas três estações de coleta foram submetidos ao teste de comparações múltiplas de Tukey.

4.2.2. Análise da Comunidade Zooplanctônica

4.2.2.1. Coletas

As coletas do zooplâncton foram realizadas quinzenalmente durante um período de seis meses, de 04/02/2004 a 28/07/2004. Foram escolhidas três estações de coleta de água, captação (Estação 1), decantador (Estação 2) e filtro (Estação 3), conforme FIG. 8, 9 e 10.

Para cada estação coletou-se com garrafa de Van Dorn, 54 litros de água subdivididas em 03 amostras de superfície e 54 litros de água subdivididas em 03 amostras a uma profundidade de 3 m para a Estação 01 e 1,5 m para a Estação 03, sendo filtradas em rede de plâncton de 20 µm de abertura de malha. Optou-se por não coletar amostras de fundo na Estação 02, devido ao grande turbilhonamento.

Um concentrado de 200 mL foi obtido, dos quais 100 mL foram imediatamente fixados com formol a 4% e tamponado com solução de Tetraborato de Sódio (bórax), para

observação de rotíferos, cladóceros e copépodos. Outros 100 mL foram fixados com 4,3 mL de solução saturada de cloreto de mercúrio e 5 gotas de azul de bromofenol a 0,04% como corante (PACE & ORCUTT, 1981). A fixação foi realizada em campo e, os frascos no laboratório foram deixados em repouso para a sedimentação dos protozoários. Após a sedimentação retirou-se o sobrenadante, deixando aproximadamente 30 mL. O tempo de sedimentação, em horas, que as amostras foram deixadas em repouso é de pelo menos, 3 vezes a altura da coluna de amostra em centímetros (t = 3xh) (MARGALEF, 1969 *apud* SELEGHIM, 1992).

Em cada estação, foram realizadas coletas idênticas para as análises qualitativa e quantitativa do zooplâncton. As amostragens de água para as análises físicas e químicas foram realizadas concomitantemente com as coletas de zooplâncton.

FIGURA 8 - Estação 1: Captação da ETA Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP.

FIGURA 9 - Estação 2: Decantador da ETA Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP.

FIGURA 10 - Estação 3: Filtro da ETA Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP.

4.2.2.2. Análise Qualitativa do Zooplâncton

Com o objetivo de facilitar a identificação do zooplâncton nas diferentes estações de coleta, as amostras foram mantidas vivas em laboratório por 5 dias. Nestas amostras foi fornecido como alimento, uma solução elaborada a partir de folhas de alface secas e maceradas para observações de protozoários ciliados, sendo acondicionadas em incubadora FANEM, modelo 347 CDG a 25(± 1)°C, sem fotoperíodo (SLEIGH, 1989). Para

fitoflagelados, foi adicionado meio L. C. Oligo, que consiste de uma solução nutriente para crescimento de organismos fotossintetizantes, sendo acondicionados em incubadora FANEM, modelo 347 CDG a 25(± 2)°C, com iluminação contínua (CETESB, 1992).

As análises foram realizadas com exame sob microscópio óptico binocular marca Leica, modelo DMLS, em aumento de até 100 vezes. Na identificação taxonômica dos organismos foram utilizadas chaves de identificação, diagnoses e descrição dos seguintes autores: KUDO (1971), KOSTE (1978), CORLISS (1979), LEVINE *et al.* (1980).

4.2.2.3. Análise Quantitativa do Zooplâncton

Foram realizadas através de contagem numérica em microscópio óptico binocular Leica, marca Leica, modelo DMLS e microscópio estereoscópico marca Wild Heerbrugg, modelo M5.

As contagens de Protozoa, Rotifera e náuplios de Copepoda foram realizadas em câmara Sedgewick-Rafter, de 1 mL de capacidade, sob microscópio óptico binocular. Foram retiradas alíquotas de 3 mL de cada amostra com auxílio de pipetas.

As contagens de Cladocera e Copepoda (copepoditos e adultos) foram feitas em câmara Bogorov sob microscópio estereoscópico. A amostra de água foi deixada em repouso, por 24 horas, para sedimentação. Após este período, retirou-se o sobrenadante, que foi observado em microscópio estereoscópico, para assegurar que nenhum organismo tinha sido perdido, e procedeu-se a contagem no volume de 30mL.

4.2.3. Coeficiente de Similaridade

O coeficiente de similaridade é amplamente utilizado em avaliação ecológica da qualidade da água, através da presença ou ausência de espécies (similaridade qualitativa) ou sua abundância (similaridade quantitativa) (SHÄFER, 1985).

O coeficiente de similaridade foi determinado entre as estações de amostragem com o objetivo de verificar o grau de semelhança da comunidade zooplanctônica ao longo da área de estudo.

A partir da análise qualitativa do zooplâncton foi elaborada uma tabela das espécies ou grupos presentes em cada estação de amostragem, onde a presença do táxon, em cada estação, foi indicada pelo número 1 e a sua ausência pelo 0. O grau de similaridade foi

determinado através do Índice de Jaccard (WILLIAMS, 1971), de acordo com a seguinte fórmula:

$$S = \frac{a}{a + b + c}$$

Onde, **a** é o número de unidade de amostragens onde ocorrem as espécies 1 e 2, **b** é o número de unidades de amostragens onde ocorrem a espécie 1 e não a 2 e **c** é o número de unidades de amostragens onde ocorre a 2, mas não a 1.

O resultado desta análise foi apresentado sob a forma de um dendrograma (Cluster Analysis), onde as estações mais similares se encontraram interligadas, permitindo uma fácil visualização. O método de agrupamento foi a da associação média UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean).

4.2.4. Diversidade, Equitatividade e Riqueza

A diversidade nas estações de amostragem foram calculadas através do Índice de Diversidade de Shannon-Winner, que se baseia em uma medida da média do grau de incerteza em predizer a qual espécie irá pertencer determinado indivíduo, retirado ao acaso, de uma coleção de espécies e indivíduos (SHANNON & WEAVER, 1949 *apud* UTZ, 1997). Este cálculo foi efetuado através da fórmula:

$$H = -\sum_{i=1}^{s} \frac{n_i}{N} \times \ln \frac{n_i}{N}$$

onde, **S** é o número de espécies, **ni** é o número de indivíduos em cada espécie e **N** é o número total de indivíduos.

Associada a função de Shannon-Winner tem-se a equitatividade (**E**) que mede como os indivíduos da comunidade estão distribuídos entre as espécies. A equitatividade foi calculada através da fórmula:

$$E = \frac{H}{H_{max}}$$

onde, **H** é a diversidade de espécies obtida pelo Índice de Shannon-Winner; $\mathbf{H_{máx}}$ é a diversidade de espécies em condições de máxima equitatividade, obtida através do

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

logaritmo natural do número de espécies da amostra, ou seja, ln S. Através do valor de S obtém-se o índice de riqueza que é o número de espécies presentes na comunidade.

4.2.5. Abundância Relativa (AR)

Foi estimada considerando-se o número de indivíduos de um determinado táxon em relação ao total de indivíduos e o número de indivíduos de um determinado táxon em relação ao total de indivíduos do correspondente grupo taxonômico; foi expressa em %.

4.2.6. Análise Estatística

4.2.6.1. Comunidade Zooplanctônica

Para observar as diferenças significativas existentes para cada variável medida nas estações de amostragem, os dados foram submetidos aos testes de comparações múltiplas de Tukey utilizando-se o programa estatístico "TOXSTAT 3.3 Computer Program" (GULLEY *et al.*, 1991).

Foi realizada também uma análise de correlação múltipla entre as variáveis físicas e químicas e o zooplâncton quando presente, com o objetivo de verificar a existência de correlações significativas existentes que poderá explicar possíveis flutuações na comunidade. Foi utilizado para esta o pacote estatístico "Bio Diversity Professional" (LAMBSHEAD *et al*, 1997).

4.3. *Paramecium* cf *aurelia* como Organismo-teste

4.3.1. Cultivo e Manutenção de *Paramecium* cf *aurelia* em Laboratório

Paramecium cf *aurelia*, do Phylum Ciliophora, pertencente à Classe Oligohymenophorea, Subclasse Hymenostomatia, Ordem Hymenostomatida (Müller), é um protozoário ciliado aquático e de vida livre, medindo cerca 120 a 180µ, alimenta-se principalmente de bactérias (KUDO, 1971; FOISSNER & BERGER, 1996).

Espécimes de *Paramecium* cf *aurelia* foram isolados do reservatório Rio Grande e mantidos em culturas-estoque, para o conhecimento de sua biologia em condições ótimas de laboratório e posteriormente utilizá-los em bioensaios.

O cultivo do protozoário foi iniciado em abril de 2003, a partir de infusões previamente preparadas e mantidos no Laboratório de Ecotoxicologia Aquática do Centro

de Química e Meio Ambiente (CQMA) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN).

O meio de cultura utilizado seguiu as indicações contidas em TAVARES & ROCHA (2001), como segue: 3g de alface hidropônica (*Lactuca sativa*) fervida em 1000 mL de água destilada durante 30 minutos, autoclavado por 20 minutos, com pH ajustado entre 6,8 (± 2). A infusão é distribuída em béqueres de vidro de 30 mL, onde, após 24 horas, foi acrescentado 0,02 g de fermento Dr. Oetker® em cada béquer. Cinco organismos foram inoculados, os quais foram mantidos em incubadora FANEM, modelo 347 CDG a 25(± 1)°C, em ausência de fotoperíodo (FIG. 11).

A infusão e o alimento foram trocados uma vez por semana, coibindo a intoxicação dos organismos pelo acúmulo de metabólitos e interferências causadas por superpopulação. Para evitar o envelhecimento das culturas, a cada semana uma nova cultura era iniciada com 5 organismos, a qual substituía a mais velha. Valores de pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido foram monitorados semanalmente.

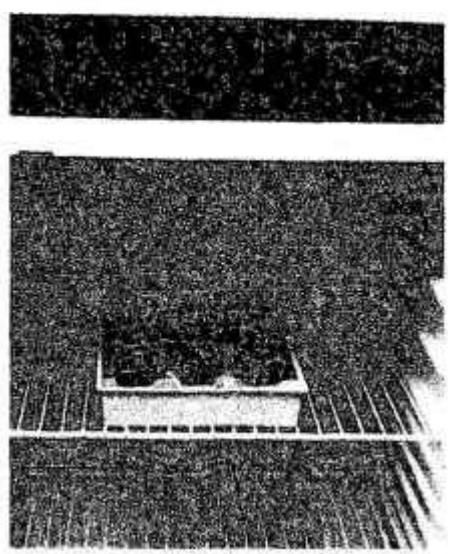


FIGURA 11 - Condições de cultivo de *Paramecium* cf *aurelia.*

4.3.2. Experimentos com *Paramecium* cf *aurelia*

A fim de determinar condições ótimas para cultivo e especificações do controle em testes de toxicidade, foram realizados experimentos em diferentes temperaturas e dietas a partir de KOMALA (1982), MONTEMAYOR-LEAL (1994) e TAVARES & ROCHA (2001).

4.3.2.1. Temperatura

Diferentes cultivos foram realizados variando-se o grau de temperatura em 20, 25 e 28(± 1)°C em incubadoras FANEM, modelo 347 CDG, sem fotoperíodo.

4.3.2.2. Alimento

Como alimento para os espécimes de *Paramecium* cf *aurelia* utilizou-se três diferentes dietas: Dieta 1: infusão; Dieta 2: infusão e 0,02g de fermento Dr. Oetker® e Dieta 3: infusão e 3 gotas de ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®).

Para cada tratamento, quinze organismos foram obtidos de cultivos previamente aclimatados em condições laboratoriais. Estes organismos foram dispostos em béqueres de 30 mL contendo cinco indivíduos cada.

4.3.3. Determinação da Taxa Intrínseca de Aumento Natural (r_m) de *Paramecium* cf *aurelia*

A taxa intrínseca de aumento natural ou crescimento natural, é o crescimento máximo de uma população em condições ótima de temperatura, espaço, alimento e outros fatores, sem sofrer influências de outras populações predadoras, parasitas, patógenos e competidores (CERIGIOLI,1999).

O crescimento foi avaliado utilizando-se o r_m, que é o coeficiente instantâneo de crescimento de uma população, com uma estrutura de idade estável que está aumentando em um ambiente limitado (SOUTHWOOD, 1968).

A expressão do aumento da população pode ser expressa de acordo com a equação diferencial:

$$dN/dt = rN$$

Reescrevendo a equação sob a forma integral temos:

$Nt = N_0 e^{rt}$

Nt = número de indivíduos no tempo t:

N_0 = número de indivíduos no tempo 0;

e = base do logaritmo neperiano;

r = taxa intrínseca de aumento natural;

t = tempo

Em laboratório determinou-se o crescimento natural a partir do acompanhamento diário de uma população inicial de cinco *Paramecium* cf *aurelia*, durante 10 dias. Alíquotas de 1 mL de cada réplica foram retiradas com auxílio de micropipeta Gilson e contadas em câmara de Sedgewick-Rafter. As contagens foram realizadas sob microscópio binocular óptico Leica.

4.4. Determinação da Faixa de Sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia*

Para se constatar a condição fisiológica de organismos em testes de toxicidade, é recomendada a realização de testes com uma substância de referência, observando-se a imobilidade ou mortalidade obtida em várias concentrações da mesma (BOHRER, 1995).

Com o objetivo de se determinar à faixa de sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia*, foram realizados testes utilizando como substância de referência o cloreto de sódio (NaCl). A TAB. 2 apresenta um resumo da metodologia adaptada segundo as recomendações das normas padronizadas da EPA (2002), ABNT (1995) e CETESB (1992) para *Daphnia similis*.

Para estabelecer as concentrações definitivas do teste, foram realizados testes preliminares com a substância de referência em água destilada com dureza reconstituída para 40 mg L^{-1} $CaCO_3$. As primeiras concentrações utilizadas para os testes preliminares foram:

1° teste: 1,0; 1,3; 1,6; 1,9 e 2,2 (g L^{-1});

2° teste: 0,5; 0,93; 1,73; 3,22 e 6,00 (g L^{-1});

3° teste: 0,5; 0,93; 1,73; 3,22; 4,95 e 6,00 (g L^{-1}).

Posteriormente a água reconstituída foi substituída pela infusão de alface e para os testes definitivos optou-se por utilizar as concentrações do 3° teste: 0,5; 0.93; 1.73; 3,22; 4,95 e 6,00 (g L^{-1}). Houve o monitoramento dos parâmetros físicos e químicos da água, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido durante os ensaios.

TABELA 2 - Teste de sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia*

Parâmetros	Condições
1. Tipo de teste	estático
2. Diluições	controle e 6 concentrações
3. Substância de referência	cloreto de sódio
4. Temperatura	25(± 1)°C
5. Fotoperíodo	ausência
6. Câmara teste	tubo de ensaio aferidos para 10 mL cobertos com papel filme
7. Volume de infusão	3 mL
8. No. de organismos/câmara	5
9. No. de réplicas por tratamento	4
10. Alimentação	infusão de alface e 6,7 x 10^{-3} g de fermento Dr. Oetker®
11. Aeração	Sem
12. Água de diluição	destilada reconstituída
13. Parâmetros da água monitorados: início e final do teste	pH, condutividade elétrica e O.D.
14. Duração do teste	48H
15. Efeito	CI50
16. Aceitabilidade do teste	Inds/mL; variabilidade ≤ 20%

4.4.1. Análise Estatística

Para avaliação da toxicidade crônica, onde se determina a CI50, ou seja, a concentração que causa efeito subletal para 50% dos organismos expostos, no período 48 horas, foi utilizado o programa estatístico "A Linear Interpolation Method for Sublethal Toxicity: The Inhibition Concentration (IC*p*) Approach" (NORBERG-KING, 1993).

5. RESULTADOS

5.1. Parâmetros Climatológicos

5.1.1. Temperatura do ar

Baseado nos dados fornecidos pelo Instituto de Astrofisica. Geofisica e Ciências Atmosféricas (IAG), as temperaturas mais elevadas ocorreram no período compreendido entre os meses de fevereiro a abril (FIG. 12 e TAB. 1 do ANEXO 1). O mês de fevereiro foi o mais quente, apresentando um valor de 26,3°C para as médias das máximas e um valor de 17,0°C para a média das mínimas. A partir de maio, iniciou-se um declínio da temperatura, verificando-se no período de junho e julho, o período mais frio. O mês de julho foi o mês mais frio, apresentando um valor de 11,1°C para a média das mínimas.

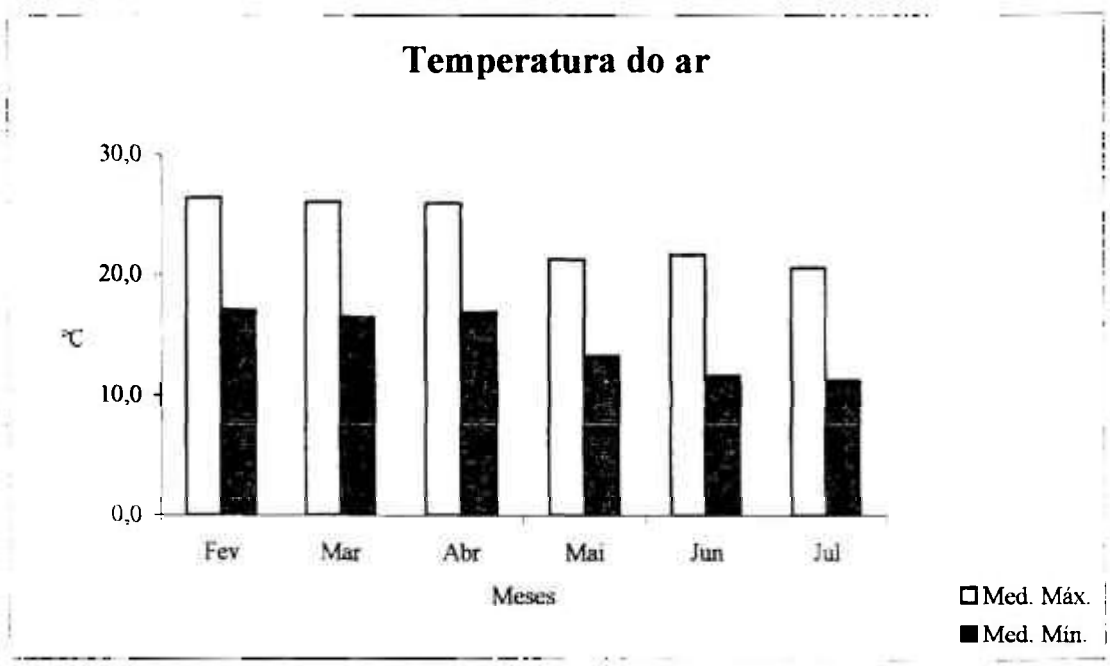


FIGURA 12 - Temperatura do ar (°C) (médias mensais) registradas no período de fevereiro a julho de 2004, na região do Grande ABC, SP.

5.1.2. Pluviosidade

De acordo com os dados fornecidos pela Estação de Tratamento de Água Rio Grande, São Bernardo do Campo. SP. a pluviosidade média do mês de fevereiro foi a maior obtida durante o período de estudo com 250,5 mm (FIG. 13 e TAB. 2 do ANEXO 1). O mês mais seco. maio. apresentou um total de 51,6 mm.

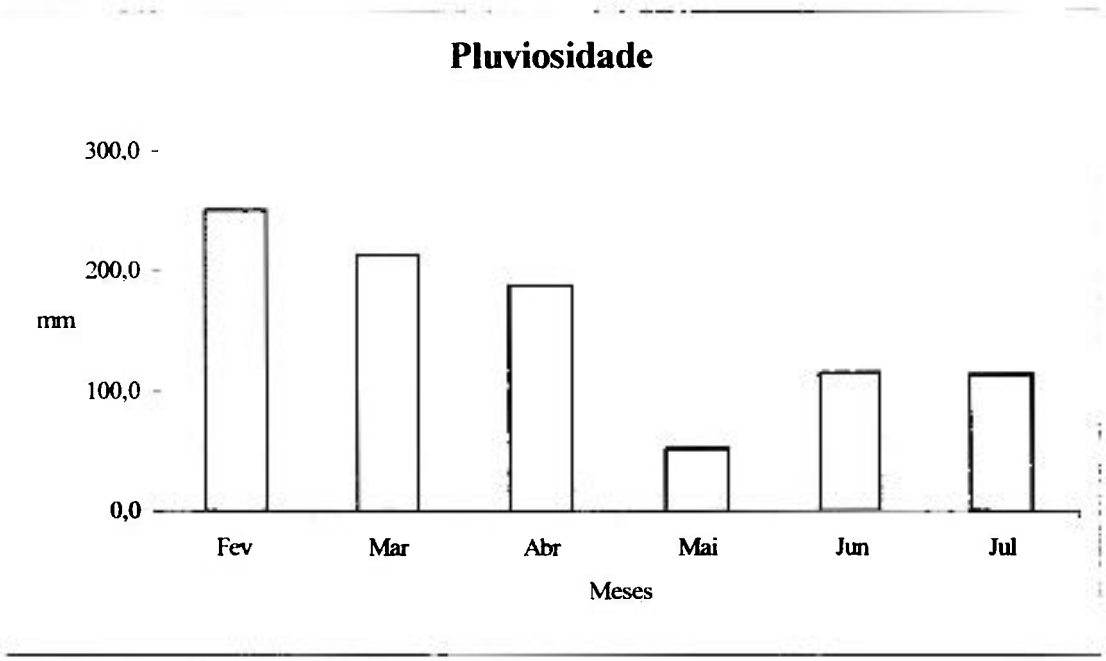


FIGURA 13 - Pluviosidade (mm) (médias mensais) registradas durante o período de fevereiro a julho de 2004 pela Estação de Tratamento de Água Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP.

5.2. A Comunidade Zooplanctônica

5.2.1. Análise das Variáveis Físicas e Químicas da Água

5.2.1.1. Temperatura

A FIG. 14 mostra a variação da temperatura da água nas três estações de amostragem: 1- captação, 2- decantador e 3- filtro, durante as coletas realizadas. A média observada nas três estações em conjunto ficou em 15,3°C a 26,0°C.

A temperatura mais elevada foi obtida na primeira coleta do mês de fevereiro com um valor médio máximo de 26,0°C e um mínimo de 15,3°C na primeira coleta do mês de junho (ANEXO 1, TAB. 4).

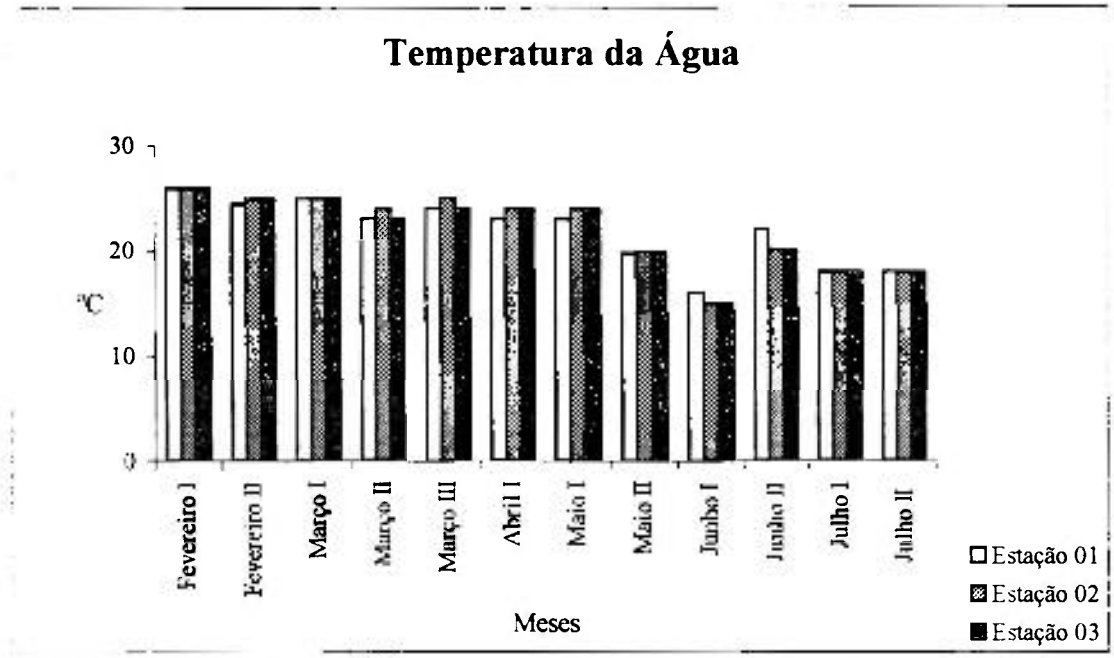


FIGURA 14 - Variação da temperatura da água na superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.1.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Considerando as três estações em conjunto, o maior valor médio obtido foi de 8,3 na segunda coleta de fevereiro e o menor de 7,3 na primeira coleta de abril (FIG. 15, TAB. 5 do ANEXO 1).

A estação 2 apresentou o pH mais alto 8,93 na segunda coleta do mês de fevereiro e o valor mais baixo de 7,71 na primeira coleta do mesmo mês. A estação 3 registrou também o maior valor na segunda coleta do mês de fevereiro e o mais baixo 7,70 na primeira coleta do mês de Abril.

Os valores de pH da água das estações 2 e 3 se mantiveram próximos, pois em Estação de Tratamento de Água, este parâmetro é controlado e mantido em torno de 8,5 para proteger as adutoras e os reservatórios do efeito corrosivo das águas que possuem baixa alcalinidade.

Os coeficientes de variação das médias de pH foram inferiores a 0,06, indicando um sistema sem grandes alterações quanto aos valores deste parâmetro, nos horários monitorados.

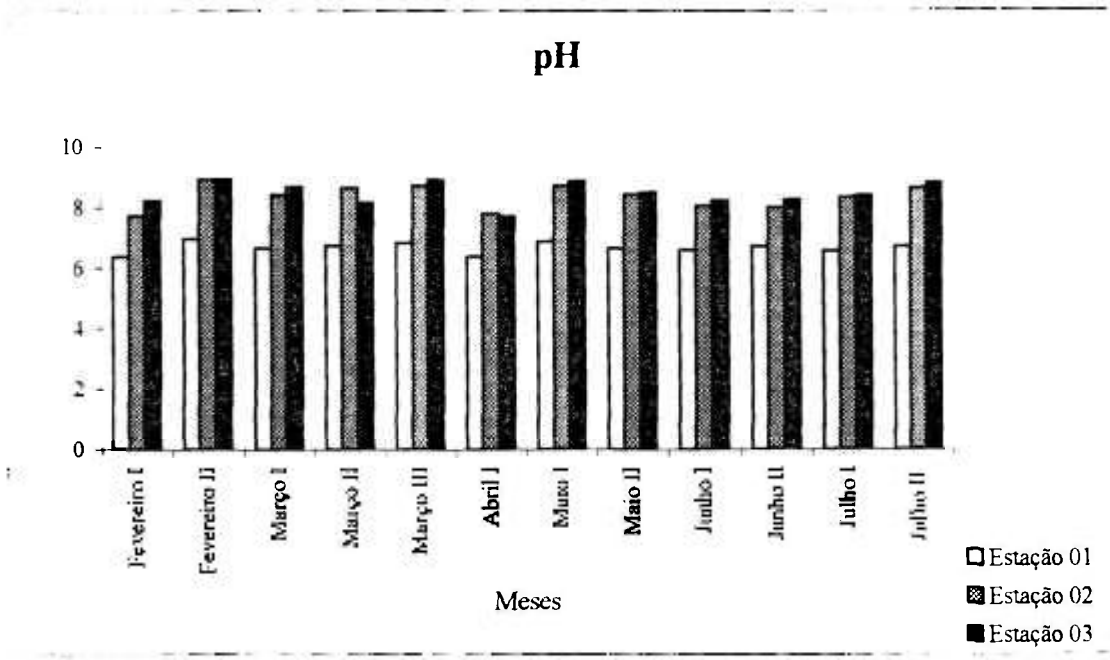


FIGURA 15 - Variação de pH na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.1.3. Oxigênio Dissolvido

A FIG. 16 e TAB. 6 do ANEXO 1 mostram os valores de oxigênio dissolvido para as três estações de coleta.

Na estação 1, o maior valor registrado foi de 8,68 mg L^{-1} na primeira coleta do mês de julho e o menor 6,25 mg L^{-1} para terceira coleta do mês de março.

As estações 2 e 3, apresentaram o maior valor de oxigênio dissolvido na primeira coleta do mês de julho com 9,73 mg L^{-1} e 9,62 mg L^{-1} e o menor valor na segunda coleta do mês de março com 6,68 mg L^{-1} e 6,90 mg L^{-1}, respectivamente. Não houve diferenças significativas, em relação à concentração de oxigênio observado entre as estações 2 e 3.

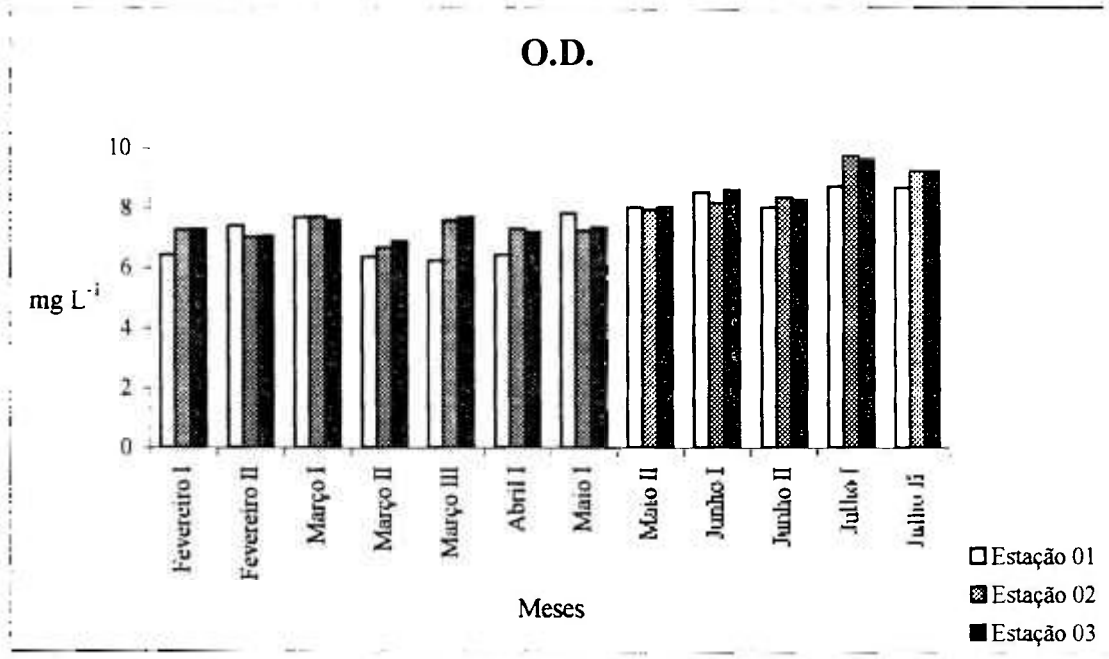


FIGURA 16 - Variação de oxigênio dissolvido na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.1.4. Condutividade Elétrica

A variação das médias mensais de condutividade elétrica esteve compreendida entre 210,0 a 272,7 $\mu S\ cm^{-1}$ (FIG. 17, TAB. 7, ANEXO 1). Na estação 1, o maior valor registrado foi de 235,0 na primeira coleta do mês de fevereiro e o menor foi de 176,7 $\mu S\ cm^{-1}$ em abril.

Na estação 2, o maior valor registrado foi de 297,0 $\mu S\ cm^{-1}$ na primeira coleta do mês de março e os menores foram 227,0 $\mu S\ cm^{-1}$ na segunda coleta do mês de março e maio.

O maior valor registrado para estação 3 foi de 297,0 $\mu S\ cm^{-1}$ na primeira coleta de março e o menor de 226,0 $\mu S\ cm^{-1}$ na segunda coleta do mês de maio.

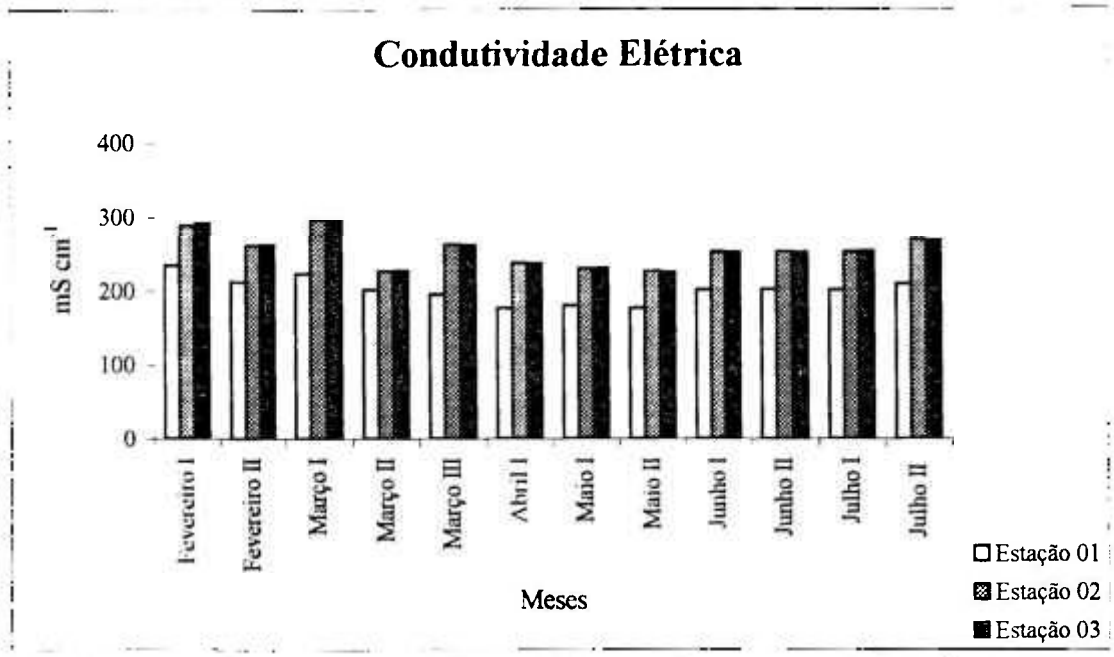


FIGURA 17 - Variação de condutividade elétrica na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.1.5. Dureza

A FIG. 18 e TAB. 8 do ANEXO 1 mostram os valores de dureza para as três estações de coleta.

Em termos de valores, a estação 1 apresentou valores bastante inferiores em relação a demais estações. Na estação 1, o maior valor obtido foi de 14,0 mg L^{-1} $CaCO_3$ na segunda coleta do mês de fevereiro e o menor de 8,0 mg L^{-1} $CaCO_3$ na terceira coleta do mês de março.

A estação 2 registrou o maior valor de 48,0 mg L^{-1} $CaCO_3$ na primeira coleta de março e o menor foi de 38,0 mg L^{-1} $CaCO_3$ na primeira coleta de abril. Na estação 3, a variação ficou entre 33,0 a 54,0 mg L^{-1} $CaCO_3$ durante o período do estudo.

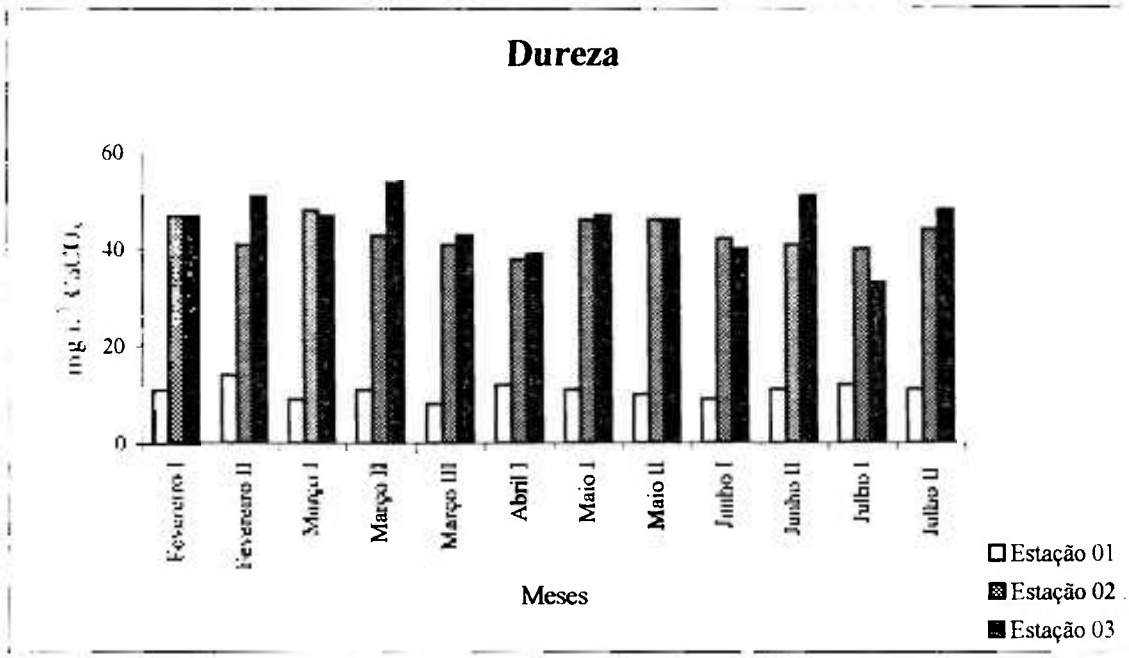


FIGURA 18 - Variação de dureza na água da superfície e fundo, observada nas estações da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio

A FIG. 19 e TAB. 9 do ANEXO 1 mostram os valores de DBO para as três estações de coleta. Os valores foram fornecidos pela Estação de Tratamento de Esgotos do ABC, São Paulo.

Dada a impossibilidade da realização de análises de DBO em todo o sistema, optou-se em um primeiro momento por análises individuais das estações 1 e 2.

No mês de fevereiro foi realizada na estação 1 a primeira coleta, onde o valor foi de 5,0 mg O_2 L^{-1}, e uma segunda coleta na estação 2, no qual não foi registrado nenhum valor.

Posteriormente as análises de DBO foram realizadas apenas na estação 3, onde o maior valor obtido foi de 7,0 mg O_2 L^{-1} na primeira coleta do mês de maio e julho e o menor foi de 3.0 mg O_2 L^{-1} na segunda coleta do mês de março, primeira de junho e segunda de julho.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

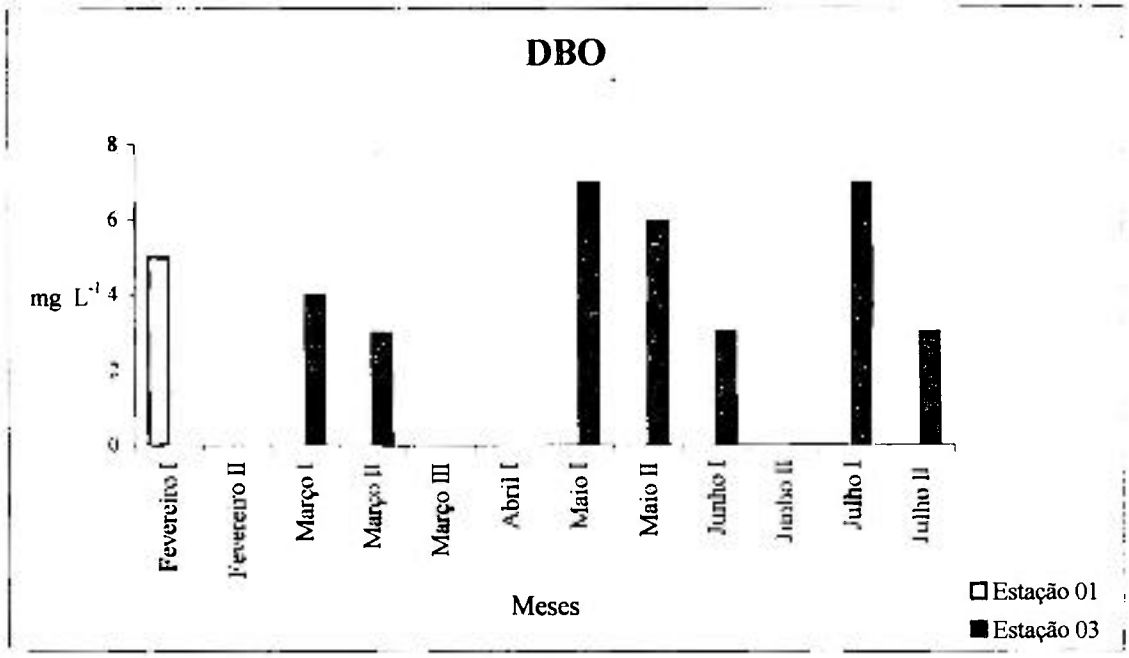


FIGURA 19 - Variação de DBO na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.1.7. Demanda Química de Oxigênio

A FIG. 20 e TAB. 10 do ANEXO 1 mostram os valores de DQO para as três estações de coleta. Os valores foram fornecidos pela Estação de Tratamento de Esgotos do ABC, São Paulo.

Assim como a DBO, houve-se também a impossibilidade da realização de análises de DQO em todo o sistema, assim no mês de fevereiro foram realizadas duas análises na estação 1 e 2. Na estação 1, o valor obtido foi de 11,0 mg O_2 L^{-1} na primeira coleta e na estação 2, o valor registrado foi de 13,0 mg O_2 L^{-1} para a segunda coleta.

A partir de março, as análises de DQO foram realizadas apenas na estação 3. A variação da DQO esteve compreendida entre 6,0 mg O_2 L^{-1} a 15,0 mg O_2 L^{-1}. A maior concentração foi observada na primeira coleta do mês de março e a menor na segunda coleta do mês de julho.

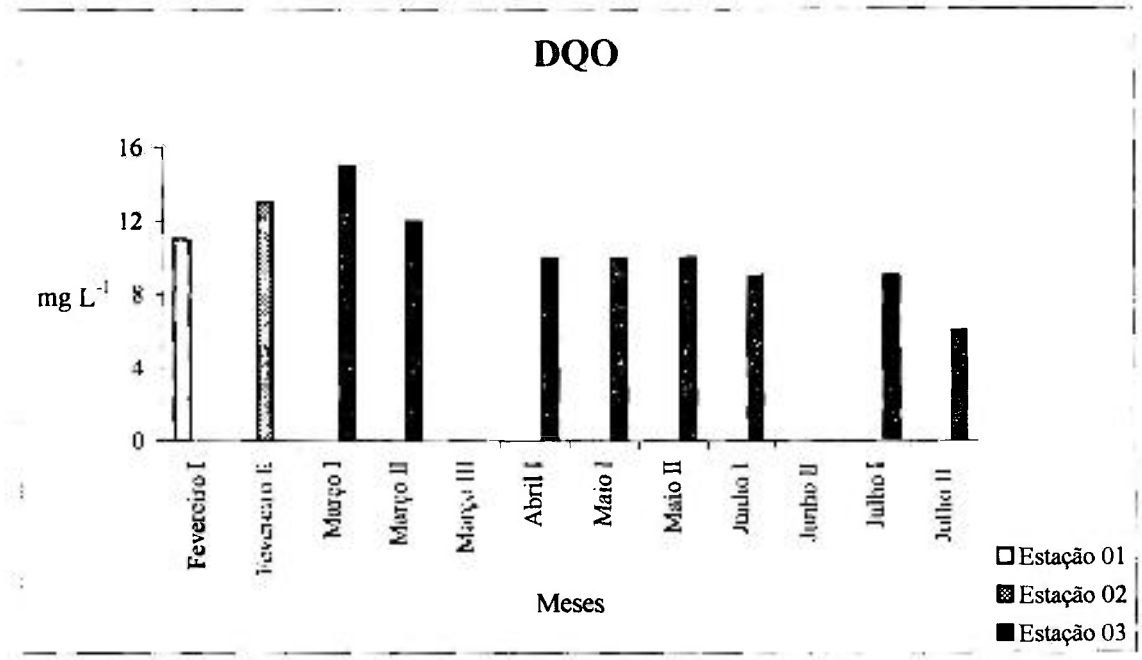


FIGURA 20 - Variação de DQO na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.1.8. Cor e Turbidez

Os valores das médias mensais para a cor variaram de 13,3 uH a 30,0 uH (FIG. 21, TAB. 11, ANEXO 1). Na estação 1, o maior valor obtido foi de 50,0 uH na segunda coleta de março e o menor foi de 20,0 uH para as coletas do mês de julho. Nas estações 2 e 3 os valores variaram de 10,0 uH a 20,0 uH.

A FIG. 22 e TAB. 12 do ANEXO 1 apresentam os valores de turbidez para as três estações de estudo. Na estação 1, os valores variaram de 1,46 NTU a 6,60 NTU. O maior valor foi registrado na segunda coleta do mês de março e o menor na segunda coleta do mês de julho.

Nas estações 2 e 3 os valores variaram-se entre 0,14 NTU a 2,00 NTU. Para ambas, o maior valor registrado foi na segunda coleta do mês de março e o menor na segunda coleta de julho.

Os resultados de cor e turbidez obtidos na estação 1 demonstram a influência das chuvas nesta variável, visto que a pluviosidade para os meses de fevereiro e março superaram a média histórica da região (TAB. 3, ANEXO 1).

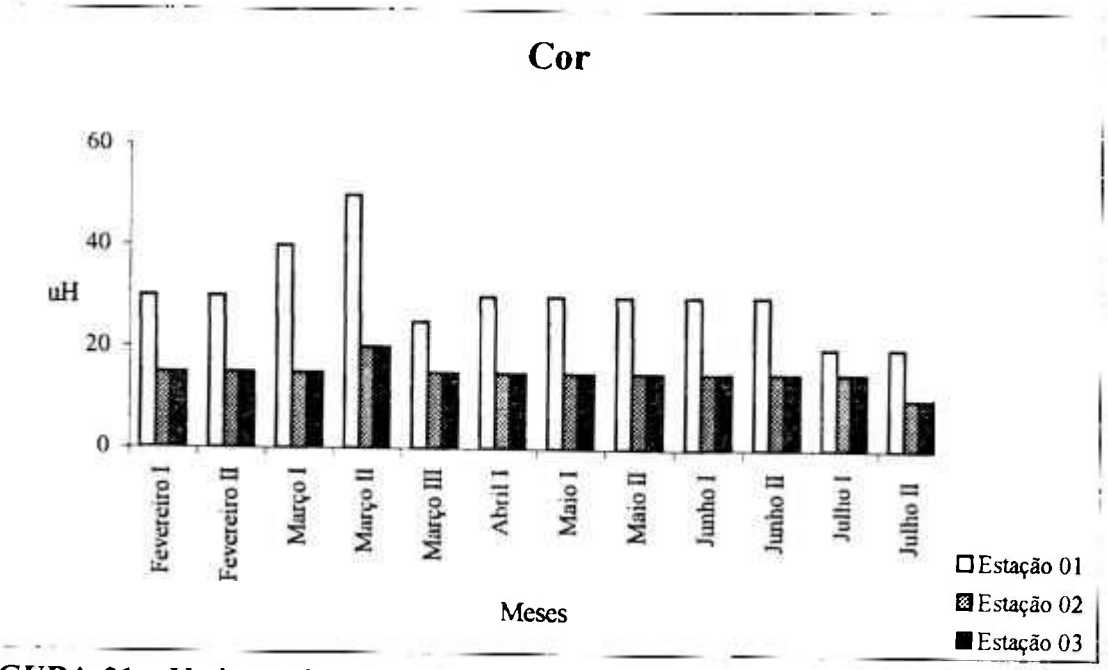


FIGURA 21 - Variação de cor na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

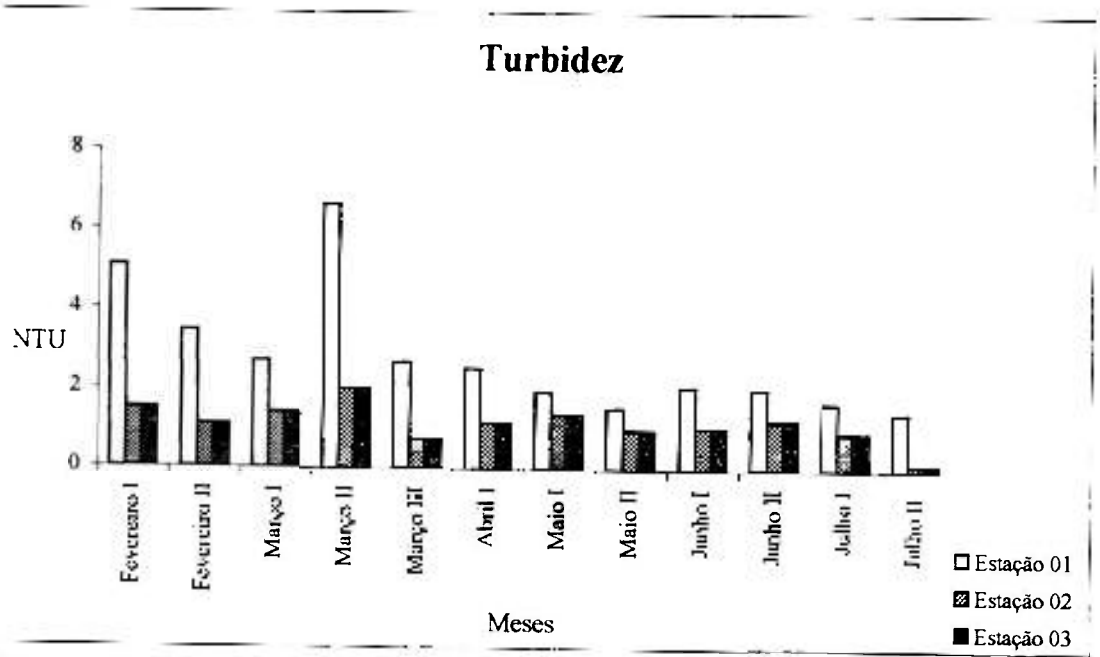


FIGURA 22 - Variação de turbidez na água da superfície e fundo, observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, S.B.Campo, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.2.2. Análise Estatística

Com o objetivo de verificar se houveram diferenças significativas quanto aos valores de cada variável em relação as três estações no período de estudo, os dados foram submetidos ao teste de comparações múltiplas de Tukey.

As TAB. 3, 4 e 5 apresentam a média, o desvio-padrão e a amplitude de variação dos parâmetros ambientais obtidas nas estações 1, 2 e 3 da ETA Rio Grande.

Foram observadas diferenças estaticamente significativas nos parâmetros pH, condutividade elétrica, dureza, cor e turbidez da estação 01 em relação às estações 02 e 03 (TAB. 1, 3, 4, 5 e 6, ANEXO 2).

TABELA 3 - Média, desvio-padrão e amplitude de variação dos parâmetros ambientais mensurados na estação 1 da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Variável	Média	σ	Amplitude de Variação
Temperatura (°C)	21,86	3,17	(16,0 - 26,0)
pH	6,66	0,18	(6,36 - 6,95)
O.D. (mg L^{-1})	7,53	0,93	(6,25 - 8,70)
Condutividade (µS cm^{-1})	201,08	17,72	(176,7 - 235,0)
Dureza (mg L^{-1})	10,75	1,60	(8,0 - 11,0)
Cor (uH)	30,42	8,11	(20,0 - 50,0)
Turbidez (NTU)	2,82	1,55	(1,46 - 6,60)

TABELA 4 - Média, desvio-padrão e amplitude de variação dos parâmetros ambientais mensurados na estação 2 do sistema de tratamento da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Variável	Média	σ	Amplitude de Variação
Temperatura (°C)	21,99	3,62	(15,0 - 26,0)
pH	8,36	0,40	(7,71 - 8,93)
O.D. (mg L^{-1})	7,86	0,90	(6,68 - 9,73)
Condutividade (µS cm^{-1})	255,25	22,86	(227,0 - 297,0)
Dureza (mg L^{-1})	43,08	3,12	(38,0 - 48,0)
Cor (uH)	15,0	2,13	(10,0 - 20,0)
Turbidez (NTU)	1,14	0,45	(0,14 - 2,00)

TABELA 5 - Média, desvio-padrão e amplitude de variação dos parâmetros ambientais mensurados na estação 3 do sistema de tratamento da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Variável	Média	σ	Amplitude de Variação
Temperatura (°C)	21,83	3,52	(15,0 - 26,0)
pH	8,47	0,38	(7,70 - 8,95)
O.D. (mg L^{-1})	7,91	0,87	(6,90 - 9,62)
Condutividade ($\mu S\ cm^{-1}$)	255,50	23,50	(226,0 - 297,0)
Dureza (mg L^{-1})	45,50	5,89	(33,0 - 54,0)
Cor (uH)	15,0	2,13	(10,0 - 20,0)
Turbidez (NTU)	1,14	0,45	(0,14 - 2,00)

5.2.3. Estrutura da Comunidade Zooplanctônica

5.2.3.1. Composição Específica

A composição da comunidade zooplanctônica nas estações, foi representada pelos seguintes taxa (LEVINE *et al.*, 1980):

SUB REINO PROTOZOA
- Phylum SARCOMASTIGOPHORA
  - Subphylum MASTIGOPHORA
    - Classe PHYTOMASTIGOPHOREA
      - Ordem DINOFLAGELLIDA
      - Ordem EUGLENIDA
        - *Euglena sp.*
        - *Trachelomonas sp.*
        - *Phacus longicauda*
      - Ordem VOLVOCIDA
        - * *Chlamydomonas sp.*
        - * *Volvox sp.*
    - Classe ZOOMASTIGOPHOREA
      - Ordem KINETOPLASTIDA
        - Subordem BODONINA
          - * *Bodo sp.*
  - Subphylum SARCODINA
    - Superclasse RHIZOPODA
      - Classe LOBOSEA
        - Subclasse GYMNAMOEBIA
        - Subclasse TESTACEALOBOSIA
          - Ordem ARCELLINIDA
            - *Arcella sp.*
    - Superclasse ACTINOPODA
      - Classe HELIOZOEA

- Phylum CILIOPHORA
  - Classe KINETOFRAGMINOPHOREA
    - Subclasse GYMNOSTOMATIA
      - Ordem PROSTOMATIDA
        - Subordem PRORODONTINA

Coleps sp.
Subclasse VESTIBULIFERIA
Ordem COLPODIDA
* *Colpoda steini*
Classe OLIGOHYMENOPHOREA
Subclasse HYMENOSTOMATIA
Ordem HYMENOSTOMATIDA
Subordem PENICULINA
* *Paramecium* cf *aurelia*
Subclasse PERITRICHIA
Ordem PERITRICHIDA
Vorticella sp.

SUB REINO METAZOA
Phylum ROTIFERA
Classe DIGONONTA
Ordem BDELOOIDEA
Família PHYLODINIDAE
* *Phylodina sp.*
* *Rotaria sp.*
Classe MONOGONONTA
Ordem PLOIMA
Família SYNCHAETIDAE
Polyarthra sp.
Família TRICHOCERDIDAE
Trichocerca sp.
Família BRACHIONIDAE
Brachionus sp.
Filinia sp.
Kellicotia sp.
Keratella sp.
Família LECANINAE
Lecane sp.

Phylum CRUSTACEA
Classe BRANCHIOPODA
Ordem CLADOCERA
Família BOSMINIDAE
Bosmina sp.
Família HOLOPEDIDAE
Diaphanosoma sp.
Família MACROTHRICIDAE
Macrothrix sp.

Classe OSTRACODA

Classe COPEPODA

Phylum INSECTA

Phylum NEMATODA

---

* Táxons observados somente em amostra viva.

5.3. Distribuição Horizontal

A TAB. 6 apresenta a distribuição da comunidade zooplanctônica nas três estações de amostragem da ETA Rio Grande.

TABELA 6 - Composição da comunidade zooplanctônica nas estações de coleta (Captação-1; Decantador-2 e Filtro-3) nos meses de fevereiro a julho de 2004.

	Estações de Amostragens				
	01		02	03	
Taxa	**S**	**F**	**S**	**S**	**F**
Dinoflagellida	+	+	+	+	+
Euglena sp.	+	+	+	+	+
Trachelomonas sp.	+	+	+	+	+
Phacus longicauda	+	+	+	+	+
Phacus sp. 1	+	+	+	+	+
Phacus sp. 2	+	+	+	+	+
Arcella sp.	+	+	+	+	+
Heliozoário sp. 1	+	+	+	+	-
Heliozoário sp. 2	+	+	+	-	-
Coleps sp.	+	+	+	+	+
Vorticella sp.	+	+	-	-	-
Ciliado sp. 1	+	+	+	+	+
Ciliado sp. 2	+	+	+	-	-
Ciliado sp. 3	+	+	-	-	-
Ciliado sp. 4	+	+	-	-	-
Polyarthra sp.	+	+	+	+	+
Trichocerca sp. 1	+	+	+	+	+
Trichocerca sp .2	+	+	+	+	+
Brachionus sp.	+	+	+	+	+
Filinia sp.	-	+	-	+	+
Kellicottia sp.	+	+	+	+	+
Keratella sp.	+	+	+	+	+
Lecane sp.	+	+	+	+	+
Rotífero sp. 1	+	+	+	+	+
Rotífero sp. 2	+	+	+	+	-
Rotífero sp. 3	+	-	-	-	-
Copepoda (juvenis e adultos)	+	+	+	+	+
Náuplios de Copepoda	+	+	+	+	+
Bosmina sp.	+	+	-	-	-
Diaphanosoma sp.	+	+	-	-	-
Macrothrix sp.	+	-	-	-	-
Ostracoda sp. 1	-	+	-	-	-
Nematoda sp. 1	-	-	-	+	-
Larvas de inseto	+	+	+	+	+
TOTAL	**31**	**31**	**24**	**24**	**21**

(+) presença; (-) ausência; (S) superfície e (F) fundo

A FIG. 23 apresenta o resultado das análises de agrupamento na superfície das estações de coleta. A estação 1 apresentou um grau de 0,72 de similaridade com as estações 2 e 3,

onde foi obtida uma associação de 0,85. Observa-se, portanto, que durante o período de estudo, a comunidade zooplanctônica foi muito semelhante nas estações 2 e 3, como já previsto, pois ambas são pertencentes ao sistema de tratamento da ETA Rio Grande e que o grau de associação entre as duas estações foi elevado.

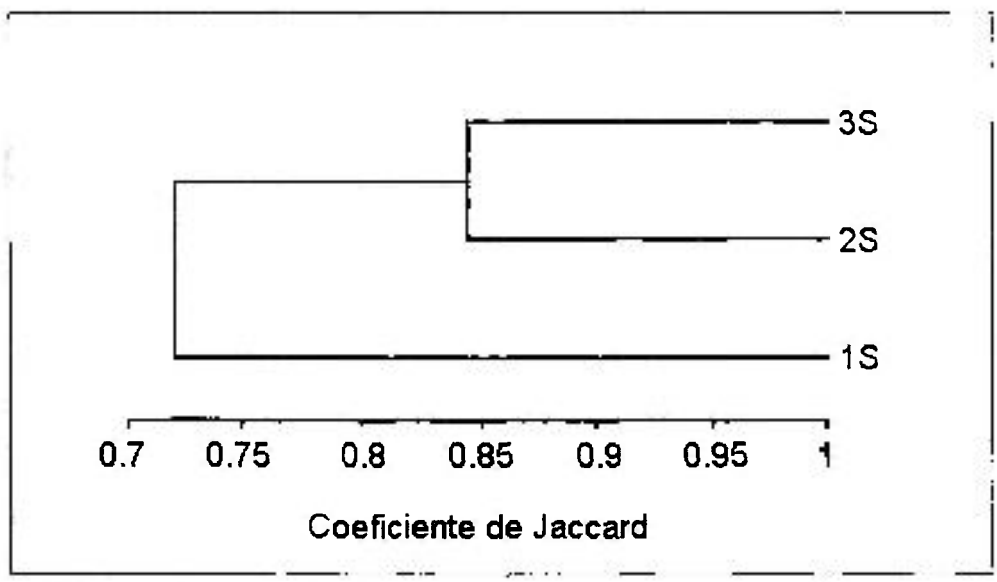


FIGURA 23 - Dendograma de similaridade do zooplâncton na superfície entre as estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

PROTOZOA

Entre os táxons de protozoários registradas nas três estações *Heliozoário sp.* 1, *Heliozoário sp.* 2, *Vorticella sp.*, Ciliados sp. 2, 3, 4 não estiveram presentes. *Heliozoário sp.* 1, não esteve presente apenas na estação 3 (fundo), *Heliozoário sp.* 2 e Ciliado sp. 2 não estiveram presentes na estação 3 (superfície e fundo) e *Vorticella sp.* e Ciliados sp. 3 e 4, não estiveram presentes nas estações 2 e 3 (superfície e fundo).

ROTIFERA

Filinia sp. não esteve presente nas estações 1 (superfície) e 2 e o Rotífero sp. 2 não esteve presente na estação 3 (fundo) e o Rotífero sp. 3 apenas esteve presente na estação 1 (superfície).

CLADOCERA

Todas as espécies de cladóceros registradas não estiveram presentes nas três estações, *Bosmina sp.* e *Diaphanosoma sp.* estiveram presentes na estação 1 (superfície e fundo) e

Macrothrix sp. esteve presente apenas na estação 1 (superfície) e Ostracoda não identificado 1, esteve presente apenas na estação 1 (fundo).

COPEPODA

A Classe Copepoda esteve representada pelas Ordens Calanoida e Ciclopoida, (juvenis e adultos) e naúplios durante o período de estudo, nas três estações: 1 (Captação), 2 (Decantador) e 3 (Filtro).

OUTROS TAXA

Durante os meses em estudo, dois outros grupos de organismos estiveram presentes nas amostras, nematódeos estiveram presentes na estação 3 (superfície) e as larvas de insetos estiveram presentes nas três estações.

5.4. Abundância Relativa

5.4.1. Comunidade Zooplanctônica

As FIG. 24 e 25, TAB. 1, 2 e 3 do ANEXO 3, apresentam a abundância relativa da comunidade zooplanctônica, superfície e fundo, nas três estações de coleta. Os resultados são expressos em porcentagem. A comunidade zooplanctônica foi caracterizada pela dominância de protozoários nas três estações de amostragens.

Na superfície da estação 1, Protozoa representou 77% do total do zooplâncton, Rotifera 22%, Copepoda 1%, e no fundo Protozoa representou 82%, Rotifera 14%, Copepoda 4%. estação 2, Protozoa representou 49%, Rotifera 41%, Copepoda 10% na estação 3, superfície, Protozoa representou 49%, Rotifera 42%, Copepoda 9% e no fundo, Protozoa representou 77%, Rotifera 21%, Copepoda 2%. O zooplâncton das estações 1 e 3 foram submetidos ao teste de Tukey sendo verificado que não houve diferenças significativas entre a comunidade da superfície e fundo (TAB. 7 e 8).

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

TABELA 7 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para o zooplâncton, superfície e fundo, na estação 1 da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo	
			1	2
1	Estação 1 – Sup	19.998	\	
2	Estação 1 – Fun	20.000	•	\

* = diferença significativa (p = 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (2,8) = 3,26 s = 1182,061

TABELA 8 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para zooplâncton, superfície e fundo, na estação 3 do sistema de tratamento da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo	
			1	2
1	Estação 3 – Sup	25.000	\	
2	Estação 3 – Fun	25.000	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (2,8)= 3,26 s = 946,771

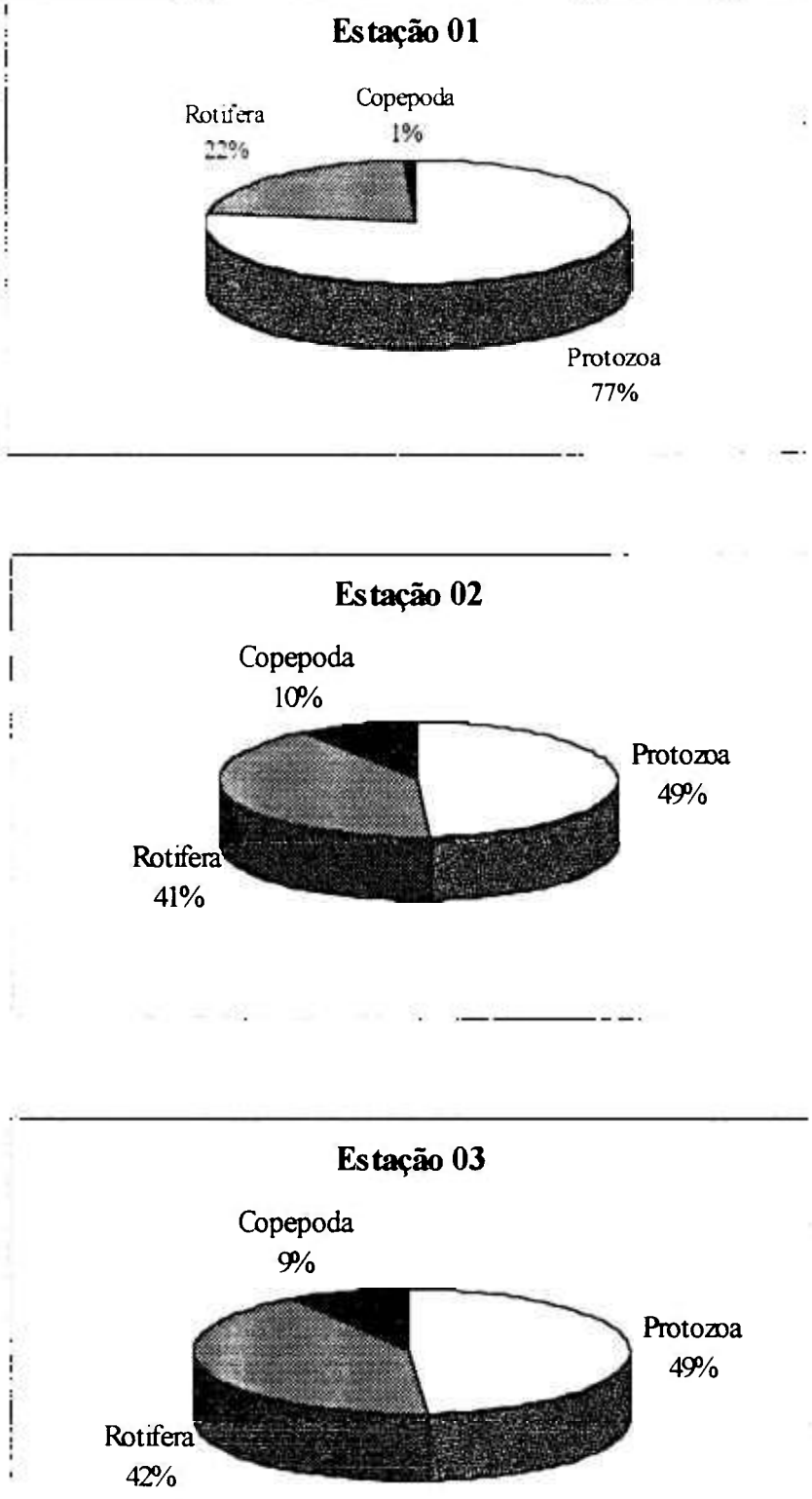


FIGURA 24 - Abundância relativa (%) da comunidade zooplanctônica na superfície das três estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

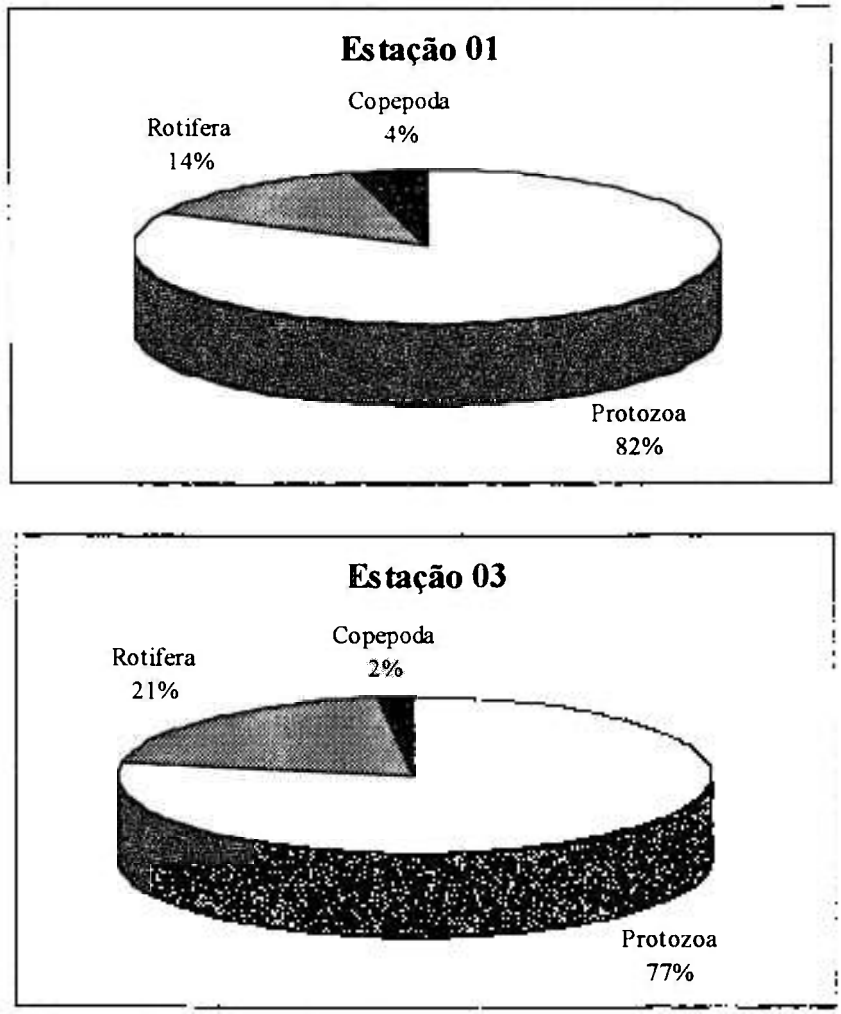


FIGURA 25 - Abundância relativa (%) da comunidade zooplanctônica no fundo das estações 1 e 3 da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.4.1.1. Protozoa

As variações na abundância relativas das espécies dominantes dentre os protozoários são apresentadas na FIG. 26. Nas três estações os táxons mais freqüentes foram *Euglena sp.* e *Trachelomonas sp.*

Na estação 1, *Euglena sp.* apresentou 47% da abundância relativa total dos protozoários para superfície e fundo. Na superfície, Ciliado sp. 1, Dinoflagellida, *Trachelomonas sp.* e outros apresentaram 21, 13, 7 e 12% respectivamente. *Coleps sp.*, *Trachelomonas sp.*, *Phacus sp.* 1 e outros representaram respectivamente no fundo da estação 1, 19, 14, 6 e 14%.

Na estação 2, *Euglena sp.*, aparece como a espécie mais abundante com 62%, seguida por *Trachelomonas sp.* com 19%. Dinoflagellida, *Phacus sp.* 1 e outros representaram respectivamente, 8, 5 e 6% da abundância total de Protozoa.

Novamente *Euglena sp.* aparece como mais abundante na estação 3, com 69% seguida por *Trachelomonas sp.* com 15%, Dinoflagellida com 7%, *Phacus sp.* 1 com 4% e outros com 5% do total de protozoários na superfície e 76% de *Euglena sp.*, 13% de *Trachelomonas sp.*, 4% de Dinoflagellida e 7% outros, para o fundo.

5.4.1.2. Rotifera

A FIG. 27 apresenta a abundância relativa das espécies mais abundantes do sistema de tratamento da ETA Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP. *Trichocerca sp.* 1, *Keratella sp.* e Rotífero sp. 1 ocorreram nas três estações.

Na estação 1, *Keratella sp.* apresentou 36% do total de rotíferos na superfície, seguida por Rotífero sp. 1, *Trichocerca sp.* 1, *Polyarthra sp.* e outros, com 29, 20, 9 e 6% respectivamente. No fundo *Keratella sp.* apresentou 31%, Rotífero sp. 1 23% *Trichocerca sp.* 1 21%, *Kellicottia sp.* 11% e outros 14% da abundância relativa.

Na estação 2, *Keratella sp.* apresentou 30%, seguido por Rotífero sp. 1 com 24%, *Polyarthra sp.* com 20%, *Trichocerca sp.* 1 com 15% e outros com 11% do total de espécies.

Na estação 3, superfície, *Keratella sp.* aparece como a espécie dominante com 34%, seguida por *Polyarthra sp.* com 23%, *Trichocerca sp.* 2 e Rotífero sp. 1 com 14% e outros 15%. No fundo *Trichocerca sp.* 2 apresentou uma abundância relativa de 29%, seguida por Rotífero sp. 1, *Keratella sp.*, *Trichocerca sp.* 1, *Polyarthra sp.* e outros com 23, 16, 13, 12 e 7% respectivamente do total de rotíferos.

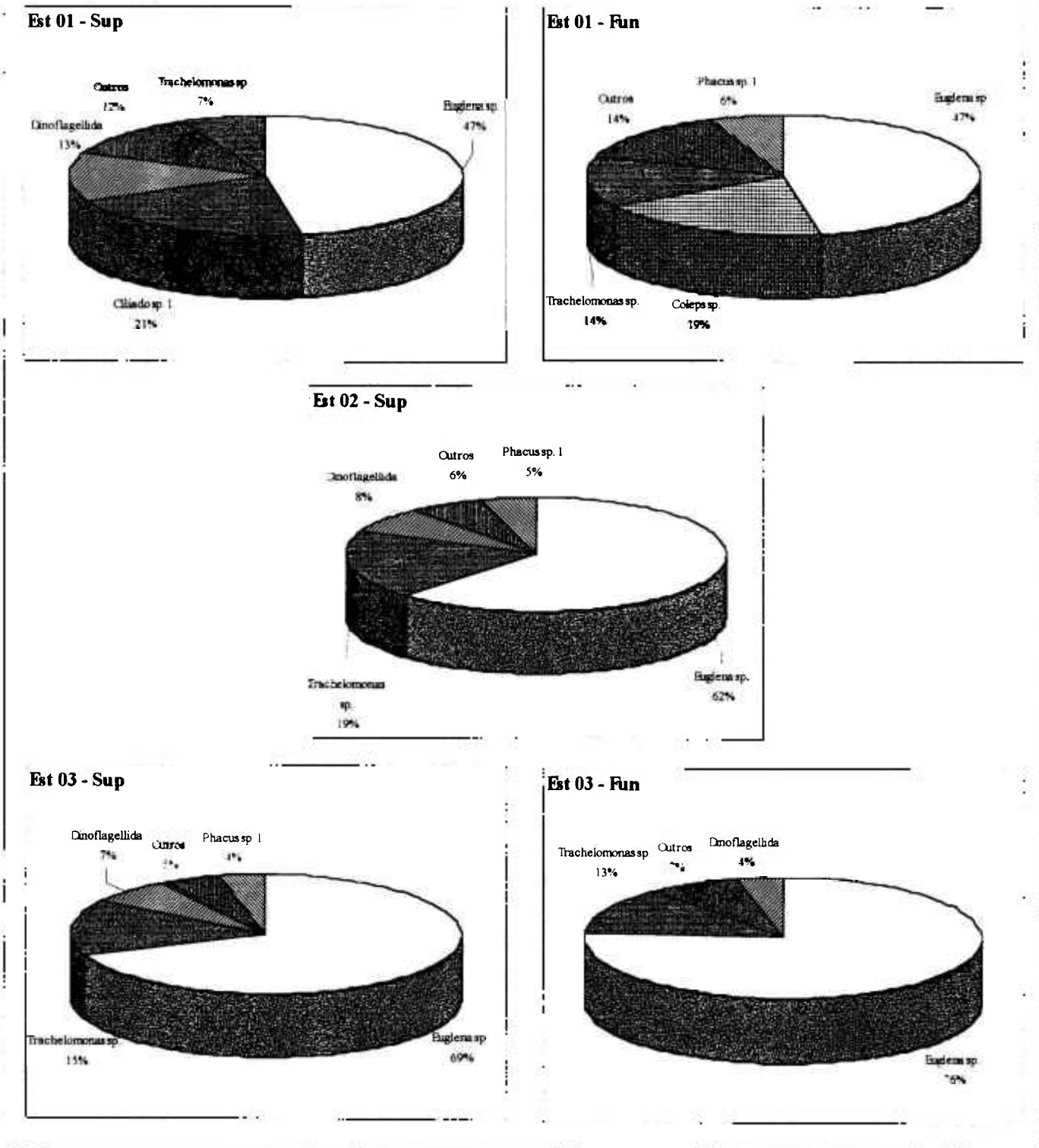


FIGURA 26 - Abundância relativa média (%) dos táxons de Protozoa da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

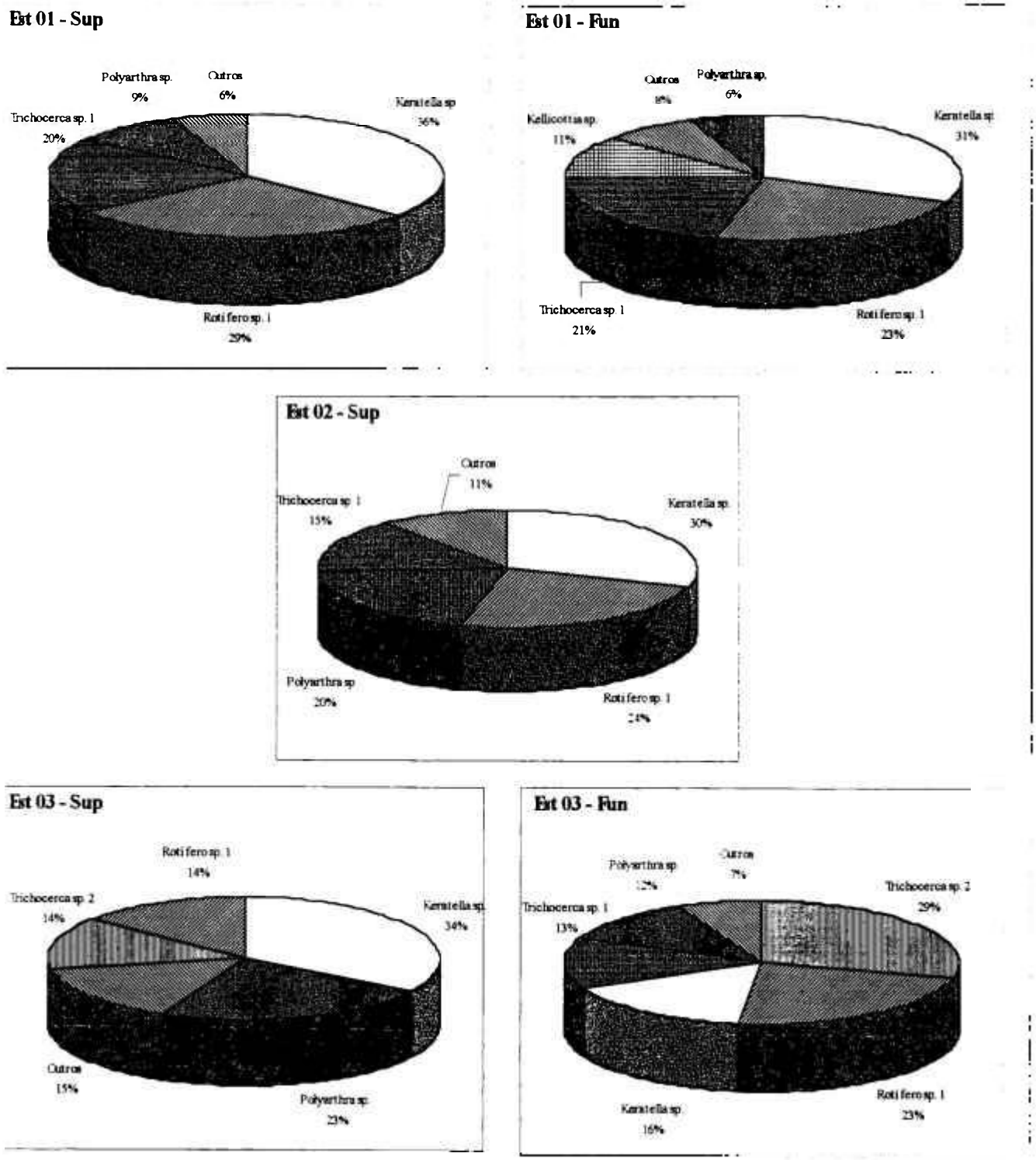


FIGURA 27 - Abundância relativa média (%) dos táxons de Rotifera da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.4.1.3. Copepoda

Na estação 1 (superfície) juvenis e adultos de Copepoda representaram 32% do total, e náuplios de Copepoda com 68%. No fundo juvenis e adultos de Copepoda representaram 91% e náuplios de Copepoda 9%. Na estação 2, os juvenis e adultos de Copepoda estiveram representados por 76% e 24% de náuplios de Copepoda.

Na estação 3, superfície, observou-se uma porcentagem de 79% de juvenis e adultos de Copepoda e 17% de náuplios de Copepoda. No fundo observou-se um aumento da porcentagem de juvenis e adultos de Copepoda que apresentaram 83% contra 17% de náuplios de Copepoda (FIG. 28).

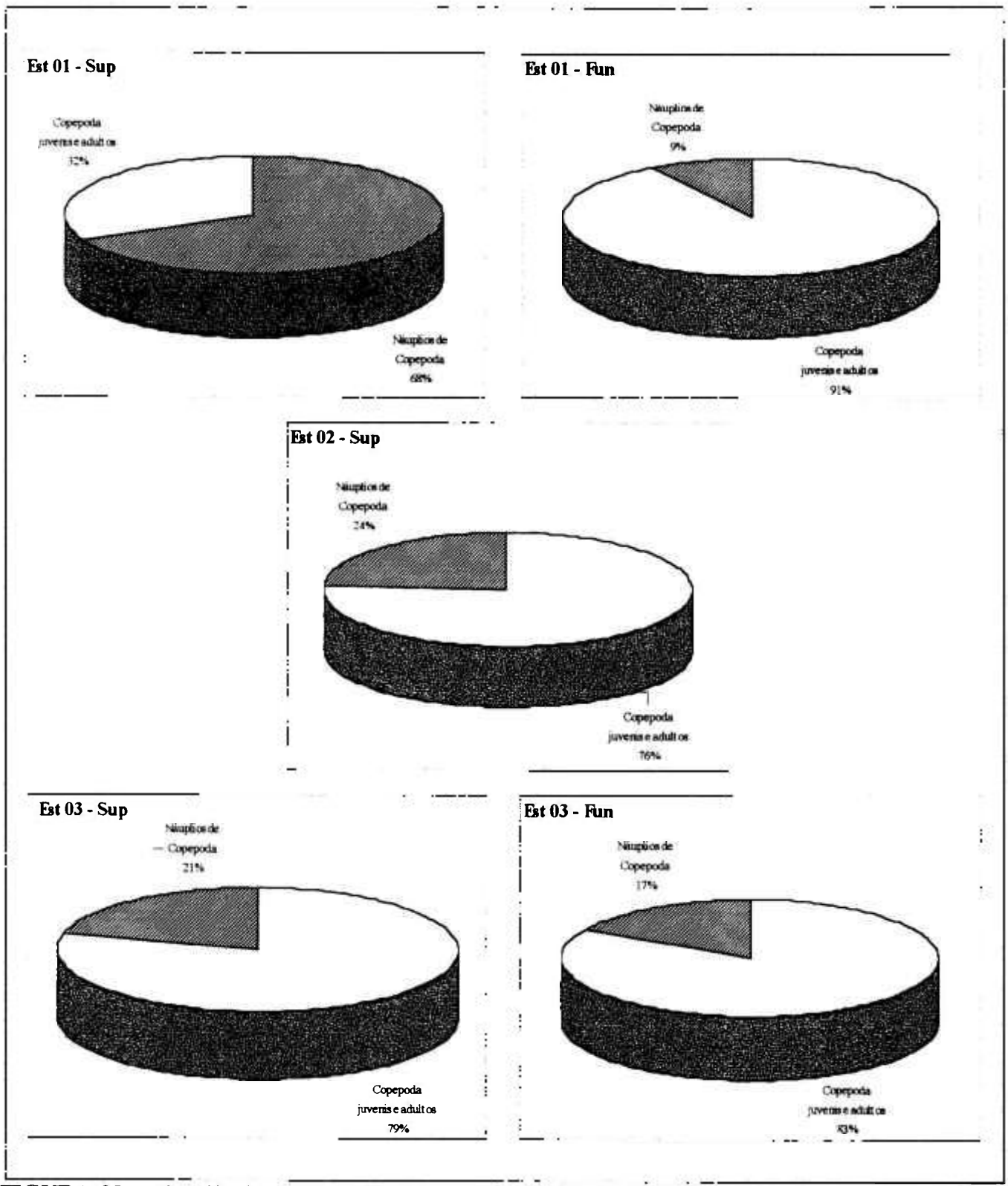


FIGURA 28 - Abundância relativa (%) das espécies de Copepoda da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.4.1.4. Cladocera

Os cladóceros se constituíram no quarto grupo com maior diversidade, com um total de 04 espécies identificadas. De uma maneira geral, observou-se que após a estação 1, este grupo não se proliferou nas próximas estações, 2 e 3 do sistema de tratamento.

Gen. *Bosmina*

Bosmina sp.

A espécie de *Bosmina sp.* ocorreu durante o período de amostragem (superfície e fundo), exceto no mês de abril e nos meses de fevereiro (fundo) e maio (superfície).

Gen. *Diaphanosoma*

Diaphanosoma sp.

Este gênero apresentou apenas uma única espécie, entre os cladóceros. Sua freqüência ficou restrita nos meses de fevereiro (superfície) e março (fundo).

Gen. *Macrothrix*

Macrothrix sp.

A espécie de *Macrothrix sp.* foi uma espécie de ocorrência esporádica,onde ocorreu apenas no mês de março (superfície) durante todo o período de estudo.

Gen. *Ostracoda*

Ostracoda sp. 1

Esse grupo foi muito pouco significativo, ocorrendo somente no mês de março (fundo) durante o período de amostragem.

5.4.1.5. Outros taxa

Larvas de insetos e nematódeos estiveram presentes no zooplâncton na estação 1 (superfície e fundo), durante o período de amostragem, exceto nos meses de abril, maio e junho (fundo). Na estação 2, foram encontradas larvas de insetos durante todo o período de estudo.

Na estação 3 (superfície e fundo), foram encontradas larvas de inseto nos meses de amostragem, exceto o mês de abril, maio e julho (fundo). Os nematódeos foram encontrados em março e abril na superfície.

5.4.2. Densidade da Comunidade Zooplanctônica

A FIG. 29 e as TAB. 1 e 2 do ANEXO 4 apresentam a variação temporal da comunidade zooplanctônica total (superfície e fundo) nas três estações de amostragem da ETA Rio Grande, onde a estação 1- captação, estação 2- decantador e estação 3- filtro.

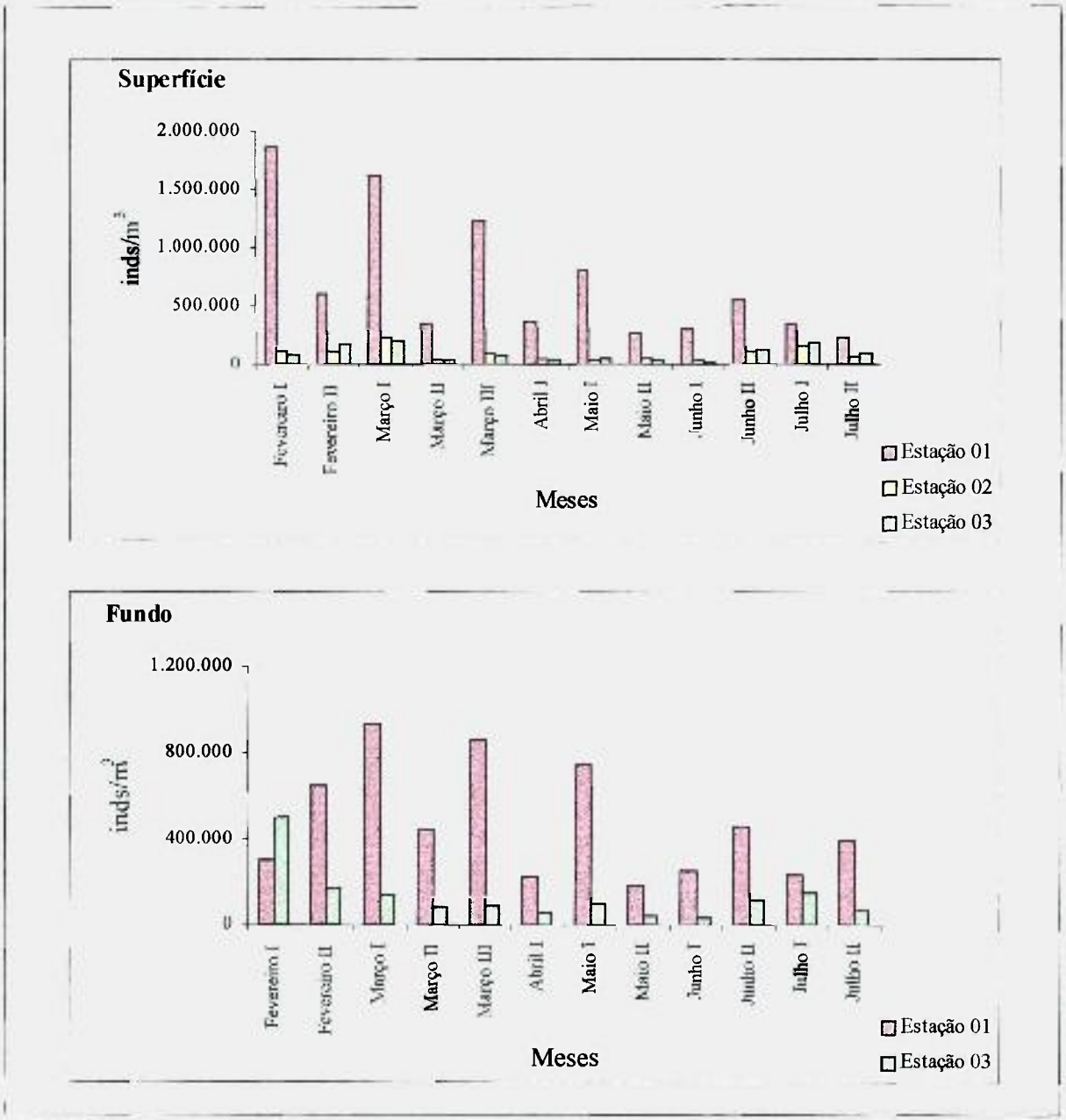


FIGURA 29 - Variação temporal da densidade da comunidade zooplanctônica total (superfície e fundo) observada nas estações de coleta da ETA Rio Grande, período de fevereiro a julho de 2004.

Na estação 1, superfície, o zooplâncton apresentou uma variação de temporal de 230.687 inds/m^3 na segunda coleta do mês de julho a 1.856.889 inds/m^3 na primeira coleta do mês de fevereiro. A densidade de zooplâncton no fundo da estação 1 apresentou uma

variação de 181.094 inds/m^3 na segunda coleta de maio a 934.167 inds/m^3 na primeira coleta de março.

Na estação 2, a menor densidade da comunidade zooplanctônica foi observada na segunda coleta do mês de março com 29.074 inds/m^3 e a maior foi observada na primeira coleta do mesmo mês com 222.963 inds/m^3.

Na estação 3, superfície, a menor densidade foi registrada na primeira coleta do mês de junho com 18.630 inds/m^3 e a maior foi em março, primeira coleta, 199.929 inds/m^3 e no fundo a densidade variou de 34.651 inds/m^3 na primeira coleta do mês de junho a 494.594 inds/m^3 na primeira coleta de fevereiro.

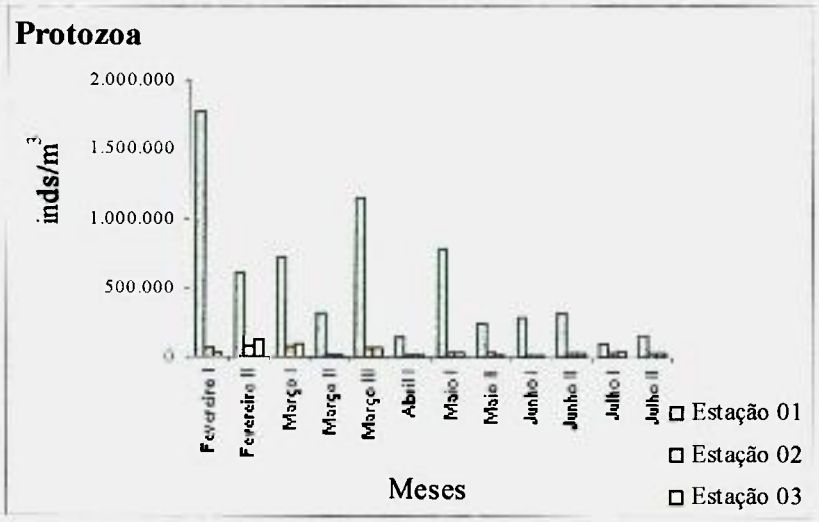
5.4.2.1. Variação da Densidade de Vários Grupos Zooplanctônicos

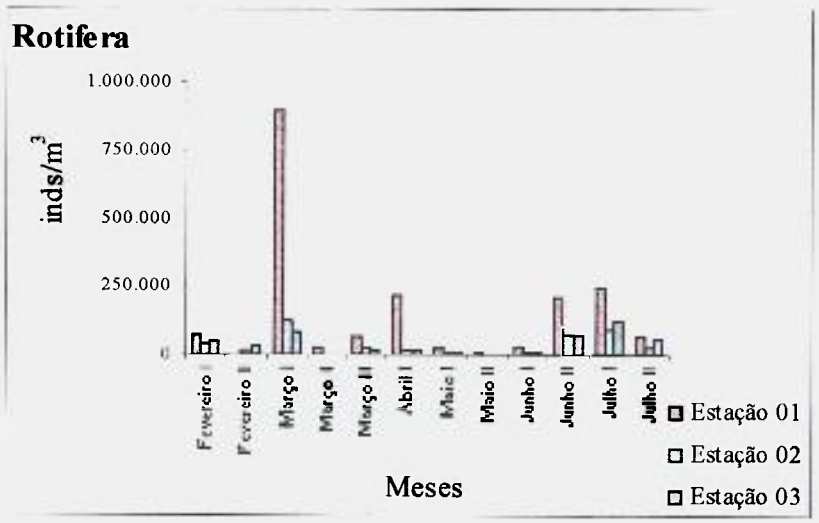
As FIG. 30 e 31, TAB. 3, 4 e 5 do ANEXO 4 apresentam a variação temporal de Protozoa, Rotifera e Copepoda na superfície e no fundo das estações 1, 2 e 3 da Estação de Tratamento de Água Rio Grande.

Na estação 1, superfície, a menor densidade de Protozoa foi observada na primeira coleta do mês de julho com 95.555 inds/m^3 e a maior na primeira coleta de fevereiro com 1.782.962 inds/m^3. No fundo observa-se uma diminuição da densidade de Protozoa, de 113.330 inds/m^3 no mês de abril a 746.666 inds/m^3 em março na terceira coleta.

Os protozoários apresentaram na estação 2 uma variação de 13.704 inds/m^3 na segunda coleta de março a 87.592 inds/m^3 na segunda coleta do mês de fevereiro.

Na estação 3, superfície, a menor densidade de protozoários registrada foi de 9.445 inds/m^3 na primeira coleta de junho e a maior foi observada na segunda coleta de fevereiro com 121.667 inds/m^3 e no fundo apresentaram uma variação de 32.963 inds/m^3 na primeira coleta de junho a 381.111 inds/m^3 na primeira coleta de fevereiro.





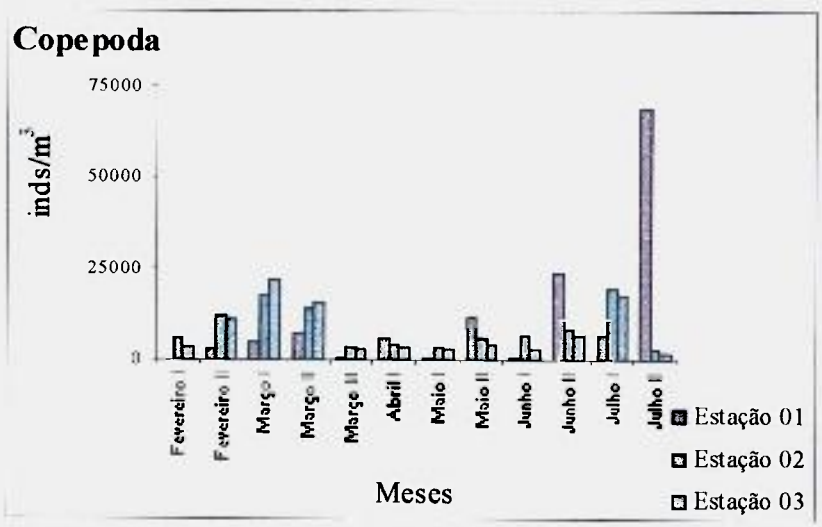


FIGURA 30 - Variação temporal da densidade de Protozoa, Rotifera e Copepoda, obtida na superfície nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

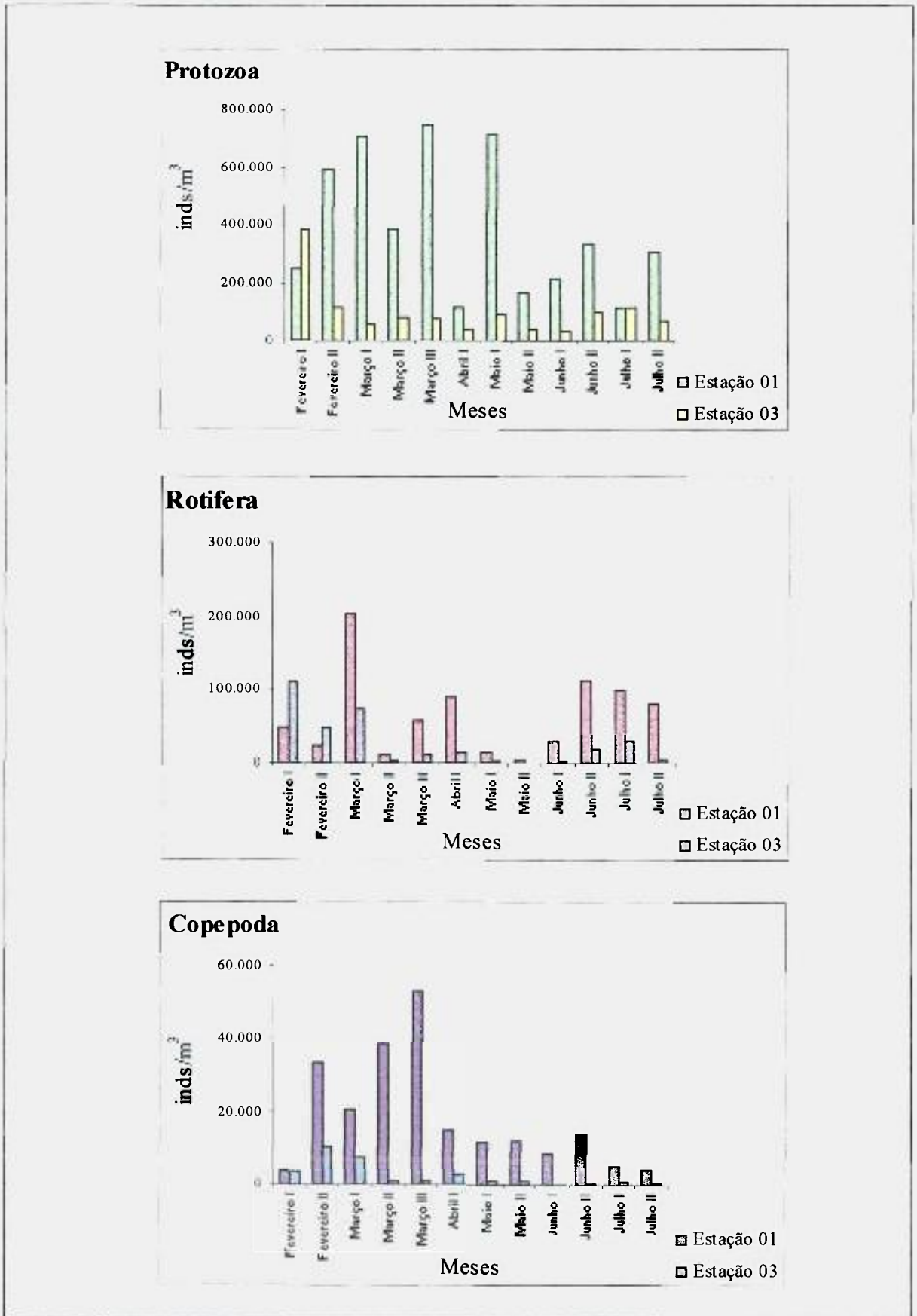


FIGURA 31 - Variação temporal da densidade de Protozoa, Rotifera e Copepoda, obtida no fundo das estações 1- captação e 3 - filtro da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

As menores densidades registradas de rotíferos na superfície da estação 1 foram na segunda coleta do mês de fevereiro com 1.155 inds/m^3 e na segunda coleta do mês de maio com 7.592 inds/m^3 e as maiores densidades foram na primeira coleta do mês de março e julho com 891.666 e 243.889 inds/m^3 respectivamente. Na estação 2, a menor densidade de rotíferos constatada foi na segunda coleta do mês de maio com 1.111 inds/m^3 e maior foi em março na primeira coleta com 119.444 inds/m^3. Na estação 3, superfície, apresentou uma variação de 1.482 inds/m^3 na segunda coleta do mês de maio a 118.149 inds/m^3 na primeira coleta do mês de julho. Para o fundo, a segunda coleta do mês de maio apresentou a menor densidade de rotíferos com 926 inds/m^3 e a primeira coleta do mês de fevereiro registrou a maior densidade com 110.001 inds/m^3.

Na superfície da estação 1, os copépodos apresentaram uma variação temporal de 223 inds/m^3 na primeira coleta do mês de fevereiro a 68.704 inds/m^3 na segunda coleta do mês de julho. No fundo, a menor densidade foi registrada também na primeira coleta do mês de fevereiro com 3.777 inds/m^3 e a maior foi constatada na terceira coleta do mês de março com 52.926 inds/m^3. Os copépodos na estação 2 apresentaram uma variação de 2.852 inds/m^3 na segunda coleta do mês de julho a 19.388 inds/m^3 na primeira coleta do mesmo mês. A menor densidade de copépodos na estação 3, superfície, foi registrada na primeira coleta do mês de maio e a maior foi registrada na primeira coleta do mês de março com 21.890 inds/m^3. Na estação 3, fundo, os copépodos apresentaram uma variação de 205 inds/m^3 na primeira semana do mês de junho a 9.966 inds/m^3 na segunda coleta de fevereiro.

5.4.2.1.1. PROTOZOA

Na estação 1 (superfície e fundo), os protozoários da Classe Phytomastigophorea, estiveram entre os mais abundantes durante o período de estudo (FIG. 32, TAB. 6 do ANEXO 4). Na superfície, a Ordem Dinoflagellida apresentou densidade elevada com 500.001 inds/m^3 na terceira coleta do mês de março e para o fundo foi observado 28.333 inds/m^3 na segunda coleta do mês de junho. *Euglena sp.* apresentou nos meses de fevereiro, março e maio a densidade máxima de 500.001 inds/m^3 na superfície e no fundo, as maiores densidades ocorrem na terceira coleta de março e primeira de maio com 500.001 inds/m^3. Na segunda coleta do mês de junho foi registrado o pico de densidade máxima para *Trachelomonas sp.* com 101.481 inds/m^3, superfície e 115.741 inds/m^3 para o fundo.

A Ordem Euglenida apresentou durante o período de amostragem a sua maior densidade na primeira coleta do mês de maio com 72.963 inds/m^3 na superfície e no fundo com 96.296 inds/m^3 na terceira coleta do mês de março. A sua densidade mínima foi registrada na primeira coleta de março com 1.296 inds/m^3 na superfície e no fundo 740 inds/m^3 na primeira coleta do mês de fevereiro.

Arcella sp. apresentou a sua maior densidade na primeira coleta do mês de março com 5.370 inds/m^3 para superfície e no fundo 1.851 inds/m^3 para a segunda coleta desse mesmo mês.

A Classe Heliozoea apresentou picos de densidades na primeira coleta do mês de junho com 63.518 inds/m^3 na superfície e 22.222 inds/m^3 no fundo. *Coleps sp.* apresentou sua maior densidade na primeira coleta do mês de maio com 32.037 inds/m^3 na superfície e no fundo foi registrado a maior densidade com 500.001 inds/m^3 na primeira coleta do mês março.

O Filo Ciliophora apresentou durante o estudo vários picos de densidade, sendo a máxima atingida na primeira coleta do mês de fevereiro com 1.112.964 inds/m^3 na superfície e no fundo foi registrado o maior pico na segunda coleta do mês de março com 95.185 inds/m^3. As suas densidades mínimas foram observadas na primeira coleta do mês de julho com 1.667 inds/m^3 na superfície e 185 inds/m^3 no fundo.

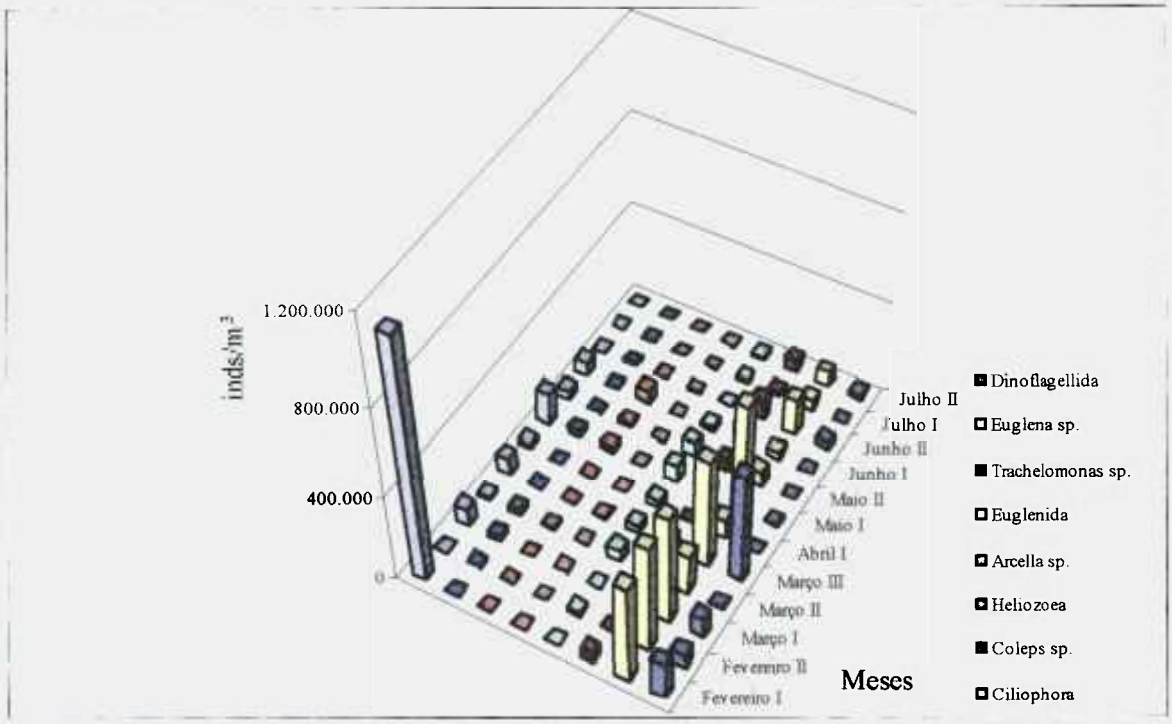


FIGURA 32 - Variação temporal da densidade de Protozoa na superfície da estação 1, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Na estação 2, decantador, *Euglena sp.*, *Trachelomonas sp.* e a Ordem Euglenida foram responsáveis pelas densidades máximas de protozoários durante o estudo (FIG. 33, TAB. 7 do ANEXO 4).

A Ordem Dinoflagellida apresentou a sua maior densidade na terceira coleta do mês de março com 13.147 inds/m^3. *Euglena sp.* apresentou na segunda coleta do mês de fevereiro a sua maior densidade com 68.518 inds/m^3. A densidade mínima ocorreu na segunda coleta do mês de março com 7.222 inds/m^3.

A densidade máxima observada para *Trachelomonas sp.* foi observada na primeira coleta do mês de fevereiro com 16.111 inds/m^3 e a mínima na segunda coleta do mês de maio com 2.593 inds/m^3. A Ordem Euglenida apresentou seu pico máximo de densidade na segunda coleta do mês de maio com 7.592 inds/m^3.

Arcella sp. esteve presente apenas nos meses de fevereiro, março, maio e junho, sendo a densidade máxima registrada na segunda coleta do mês de fevereiro com 555 inds/m^3 e a mínima em junho com 185 inds/m^3 na segunda coleta.

A Classe Heliozoea obteve sua densidade máxima na segunda coleta do mês de junho

com 927 inds/m^3. O protozoário *Coleps sp.* apresentou seu pico máximo de densidade na primeira coleta do mês de fevereiro com 8.515 inds/m^3 e a mínima foi registrada na segunda coleta do mês de março com 370 inds/m^3.

O Filo Ciliophora apresentou sua densidade máxima na primeira coleta do mês de fevereiro com 4.999 inds/m^3.

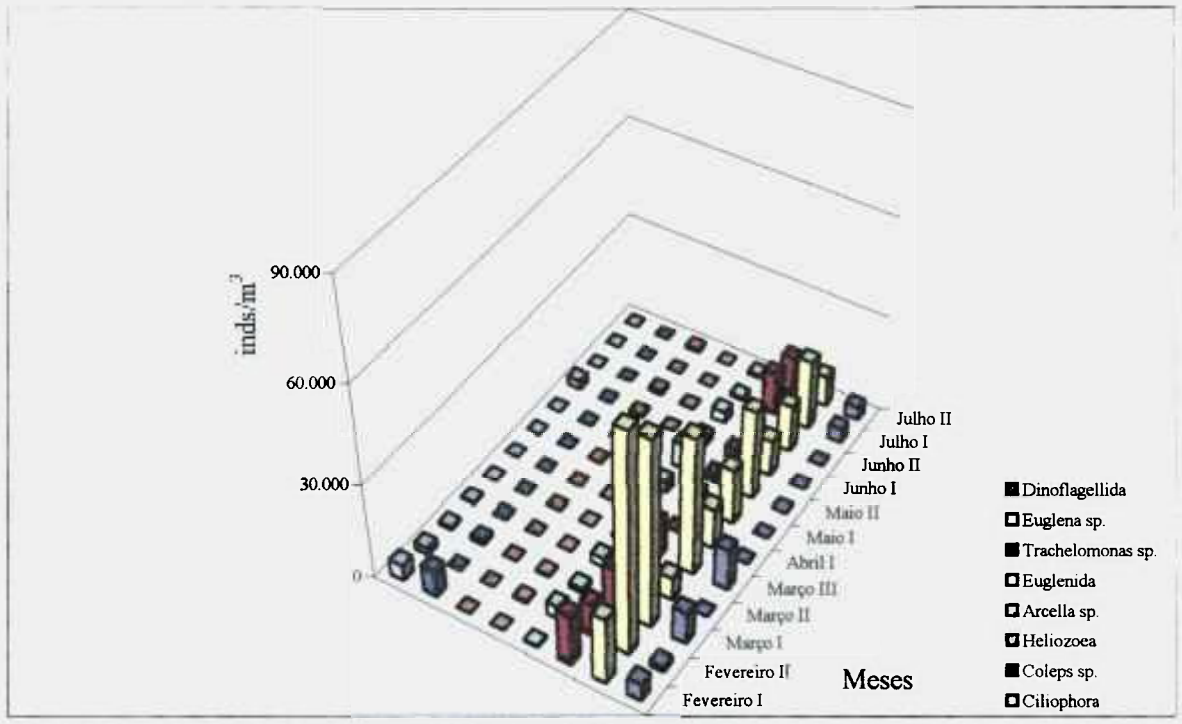


FIGURA 33 - Variação temporal da densidade de Protozoa na superfície da estação 2, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Na estação 3, novamente houve picos de dominância de *Euglena sp.*, *Trachelomonas sp.* e da Ordem Euglenida (FIG. 34, TAB. 8 do ANEXO 4).

A Ordem Dinoflagellida apresentou seu pico máximo de densidade na primeira coleta do mês de março com 16.481 inds/m^3 na superfície e no fundo com 22.037 inds/m^3 na segunda coleta do mês de julho.

Euglena sp. registrou na superfície sua densidade máxima na segunda coleta do mês de fevereiro com 94.630 inds/m^3 e no fundo, 327.925 inds/m^3 na primeira coleta do mês de fevereiro.

O protozoário *Trachelomonas sp.* obteve sua densidade máxima na primeira coleta do mês de março com 17.038 inds/m^3, superfície e no fundo, 75.185 inds/m^3 na primeira coleta do mês de julho. A densidade mínima foi registrada em março, na primeira coleta, com 1.922 inds/m^3 na superfície e no fundo 555 inds/m^3 na segunda coleta.

A Ordem Euglenida apresentou sua maior densidade na segunda coleta do mês de fevereiro com 7.778 inds/m^3 na superfície e no fundo, 4.074 inds/m^3 na segunda coleta de junho. *Arcella sp.* registrou na superfície sua densidade máxima na primeira coleta dos meses de maio e julho com 370 inds/m^3 e no fundo 926 inds/m^3 na segunda coleta do mês de junho.

A Classe Heliozoea apresentou na superfície sua maior densidade na segunda coleta do mês de julho com 1.666 inds/m^3 e no fundo foi registrada apenas na primeira coleta do mês de junho.

Coleps sp. registrou seu pico máximo de densidade na segunda coleta do mês de fevereiro com 3.148 inds/m^3, superfície e no fundo, mês de fevereiro, foram registradas os picos de maiores densidades 5.555 inds/m^3 na primeira coleta e 6.666 inds/m^3 na segunda coleta.

O Filo Ciliophora também registrou seus picos máximos de densidades para o mês de fevereiro, com 7.037 inds/m^3 na segunda coleta da superfície e 27.222 inds/m^3 na primeira coleta do fundo.

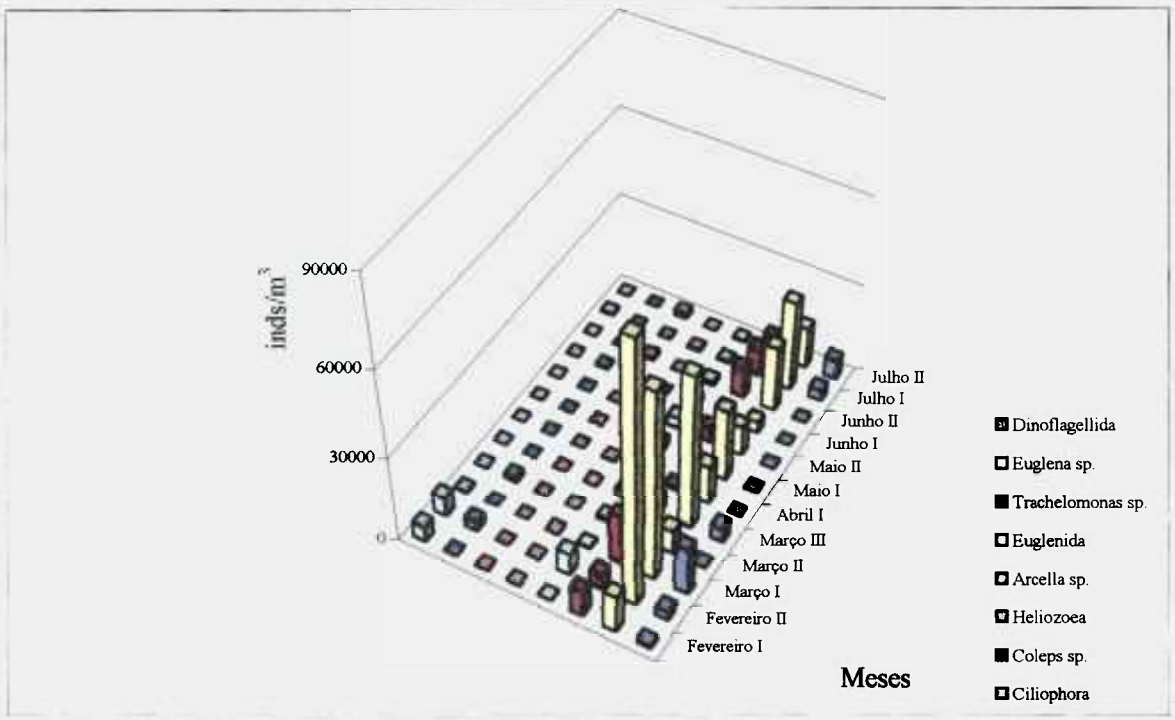


FIGURA 34 - Variação temporal da densidade de Protozoa na superfície da estação 3, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

A fim de se verificar a ocorrência de diferença significativa entre os táxons nas três estações, os testes de comparações múltiplas de Tukey foram realizados (TAB. 9).

Foram observadas diferenças significativas entre os protozoários das estações 2 e 3, com a estação 1.

TABELA 9 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para Protozoa na superfície das três estações da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			2	3	1
2	Estação 2	41.774,667	\		
3	Estação 3	43.040,333	•	\	
1	Estação 1	550.841,250	*	*	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 84836245926,250

5.4.2.1.2. ROTIFERA

Na superfície da estação 1, observa-se a dominância de três táxons de rotíferos e no fundo quatro táxons ao longo do período de amostragem (FIG. 35, TAB. 9 do ANEXO 4).

Polyarthra sp. apresentou na superfície sua densidade máxima com 62.407 inds/m^3 na primeira coleta do mês de março e para o fundo foi observado 10.741 inds/m^3 na primeira coleta do mês de junho.

A Família Trichocerdidae apresentou no mês de abril as densidades máximas de 210.555 inds/m^3 para superfície e 89.630 inds/m^3 para o fundo, sendo responsável inclusive pela densidade máxima dos rotíferos para este mês.

Brachionus sp. apresentou durante o período de amostragem a sua maior densidade na primeira coleta de março com 9.630 inds/m^3 na superfície e no fundo com 11.852 inds/m^3.

Kellicotia sp. obteve sua maior densidade na primeira coleta do mês de março com 7.778 inds/m^3 e 36.667 inds/m^3 superfície e fundo, respectivamente.

Keratella sp. apresentou picos máximos de densidades na primeira coleta do mês de março com 227.592 inds/m^3 na superfície e 68.889 inds/m^3 no fundo. As suas densidades mínimas foram observadas na segunda coleta do mês de maio com 4.630 inds/m^3 na superfície e 185 inds/m^3 no fundo da segunda coleta do mês de março.

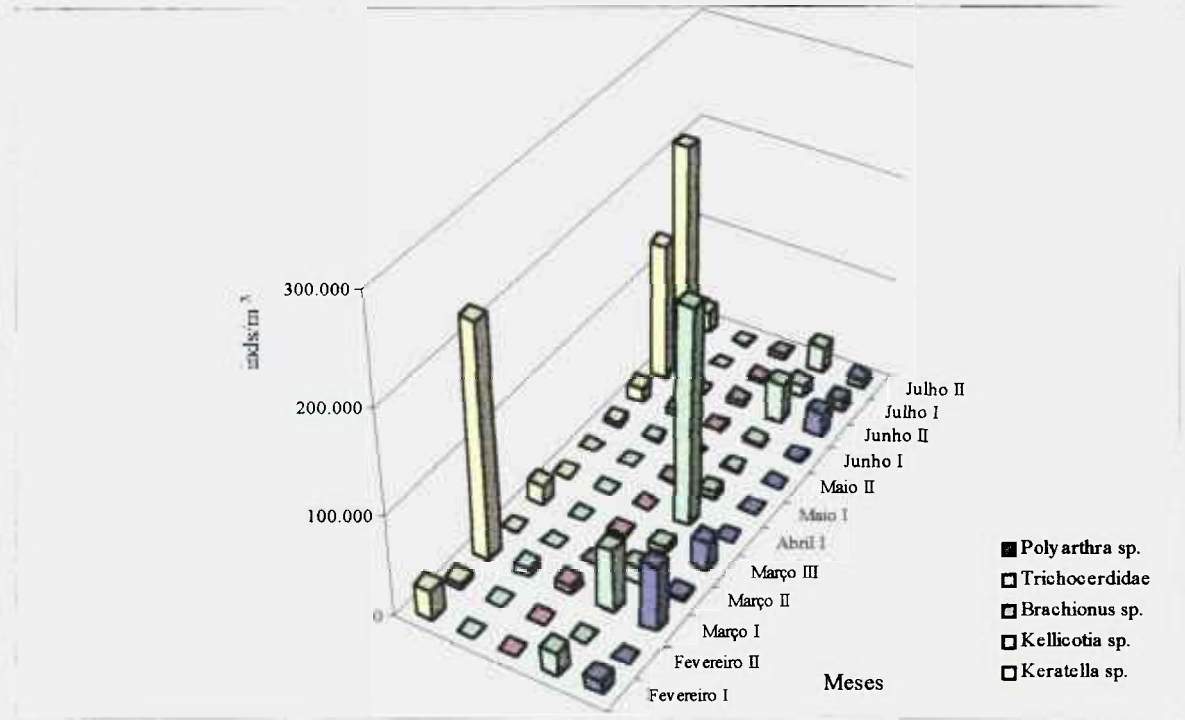


FIGURA 35 - Variação temporal da densidade de Rotifera na superfície da estação 1, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Da mesma forma que ocorreu na superfície da estação 1, a estação 2 apresentou uma dominância de três táxons de rotíferos durante o estudo (FIG. 36, TAB. 10 do ANEXO 4).

Polyarthra sp. apresentou a sua maior densidade na primeira coleta do mês de julho com 21.296 inds/m^3. A Família Trichocerdidae obteve na segunda coleta do mês de junho a sua maior densidade com 24.814 inds/m^3. A densidade mínima ocorreu na primeira coleta do mesmo mês junho com 185 inds/m^3.

A densidade máxima observada para a Família Trichocerdidae foi observada na segunda coleta do mês de junho com 24.814 inds/m^3 e as mínimas na segunda coleta do mês de fevereiro e primeira de junho com 555 inds/m^3.

Brachionus sp. obteve sua densidade máxima na primeira coleta do mês de fevereiro com 11.666 inds/m^3. *Kellicotia sp.* apresentou seu pico máximo de densidade na primeira coleta do mês de março com 6.296 inds/m^3.

A espécie *Keratella sp.* apresentou sua densidade máxima na primeira coleta do mês de julho com 53.519 inds/m^3.

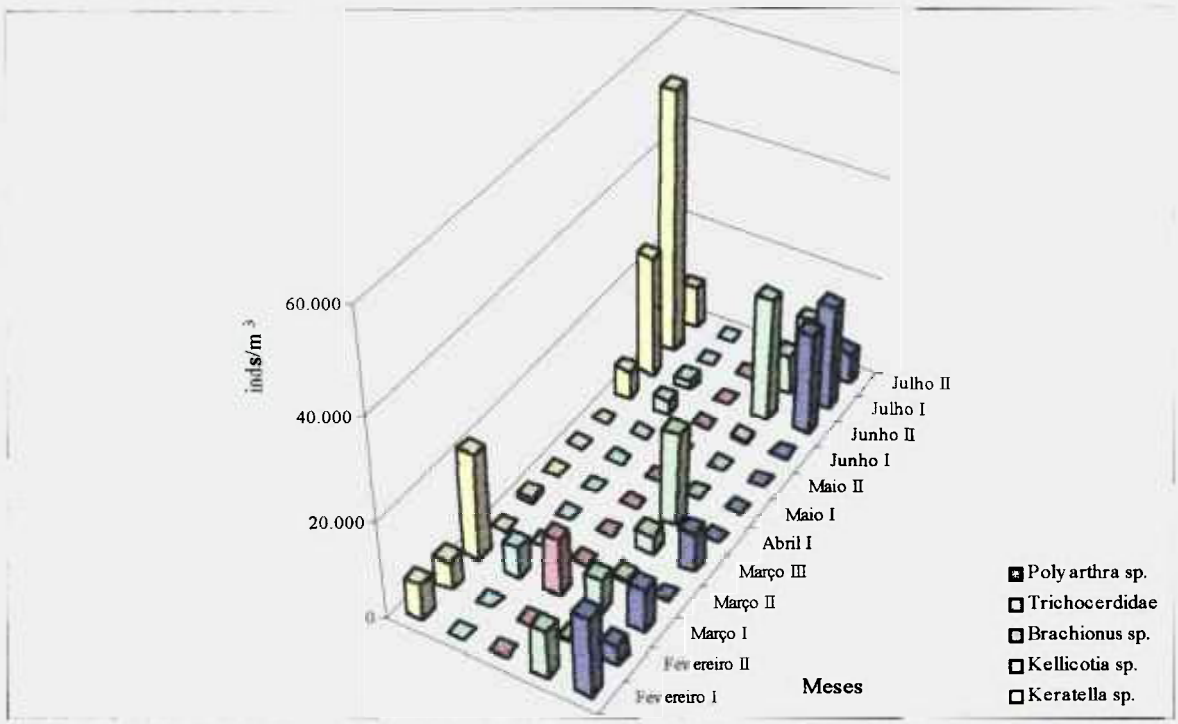


FIGURA 36 - Variação temporal da densidade de Rotifera na superfície da estação 2, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Na estação 3, *Polyarthra sp.*, Família Trichocerdidae e *Keratella sp.* foram os táxons dominantes (FIG. 37, TAB. 11 do ANEXO 4).

Polyarthra sp. apresentou seu pico máximo de densidade na primeira coleta do mês de julho com 26.296 inds/m^3 na superfície e no fundo com 7.964 inds/m^3 na primeira coleta do mês de março.

A Família Trichocerdidae registrou na superfície sua densidade máxima na segunda coleta de julho com 22.222 inds/m^3 e no fundo, 58.333 inds/m^3 na primeira coleta do mês de fevereiro. Na superfície, a densidade mínima foi registrada na primeira coleta do mês de junho com 926 inds/m^3 e no fundo 185 inds/m^3 na segunda coleta do mês de maio.

Brachionus sp. obteve suas densidades máximas na primeira coleta do mês de março com 11.667 inds/m^3, superfície e no fundo, 3.889 inds/m^3.

Na primeira coleta do mês de março, *Kellicotia sp.* registrou na superfície sua densidade máxima de 7.592 inds/m^3 e no fundo, 16.111 inds/m^3. *Keratella sp.* apresentou no mês de julho sua maior densidade na primeira coleta com 74.629 inds/m^3 e no fundo foi

registrada na primeira coleta do mês de março com 27.223 inds/m^3.

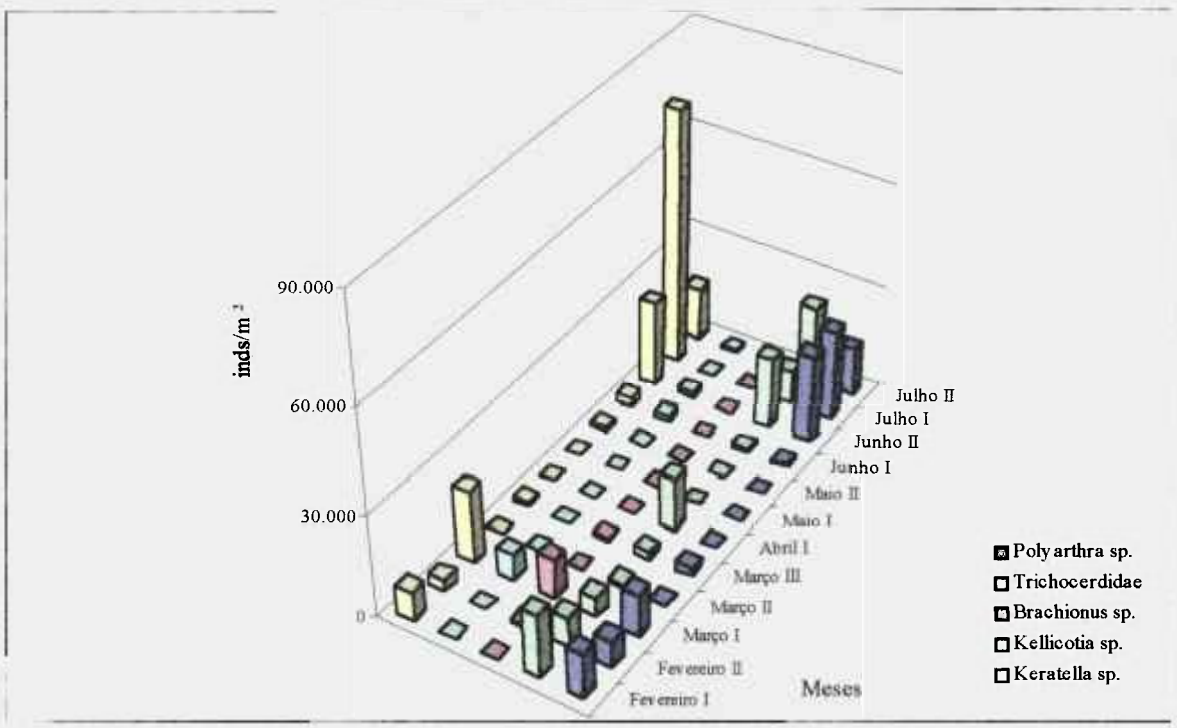


FIGURA 37 - Variação temporal da densidade de Rotifera na superfície da estação 3, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Testes de comparações múltiplas de Tukey foram realizados, a fim de se verificar a ocorrência de diferença significativa entre os táxons nas três estações (TAB. 10). Não foram observadas diferenças significativas entre os rotíferos na superfície das estações.

TABELA 10 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para Rotifera na superfície das três estações da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			2	3	1
2	Estação 2	35.355,083	\		
3	Estação 3	37.730,833	•	\	
1	Estação 1	154.417,333	•	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 21451196303,781

5.4.2.1.3. COPEPODA

A Classe Copepoda esteve representada pelos juvenis e adultos da Ordem Calanoida e Ciclopoida e náuplios de Copepoda nas estações de amostragem durante o período de estudo.

Na estação 01, juvenis e adultos de Copepoda apresentaram sua densidade máxima na superfície durante a segunda coleta de março com 7.001 inds/m^3 e no fundo 52.019 inds/m^3 na terceira coleta do mesmo mês. Os náuplios de Copepoda, registraram sua densidade máxima na superfície na segunda coleta do mês de junho com 18.222 inds/m^3 e no fundo na primeira coleta de julho com 4.964 inds/m^3. A densidade mínima foi observada na primeira coleta do mês de fevereiro com 75 inds/m^3 na superfície e 205 inds/m^3 no fundo (FIG. 38, TAB. 12 do ANEXO 4).

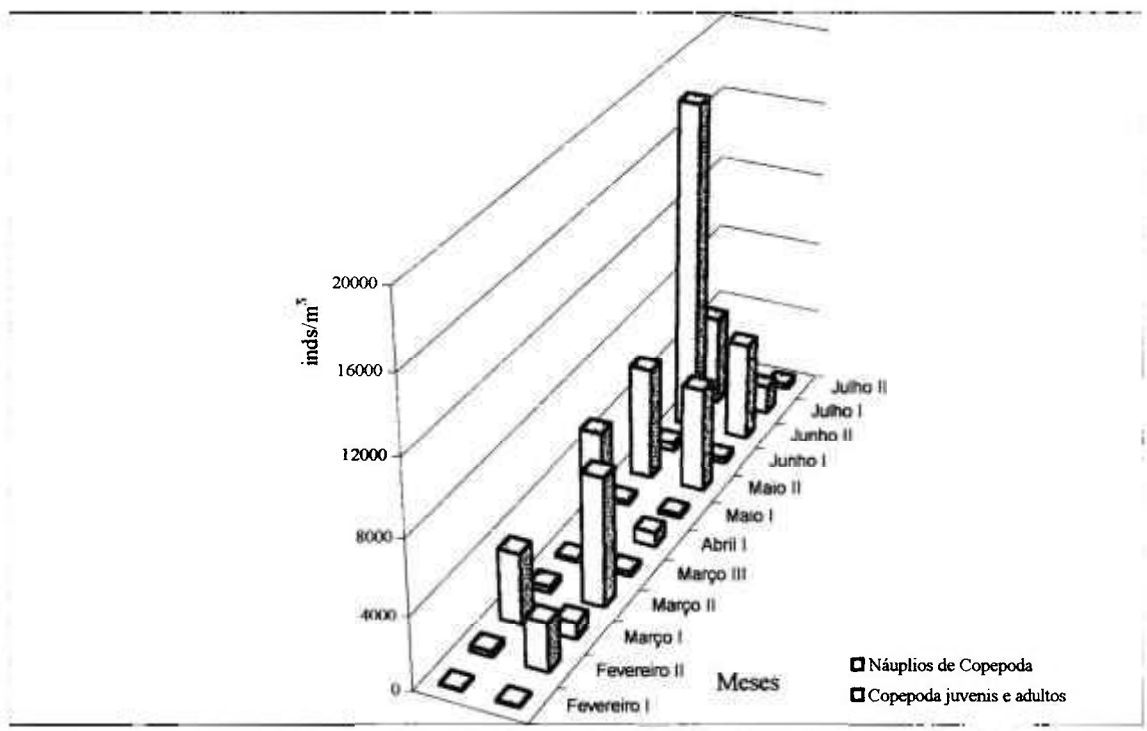


FIGURA 38 - Variação temporal da densidade de Copepoda na superfície da estação 1, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Na estação 2, os juvenis e adultos de Copepoda registraram seu pico máximo de densidade na segunda coleta do mês de março com 13.371 inds/m^3 e o mínimo foi registrado na segunda coleta do mês de julho com 1.593 inds/m^3.

Os náuplios de Copepoda obtiveram em julho, primeira coleta, sua máxima densidade com 8.389 inds/m^3. A menor densidade foi registrada na segunda coleta do mês de março com 371 inds/m^3 (FIG. 39, TAB. 13 do ANEXO 4).

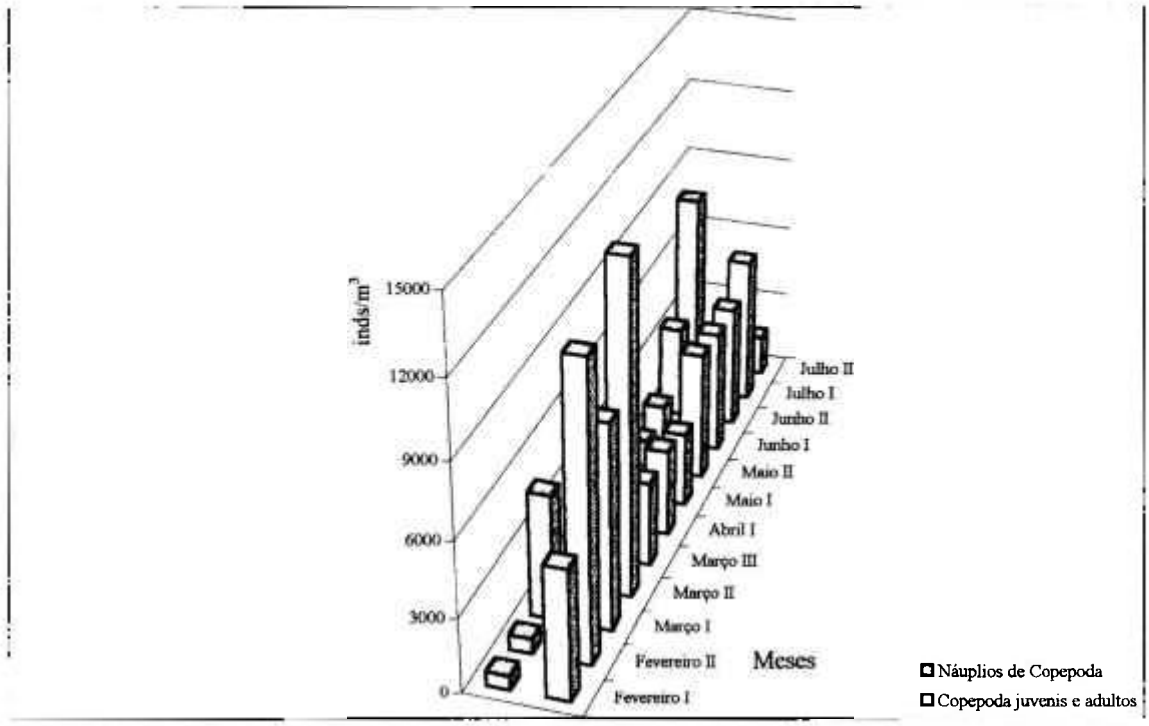


FIGURA 39 - Variação temporal da densidade de Copepoda na superfície da estação 2, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Na superfície da estação 3, os juvenis e adultos de Copepoda apresentaram sua densidade máxima durante a primeira coleta de março com 17.518 inds/m^3 e no fundo 9.337 inds/m^3 na segunda coleta do mês de fevereiro. Os náuplios de Copepoda, registraram sua densidade máxima na superfície na primeira coleta do mês de julho com 7.945 inds/m^3 e no fundo na primeira coleta de março com 1.814 inds/m^3 (FIG. 40, TAB. 14 do ANEXO 4).

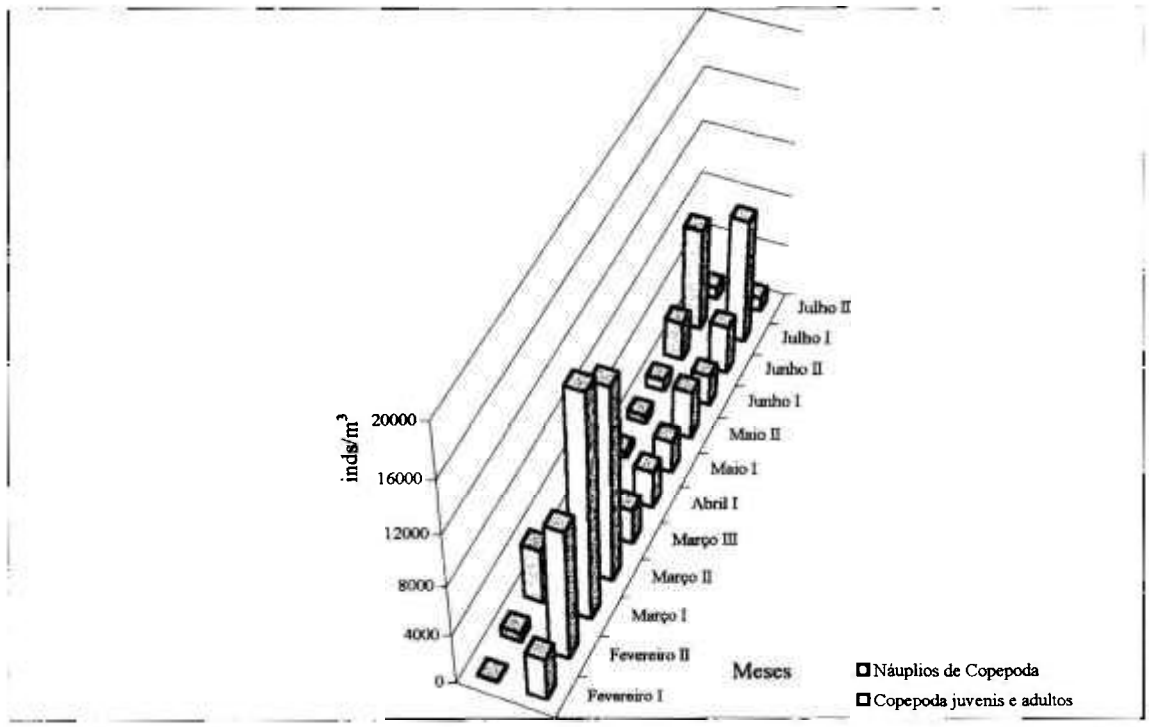


FIGURA 40 - Variação temporal da densidade de Copepoda na superfície da estação 3, ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Foram observadas diferenças significativas na superfície entre as estações 1 e 3, quando realizado os testes de comparações múltiplas de Tukey entre os Copepoda (TAB. 11).

TABELA 11 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para Copepoda na superfície das três estações da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			1	2	3
1	Estação 1	2.079,333	\		
2	Estação 2	5.949,500	•	\	
3	Estação 3	6.240,833	*	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 16458656,586

5.5. Diversidade, Equitatividade e Riqueza

A FIG. 41, TAB. 1, 2 e 3 do ANEXO 5 apresentam os valores de diversidade, equitatividade e riqueza obtidos nas coletas realizadas no período de fevereiro a julho de 2004 da ETA Rio Grande.

Para realização da diversidade, equitatividade e riqueza mesmo os táxons não identificados até o nível de espécie, para efeito de cálculo, foram considerados como espécie.

A estação 1 apresentou o maior valor médio de diversidade e riqueza e o menor valor médio para equitatividade. A estação 03 apresentou valores próximos a estação 2, sendo que o maior valor médio de diversidade e equitatividade foram obtidos na estação 3 e não houve diferença para os valores de riqueza entre as mesmas.

Na estação 1, os valores médios de diversidade, equitatividade e riqueza foram 1,86, 0,61 e 21, respectivamente. As estações 2 e 3 apresentaram valores médios de diversidade 1,81 e 1,83 e para equitatividade 0,63 e 0,64, respectivamente. O valor de riqueza para as estações 2 e 3 foi de 14.

Os dados de diversidade, equitatividade e riqueza foram submetidos ao teste de Tukey, sendo verificado diferenças significativas entre as estações para o índice de riqueza (TAB. 12,13 e 14).

TABELA 12 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para diversidade na superfície das três estações da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			2	3	1
2	Estação 2	1,808	\		
3	Estação 3	1,828	•	\	
1	Estação 1	1,861	•	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 0,140

TABELA 13 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para equitatividade na superfície das três estações da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			1	2	3
1	Estação 1	0,608	\		
2	Estação 2	0,628	•	\	
3	Estação 3	0,636	•	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 0,026

TABELA 14 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para riqueza na superfície das três estações da ETA Rio Grande.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			2	3	1
2	Estação 2	13,667	\		
3	Estação 3	14,333	•	\	
1	Estação 1	21,000	*	*	\

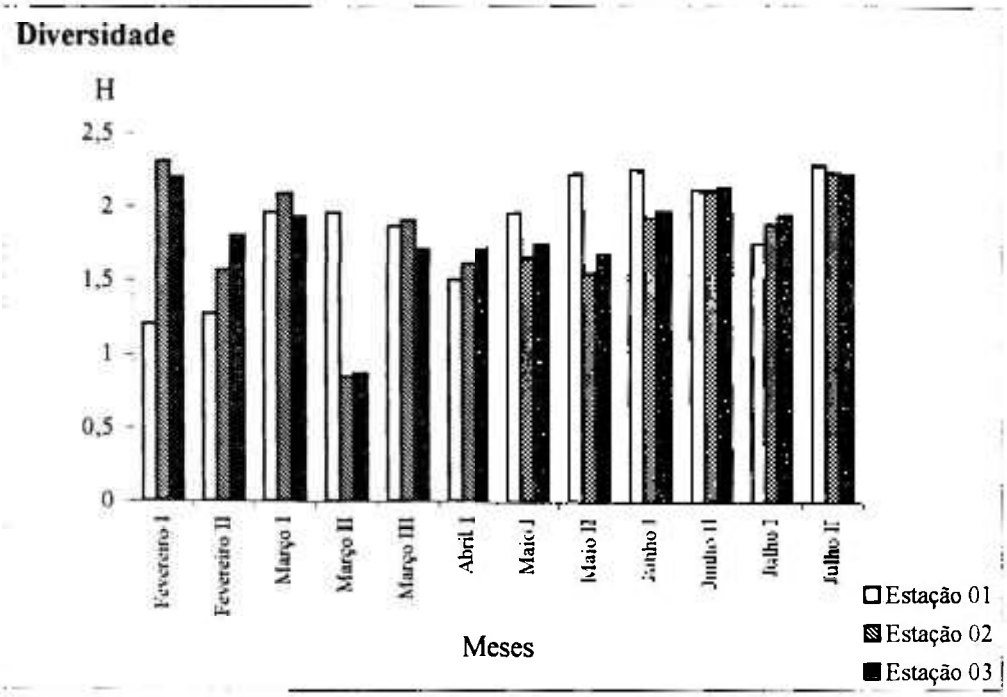
* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 11,737

O valor máximo de diversidade na estação 1 foi obtido na segunda coleta do mês de julho com H= 2,28. Na estação 2 o maior índice foi observado na primeira coleta do mês de fevereiro com H= 2,31 e na estação 3, com H= 2,22 na segunda coleta do mês de julho.

O menor índice de diversidade observado na estação 1 foi observado na primeira coleta do mês de fevereiro com H= 1,20, enquanto que nas estações 2 e 3 foi obtido na segunda coleta do mês de março com H= 0,85 e H= 0,87, respectivamente.

Na estação 1, o maior índice de equitatividade foi obtido na segunda coleta de maio com E= 0,82 e o menor valor na segunda coleta de fevereiro com E= 0,30. Na estação 2 e 3, o maior valor registrado foi na segunda coleta do mês de julho e junho com E= 0,84 e E= 0,83, respectivamente e o menor índice registrado na segunda coleta do mês de março com E= 0,20 e E=0,22 para a estação 2 e 3, respectivamente.

A maior riqueza de espécies foi observada na primeira coleta do mês de março para as três estações. Estação 1 com 26 espécies e estação 2 e 3 com 19 espécies. O menor valor obtido na estação 1 foi em abril com 15 espécies, estação 2 na primeira coleta do mês de maio com 8 espécies e na estação 3 foi na segunda coleta de março, primeira de abril e maio com 10 espécies.



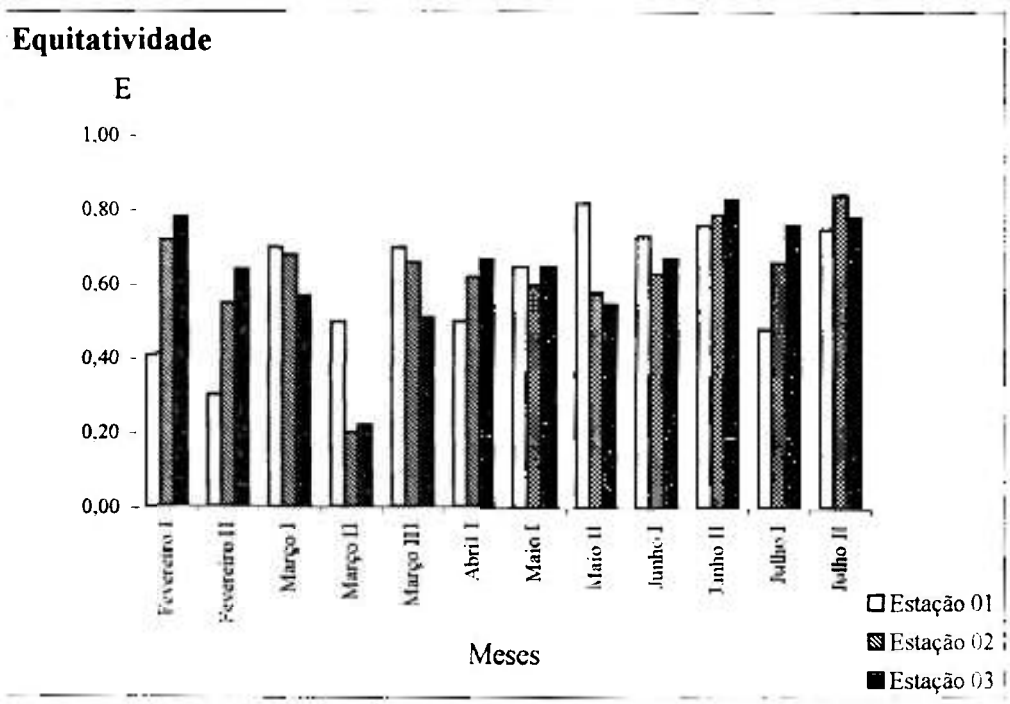


FIGURA 41 - Diversidade, equitatividade e riqueza da comunidade zooplanctônica nas estações 1, 2 e 3 da Estação de Tratamento de Água Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

Cont.

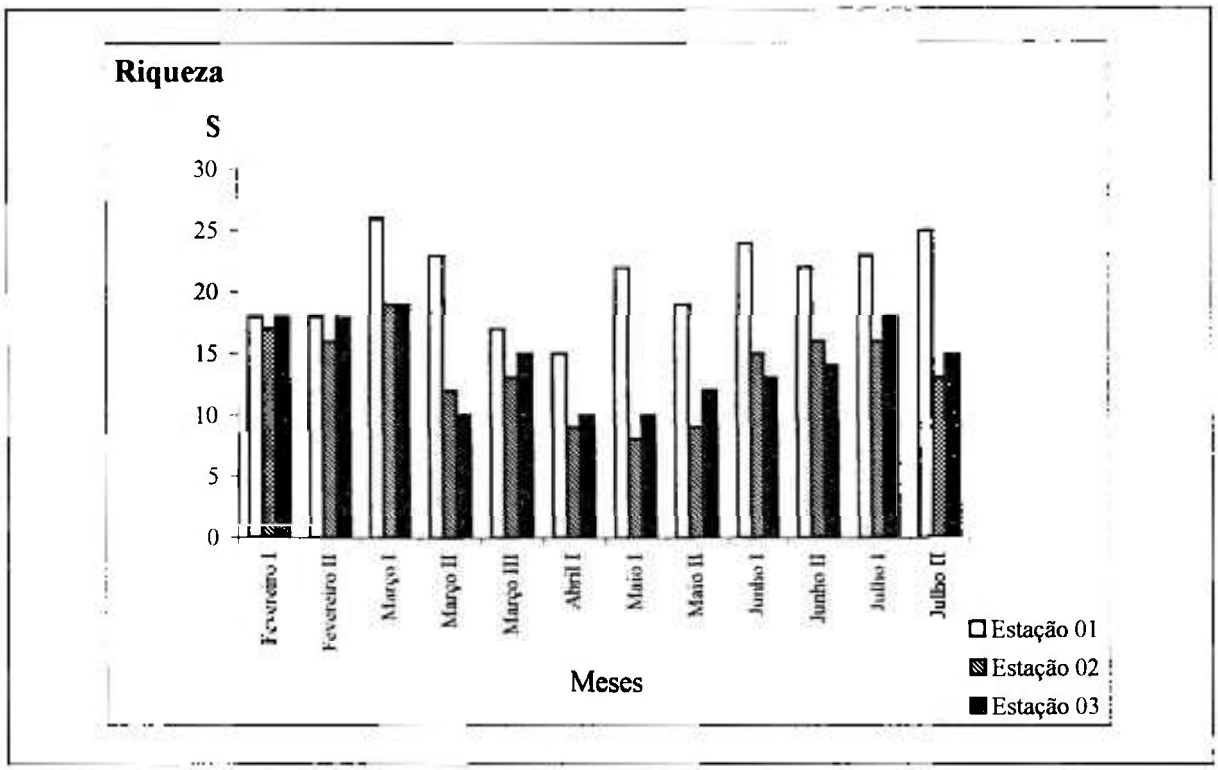


FIGURA 41 - Diversidade, equitatividade e riqueza da comunidade zooplanctônica nas estações 1, 2 e 3 da Estação de Tratamento de Água Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004.

5.6. Relações entre a comunidade zooplanctônica e as variáveis físicas e químicas

As TAB. 15 e 16 apresentam as correlações significativas obtidas entre a comunidade zooplanctônica com as variáveis físicas e químicas. Nestas, só foram considerados os taxa que apresentaram correlações fortes ($\geq 0,5$).

Na estação 1, Dinoflagellida e *Euglena sp.* correlacionaram-se positivamente com condutividade elétrica e temperatura. Oxigênio dissolvido correlacionou-se negativamente com Dinoflagellida. Ciliado sp. 1, correlacionou-se positivamente com condutividade elétrica. No sistema de tratamento, *Euglena sp.* e *Trachelomonas sp.* apresentaram correlações negativas com pH e dureza e apenas *Euglena sp.* correlacionou-se positivamente com turbidez e cor.

Entre os rotíferos, na estação 1, *Polyarthra sp.* correlacionou-se positivamente com condutividade elétrica e negativamente com dureza. *Trichocerca sp.* 1 correlacionou-se

negativamente com pH e *Trichocerca sp.* 2 apresentou correlações negativas com oxigênio dissolvido, temperatura e cor.

Para a estação 1, os náuplios de Copepoda correlacionaram-se negativamente com pH e turbidez. No sistema de tratamento, os náuplios de Copepoda apresentaram correlação positiva com oxigênio dissolvido.

TABELA 15 - Correlações significativas entre as variáveis físicas e químicas e a comunidade zooplanctônica, da estação 1, no período de fevereiro a julho de 2004.

TÁXONS	VARIÁVEIS						
	pH	Cond.	O.D.	Dureza	Temperatura	Turbidez	Cor
Dinoflagellida	-	0,62	-0,50	-	0,65	-	-
Euglena sp.	-	0,74	-	-	0,79	-	-
Ciliado sp. 1	-	0,60	-	-	-	-	-
Polyarthra sp.	-	0,55	-	-0,51	-	-	-
Trichocerca sp. 1	-0,52	-	-	-	-	-	-
Trichocerca sp. 2	-	-	-0,52	-	-0,58	-	-0,53
Náuplios	-0,51	-	-	-	-	-0,50	-

TABELA 16 - Correlações significativas entre as variáveis físicas e químicas e a comunidade zooplanctônica, das estações 2 e 3, no período de fevereiro a julho de 2004.

TÁXONS	VARIÁVEIS						
	pH	Cond.	O.D.	Dureza	Temperatura	Turbidez	Cor
Dinoflagellida	-	-	-	-0,52	-	0,51	-
Euglena sp.	-0,57	-	-	-0,63	-	0,65	0,68
Trachelomonas sp.	-0,61	-	-	-0,67	-	-	-
Ciliado sp. 1	-	-	-	-	-	0,51	-
Náuplios	-	-	0,55	-	-	-	-

5.7. *Paramecium* cf *aurelia*

A fim de se conhecer condições ótimas de cultivo e estabelecer especificações para testes de toxicidade com *Paramecium* cf *aurelia*, foram realizados experimentos com o objetivo já discutido anteriormente. Para tal, diferentes dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®)) e temperaturas 20, 25 e 28(± 1)°C foram testadas.

5.7.1. Otimização dos cultivos

Os resultados obtidos nos experimentos nas três temperaturas e dietas para o cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* são apresentados na FIG. 42, TAB. 1 a 6 do ANEXO 6.

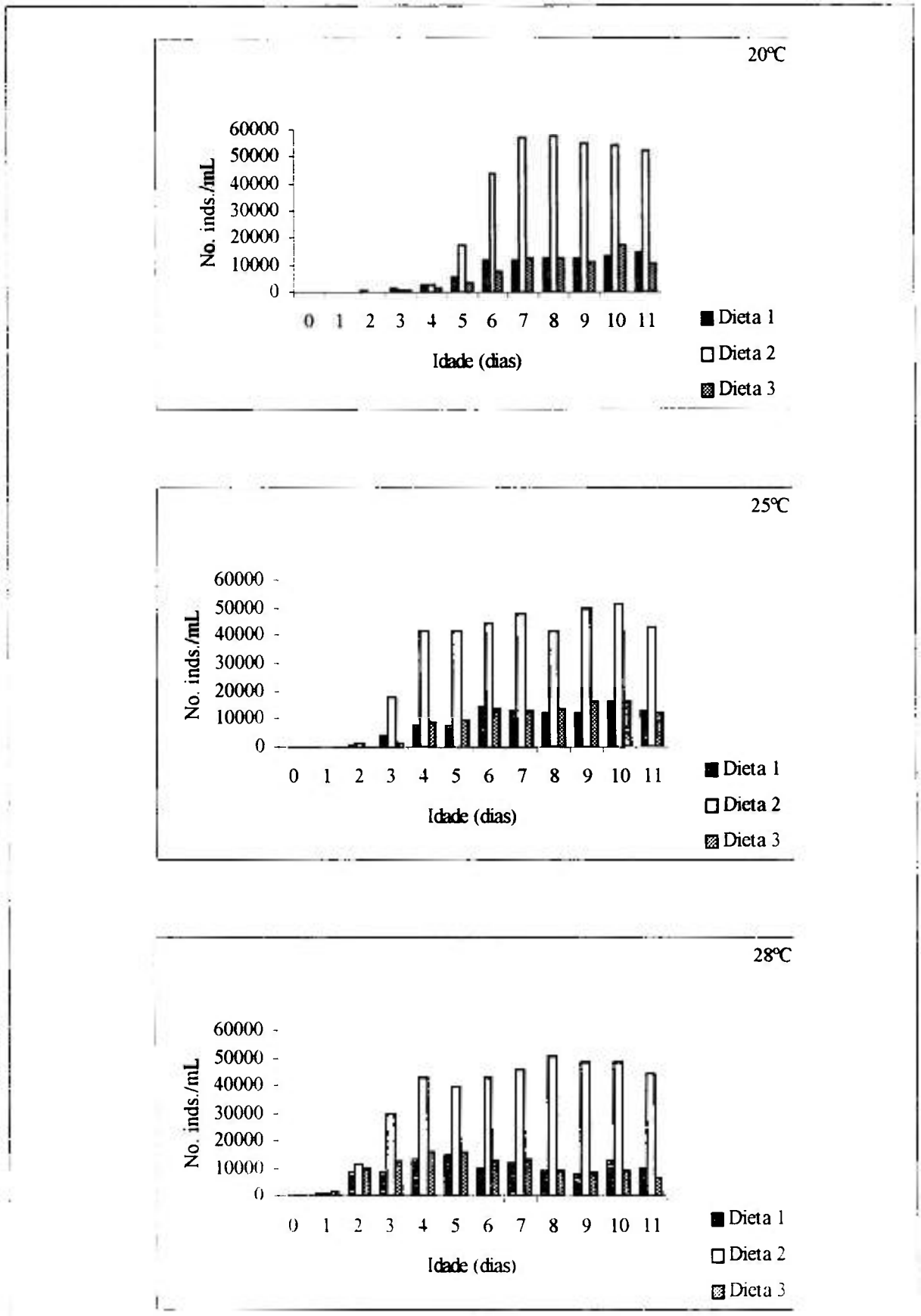


FIGURA 42 - Crescimento de *Paramecium* cf *aurelia* (No. inds./mL) sob diferentes dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®)) nas temperaturas de 20, 25 e 28°C.

Os resultados foram submetidos ao teste de comparações múltiplas de Tukey a fim de verificar se ocorreram diferenças significativas entre as dietas (p= 0,05) no sexto dia. Na análise dos dados verifica-se que não houve diferenças significativas entre os resultados obtidos para as três dietas nas temperaturas de 20, 25 e 28°C (TAB. 17, 18 e 19).

TABELA 17 - Resultado do Teste de Tukey de comparações múltiplas para os dados de crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia* em diferentes dietas a 20°C.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			3	1	2
3	Dieta 3	1872,143	\		
1	Dieta 1	3075,000	•	\	
2	Dieta 2	9225,000	•	•	\

* = diferença significativa (p = 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,24) = 3,53 s = 99165021,826

TABELA 18 - Resultado do Teste de Tukey de comparações múltiplas para os dados de população de *Paramecium* cf *aurelia* em diferentes dietas a 25°C.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			3	1	2
3	Dieta 3	4833,571	\		
1	Dieta 1	4953,571	•	\	
2	Dieta 2	20972,143	•	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,30) = 3,49 s = 167712514,683

TABELA 19 - Resultado obtido da aplicação do Teste de Tukey de comparações múltiplas para os dados de população de *Paramecium* cf *aurelia* observados em diferentes dietas a 28°C.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			1	3	2
1	Dieta 1	7823,571	\		
3	Dieta 3	9609,286	•	\	
2	Dieta 2	23843,571	•	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,24) = 3,53 s = 150932805,159

5.8. Crescimento populacional - Determinação da taxa intrínseca de aumento natural de *Paramecium* cf *aurelia*

O ANEXO 6 apresenta o número de indivíduos obtidos nos diversos experimentos, a partir do qual as curvas de crescimento foram estabelecidas, como também os parâmetros físicos e químicos da infusão.

As FIG. 43, 44 e 45 apresentam as curvas de crescimento populacional para *Paramecium* cf *aurelia*, cultivada a 20, 25 e 28(±1)°C, pH 7,0, alimentados com infusão, infusão e fermento Dr. Oetker® e infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®).

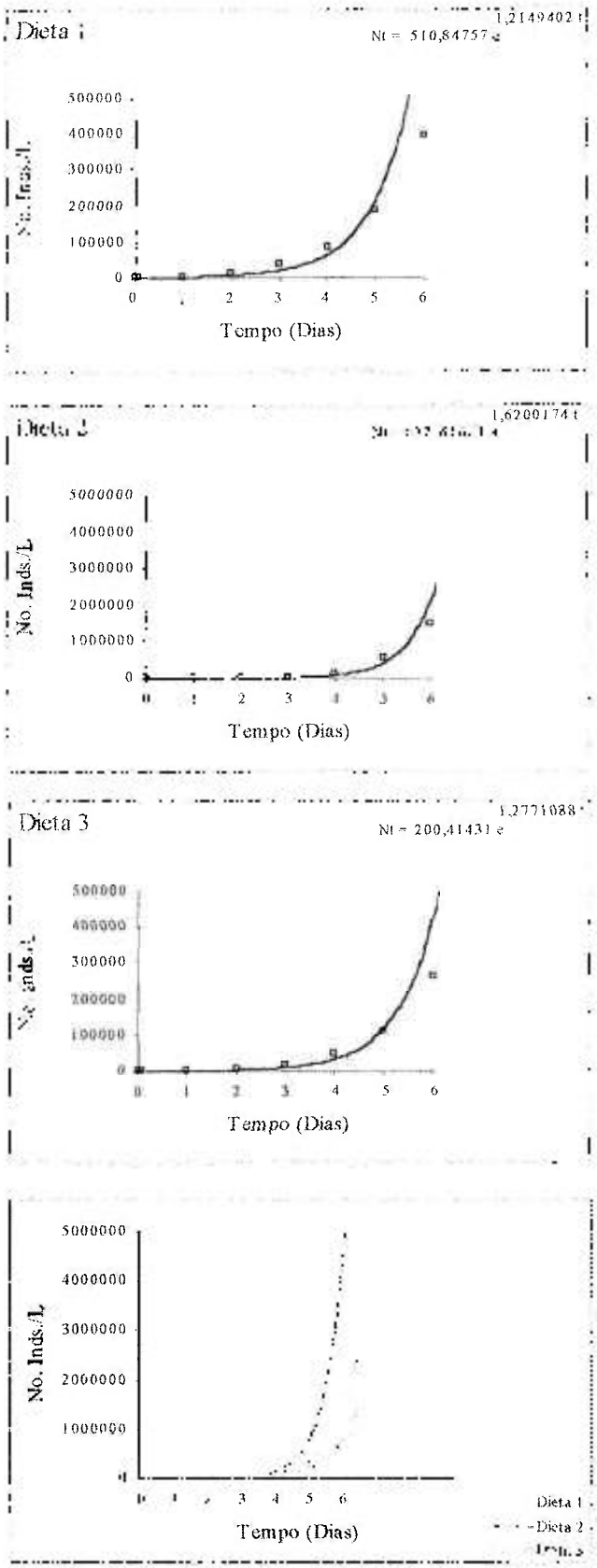


FIGURA 43 - Crescimento populacional para *Paramecium* cf *aurelia* nas dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®) a 20°C.

PESQUISA NUCLEAR/SP-IPEN

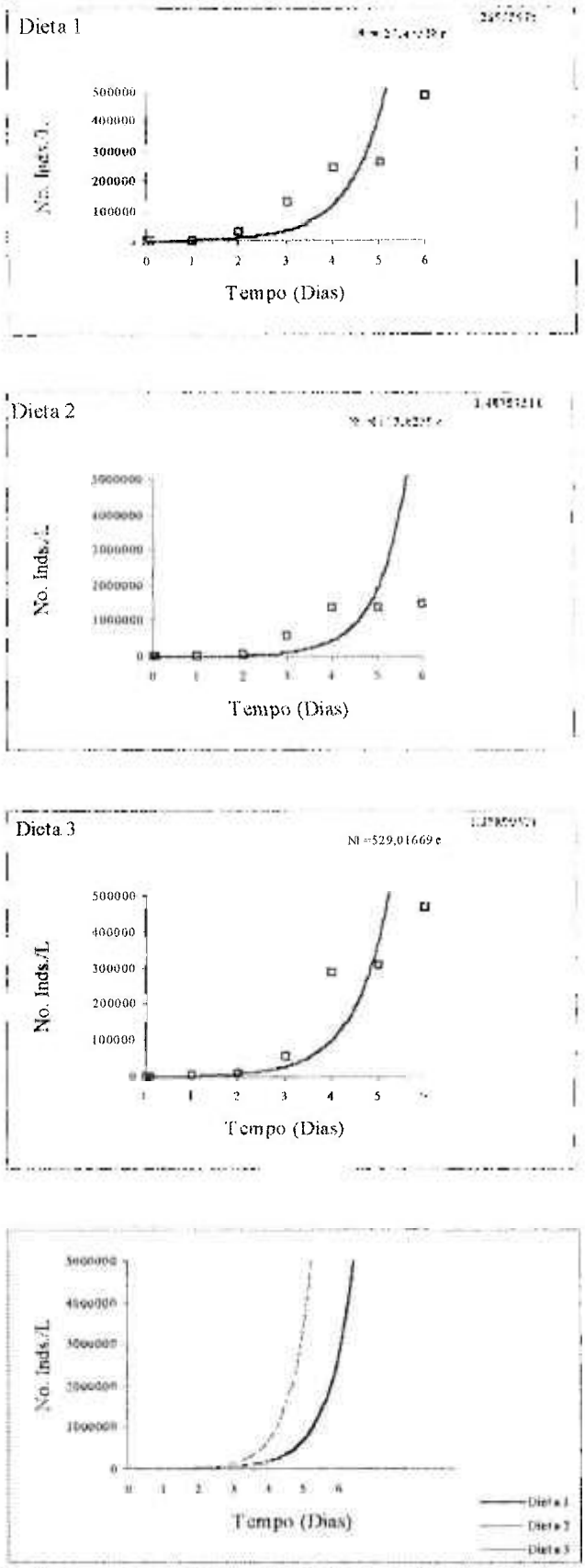


FIGURA 44 - Crescimento populacional para *Paramecium* cf *aurelia* nas dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®) a 25°C.

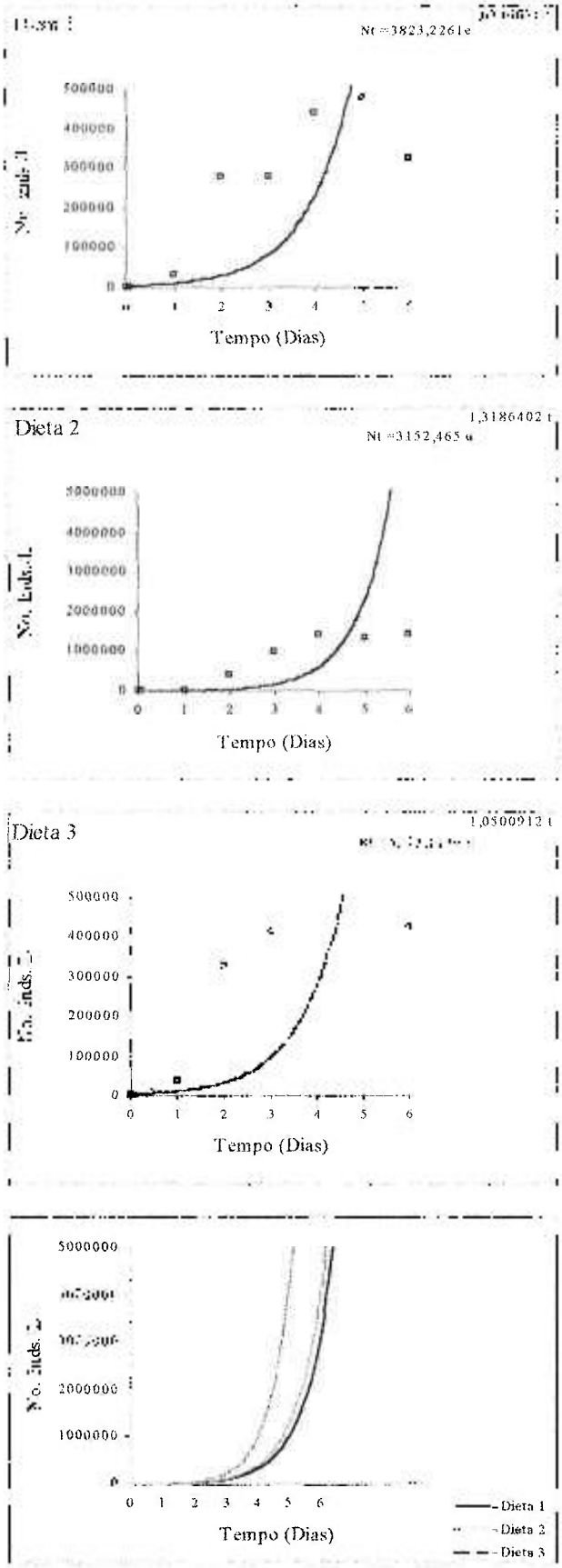


FIGURA 45 - Crescimento populacional para *Paramecium* cf *aurelia* nas dietas (Dieta 1: Infusão; Dieta 2: Infusão e fermento Dr. Oetker®; Dieta 3: Infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®) a 28°C.

Os valores obtidos no crescimento populacional são mostrados na TAB. 20.

TABELA 20 - Valores de Nt (número total), t (tempo) e r (taxa intrínseca de aumento natural) para *Paramecium* cf *aurelia*

Dieta	Temperatura (°C)	Nt	t(dias)	r(dias^{-1})
1	20	510,84757	06	1,2149402
2	20	127,61641	06	1,6200174
3	20	200,41431	06	1,2771088
1	25	757,45328	06	1,2650597
2	**25**	**1113,6259**	**06**	**1,4875751**
3	25	529,01669	06	1,3089932
1	28	3823,2261	06	1,0246676
2	28	3152,465	06	1,318402
3	28	4223,1176	06	1,0500912

Com base nos resultados, optou-se pela adoção da Dieta 2, ou seja, infusão e 0,02 g de fermento Dr. Oetker® na temperatura de 25(± 1)°C com troca de alimento semanalmente. Neste tratamento, o valor estimado para a taxa intrínseca de aumento natural (r) foi de 1,4875751, para Dieta 2 (infusão e fermento Dr. Oetker®) a 25°C.

Esta opção, deve-se ao maior crescimento de organismos quando observados no sexto dia de cultivo, gerando um número de indivíduos suficientes para a realização de um teste de toxicidade, onde se expõe 05 organismos por concentração do agente tóxico, visto que não existem estas informações do ponto de vista ecotoxicológico para este grupo no país. As planilhas de cultivo são apresentadas no ANEXO 7.

5.9. Determinação da Faixa de Sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* à Substância de Referência

Foram realizados sete testes, sendo três preliminares e quatro definitivos, para a avaliação da toxicidade crônica ao Cloreto de Sódio para *Paramecium* cf *aurelia* a fim de determinar a faixa de sensibilidade desta espécie a uma substância de referência.

Os resultados obtidos determinaram o valor médio de CI50;48H de 2,14 g L^{-1} de Cloreto de Sódio para *Paramecium* cf *aurelia*. O desvio padrão foi de 0,3667 e o coeficiente de variação em 17%. A FIG. 46 ilustra a faixa de sensibilidade e o desvio padrão dos testes realizados. As planilhas com os dados de preparo de soluções-estoque e de soluções-teste, ensaios de sensibilidade encontram-se no ANEXO 8. Os resultados de

CI50;48H são apresentados nas TAB. 21 e 22.

TABELA 21 - Valores de CI50;48H (g L^{-1}) de Cloreto de Sódio para *Paramecium* cf *aurelia* nos testes preliminares

Teste nº	CI50;48H	Intervalo de Confiança
1	2,6391	(2,2929 – 2,9038)
2	3,3411	(3,1950 – 3,4908)
3	2,0847	(1,7569 – 2,3725)
Média CI50;48h	2,6883	
Desvio Padrão	0,6296	
Coeficiente de Variação (%)	23	

Concentrações testadas: 0,50; 0,93; 1,73; 3,22; 4,95 e 6,00 g L^{-1}.

TABELA 22 - Valores de CI50;48H (g L^{-1}) de Cloreto de Sódio para *Paramecium* cf *aurelia* nos testes definitivos

Teste nº	CI50;48H	Intervalo de Confiança
1	2,6373	(2,0182 – 3,0971)
2	2,1842	(1,9073 – 2,4399)
3	1,9039	(1,6181 – 2,1588)
4	1,8264	(1,4785 – 2,1648)
Média CI50;48h	2,1380	
Desvio Padrão	0,3667	
Coeficiente de Variação (%)	17	

Concentrações testadas: 0,50; 0,93; 1,73; 3,22; 4,95 e 6,00 g L^{-1}.

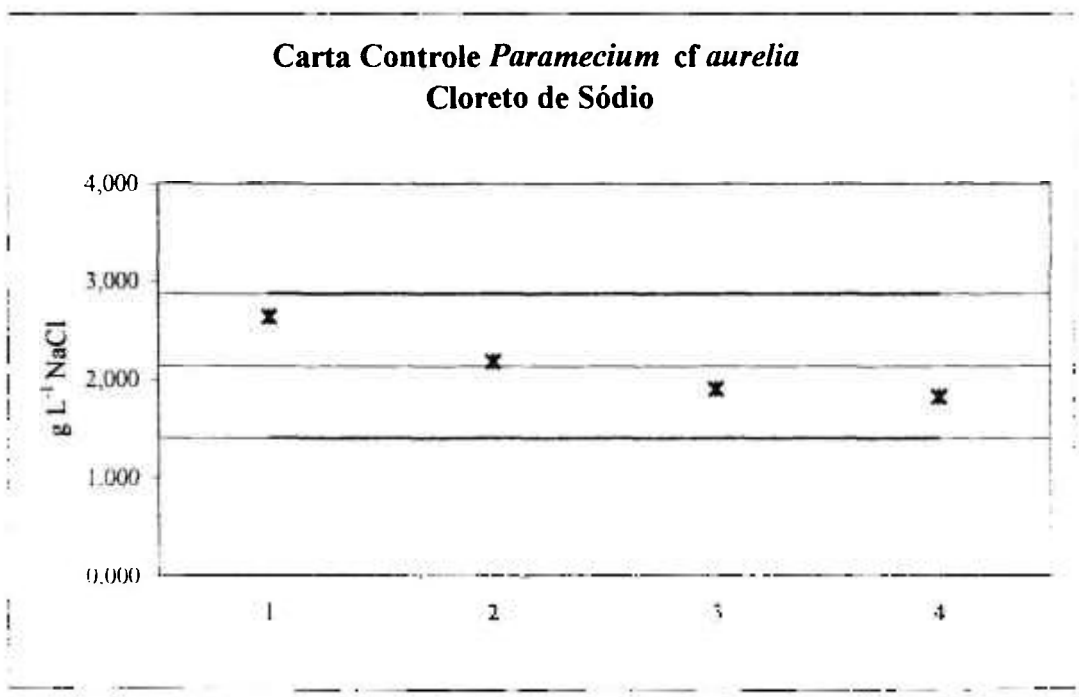


FIGURA 46 - Carta-controle *Paramecium* cf *aurelia* para Cloreto de Sódio.

6. DISCUSSÃO

6.1. Características Físicas e Químicas da Água

A radiação solar e a precipitação são fatores climatológicos de grande importância, pois controlam os processos biogequímicos e biológicos no ambiente aquático (TUNDISI *et al.*, 1993). A precipitação altera o volume no corpo de água, contribui com a entrada de material alóctone, e é fundamental para a diluição de cargas orgânicas e inorgânicas em cursos d'água impactados (CALEFFI, 2000; BARBOSA, 2000).

A temperatura da água é uma outra condição ambiental de grande importância no meio aquático, pois influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas, caracterizando outros parâmetros como solubilidade de gases como o oxigênio, densidade, viscosidade, entre outros. Variações bruscas na temperatura causam efeitos danosos nos ecossistemas aquáticos se as faixas de tolerância da fauna aquática forem ultrapassadas. Aumentos de temperatura resultam na redução do oxigênio dissolvido e no consumo de oxigênio devido à estimulação das atividades biológicas (CALEFFI, 2000; BARBOSA, 2000).

No presente trabalho, os valores registrados para as temperaturas do ar e da água e precipitação estão de acordo com o período do ano, considerando-se o clima regional. Valores mais elevados de temperatura do ar e da água coincidem com a época de maior intensidade pluviométrica.

SENDACZ (1978), verificou neste reservatório uma variação de temperatura da água superficial de 17,8°C em junho e 28,5°C em janeiro. BARBIERI (1986), observou no mesmo reservatório, maiores valores de temperatura da água nos meses mais quentes e menores nos meses mais frios.

SAMPAIO (2002), estudando os reservatórios do rio Paranapanema e o reservatório de Três Marias, observou que os valores de temperatura da água foram maiores no período quente-chuvoso e menores no período frio-seco.

As estações 1, 2 e 3 apresentaram grande heterogeneidade no seu padrão de circulação, durante o estudo não foi observado nenhum período de estratificação, evidenciando que a pouca profundidade e a ação dos ventos promovem uma distribuição de calor através da coluna d'água deste sistema.

Durante o estudo, na estação 1, foi observado que o período quente-chuvoso mostrou em geral valores mais elevados para cor, turbidez e condutividade elétrica, os quais foram relacionados com a entrada de nutrientes devido aos altos índices pluviométricos. E no período frio-seco, os valores de pH e oxigênio dissolvido estiveram elevados.

O pH é usado para indicar características ácidas ou alcalinas da água, ou seja, expressa a concentração de íons de hidrogênio na água. Apresenta variação entre 0 a 14, sendo 7,0 o valor neutro. Águas com pH < 7,0 são consideradas ácidas, e com pH > 7,0, básicas. Segundo ESTEVES (1998), a maioria dos corpos d'água continentais tem o pH variando entre 6,0 e 8,0, ou seja próximo à neutralidade.

De acordo com PEDROZO (1995) o pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes no meio aquático, pois está relacionado à composição das espécies de uma comunidade, em processos como a fotossíntese, no balanço do oxigênio, solubilidade de sais e na natureza química da água.

Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade de pH e, em conseqüência, alterações bruscas do pH de uma água podem causar o desaparecimento dos seres presentes na mesma.

Observando-se os resultados obtidos para o pH da estação 1, constatamos que este ambiente se encontra em condições ácidas, pois os valores estão abaixo de 7,0 para todos os meses. Os valores praticamente se mantiveram constantes durante todo o período de estudo, variando de 6,36 a 6,95. A resolução CONAMA 357 (D.O.U., 2005) estabelece que para a proteção das comunidades aquáticas (Classe 2) ou utilização humana, o pH deve estar entre 6,5 e 8,5. Os valores de 6,36 e 6,37 obtidos nos meses de fevereiro e abril, respectivamente acham-se fora do limite estabelecido para preservação da vida aquática.

SENDACZ (1978) cita que BRANCO (1966) verificou nesta represa uma variação de pH de 7 a 7,4 e de acordo com o autor, o pH da Represa Billings, se eleva na ocasião das secas e quando há proliferação de algas. Ainda segundo SENDACZ (1978) as variações de pH verificadas nas proximidades da estação 1, estiveram entre 6.40 a 9.20, para a superfície. XAVIER (1979), também verificou valores de pH da água entre 6,40 e 9,20, para a superfície.

BARBIERI (1986) observou variações no pH para o Reservatório Rio Grande, nos períodos de fevereiro de 1985 a janeiro de 1986, com valores acima do nível que foi observado neste estudo, onde o valor mais baixo foi de 6,18 e o mais alto 9,64. BROCKELMANN (1995), analisando a abundância dos nanoflagelados e bactérias na Represa do Monjolinho, São Carlos, SP, verificou que os menores valores de pH ocorreram durante o período chuvoso.

Os valores de pH da água das estações 02 e 03 caracterizam um ambiente alcalino, esperado para uma ETA. Em Estações de Tratamento de Água, existem vários processos que dependem do pH. São eles: coagulação, floculação, a desinfecção pelo cloro e a distribuição da água final. Sabe-se que valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão (águas ácidas) ou incrustações (alcalinas) em tubulações do sistema de distribuição (PIVELI, 1998).

O oxigênio é um parâmetro da maior importância para a manutenção das comunidades aquáticas aeróbicas e dos processos de degradação e ciclagem de matéria orgânica. As principais fontes de oxigênio para um corpo d'água provêm da atmosfera e da fotossíntese. Varia em função da temperatura da água e pressão atmosférica (BARBOSA, 2000).

Reduções significativas de oxigênio dissolvido em corpos d'água são provocadas principalmente pela introdução de matéria orgânica, sendo a principal fonte, os esgotos domésticos (PIVELI, 1998).

Os valores de oxigênio dissolvido apresentados na estação 1 estão de acordo com a resolução CONAMA 357 (2005) para a Classe 2, pois não apresentou valores inferiores ao limite mínimo de 5,0 mg O_2 L^{-1}. De acordo com CETESB (2004) a média dos valores de O.D. para esta Estação durante o ano de 2004, foi 7,6 mg O_2 L^{-1}. O reservatório Rio Grande recebe parte dos esgotos domésticos dos municípios de Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, além de efluentes industriais (COSTA, 1998).

De acordo com NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996 *apud* BARBOSA, 2000), estes excessos de matéria orgânica causam diminuição no nível de oxigênio no corpo receptor, podendo comprometer o equilíbrio dos ecossistemas, e quando a concentração chega à zero por longos períodos, somente as bactérias anaeróbias são capazes de sobreviver.

As estações de coleta apresentaram uma faixa de concentração de oxigênio dissolvido que variou de 6,25 a 9,73 mg O_2 L^{-1} com os valores mais altos registrados nos meses de inverno. Verificaram-se diferenças nas concentrações observadas entre a estação 1 e as demais estações, onde o oxigênio apresentou valores mais altos. Teores mais elevados de oxigênio dissolvido obtidos nas estações 02 e 03 estão relacionados com a turbulência no decantador. visto que este exerce um papel importante na aeração das águas.

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro expressa a quantidade de íons dissolvidos na água. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água (PEDROZO, 2000).

Este parâmetro pode fornecer importantes informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como os possíveis impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração. esgotos. entre outros (PEDROZO, 2000). A condutância específica pode fornecer ainda informações sobre a produção primária (redução dos valores) e decomposição (aumento dos valores).

A estação 1 apresentou valores de condutividade que variaram de 176,7 a 235,0 $\mu S\ cm^{-1}$. De acordo com SENDACZ & KUBO (1999), os altos valores de condutividade na Represa Rio Grande, são devido à interferência de contaminantes industriais, matéria orgânica acumulada no sedimento e carga interna da represa. Vários autores têm verificado que, em reservatórios e lagos eutróficos, a condutividade é elevada. Segundo o Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo (2004), a média de condutividade para a estação 1 foi de 241 $\mu S\ cm^{-1}$. MATSUMURA-TUNDISI *et al.* (1986 *apud* PEDROZO, 2000), estudando um ambiente hipereutrófico, Lagoa do Taquaral em Campinas, encontraram valores que variaram de 240 a 300 $\mu S\ cm^{-1}$.

Nas estações 2 e 3, a condutividade elétrica da água mostrou valores elevados, variando 226 a 297 $\mu S\ cm^{-1}$, devido às altas concentrações de sólidos dissolvidos.

A dureza das águas é causada principalmente pela presença de cálcio e magnésio. além de outros metais como ferro, manganês, zinco, etc, combinados a carbonatos ou bicarbonatos e sulfatos, mas podem estar também combinados com nitratos, cloretos e

silicatos (PIVELI, 1998). É padrão de potabilidade, estando limitada em 500 mg L^{-1} $CaCO_3$.

Na estação 1, os valores de dureza situaram-se entre 9,30 a 12,5 mg L^{-1} $CaCO_3$. Para as estações 2 e 3, os valores variam de 33,0 a 54 mg L^{-1} $CaCO_3$.

Segundo ESTEVES (1998), um aumento de sais nos ecossistemas aquáticos pode gerar problemas de osmorregulação dos organismos. A dureza também tem influência na toxicidade do alumínio, cádmio, cobre, chumbo, cromo e níquel, entre outros metais (COSTA, 1998).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio é definida como a quantidade de oxigênio consumida na oxidação biológica da matéria orgânica durante um período de tempo a uma temperatura constante de incubação específica. Comumente utiliza-se um período de 5 dias a uma temperatura de 20°C (PIVELLI, 1998). É considerada como parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. Altos índices podem gerar a diminuição e até a extinção do oxigênio presente nas águas, provocando o desaparecimento de várias formas de vida aquática.

No mês de fevereiro foi realizada uma análise de DBO para a estação 1. O valor foi de 5,0 mg O_2 L^{-1}, encontrando-se no limite máximo de 5,0 mg O_2 L^{-1} pela resolução CONAMA 357 (2005), Classe 2. De acordo com CETESB (2004), os valores médios registrados para a Estação 1 foram de 7,6 mg O_2 L^{-1}.

Valores elevados de DBO podem levar a um incremento de fitoplâncton, comprometendo o equilíbrio da vida aquática, podem produzir sabores e odores desagradáveis e ainda, obstruir os filtros de areia utilizados em Estações de Tratamento de Água. A DBO_5 da água do filtro, durante o período de amostragens, esteve entre 3,0 e 7,0 mg O_2 L^{-1}.

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um oxidante químico, onde se emprega o dicromato de potássio. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água decorrem principalmente de despejos de origem industrial (PIVELI, 1998; PIVELI & MORITA, 1998).

Na estação 1, captação, o valor registrado para o mês de fevereiro foi de 11.0 mg $O_2 L^{-1}$ e na Estação 2, para o mesmo mês o valor foi de 13,0 mg $O_2 L^{-1}$. Observa-se em março no filtro um valor alto de 15 mg $O_2 L^{-1}$. As análises efetuadas mostram que os valores obtidos para DQO na água do filtro foram maiores no período de chuva, indicando que neste período houve uma introdução de matéria orgânica de origem alóctone para o reservatório.

A turbidez é um parâmetro físico, determinado pelo volume de sólidos suspensos na coluna d'água, podendo ser ou não sedimentáveis. Os principais causadores de turbidez são: partículas de rocha, areia, silte, argila, algas, bactérias, plâncton, materiais resultantes dos processos erosivos e desmatamentos do solo, esgotos sanitários e despejos industriais. (PIVELI, 1998; PIVELI & MORITA, 1998). A turbidez é padrão de potabilidade, segundo a Portaria 518 do Ministério da Saúde, não devendo ultrapassar a 5 NTU (Unidade de Turbidez).

De acordo com PIVELLI (1998) a coloração das águas está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos e colóides. Quimicamente são classificados em voláteis e não voláteis se apresentam ou não conteúdo orgânico.

Os sólidos dissolvidos são encontrados naturalmente nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Grandes concentrações decorrem de esgotos sanitários e efluentes industriais.

Pela Portaria 518 do Ministério da Saúde, a cor é padrão de potabilidade, limitando-se a 15 uH (Unidade de Hanzen – mg L^{-1}). É também utilizado como parâmetro de classificação, pela resolução nº 357 do CONAMA (2005).

Foi possível observar uma redução dos valores de turbidez e cor ao longo da Estação 1 e que os resultados obtidos neste trabalho mostram uma nítida influência das chuvas nesta variável, visto que os maiores valores foram registrados no período quente-chuvoso (fevereiro a abril).

Em ETA's, a turbidez e cor, são parâmetros operacionais de controle dos processos de coagulação-floculação, sedimentação e filtração. Para o parâmetro turbidez o valor máximo permitido é de 1 NTU para a água que está entrando no sistema de distribuição e

até 5 NTU em pontos da rede de distribuição se for comprovado que a desinfecção não será comprometida por esse valor maior. Segundo DI BERNARDO (1995) o valor máximo permitido para cor é de 5 uH, sendo este valor permitido para a água que está entrando no sistema de distribuição e um valor de até 15 uH em pontos da rede de distribuição. As estações 2 e 3 estão de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde, visto que os valores para turbidez variaram de 0,14 a 2,0 NTU e 10,0 a 20,0 uH para cor na estação 3.

6.2. Estrutura da Comunidade Zooplanctônica

A comunidade zooplanctônica desempenha um papel importante na transferência de energia nos ecossistemas aquáticos, especialmente em lagos e represas. Alterações na estrutura e dinâmica do zooplâncton provocam mudanças na cadeia trófica do ambiente. Além deste aspecto, é importante na ciclagem de nutrientes e influi na composição do fitoplâncton no sistema aquático (CALEFFI, 2000).

A comunidade zooplanctônica de água doce é constituída principalmente por protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodos, embora em regiões tropicais possam ocorrer um conjunto variável de organismos, incluindo Turbellaria, Ostracoda, larvas de Chaoboridae, entre outros (SAMPAIO, 2002). Apesar da importância dos protozoários nos ecossistemas aquáticos haver sido citada por diversos autores, raramente estes são incluídos em estudos sobre a comunidade zooplanctônica.

SMETACEK (1981, *apud* BARBIERI, 1986), estudando o ciclo do zooplâncton em ambiente marinho mostrou que os protozoários funcionam como um elo na cadeia alimentar pelágica, ligando ou associando o nanoplâncton ao macrozooplâncton.

PACE & ORCUTT (1981) investigaram a importância de protozoários, rotíferos e crustáceos no Lago Oglethorpe e encontraram que os protozoários foram dominantes em período de 13 meses. Os ciliados chegaram a representar 32% da biomassa da zooplanctônica no inverno, indicando a importância de sua quantificação. SELEGHIM (1992) observou a população de protozoários na Represa do Monjolinho, São Carlos, e registrou 59 espécies na água, 33 espécies na água e sedimento e 4 espécies somente no sedimento. A autora também observou que os flagelados foram os responsáveis pelos picos de protozoários.

BEAVER & CRISMAN (1982), relacionaram a abundância de ciliados planctônicos com o gradiente de trófico de 20 lagos da Flórida e observaram que pode ocorrer mudança tanto na composição quanto no tamanho dos protozoários com o aumento de eutrofização. MATHES & ARNDT (1995, *apud* UTZ, 1997), também observaram, que houve um aumento na densidade protozoários com o aumento de eutrofização em vários lagos da Alemanha.

UTZ (1997), observou que a comunidade zooplanctônica da Bacia de Aeração da REFAP apresentou organismos característicos de ambientes rico em matéria orgânica com dominância de protozoários, seguida de rotíferos e copépodos.

PIVA-BERTOLETTI (2001), ao estudar lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, SP, verificou o predomínio de rotíferos e que durante quase todo o período do estudo, independentemente do estado trófico que se encontravam os lagos.

No presente estudo, a comunidade zooplanctônica foi caracterizada pelo predomínio de protozoários e rotíferos nas 3 estações estudadas. O grupo de Protozoa, Rotifera, Copepoda e Cladocera estiveram representadas durante o período de estudo por espécies características de ambientes eutrofizados.

Estudos anteriores realizados na represa do Rio Grande, onde está localizada a captação da ETA de Rio Grande, uma das Estações de coleta deste trabalho, foram conduzidos por SENDACZ (1978), SENDACZ *et al.* (1984), SENDACZ *et al.* (1985), BARBIERI (1986), KUBO (1989) e BARBIERI & GODINHO-ORLANDI (1989), entre outros. Nos trabalhos de SENDACZ (1978), SENDACZ *et al.* (1985) e SENDACZ *et al.* (1985) foram considerados apenas as comunidades de copépodos, cladóceros e rotíferos, onde registrou-se uma média percentual de 49% de rotíferos, 35 de ciclopóides, 0,4% de calanóides e 15% de cladóceros.

Em ambientes naturais da região o número de espécies geralmente é bem maior do que em ambientes artificiais. ARCIFA (1984) quantificou o zooplâncton de 10 reservatórios da região sul do Brasil e registrou 24 gêneros de rotíferos, 9 espécies de cladóceros e seis espécies de copépodos, sendo que os rotíferos dominaram na maior parte dos reservatórios. De acordo com SAMPAIO (2002), nos reservatórios do rio Paranapanema, além dos rotíferos, cladóceros e copépodos, ocorreram protozoários, especialmente tecamebas, entre

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES/SP-IPEN

outros. Nos reservatórios da bacia do São Francisco foi observada a presença de Ostracoda, etc. Em 1979 e no período de 1994 -1998 foram registrados um total de 170 táxons, sendo 99 de Rotifera. Nos reservatórios da bacia do São Francisco em 2001, um total de 66 táxons foi observado, dos quais 34 de Rotifera.

No presente estudo foram observados 15 taxa de protozoários e 10 de rotíferos na estação 1 (superfície e fundo). Na estação 2, foram observados 12 taxa de protozoários e 9 de rotíferos e na estação 3, superfície e fundo, foram observados 10 taxa de protozoários e 9 de rotíferos.

BARBIERI (1986), ao estudar a represa de Rio Grande observou a presença de 45 espécies de protozoários, em três estações, sendo uma próxima a estação 1, deste trabalho. Durante o período de estudo, KUBO (1989) registrou a presença de 45 espécies de organismos zooplanctônicos no reservatório Rio Grande, sendo 5 espécies de copépodos ciclopóides, 2 copépodos calanóides, 14 de cladóceros e 28 de rotíferos. Ainda na represa, BARBIERI & GODINHO-ORLANDI (1989), observaram que as maiores densidades de protozoários ocorreram durante os meses mais quentes e que esta proliferação de Protozoa em relação à temperatura pode ser associada com o aumento da disponibilidade de alimento. As autoras correlacionaram altas densidades de protozoários com um baixo conteúdo de oxigênio.

Na represa de Guarapiranga, DOMINGOS (1993, *apud* CALEFFI, 2000) registrou 37 táxons de zooplâncton. Ainda para o manancial, CALEFFI (2000), registrou 49 táxons de rotíferos, 17 de Cladocera, 5 de Copepoda.

Em sistemas artificiais, observa-se uma redução no número de espécies de Cladocera e Copepoda. Em estudo realizado na bacia de aeração do sistema de tratamento de efluentes líquidos da Refinaria Alberto Pasqualini, REFAP, Petrobrás, RS, UTZ (1997) registrou 16 espécies de Protozoa, 12 espécies de Rotifera e uma única de Copepoda. BOHRER (1995) encontrou a comunidade zooplanctônica representada por 12 espécies de rotíferos, 2 de cladóceros e uma de copépodo. Durante o período de estudo, este fato foi observado para o sistema de tratamento, estações 2 e 3, onde não foi registrada a presença de Cladocera.

A estrutura da comunidade zooplanctônica pode ser influenciada por uma série de fatores, tais como: temperatura, salinidade, pH, condutividade elétrica e etc., além daqueles

relacionados com os processos biológicos como, seleção, competição, predação e etc. (SAMPAIO, 2002; CALEFFI, 2000).

No presente estudo, a comunidade zooplanctônica apresentou diferenças quanto à composição de espécies nas estações de coleta quanto à presença ou ausência. Este fato foi demonstrado pela análise de similaridade, onde as Estações 2 e 3 apresentaram um alto grau de associação.

De acordo com SENDACZ (1978), a eutrofização é responsável por alterações na composição específica da comunidade zooplanctônica, através das alterações físicas e químicas do ambiente que, por sua vez, modificam a composição do fitoplâncton, alterando na qualidade e quantidade de alimento disponível à comunidade. Segundo CAMPBELL & HAASE (1981 *apud* SAMPAIO, 2002), a qualidade e quantidade alimento podem afetar a composição e a densidade do zooplâncton presentes, visto que muitas espécies são altamente seletivas para tamanhos e tipos de alimentos fitoplanctônicos.

Em ambientes eutrofizados, a estrutura e composição de rotíferos se destacam em relação aos cladóceros e copépodos (BOHRER, 1995), porém a respeito dos protozoários tais alterações não estão bem documentadas. Geralmente a densidade de Protozoa aumenta com o aumento de trofia em ambientes aquáticos e pode-se encontrar diferentes espécies dependendo do tipo de material presente (BARBIEIRI, 1986; UTZ, 1997). BEAVER & CRISMAN (1982) fizeram comparações qualitativas e quantitativas em ciliados de vários lagos da Flórida, caracterizados por diferentes estados tróficos e observou a correlação entre o número de ciliados e o grau de trofia.

No presente estudo, a comunidade zooplanctônica esteve dominada durante todo o período por Protozoa, que chegaram a exibir uma abundância relativa de mais de 70% na estação 1 e 40% no sistema de tratamento, estações 2 e 3. A estação 1 caracteriza-se por ser um ambiente eutrofizado. No caso da dominância de protozoários nas Estações 2 e3 verifica-se que os protozários são sensíveis ao tratamento, pois observa-se uma redução de 30% devida aos tratamentos químico e físico da água.

PACE & ORCUTT (1981), observaram que o zooplâncton de um lago eutrofizado foi dominado por protozoários, e que os ciliados contribuíram com 10 a 60% da biomassa total, indicando a relevância da quantificação do protozooplâncton em estudos que

envolvem a comunidade zooplanctônica.

Sistemas eutrofizados geralmente têm altas densidades de rotíferos (ORCUTT Jr. & PACCE (1984 *apud* KUBO, 1989). ESTEVES & SENDACZ (1988) relacionaram a composição do zooplâncton com o estado trófico de reservatórios de São Paulo, observando um aumento de rotíferos e náuplios em ambientes mais eutrofizados. SENDACZ (1978), também constatou a dominância de rotíferos em dois braços da Represa Billings (Rio Grande e Rio Pequeno).

De acordo com ALLAN (1976), rotíferos e cladóceros, pelo fato de terem vida curta, são organismos que se adaptam a mudanças ambientais, enquanto copépodos, de longo ciclo de vida, não se verifica tão rapidamente tais alterações. Em ambientes instáveis, espécies oportunistas com altas taxas de reprodutividade e rápida adaptação a alterações ambientais são favorecidas.

De acordo com PINTO-COELHO *et al.* (1999 *apud* PIVA-BERTOLETTI, 2001), o conhecimento da diversidade, equitatividade e riqueza é um instrumento importante para a caracterização de um ecossistema aquático. Fatores ambientais podem auxiliar na exclusão de espécies, favorecendo o crescimento de espécies mais resistentes. A comunidade zooplanctônica pode apresentar diferentes padrões de diversidade de espécie de acordo com o estado trófico do ambiente. Segundo ESTEVES (1998), a diversidade das comunidades zooplanctônicas em corpos d'água eutrofizados, apresenta dominância de uma ou poucas espécies.

O presente trabalho, apresentou uma diversidade média (H) de 1,83 entre as três estações de coleta, não existindo diferença estaticamente significativa entre a estação 1 e o sistema de tratamento, estações 2 e 3. A diversidade observada para as estações de coleta mostra uma comunidade pobre em número de espécies, com desenvolvimento daquelas melhores adaptadas às condições ambientais.

A ocorrência de protozoários, rotíferos e crustáceos (cladóceros e copépodos) em Estações de Tratamento de Água é conhecida (DI BERNARDO, 1995). Estes organismos desempenham importante papel no tratamento biológico. Segundo AGGIO (1993), as principais classes de Protozoa encontradas em filtros lentos de areia são os Rhizopoda,

Flagelata e Ciliata.

Na ETA Rio Grande, estações 2 e 3, a comunidade de protozoários foi dominada durante todo o período de estudo pelos fitoflagelados, sendo representada apenas por poucas espécies de sarcodinas e ciliados. Os táxons de protozoários encontrados no sistema de tratamento foram: Dinoflagellida, Euglenida, Arcellinida, Heliozoea e Ciliophora.

O crescimento de protozoários na estação 1, reservatório Rio Grande, indica que mudanças na temperatura e oxigênio afetaram a distribuição de determinadas espécies. A proliferação de Protozoa com o aumento de temperatura pode estar relacionada ao aumento da fonte de alimento (BARBIERI, 1986). Tal fato também foi observado por BARBIERI (1986) que associou a distribuição de protozoários à diminuição da concentração de oxigênio.

Os protozoários dominantes foram Dinoflagellida, *Euglena sp., Trachelomonas sp.* e Ciliado sp. 1. Entre os organismos da classe Phytomastigophorea, Dinoflagellida e *Euglena sp.* apresentaram uma distribuição sazonal relacionada com o aumento de temperatura. Outro protozoário que apresentou maiores densidades no período mais quente foi o Ciliado sp. 1, cuja distribuição pode estar também com a diminuição de oxigênio.

No presente trabalho, foi observado que as maiores densidades de *Coleps sp.* ocorreram nas amostras de fundo, a uma profundidade de 3 metros, no verão.

BARK (1981) observou em um lago eutrófico, Esthwaite Water, *Coleps sp.* durante o verão, em amostras coletadas a 3 metros de profundidade, principalmente onde existia déficit de oxigênio. O autor afirma que as espécies de *Coleps* alimentam-se geralmente de matéria orgânica morta. BARBIERI (1986) em seu estudo verificou que a distribuição de *Coleps amphacanthus* esteve relacionada com a baixa concentração de oxigênio.

Em relação à distribuição dos protozoários nas três estações, observou-se que as estações 2 e 3 são semelhantes, visto que ambas fazem parte do sistema de tratamento, e diferentes da Estação 1, em riqueza de espécies. Tal fato é compreendido, pois a estação 1 encontra-se no reservatório Rio Grande.

A Ordem Euglenida foi a mais importante nas três estações de coleta, seguida de Dinoflagellida e as espécies *Coleps sp.* e Ciliado sp. 1. À Ordem Euglenida pertencem os

gêneros *Euglena, Trachelomonas e Phacus*. AGGIO (1993), observando a comunidade biótica dos filtros lentos de areia da estação piloto do SHS – Escola de Engenharia de São Carlos registrou a presença desta mesma Ordem.

Os rotíferos foram o segundo grupo mais abundante encontrado nas estações de amostragem. As onze espécies que compõe a comunidade foram *Polyarthra sp.*, *Trichocerca sp* .1, *Trichocerca sp.* 2, *Brachionus sp.*, *Filinia sp.*, *Kellicottia sp.*, *Keratella sp.*, *Lecane sp.*, Rotífero sp. 1, Rotífero sp. 2 e Rotífero sp. 3.

Em ambientes tropicais e subtropicais, o predomínio de rotíferos no zooplâncton tem sido observado por diversos autores. De acordo com ROCHA *et al.* (1995 *apud* CALEFFI, 2000) existem 519 espécies relatadas na América do Sul.

Rotíferos são oportunistas, partenogenéticos, apresentando elevada taxa de crescimento e com desenvolvimento favorecido em ambientes instáveis e eutrofizados. De acordo com SLÁDECEK (1983) os rotíferos podem ser considerados como bons indicadores de trofia. Em lagos tropicais, é difícil se observar uma relação entre o nível trófico e as espécies de rotíferos, pois além das sucessões entre as espécies e os picos de abundância serem rápidos, as espécies mais freqüentes como *Keratella valga, K. tropica, Filinia longiseta,* e gêneros como *Brachionus, Anuraeopsis* e *Hexarthra* são encontrados em uma variedade de ambientes, com graus de trofia diferentes (KUBO, 1989).

Segundo GANNON & STEMBERGER (1978 *apud* BOHRER, 1995), os gêneros *Brachionus, Lecane* e *Trichocerca* tem sido registrados em ambientes eutrofizados. SENDACZ (1978) estudando a represa do Rio Grande observou a presença de *Brachionus, Keratella, Polyarthra* e *Filinia.* A autora cita que a maioria das espécies do gênero *Brachionus* e muitas espécies de *Trichocerca* são consideradas geralmente como espécies de ambientes eutróficos.

No presente estudo, foram registrados 10 taxa de rotíferos na estação 1. KUBO (1989) registrou na região da estação 1, 24 espécies de rotíferos, dentre eles, *Keratella cochlearis, K.* cf *lenzi. K.* cf *procurva, Polyarthra sp., Trichocerca similis* e outra não identificada. *Lecane spp.* e o gênero *Brachionus,* sendo o mais representativo em número de espécies. GILBERT E BODGAN (1984) caracterizam *Keratella* como rotífero generalista em relação ao alimento, podendo alimentar-se de uma grande variedade de células (bactérias,

clorofíceas, flagelados e criptofíceas), devido ao tipo de coroa de cílios, que parece permitir a entrada de ampla variedade de partículas, com baixa seletividade.

Na represa de Guarapiranga, CALEFFI (2000) observou a presença 49 táxons de rotíferos, dentre eles o gênero *Keratella, Polyarthra, Trichocerca, Brachionus, Lecane, Filinia*, entre outros. PIVA-BERTOLETTI (2001), verificou nos três lagos do Parque Estaduas das Fontes do Ipiranga, a existência das espécies *Conochilus dossuarius, Keratella cochlearis* e *Polyarthra vulgaris*.

BOHRER (1995) verificou nas Lagoas de Estabilização do Sistema de Tratamento Terciário do Pólo Petroquímico do Sul, RS, as espécies *Brachionus angularis, Brachionus calyciflorus, Trichocerca pusilla* e os gêneros *Keratella* e *Lecane*. UTZ (1997), em um estudo na bacia de aeração do sistema de tratamento de efluentes líquidos da Refinaria Alberto Pasqualini, RS, encontrou os gêneros *Brachionus, Keratella, Trichocerca*.

Rotíferos ocorrem também em sistema de tratamento de água (DI BERNARDO, 1995 & AGGIO, 1993). Embora sua ocorrência seja conhecida, existem poucos ou inexistências de registros de identificação de rotíferos neste ambiente.

Considerando-se todo o período de estudo os rotíferos mais abundantes nas estações 02 e 03 foram *Polyarthra sp.*, *Trichocerca sp.* 1, *Trichocerca sp.* 2, *Keratella sp.* e Rotífero sp. 1. *Polyarthra sp.* foi freqüente nas três Estações. De acordo com GILBERT & BOGDAN (1984), estes são tolerantes a ambientes com altos teores de material em suspensão.

Em ETA's, a presença de Copepoda também é conhecida. No presente estudo, devido ao reduzido número de adultos (2 a 3 organismos), quantificou-se copépodos calanóides, copépodos ciclopóides e copepoditos como Classe Copepoda. Durante o período de estudo, Copepoda representou uma pequena fração da comunidade zooplanctônica, com uma média de 9% entre as três estações.

De acordo com UTZ (1997), a Classe Copepoda apresenta um grande número de espécies que podem ser encontradas em diversos habitats, constituindo importante fração biomassa zooplanctônica em águas marinhas ou em águas doce. A grande abundância dos Copepoda pode ser atribuída principalmente ao copépodos ciclopóides.

SENDACZ (1978) observou que a comunidade de copépodos na represa Rio Grande, próxima a estação 1, foi dominada pela presença de *Metacyclops mendocinus* e *Thermocyclops crassus*, e esporadicamente ocorreram *Tropocyclops sp.* e *Eucyclops sp.* KUBO (1989) também registrou a presença de *Tropocyclops* e *Thermocyclops*, sendo que se observou uma grande abundância de náuplios e copepoditos de ciclopóides. BOHRER (1995) verificou que *Metacyclops mendocinus* foi à única espécie de copépodo registrada nas lagoas de estabilização do Pólo Petroquímico do Sul, RS. UTZ (1997) também registrou esta espécie, como única na bacia de aeração da REFAP.

CALEFFI (2000) verificou que além do gênero *Thermocyclops,* também estiveram presentes na represa de Guarapiranga, os gêneros *Encyclops, Microcyclops* e *Tropocyclops,* todos com baixas freqüências de ocorrência e abundâncias relativas. E entre os copépodos calanóides, as espécies que estiverem presentes foram *Argyrodiaptomus furcatus, Diaptomus corderoi* e *Notodiaptomus iheringi.*

A Classe Branchiopoda contribui com três táxons e a Classe Ostracoda com 1, na estação 1, reservatório Rio Grande, onde foram representados por *Bosmina sp., Diaphanosoma sp., Macrothrix sp.* e Ostracodá sp. 1. Este número foi inferior aos registrados por SENDACZ (1978) e KUBO (1989), que relataram 5 e 11 táxons, respectivamente, no reservatório Rio Grande. Dentre eles, a presença de *Bosmina* e *Diaphanosoma* foram registradas. CALEFFI (2000) registrou na represa de Guarapiranga a presença de 17 táxons da Ordem Cladocera, sendo os táxons pertencentes a famílias: Daphnidae (7); Bosminidae (4); Chidoridae (4); Moinidae (1); Sididae (1); Ilyocryptidae (1) e Macrothricidae (1).

De fevereiro a julho de 2004, as Classes Branchiopoda e Ostracoda foram pouco abundantes na estação 1, quando comparados aos demais grupos de organismos. Não foi observada a presença destes organismos no sistema de tratamento. Fato este também registrado por UTZ (1997) em um sistema artifical.

De acordo com SENDACZ (1978), a não ocorrência de grande número de cladóceros no reservatório deve-se ao fato de, sendo estes organismos filtradores, os mesmos são limitados pela falta de algas de tamanho mais reduzido. Outro fato que pode explicar o pequeno número de cladóceros é a competição existente entre eles e outros animais

filtradores. Neste estudo foi possível observar um elevado percentual de rotíferos em relação aos cladóceros.

No reservatório Rio Grande, estação 1, considerado como eutrófico, *Bosmina sp.* foi o cladócero mais abundante, ocorrendo por quase todo o período de amostragem. CALEFFI (2000) observou a presença de duas espécies de *Bosmina,* sendo que *B. longirostris* foi mais abundante durante o período de seca, o que foi também observado neste trabalho. Os bosminídeos são mais representativos em ambientes eutróficos. O tamanho das partículas ingeridas por estes organismos é menor e, provavelmente, alimentam-se de bactérias e detritos que estão presentes em grande quantidade nos ambientes eutrofizados (SENDACZ, 1978 e CALEFFI, 2000). A segunda espécie mais importante em densidade foi *Diaphanosoma sp.*, que de acordo com SENDACZ (1978), parece estar melhor adaptada a águas eutróficas.

No presente estudo, verificou-se que a estrutura da comunidade zooplanctônica variou com as estações de coletas estudadas, visto que as estações 2 e 3 fazem parte de um ambiente artifical, estando estas relacionadas também aos parâmetros abióticos.

6.3. Flutuação da Comunidade Zooplanctônica

As flutuações do zooplâncton estão relacionadas com os fatores abióticos (temperatura, concentração de oxigênio, pH, etc.) e bióticos (alimentação, predação, seleção, etc.).

De acordo com PIVA-BERTOLETTI (2001), a sazonalidade observada na densidade da comunidade zooplanctônica em corpos d'água tropicais e subtropicais depende dos padrões sazonais de precipitação e vento. No ambiente estudado, as densidades numéricas dos organismos zooplanctônicos foram em geral mais alta no período quente-chuvoso. ARCIFA *et al* (1994) verificaram resultados semelhantes, onde os picos de densidade da comunidade zooplanctônica ocorreram no período quente-chuvoso. Segundo os autores, na estação chuvosa, ocorre um incremento de nutrientes para os reservatórios, favorecendo o crescimento de fitoplâncton que por sua vez são consumidos pelos organismos zooplanctônicos. O mesmo não foi verificado por PIVA-BERTOLETTI (2001), que nos lagos estudados, as densidades numéricas do zooplâncton foram em geral mais baixas no período quente-chuvoso.

Foram observadas correlações significativas entre os parâmetros físicos e químicos com a comunidade zooplanctônica. No presente estudo, observou-se uma queda na densidade dos organismos zooplanctônicos nos meses que apresentaram temperaturas mais baixas. De acordo com UTZ (1997), o plâncton apresenta um pico de densidade na primavera, há uma diminuição no verão, sofrendo um outro pico, menor, no outono e diminuindo consideravelmente no inverno. Nos meses de maio a julho, onde foram registradas temperaturas baixas, BOHRER (1995) observou uma diminuição da densidade total dos organismos zooplanctônicos. UTZ (1997), também verificou, na bacia de aeração da REFAP, uma diminuição da densidade do zooplâncton total no mês de julho, cuja temperatura foi de 15°C.

De acordo com BARBIERI & GODINHO (1989), as flutuações de protozoários estão relacionadas com os parâmetros físicos e químicos, embora algumas espécies tolerem amplas variações de condições ambientais.

Na estação 01, Dinoflagellida e *Euglena sp.* apresentaram correlações significativas positivas com a temperatura e condutividade da água, com picos de densidade nos meses de fevereiro e março, onde a temperatura registrada esteve por volta de 24,5°C e maiores precipitações pluviométricas. Ciliado sp. 1 apresentou picos de densidade no mês de fevereiro onde a condutividade da água esteve elevada.

Dinoflagellida apresentou as maiores densidades no mês de fevereiro, onde a concentração de oxigênio foi menor, ou seja, de 6,25 mg L^{-1}. De acordo com BARBIERI & GODINHO-ORLANDI (1989), as maiores densidades de protozoários registradas na represa do Rio Grande foram encontradas em amostras coletadas no fundo, onde a concentração de oxigênio era a menor para o ambiente estudado.

Com relação ao pH a grande maioria dos protozoários apresenta uma faixa de sobrevivência entre 6,5 e 8,0 (UTZ, 1997), embora algumas espécies consigam sobreviver em uma faixa bem mais ampla. No sistema de tratamento, *Euglena sp.*e *Trachelomonas sp.* apresentaram correlações negativas com pH. As estações 2 e 3, apresentaram valores de pH alcalinos, que se situaram entre 7,70 a 8,95, durante o período de amostragem. Segundo PENNAK (1985 *apud* UTZ, 1997), *Euglena viridis* conseguiu sobreviver em experimentos de laboratoriais numa faixa de pH entre 2,3 a 11,0.

Para Rotifera, poucas correlações significativas foram encontradas com relação as variáveis físicas e químicas da água. Na estação 01, *Trichocerca sp.*1 apresentou correlação negativa com pH. As maiores densidades desta espécie ocorreram no mês de abril onde o pH esteve em torno de 6,37, um dos mais baixos registrados. De acordo com UTZ (1997), algumas espécies dos gêneros *Cephalodella, Lepadella, Lecane, Monostyla* e *Trichocerca* são característicos de águas mais ácidas.

Outro fator que afeta a densidade e a ocorrência de rotíferos é a concentração de oxigênio. De acordo com NOGRADY *et al.* (1993), algumas espécies podem viver em regiões pobres em oxigênio, como em Estações de Tratamento de Esgoto ou em lagos hipereutróficos, onde há uma maior disponibilidade de alimentos.

Na estação 1, *Trichocerca sp.* 2 apresentou correlações negativas com oxigênio e temperatura. Foi observado que a maior densidade de *Trichocerca sp.* 2 foi registrada no mês de julho onde a temperatura da água esteve por volta de 18°C. De acordo com BERZINS & PEJLER (1989a *apud* UTZ, 1997), os rotíferos ocorrem com maior freqüência em uma faixa de temperatura que vai de zero a 20°C, dentre os quais a tolerância de *Trichocerca pusilla* estaria entre 12°C e 24°C.

Em um sistema artificial, BOHRER (1995) observou as menores densidades de rotíferos nos meses de inverno. UTZ (1997) também registrou uma menor densidade de rotíferos nos meses mais frios. Não foram verificadas correlações significativas entre as variáveis físicas e químicas e os rotíferos no sistema de tratamento.

Os náuplios de Copepoda na estação 1 apresentaram correlações significativas negativas com o pH. No presente estudo as menores densidades de náuplios foram registradas no mês de fevereiro, onde o pH da água esteve mais ácido. De acordo com UTZ (1997), existem muitas espécies de Copepoda que apresentam uma ampla faixa de tolerância, o que não é valido para as espécies presentes no sistema estudado.

Nas estações 2 e 3, os náuplios estiveram correlacionados positivamente com o oxigênio dissolvido, onde as maiores densidades foram registradas no mês de julho, quando as temperaturas foram mais baixas.

Visto que foram encontradas poucas correlações entre as variáveis ambientais e a

comunidade zooplanctônica, é provável que fatores como disponibilidade de alimento, relações de predação e competição entre as espécies presentes, expliquem melhor o comportamento desta comunidade para o período de estudo.

6.4. *Paramecium* cf *aurelia* como organismo-teste

Protozoários ciliados vem sendo utilizados como organismo-teste em avaliações ecotoxicológicas, particularmente testes em microescala, isto porque, são importantes recicladores e remineralizadores de matéria orgânica em ecossistemas aquáticos e terrestres, apresentam ciclos de vida de curta duração, são de fácil cultivo em laboratório e apresentam uma alta taxa de crescimento (GILRON & LYNN, 1995).

O complexo de espécies em *Paramecium aurelia*, em torno de 15 espécies, encontra-se distribuídos por todo o mundo, Américas, África, Ásia, Austrália e Europa (PRZYBÓS & FOKIN, 2000). Entretanto, poucos trabalhos utilizando este organismo em teste de toxicidade têm sido relatados: (01) *Paramecium primaurelia*, utilizando o parâmetro biológico sobrevivência; (04) *Paramecium tetraurelia*, mutagenicidade e (01) *Paramecium aurelia*, taxa de ingestão (GILRON & LYNN, 1995).

6.4.1. Implantação de cultivos de *Paramecium* cf *aurelia*

6.4.1.1. Influência de diferentes dietas e temperaturas no cultivo de *Paramecium* cf *aurelia*

Em cultivos laboratoriais de *Paramecium* observa-se que uma grande variedade de dietas tem sido utilizada, tais como: infusão de capim (BEAUMONT & CASSIER, 1970); infusão com feno, meio Cerophyl, infusão de alface e suco de alface (SONNEBORN, 1970); meio Cerophyl (NYBERG *et al.*, 1978); meio Cerophyl e *Escherichia coli* (DOUCET & MALY, 1990); aveia, leite em pó e infusão de alface (MONTEMAYOR-LEAL, 1994); infusão alface e *Enterobacter aerogenes* (KOMALA, 1982); arroz cozido e grão de trigo (MADONI, 2000) e infusão de alface (TAVARES & ROCHA, 2001).

MONTEMAYOR-LEAL (1994), testando diferentes dietas para cultivo de *Paramecium caudatum*, obteve um melhor resultado quando utilizou infusão de alface, obtendo 1700 céls mL^{-1}.

Na maioria dos trabalhos testados acima, de todas as dietas, a infusão de alface, foi

uma das mais utilizadas, sendo escolhida para constituir a dieta base de *Paramecium* cf *aurelia*.

Com a finalidade de se conhecer qual a dieta mais adequada para o cultivo de *Paramecium* cf *aurelia*, protozoário a ser utilizado em testes de toxicidade, três diferentes dietas foram testadas: Dieta 1: infusão; Dieta 2: infusão e 0,02g de fermento Dr. Oetker® e Dieta 3: infusão e 3 gotas de ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®), nas temperaturas de 20, 25 e 28°C.

Como resultado, obteve-se que no oitavo dia, a dieta mais apropriada para a manutenção das culturas e testes de toxicidade de *Paramecium* cf *aurelia* foi a Dieta 2, ou seja, infusão e 0,02g de fermento Dr. Oetker®, na temperatura de 25°C.

De acordo com TAVARES & ROCHA (2001), os protozoários são muito susceptíveis às mudanças das condições ambientais. A temperatura exerce uma profunda influência sobre o crescimento dos organismos e desempenha papel preponderante na alimentação, respiração, reprodução, entre outros. Redução drástica de alimento, mudanças de pH, alterações na concentração de oxigênio ou temperatura podem levar esses indivíduos à morte. NALECZ-JAWECKI & SAWICKI (2002), determinou uma temperatura de 25(±1)°C sem fotoperíodo, ao avaliar a toxicidade de um composto orgânico com *Spirostomum ambiguum*.

No presente trabalho, os experimentos realizados com diferentes temperaturas, 20, 25 e 28(±1)°C, indicaram a inexistência de diferenças significativas entre os resultados obtidos para as três dietas na temperatura de 20°C, mas em relação às temperaturas 25 e 28°C houve diferenças significativas entre as dietas 01 e 03 com a 02.

Sendo o Brasil um país tropical, cuja temperatura média é de 23°C e os testes de toxicidade crônicos realizados são à 25°C, optou-se por realizar o cultivo e testes de toxicidade com *Paramecium* cf *aurelia* nesta temperatura. De acordo com PENNAK (1985 *apud* UTZ, 1997), a faixa de temperatura ótima para protozoários se situa entre 10 a 20°C, sendo que temperaturas abaixo de 10°C e acima de 28°C afetam o número de organismos.

MONTEMAYOR-LEAL (1994), ao cultivar *Paramecium caudatum* com infusão de alface nas concentrações de 5, 10 e 15 g L^{-1}, verificou que os crescimentos maiores destes

organismos ocorreram nas mais altas das concentrações, a uma temperatura de 27(±1)°C sem fotoperíodo. TWAGILIMANA *et al.*. (1998), estudando as condições de cultura (água de cultivo, inóculo, alimento, temperatura e fotoperíodo) e a sensibilidade de alguns xenobióticos para *Spirostomum teres,* determinou que o maior crescimento populacional deu-se com a temperatura a 25(±1)°C no escuro.

6.4.1.2. Determinação da taxa intrínseca de aumento natural de *Paramecium* cf *aurelia*

A taxa intrínseca de aumento natural de uma população pode ser definida como sendo o crescimento máximo de uma população em condições ambientais ilimitadas e ótimas, onde fatores adversos, temperatura, competição, entre outros, são eliminados. A determinação da taxa intrínseca de uma população, sob condições ótimas, é importante na avaliação do papel funcional dos organismos na natureza (FENCHEL, 1968).

Segundo CERIGIOLI (1999), a maioria dos dados sobre crescimento de protozoários é derivada de observações em laboratório e que em campo são escassas. Em laboratório, a taxa intrínseca é usualmente obtida sob condições ótimas, onde há alimento numa temperatura ideal, sendo, portanto, muitas vezes maiores do que os valores de campo. Na natureza, observa-se o crescimento quando as condições são favoráveis e o aumento natural pode se aproximar ou igualar aquelas observadas em populações de laboratório (LAYBOURN-PARRY, 1992 *apud* CERIGIOLI (1999)).

A influência da temperatura sobre o crescimento dos protozoários tem sido muito estudada e os resultados mostram que existe uma relação direta entre a temperatura e o r_m (FENCHEL, 1987 *apud* CERIGIOLI, 1999). BARBIERI (1986) ao estabelecer a taxa de crescimento para *Halteria grandinella,* obteve um valor de r_m 3 vezes maior a 28°C do que a 20°C.

No presente estudo, a temperatura parece não influenciar a taxa de aumento natural de *Paramecium* cf *aurelia*, visto que o valor de r_m na temperatura de 20°C foi superior as demais temperaturas, quando analisado a dieta 2, ou seja, infusão e 0,02g de fermento Dr. Oetker®.

CERIGIOLI (1999), ao realizar a curva de crescimento de *Halteria sp.* verificou também que a 25°C os valores de r_m foram superiores a 28°C. BARBIERI (1986),

encontrou para *Paramecium caudatum* um valor de r_m 0,98 dia^{-1} para um cultivo de sete dias, em tubos de ensaios, contendo ágar 2% inclinado, água mineral e *Aerobacter aerogenes* a uma temperatura de 27°C.

De modo a comparar a sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* com valores já conhecidos para outras espécies, optou-se pela adoção da dieta 2, na temperatura de 25(± 1)°C, com r_m 1,4875751 a qual proporciona um maior crescimento de organismos , gerando um número de indivíduos suficientes para a realização de um teste de toxicidade.

6.4.1.3. Avaliação da sensibilidade de *Paramecium* cf *aurelia* ao Cloreto de Sódio (NaCl)

Os testes com substâncias de referência possibilitam a avaliação do estado fisiológicos dos organismos utilizados em testes de toxicidade.

Dependendo das condições que estes organismos são cultivados variações nos resultados podem ocorrer. Fatores como qualidade da água de cultivo, temperatura, qualidade e quantidade de alimento, dureza, pH, condutividade e oxigênio, entre outros, são extremamente fundamentais para a manutenção dos organismos empregados nos testes de toxicidade. Alterando-se qualquer um destes fatores a homogeneidade dos resultados poderá ser afetada. Um controle rígido nas condições de cultivo diminui a variabilidade dos resultados para os testes, enquanto a utilização de substancias tóxicas de referência para avaliar a sensibilidade dos organismos permite uma maior confiabilidade nos resultados dos testes (BOHRER, 1995).

As substâncias tóxicas de referência mais empregadas são: Cloreto de Sódio (NaCL), Dicromato de Potássio ($K_2Cr_2O_7$), Cloreto de Cádmio ($CdCl_2$), entre outras (LEE, 1980; EPA, 1993; ABNT, 1995).

A partir da determinação da faixa de sensibilidade para uma espécie, a sensibilidade da espécie a uma substância de referência deverá ser avaliada pelo menos uma vez por mês, para o controle de qualidade dos cultivos e dos testes realizados (EPA, 2002). Caso o valor da sensibilidade se encontrar fora da faixa esperada, o teste será invalidado, como também o lote de organismos utilizados, havendo a necessidade de uma nova linhagem de organismos.

No presente trabalho, os testes com *Paramecium* cf *aurelia* foram realizados com Cloreto de Sódio para a avaliação da sensibilidade e estabelecimento de carta-controle.

Embora os protozoários venham sendo utilizados em avaliações ecotoxicológicas (KOMALA (1975, 1976, 1978, 1982, 1984 e 1995); MADONI *et al.* (1992) e MADONI (2000), entre outros), poucos dados ou quase nenhum tem sido publicados em relação ao uso de substâncias de referência como o Dicromato de Potássio e Cloreto de Sódio para esta espécie. DIVE *et al.* (1989) determinou a sensibilidade de *Colpidium campylum* Stokes ao Dicromato de Potássio, baseando-se na inibição de crescimento.

Deste modo, como não foi encontrada na literatura faixas de sensibilidade a substâncias de referência para *Paramecium* cf *aurelia,* foi adotado como critério para realizar os testes preliminares as concentrações conhecidas para microcrustáceos para o estabelecimento da faixa de sensibilidade da espécie.

O Cloreto de Sódio não é reconhecidamente um contaminante ambiental tóxico, sendo que o uso em testes de sensibilidade deve-se principalmente a ação nos mecanismos de osmorregulação. No presente trabalho, optou-se pelo uso do Cloreto de Sódio não somente pelo fato deste elemento constituir um tóxico de referência bastante comum, facilidade no manuseio, descarte, menos tóxico mas, principalmente, por ser este o elemento utilizado nas avaliações de sensibilidade de *Daphnia similis, Daphnia laevis, Ceriodaphnia dubia e Ceriodaphnia silvestrii*, organismos utilizados nos ensaios de ecotoxicidade no Laboratório de Ecotoxicologia Aquática do IPEN. Desta forma, poderia ser feita uma comparação da sensibilidade destas espécies a esta substância.

O valor de CI50;48H na temperatura de 25°C de *Paramecium* cf *aurelia* para o Cloreto de Sódio foi de 2,14 g L^{-1}. Apesar da expressão dos resultados dos testes com *Paramecium* cf *aurelia* (CI50) ser diferente da utilizada nos testes com microcrustáceos CE(I)50;48H, podemos verificar que os valores são próximos (TAB. 23).

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

TABELA 23 - Sensibilidade CE(I)50;48H para microcrustáceos ao Cloreto de Sódio.

Espécies	CE(I)50;48H (g L^{-1})	Referência
Daphnia similis (20°C)*	2,06 a 2,39	UTZ (1994)
Daphnia similis (20°C)	2,3 (1,64 a 2,90)	LAMEIRA (2003)
Daphnia laevis (20°C)	2,4 (1,86 a 2,92)	LAMEIRA (2003)
Daphnia laevis (25°C)	2,27 (1,52 - 3,43)	JACONETTI (2005)
Ceriodaphnia dúbia (25°C)	1,33 a 1,82	BOHRER *et al.* (1994)
Ceriodaphnia silvestrii (25°C)	1,57 (1,20 - 1,79)	JACONETTI (2005)

* ( ) Temperatura na qual o teste foi realizado.

A precisão analítica dos testes de toxicidade, dentre eles os de sensibilidade, é expressa pelo coeficiente de variação sendo qualificada pela variabilidade intra-laboratorial (EPA, 2002). O coeficiente de variação de 17% com Cloreto de Sódio para *Paramecium* cf *aurelia*, encontra-se dentro da ordem de grandeza esperada. De acordo com a EPA (2002), o coeficiente de variação entre os resultados dos testes de são considerados ótimos se estiverem compreendidos entre 8 a 41%.

A metodologia adotada valida o uso desta espécie como organismo-teste e o valor determinado nos testes de sensibilidade mostra que os cultivos encontram-se aptos para sua utilização em testes de toxicidade. Para o país, constitui em uma nova ferramenta de avaliação da qualidade da água.

7. CONCLUSÕES

- A comunidade zooplanctônica na captação e na Estação de Tratamento de Água Rio Grande apresentou, durante todo o período de amostragem, organismos característicos de ambientes eutrofizados com dominância de Protozoa, seguidos de Rotifera e Copepoda.

- A ETA Rio Grande caracterizou-se por ser um ambiente seletivo à comunidade zooplanctônica, onde se observou a exclusão de espécies sensíveis, principalmente protozoários ciliados e cladóceros.

- A estrutura da comunidade zooplanctônica revelou um grau de associação elevado para o sistema de tratamento, indicando condições ambientais semelhantes, com predomínio de Protozoa e Rotifera.

- Os protozoários estiveram representados por 15 táxons, sendo, durante todo o período de estudo, o grupo dominante, com uma abundância relativa superior a 70% na estação 1 e 40% no sistema de tratamento.

- Dentre os protozoários, as espécies que dominaram durante todo o período de estudo nas três estações (superfície e fundo) foram fitoflagelados, principalmente da Ordem Euglenida.

- *Euglena sp.* foi a espécie de protozoário mais abundante na superfície das três estações de coleta, com uma abundância relativa de 47, 62 e 69% nas estações 1, 2 e 3, respectivamente.

- Os rotíferos estiveram representados por 11 táxons, com uma abundância relativa superior a 40% das estações 2 e 3, enquanto que na estação 1, este valor não ultrapassou 22%.

- *Keratella sp.* e *Trichocerca sp.* 1 foram dominantes nas três estações de amostragens.

- A estação 1, reservatório Rio Grande, apresentou maior densidade de zooplâncton, durante o período de amostragem, em comparação as estações 2 e 3, pertencentes a um

sistema de tratamento. Fato este explicado pelas melhores condições naturais da captação.

- Na estação 1, represa Rio Grande, *Trichocerca sp.* 2 mostrou uma distribuição relacionada com a temperatura, visto que as maiores densidades desta espécie ocorreu no mês de julho, onde a concentração de oxigênio foi mais elevada.

- Pode-se estabelecer um protocolo de cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* onde as melhores condições foram obtidas com infusão de alface e 0,02 g de fermento Dr. Oetker®, a 25°C, sendo em média o valor de r_m de 1,4876.

- A sensibilidade (CI50;48H) de *Paramecium* cf *aurelia*, para o Cloreto de Sódio, foi de 2,14 g L^{-1}.

- O procedimento proposto para a realização do teste de toxicidade crônica com *Paramecium* cf *aurelia* como organismo-teste foi validado.

8. BIBLIOGRAFIA

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Água – ensaio de toxicidade aguda com Daphnia similis Claus, 1876 (Cladocera, Crustácea).* Rio de Janeiro: (NBR 12713). 1995. 16p.

AGGIO, C.E.G. *A comunidade biótica dos filtros lentos de areia da estação piloto do SHS - Escola de Engenharia de São Carlos.* São Carlos, 1993. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Paulo.

ALLAN, J.D. Life history patterns in zooplankton. *The American Naturalist,* Chicago, v. 10, nº 167, 1976. p. 165-180.

APHA. *Standard methods for the examination the water and wastewater.* 20 ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association and Water pollution Control Federation, 1998.

ARCIFA, M.S. Zooplankton composition of reservoirs in southern Brazil. *Hydrobiologia,* 1984. 113: 137-145 p.

BARBIERI, S.M. *Estudos ecológicos dos protozoários planctônicos em duas represas do Estado de São Paulo (Represa do Lobo e Rio Grande).* São Carlos, 1986. Dissertação – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

BARBIERI, S.M. & GODINHO-ORLANDI, M.J.L. Ecological studies on the planktonic protozoans of an eutrophic reservoir (Rio Grande Reservoir – Brazil). *Hydrobiologia.* Dordrecht, 1989. v. 183, p. 1-10.

BARBOSA, R. M. *Avaliação do impacto de lodos de estações de tratamento de água à biota aquática através de estudos ecotoxicológicos.* São Carlos, 2000. Tese – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARK, A.W. The temporal and spatial distribution of planktonic and benthic protozoan communities in a small productive lake. *Hydrobiologia,* 1981. 85: 239-255 p.

BASSOI, L.J., NIETO, R., TREMAROLI, D. *Implementação de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos.* São Paulo: CETESB, 1990. 7p. Série Manuais.

BEAUMONT, A. & CASSIER, P. *Travaux pratiques de biologie animale.*paris: Dunod, 1970. 472 p. il. Cap. 6: Les protozoaires – type choisi: La Paramécie (*Paramecium caudatum* Ehrenberg). 123-144 p.

BEAVER, J.R. & CRISMAN, T.L. The trophic response of ciliated protozoans in freshwater lakes. *Limnology and Oceanography,* v. 27, nº 2, 1982. p. 246-253.

BERZINS, B. & PEJLER, B. Rotifers occurrence in relation to temperature. *Hydrobiologia,* 1989a. 175: 223-231 p.

BOHRER, M.B.C. *et al. Avaliação da toxicidade dos efluentes líquidos da Refinaria Alberto Pasqualini, PETROBRÁS através de testes de toxicidade,* 1994. 55 p. (Relatório Final)

BOHRER, M.B.C. *Biomonitoramento das lagoas de tratamento terciário dos efluentes líquidos industriais (SITEL) do pólo petroquímico do Sul, Triunfo, RS, através da comunidade zooplanctônica.* São Carlos, 1995. Tese - Universidade Federal de São Carlos. 470 p.

BRANCO, S.M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.* 3ª. ed. São Paulo: CETESB/CETESB, 1986. 640p.

BRANCO, S.M. Estudos das condições sanitárias da represa Billings. *Arq. Fac. Hig.,* 1966. 20(1): 57-86 p.

BROCKELMANN, A. M. *Análise da abundância dos nanoflagelados e bactérias sazonalmente e a curtos intervalos de tempo, em um pequeno reservatório artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos – SP.* São Carlos, 1995. Dissertação – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

CALEFFI, S. *Estudo da comunidade zooplanctônica da represa de Guarapiranga 1991/92. Aspectos ecológicos e qualidade ambiental.* São Paulo, 2000. Tese – Faculdade de Saúde Pública.

CAIRNS Jr., J. Zooperiphyton (especially Protozoa) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 1978. v. 97, n. 1, p. 44-49.

CAMPBELL, J.M. & HAASE, B.L. Availability of suitable phytoplanktonic food for zooplankton in an ice-covered lake. *Hydrobiologia,* 1981. 79: 113-119 p.

CAMPOS, J.R. & POVINELLI, J. Técnica de abastecimento e tratamento de água. In: *Coagulação e Floculação.* CETESB 1987. v.2. Cap. 19. p. 91-130.

CERIGIOLI, M.M. *Curva de crescimento e taxa de alimentação de dois ciliados de água doce.* São Carlos, USP, 1999. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHAPMAN, D.V. *Concepts and Strategies for Biological Monitoring.* GEMS. University of London, 1989. 45 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Relatório da qualidade das águas de interiores do estado de São Paulo.* São Paulo: CETESB 2004. (Relatório Técnico)

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos.* São Paulo: CETESB 1992. 74 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos.* São Paulo: CETESB 1997. v. 1. 105 p.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, 18 de março de 2005: publicada no Diário Oficial da União, Seção 1.p. 58-63.

CORLISS, J.O. *The ciliated protozoa:* characterization, classification and guide to the literature. 2 ed. New York: Pergamon, 1979. 455 p.

COSTA, M. P. *A ictiofauna como indicadora da qualidade ambiental do Complexo Billings, São Paulo.* São Paulo, 1998. Dissertação – Universidade São Paulo – Instituto de Biociências, São Paulo.

DI BERNARDO, L. *Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento,* São Paulo, ABES, 1995. 127 p.

DIVE, D. *et al.* A bioassay using the measurement of the growth inhibition of a ciliate protozoan: Colpidium campylum Stokes. *Hydrobiologia.* v. 188/189, p. 181-198, 1989.

D.O.U. - DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (1986). Resolução CONAMA n^0 20, de 18 de junho de 1986 (publicada em 30 de julho de 1986).

DOMINGOS, M.D. *Heterogeneidade espacial (horizontal) da represa do Guarapiranga (São Paulo) e a distribuição da comunidade zooplanctônica.* São Carlos, 1993. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos.

DOUCET, C.M. & MALY, E.I. Effect of copper on the interaction between the predator *Didinium nasutum* and its prey *Paramecium caudatum. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences,* 1990. 47: 1122-1127 p.

EPA, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Methods for measuring the toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 5*.ed. Washington, D.C.: EPA 2002. (EPA 821/R –02/012). 275p.

EPA, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates.* 2.ed. Washington, D.C.: EPA 2000. (EPA 600/R – 99/064).

EPA, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms.* 4.ed. Washington, D.C.: EPA 1993. (EPA 600/4 - 90/027). 293 p.

EPA, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms.* 2.ed. Cincinnati. OH: EPA.. 250p.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia.* Ed. Interciência/FINEP, 1998. 442-484 p.

ESTEVES, K.E. & SENDACZ, S. Relações entre a biomassa do zooplâncton e o estado trófico de reservatórios do estado de São Paulo. *Acta Limnol. Brasil,* 1988. 2: 587-604 p.

FENCHEL, T. The ecology of marine microbenthos III. The reproductive potential of ciliates. *Ophelia,* 1968. 5: 123-136 p.

FOISSNER, W. & BERGER, H. *A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commoly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes and waste waters, with notes on their ecology.* Freshwater biology, v. 35, p. 375-485, 1996.

GANNON, J.E. & STEMBERGER, R.S. Zooplankton (especially Crustaceans and Rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, n° 1, 1978. 97: 16-35 p.

GILBERT, J.J. & BOGDAN, K.G. Rotifer grazing: in situ studies on selectivity and rates. In: Meyers, D.G., Strickler, J.R. editors. *Trophic interactions within aquatic ecosystems.* Boulder: Westview Press, 1984. 97-133 p.

GILRON, G.L. & LYNN, D.H. *Ciliated protozoa as test organism in toxicity assessments.* In: Microscale testing in aquatic toxicology: advances, techniques, and practice. 1995.

GULLEY, D.D.; BOELTER, A.M. & BERGMAN, H.L. TOXSTAT 3.3.(1991). *Computer Program.*

HELLAWELL, J.M. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management.* ed. Elsevier Applied Science Publishers, New York, 1986. p. 45-58.

JACONETTI, P.C. M. *Validação de ensaios ecotoxicologicos com organismos autóctones – Daphnia laevis e Ceriodaphnia silvestrii.* São Paulo, 2005. Dissertação – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

KOMALA, Z. Notes on the use of invertebrates, especially ciliates, in studies on pollution and toxicity. *Folia biol. (kraków),* 1995. 43: 25-27 p.

KOMALA, Z. *Paramecium* bioassay test in studies on the insecticide Kartox 50. *Folia biol. (kraków),* 1984. 32: 281-293 p.

KOMALA, Z. *Paramecium* bioassay test in studies on Cartap. *Bull. Environ. Contam Toxicol.*, 1982. 28: 660-663 p.

KOMALA, Z. The effect of Lindane on *Paramecium primaurelia. Folia biol. (kraków),* 1978. 26: 65-76 p.

KOMALA, Z. Further investigation of the effect of pesticides on *Paramecium aurélia. Folia biol. (kraków),* 1976. 24: 65-76 p.

KOMALA, Z. The effect of some pesticides on *Paramecium aurelia. Folia biol.* (kraków), 1975. 23: 231-243 p.

KOSTE, W. *Rotatoria; die rädertiere mitteleuropas ein bestimmungswerk begriindet von Max voigt.* Uberordnung Monogononta, 2. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1978. 673p.

KUBO, E. *Autodepuração da represa do Rio Grande (Complexo Billings-SP): Zooplâncton.* São Paulo, 1989. Dissertação – Instituto de Biociências.

KUDO, R.R. *Protozoology.* 5ª ed. Illinois: Charles C. Thomas, 1971. 1174 p.

LAMBSHEAD, *et al.* BioDiversity Professional. Software Package, 1997.

LAMEIRA, V. *Validação de Daphnia laevis (CRUSTACEA: BRANCHIPODA) em ensaios de ecotoxicidade.* Trabalho de Conclusão. Ciências Biológicas, Universidade de Santo Amaro – UNISA, 2003. 57 p.

LAYBOURN-PARRY, J. *Protozoan plankton ecology.* Chapman & Hall, London, 1992. 231 p.

LEE, D.R. Reference toxicants in quality control of aquatic bioassays. In: BUIKEMA Jr., A.L., CAIRNS Jr., J. (eds). *Aquatic invertebrate bioassays.* Philadelphia: ASTM. 1980. p. 188-199.

LEVINE, N.D. *et al.* A newly revised classification of the Protozoa. *J. Protozool.*, v.27, n° 1, 1980. p. 37-58.

MADONI, P. The acute tocicity of nickel to freshwater ciliates. *Environmental pollution,* v. 109, 2000. p. 53-59.

MADONI *et al.* Acute toxicity of cadmium, copper, mercury and zinc to ciliates from activated sludge plants. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 49, 900, 1992.

MARGALEF, R. Counting. In: VOLLENWEIDER, R. A. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments.* IBP Handbook, n° 12. Blackwell. Oxford, 1969. p. 7-14.

MATHES, J. & ARNDT, H. Annual cycle of protozooplâncton (ciliates, flagellates and sarcodines) in relation to phyto and metazooplankton in Lake Neumüler See (Mecklenburg, Germany). *Arch. Hydrobiol.*, 1995. 134: 337-358.

MATSUMURA-TUNDISI, T. HINO, K. & ROCHA, O. Caracteríticas limnológicas da Lagoa do Taquaral (Campinas, SP) – um ambiente hipereutrófico. *Ciên. Cult.*, 1986. 38(3): 420-425.

MONTEMAYOR-LEAL, J. comparacion de tres medios para el cultivo de *Paramecium caudatum. Publicaciones Biológicas – F.C.B./U.A.N.L.*, México, 1994. 7(1 e 2): 111-113 p.

MORIARTY, F. *Ecotoxicology – the study of polluants in ecosystems.* 2ª ed., São Paulo, EDUSP – USP.

NALECZ-JAWECKI, G. & SAWICKI, J. The toxicity of tri-substitutes benzenes to the protozoan ciliate *Spirostomum ambiguum. Chemosphere,* 2002. 46: 333-337 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Freshwater Ecosystems.* Washington. National academy Press, 1996. 364 p.

NETTO, J.M.A. Técnica de abastecimento e tratamento de água. In: *Aeração e arejamento.* CETESB 1987. v.2. Cap. 17. p. 30-40.

NETTO, J.M.A. Técnica de abastecimento e tratamento de água. In: *Decantação*. CETESB 1987. v.2. Cap. 21. p. 169-195.

NEUMAN, C. & UNGER, M.A. *Fundamentals of Ecotoxicology.* 2ed. CRC/Lewis Press, Boca Raton, FL. 2003.

NYBERG, D. *et al.* Acclimation of *Paramecium* to copper. *J. Hered.* 69: 423-426, 1978.

NORBERG-KING, T.J. *A linear interpolation method for sublethal toxicity: The inhibition concentration (Icp) approach.* NETAC Technical Report 03-93, U.S. Environmental Protection Agency, Dulut, M.N, 1993.

NOGRADY, T. WALLACE, R.L. & SNELL, T.W. Rotifera: Biology, ecology and systematics. In: DUMONT, H.J.F. (Ed.). *Guides to the identification of Macroinvertebrates of Continental Waters of the world.* Amsterdam, Netherlands, 1993. 142 p.

ORCUTT, J.D. & PACE, M.L. Seasonal dynamics of rotifer and crustacean zooplankton populations in a eutrophic, monomitic lake with a note on rotifer sampling techniques. *Hydrobiologia*, 1984. 119: 73-80 p.

PACE, M.L. & ORCUTT, Jr. D. The relative importance of protozoans, rotifers and crustaceans in a freshwater zooplankton community. *Limnol. Oceanogr.*, Baltimore, v. 26, 1981. p. 822-830.

PATRICK, R., CAIRNS, J., SCHEIER, A. The relative sensitivity of diatoms, snails and fish to 20 commom constituents of industrial wastes. *Progve. Fish Cult.*, v. 30, 1968. p. 137-140.

PEDROZO, C. S. *Avaliação da qualidade ambiental das lagoas da planície costeira do Rio Grande do Sul com ênfase na comunidade zooplanctônica.* São Carlos, 2000. Tese - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

PEDROZO, C. S. *Biomonitoramento do efluente final líquido da Refinaria de Petróleo Alberto Pasqualini, Canoas, RS, através de testes de toxicidade com Daphnia similis (CLADOCERA: CRUSTACEA).* Rio Grande do Sul, 1995. Dissertação - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

PENNAK, R.W. *Freshwater invertebrates of United States.* 2ª ed. New York: Ronald, 1985. 769 p.

PINTO-COELHO, *et al.* Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica na Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte. MG. In: Henry R, editor. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, função e Aspectos Sociais.* Botucatu (SP): FUNDIBIO: FAPESP, 1999. 551-572 p.

PIVELI, R.P. *Qualidade das Águas.* Apostila curso de Pós-Graduação. Escola Politécnica de Engenharia/USP. São Paulo, 1998. p. 1-138.

PIVELI, R.P. & MORITA, D.M. *Caracterização de águas residuárias.* Apostila curso de

Pós-Graduação. Escola Politécnica de Engenharia/USP. São Paulo, 1998.

PIVA-BERTOLETTI, S.A.E. *Zooplâncton dos lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (SP) e relações entre espécies zooplanctônicas e estado trófico em corpos d'água do estado de São Paulo.* São Paulo, 2001. Tese – Faculdade de Saúde Pública.

PORTARIA nº 518, Ministério da Saúde, 25 de março de 2004.

PRZYBÓS, E. & FOKIN, S. Data on the occurrence of species of the *Paramecium aurelia* complex world-wide. *Protistology,* 2000. 1(4): 179-184 p.

ROCHA, O. *et al.* Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In: Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T. editors. *Limnology in Brazil.* Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. 151-165 p.

ROSSIN, A.C. Técnica de abastecimento e tratamento de água. In: *Desinfecção.* CETESB 1987. v.2. Cap. 24. p. 275-302.

SAMPAIO, E.V. *Composição, abundância e diversidade das comunidades zooplanctônicas em reservatórios do sudeste do Brasil (bacias dos rios Paranapanema e Alto São Francisco).* São Carlos, 2002. Tese - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

SCHÄFER, A. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais.* UFRGS, Porto Alegre, 1985. 523 p.

SELEGUIM, M.H.R. *Rede trófica microbiana em um sistema eutrófico raso (reservatório do monjolinho – São Carlos –SP)- estrutura e função.* São Carlos, 2001. Tese - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

SELEGUIM, M.H.R. *Flutuações nas comunidades planctônicas e bentônicas de ecossistema artificial raso (represa do Monjolinho -São Carlos-SP), com ênfase nas populações de protozoários e bactérias.* São Carlos, 1992. Dissertação - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

SENDACZ, S. *Alguns aspectos do zooplâncton da represa Billings.* São Paulo, USP, 1978. Dissertação – Instituto de Biociências.

SENDACZ, S. & KUBO, E. Zooplâncton de Reservatórios do Alto Tietê, Estado de São Paulo. In: RAOUL, H (ed) *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais.* Botucatu (SP): FUNDBIO: FAPESP, 1999. p. 510-529.

SENDACZ, S. *et al.* Further studies on the zooplankton community of eutrophic reservoir in southern Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.,* 1984. 22: 1625-1630 p.

SENDACZ, S. *et al.* Limnologia de reservatórios do sudeste do estado de São Paulo, Brasil. VIII – Zooplâncton. *B. Inst. Pesca.,* 1985. 12(1): 187-207 p.

SHANNON, C. E. & WEAVER, W. *The mathematical theory of communications.* Urbana: University of Illinois Press, 1949.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

SLÁDECEK, V. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia,* 1983. 100: 169-201 p.

SLEIGH, M.A. *Protozoa and others protists.* New York, 1989. p. 186-222.

SMETACEK, V. The annual cycle of protozooplankton in the Kiel Bight. *Mar. Biol.,* 1983. 63: 1-11 p.

SOARES, A.M.V.M. Ecotoxicologia e determinação de riscos ecológicos. Pratica e perspectiva. In: *2ª Conferência Nacional sobre a qualidade do Ambiente.* Lisboa, v. 1, 1990. B43-52.

SONNEBORN, T.M. Methods in *Paramecium* research. (In: Methods in cell physiology. D.M. Prescott ed. New York, London), 1970. 4: 241-339 p.

SOUTHWOOD, T.R.E. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations.* London: Methuen, 1968

TAVARES, L.H.S. & ROCHA, O. *Produção de Plâncton (Fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de Organismos Aquáticos.* São Carlos, 2001. 105 p.

TUNDISI, J.G. *et al.* Limnology and managment of reservoirs in Brazil. In: Straskraba, M., Tundisi, J.G., Duncan, A. (eds). *Comparative reservoir limnology and water quality management.* Dordrect, Kluwer. 25-55p.

TWAGILIMANA, L. *et al.* A new low-cost microbiotest with the protozoan *Spirostomun teres:* culture conditions and assessment of sensitivity of the ciliate to 14 pure chemicals. *Ecotoxicology and Environmenatl Safety,* 1998. 41: 231-244 p.

UTZ, L.R.P. *Avaliação da toxicidade aguda e crônica de acetato e cloreto de sódio para Daphnia similis e Ceriodaphnia dúbia (Crustácea, Cladocera) com fins a sua utilização em fluídos de perfuração de poços de petróleo e determinação da faixa de cloreto de sódio para Daphnia similis Claus, 1876.* Porto Alegre, 1994. Trabalho de Conclusão. Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 51 p.

UTZ, L.R.P. *Estudo da comunidade zooplanctônica da bacia de aeração do sistema de tratamento de efluentes líquidos da Refinaria Alberto Pasqualini, REFAP, PETROBRÁS, RS.* Porto Alegre, 1997. Dissertação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 145 p.

WETZEL, R.G. *Limnology.* 2ª ed. Philadelphia: Saunders College Publishing. 1975. 743 p.

WILLIAMS, M. *The analysis of biological populations.* Edward Arnold, York, 1971. 171 p.

XAVIER, M.B. *Contribuição aos estudos de variação sazonal do fitoplâncton na represa Billings, São Paulo.* São Paulo, 1979. Dissertação – Faculdade de Saúde Pública.

YAGUINUMA, S. Técnica de abastecimento e tratamento de água. In: *Fluoretação das águas de abastecimento*. CETESB 1987. v.2. Cap. 26. p. 309-317.

ANEXO 1

TABELA 1 - Temperatura do ar (ME=média, MA=máxima e MI=mínima) em graus centígrados (°C) na região do Grande ABC no período de fevereiro a julho de 2004.

DIA	FEV			MAR			ABR			MAI			JUN			JUL		
	ME	MA	MI	ME	MA	MI	ME	MA	MI	ME	MA	MI	ME	MA	MI	ME	MA	MI
1	23,3	31,7	18,0	20,9	28,5	16,1	20,3	26,4	14,8	18,4	25,1	12,3	15,9	21,6	12,1	18,7	25,4	13,2
2	23,3	31,5	18,4	23,4	31,2	17,4	21,6	29,2	17,8	20,4	27,5	14,3	15,7	19,7	12,0	18,6	26,0	12,6
3	22,2	28,2	18,6	22,8	30,4	19,6	22,3	30,0	17,1	21,1	28,4	15,0	15,3	17,4	12,8	19,0	27,0	12,2
4	23,7	32,4	18,6	19,5	20,2	18,0	20,5	23,9	18,7	20,4	26,7	16,5	13,4	16,5	11,1	17,9	22,6	13,1
5	24,7	31,4	20,6	19,2	21,1	17,8	20,7	27,2	16,2	20,3	25,6	16,2	12,3	16,0	7,7	17,6	22,5	15,4
6	20,1	23,2	17,2	19,7	24,0	18,2	19,7	26,2	16,5	18,9	21,8	16,9	12,8	21,0	6,6	16,1	18,6	14,9
7	18,5	21,9	16,3	21,6	28,4	16,8	20,8	26,7	16,2	18,4	22,0	16,2	12,3	19,5	7,6	19,8	26,0	14,3
8	18,7	23,1	15,0	22,8	29,7	17,6	21,4	28,1	17,3	17,4	21,0	13,0	13,6	21,1	6,9	19,6	24,1	14,7
9	19,2	23,9	16,0	24,2	32,0	18,5	20,5	25,4	16,3	15,0	20,2	9,4	15,1	17,0	11,8	17,7	20,3	15,3
10	19,8	24,5	14,9	23,7	28,9	19,2	20,5	24,9	17,3	16,2	19,9	12,9	18,7	23,9	15,2	16,8	19,4	14,0
11	20,4	25,1	17,0	22,1	27,4	18,7	21,2	27,9	16,5	16,7	21,3	13,3	20,4	25,8	17,7	10,9	14,2	9,2
12	21,2	27,2	17,0	20,4	24,0	17,8	21,2	26,2	17,0	18,2	27,0	13,4	15,7	19,4	10,6	13,5	19,3	9,7
13	21,4	28,4	17,6	20,6	25,3	18,0	21,4	26,4	17,8	18,2	21,2	15,2	9,6	13,1	6,6	16,7	23,1	12,1
14	20,9	24,8	17,6	20,5	23,6	18,6	20,6	22,3	19,7	19,0	21,7	16,8	12,2	17,7	7,1	18,7	26,0	13,0
15	22,4	28,9	18,8	21,5	26,7	16,9	21,6	27,9	18,1	16,4	19,4	12,6	15,0	19,6	12,5	19,0	26,6	12,4
16	20,9	25,6	18,4	19,6	25,5	15,2	22,2	26,6	16,9	13,3	19,8	8,3	15,8	22,6	12,2	16,4	22,8	12,6
17	21,9	29,5	16,3	19,9	26,3	14,6	22,9	28,4	18,8	13,6	21,0	7,0	16,0	24,6	10,9	13,4	14,9	12,0
18	24,5	32,5	19,1	20,2	26,4	16,4	22,0	28,1	18,1	15,3	18,5	13,5	15,9	23,8	8,0	12,6	14,4	11,5
19	22,9	30,7	19,0	20,2	28,5	17,2	22,6	28,3	18,1	15,3	17,5	13,7	17,1	23,1	13,2	12,5	13,4	11,5
20	19,2	23,3	17,9	19,0	24,0	16,5	19,6	23,0	17,3	14,5	15,6	13,4	16,1	23,4	11,1	12,8	15,8	10,5
21	20,3	24,6	17,8	17,5	22,8	14,5	20,7	23,6	18,9	15,1	17,5	12,9	17,5	24,5	10,9	12,8	17,5	10,0
22	19,6	22,7	17,1	17,3	22,6	12,8	22,2	28,0	18,6	16,0	19,2	13,2	16,5	24,6	10,6	11,6	15,2	7,4
23	18,5	20,1	16,7	17,2	21,2	15,3	23,2	28,8	17,2	18,9	23,5	14,9	16,1	23,0	10,4	12,2	17,1	8,4
24	18,0	21,0	16,4	17,7	23,1	13,3	21,5	25,4	18,7	17,7	21,4	14,3	17,2	22,7	12,0	12,1	19,5	5,1
25	18,1	20,2	16,3	17,9	24,8	12,3	17,4	19,5	15,2	18,7	20,7	16,2	18,5	23,1	15,3	12,5	18,2	7,8
26	18,1	21,8	14,5	19,0	25,2	12,9	17,2	20,8	14,2	14,3	17,9	10,5	19,1	25,6	16,0	11,6	19,5	5,5
27	21,5	29,7	13,2	20,3	26,8	15,2	17,7	23,0	14,5	12,6	19,2	7,8	18,8	24,2	13,8	13,0	20,4	6,6
28	19,5	26,2	15,0	21,1	28,0	15,8	18,0	23,5	14,5	12,8	16,1	10,8	18,6	24,2	13,9	13,8	20,3	9,6
29	20,5	28,8	13,8	20,4	28,2	16,4	17,3	24,7	13,2	14,8	20,6	10,9	18,6	24,7	12,9	14,2	21,8	8,7
30				19,9	24,3	15,8	18,5	25,5	13,5	16,0	22,5	13,6	18,9	25,5	14,3	15,0	20,5	10,0
31				19,9	25,7	16,4				14,6	15,9	13,4				16,6	23,9	10,2
$\bar{X}$	20,8	26,3	17,0	20,3	26,0	16,4	20,6	25,9	16,8	16,7	21,2	13,2	16,0	21,6	11,5	15,3	20,5	11,1

Fonte: IAG/USP.

TABELA 2 - Pluviometria diária (mm), na região do Grande ABC. SP, durante o período de fevereiro a julho de 2004.

DIA	Meses					
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
01	-	0,0	0,0	-	12,6	0,0
02	3,7	0,0	0,0	-	0,0	0,0
03	0,0	0,0	-	0,0	2,3	-
04	0,0	9,7	-	0,0	14,1	-
05	40,0	52,9	15,5	0,0	-	0,4
06	42,0	-	13,8	0,4	-	0,8
07	-	-	62,3	6,8	0,2	6,0
08	-	2,1	10,0	-	0,0	0,0
09	2,2	0,0	-	-	0,0	-
10	0,4	0,0	-	0,0	4,8	-
11	3,3	0,0	-	0,0	0,0	-
12	0,3	0,0	0,2	0,0	-	1,3
13	0,2	-	0,2	0,0	-	0,2
14	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0
15	-	13,5	3,4	-	0,0	0,0
16	0,3	0,5	24,0	-	0,2	0,0
17	0,0	0,0	-	0,2	1,0	-
18	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-
19	0,0	0,0	1,5	0,0	-	21,3
20	6,3	-	9,6	0,8	-	30,5
21	-	-	1,3	1,4	0,0	8,7
22	-	1,7	4,0	-	0,0	2,8
23	-	2,1	0,0	-	0,0	0,4
24	-	0,0	-	0,0	0,0	-
25	2,9	0,0	-	16,9	0,0	-
26	1,4	0,0	7,5	5,7	-	0,0
27	0,3	-	0,2	0,0	-	0,0
28	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0
29		5,0	0,0	-	0,0	0,0
30		81,0	0,0	-	0,0	0,0
31		0,0		12,1		
Total	**250,5**	**213,1**	**187,8**	**63,7**	**115,0**	**113,2**

Fonte: SABESP/SP.
(-) final de semana e/ou feriado

TABELA 3 - Precipitação pluviométrica mensal (mm) e média histórica na região do Grande ABC durante o período de fevereiro a julho de 2004.

Mês	Pluviometria mensal (mm)	Média histórica (mm)
Fevereiro	250,5	206,6
Março	213,1	187,2
Abril	187,8	103,7
Maio	51,6	82,0
Junho	115,0	58,4
Julho	113,2	49,3

Fonte: SABESP/SP.

TABELA 4 - Variação da temperatura da água (°C), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03	MÉDIA	σ	C.V.
Fevereiro I	26,0	26,0	26,0	26,0	0,0	0
Fevereiro II	24,5	25,0	25,0	24,8	0,3	0,01
Março I	25,0	25,0	25,0	25,0	0,0	0
Março II	23,0	24,0	23,0	23,3	0,6	0,02
Março III	24,0	25,0	24,0	24,3	0,6	0,02
Abril I	23,0	24,0	24,0	23,7	0,6	0,02
Maio I	23,0	24,0	24,0	23,7	0,6	0,02
Maio II	19,8	19,9	19,9	19,9	0,1	0
Junho I	16,0	15,0	15,0	15,3	0,6	0,04
Junho II	22,0	20,0	20,0	20,7	1,2	0,06
Julho I	18,0	18,0	18,0	18,0	0,0	0
Julho II	18,0	18,0	18,0	18,0	0,0	0

TABELA 5 - Variação do pH, superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03	MÉDIA	σ	C.V.
Fevereiro I	6,36	7,71	8,22	7,4	1,0	0,13
Fevereiro II	6,95	8,93	8,95	8,3	1,1	0,14
Março I	6,65	8,42	8,69	7,9	1,1	0,14
Março II	6,74	8,65	8,15	7,8	1,0	0,13
Março III	6,82	8,72	8,91	8,2	1,2	0,14
Abril I	6,37	7,78	7,70	7,3	0,8	0,11
Maio I	6,86	8,72	8,85	8,1	1,1	0,14
Maio II	6,63	8,42	8,49	7,8	1,1	0,13
Junho I	6,59	8,05	8,21	7,6	0,9	0,12
Junho II	6,68	7,98	8,24	7,6	0,8	0,11
Julho I	6,53	8,33	8,39	7,8	1,1	0,14
Julho II	6,69	8,63	8,80	8,0	1,2	0,15

TABELA 6 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03	MÉDIA	σ	C.V.
Fevereiro I	6,44	7,29	7,32	7,0	0,5	0,07
Fevereiro II	7,42	7,06	7,08	7,2	0,2	0,03
Março I	7,71	7,72	7,61	7,7	0,1	0,01
Março II	6,38	6,68	6,90	6,7	0,3	0,04
Março III	6,25	7,60	7,70	7,2	0,8	0,11
Abril I	6,44	7,31	7,20	7,0	0,5	0,07
Maio I	7,83	7,24	7,35	7,5	0,3	0,04
Maio II	8,01	7,94	8,02	8,0	0,0	0,01
Junho I	8,51	8,15	8,58	8,4	0,2	0,03
Junho II	8,01	8,33	8,26	8,2	0,2	0,02
Julho I	8,70	9,73	9,62	9,4	0,6	0,06
Julho II	8,66	9,23	9,23	9,0	0,3	0,04

TABELA 7 - Variação condutividade elétrica ($\mu S\ cm^{-1}$), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03	MÉDIA	σ	C.V.
Fevereiro I	235,0	289,0	294,0	272,7	32,7	0,12
Fevereiro II	212,0	262,0	263,0	245,7	29,2	0,12
Março I	223,0	297,0	297,0	272,3	42,7	0,16
Março II	201,0	227,0	228,0	218,7	15,3	0,07
Março III	195,0	263,0	262,0	240,0	39,0	0,16
Abril I	176,7	238,0	237,0	217,2	35,1	0,16
Maio I	180,4	230,0	231,0	213,8	28,9	0,14
Maio II	177,0	227,0	226,0	210,0	28,6	0,14
Junho I	201,0	253,0	252,0	235,3	29,7	0,13
Junho II	202,0	254,0	253,0	236,3	29,7	0,13
Julho I	201,0	253,0	254,0	236,0	30,3	0,13
Julho II	209,0	270,0	269,0	249,3	34,9	0,14

TABELA 8 - Variação da dureza ($mg\ L^{-1}\ CaCO_3$), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03	MÉDIA	σ	C.V.
Fevereiro I	11,0	47,0	47,0	35,0	20,8	0,59
Fevereiro II	14,0	41,0	51,0	35,3	19,1	0,54
Março I	9,0	48,0	47,0	34,7	22,2	0,64
Março II	11,0	43,0	54,0	36,0	22,3	0,62
Março III	8,0	41,0	43,0	30,7	19,7	0,64
Abril I	12,0	38,0	39,0	29,7	15,3	0,52
Maio I	11,0	46,0	47,0	34,7	20,5	0,59
Maio II	10,0	46,0	46,0	34,0	20,8	0,61
Junho I	9,0	42,0	40,0	30,3	18,5	0,61
Junho II	11,0	41,0	51,0	34,3	20,8	0,61
Julho I	12,0	40,0	33,0	28,3	14,6	0,51
Julho II	11,0	44,0	48,0	34,3	20,3	0,59

TABELA 9 - Variação da DBO ($mg\ L^{-1}$), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03
Fevereiro I	5,0	-	-
Fevereiro II	-	0,0	-
Março I	-	-	4,0
Março II	-	-	3,0
Março III	-	-	*
Abril I	-	-	**
Maio I	-	-	7,0
Maio II	-	-	6,0
Junho I	-	-	3,0
Junho II	-	-	*
Julho I	-	-	7,0
Julho II	-	-	3,0

* Análise não realizada pela ETE do ABC, SP.

** Análise cancelada devido à contaminação da água de diluição.

TABELA 10 - Variação da DQO (mg L^{-1}), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03
Fevereiro I	11,0	-	-
Fevereiro II	-	13,0	-
Março I	-	-	15,0
Março II	-	-	12,0
Março III	-	-	*
Abril I	-	-	10,0
Maio I	-	-	10,0
Maio II	-	-	10,0
Junho I	-	-	9,0
Junho II	-	-	*
Julho I	-	-	9,0
Julho II	-	-	6,0

* Análise não realizada pela ETE do ABC, SP.

TABELA 11 - Variação da cor (uH), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03	MÉDIA	σ	C.V.
Fevereiro I	30,0	15,0	15,0	20,0	8,7	0,43
Fevereiro II	30,0	15,0	15,0	20,0	8,7	0,43
Março I	40,0	15,0	15,0	23,3	14,4	0,62
Março II	50,0	20,0	20,0	30,0	17,3	0,58
Março III	25,0	15,0	15,0	18,3	5,8	0,31
Abril I	30,0	15,0	15,0	20,0	8,7	0,43
Maio I	30,0	15,0	15,0	20,0	8,7	0,43
Maio II	30,0	15,0	15,0	20,0	8,7	0,43
Junho I	30,0	15,0	15,0	20,0	8,7	0,43
Junho II	30,0	15,0	15,0	20,0	8,7	0,43
Julho I	20,0	15,0	15,0	16,7	2,9	0,17
Julho II	20,0	10,0	10,0	13,3	5,8	0,43

TABELA 12 - Variação da turbidez (NTU), superfície e fundo, nas estações de coleta da ETA Rio Grande, SP, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 01 indica a captação, a estação 02 o decantador e 03 o filtro.

Meses	Estação 01	Estação 02	Estação 03	MÉDIA	σ	C.V.
Fevereiro I	5,08	1,50	1,50	2,7	2,1	0,77
Fevereiro II	3,44	1,10	1,10	1,9	1,4	0,72
Março I	2,70	1,40	1,40	1,8	0,8	0,41
Março II	6,60	2,00	2,00	3,5	2,7	0,75
Março III	2,67	0,77	0,77	1,4	1,1	0,78
Abril I	2,53	1,16	1,16	1,6	0,8	0,49
Maio I	1,95	1,40	1,40	1,6	0,3	0,20
Maio II	1,55	0,99	0,99	1,2	0,3	0,27
Junho I	2,09	1,06	1,06	1,4	0,6	0,42
Junho II	2,03	1,24	1,24	1,5	0,5	0,30
Julho I	1,68	0,94	0,94	1,2	0,4	0,36
Julho II	1,46	0,14	0,14	0,6	0,8	1,31

ANEXO 2

TABELA 1 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para o pH nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			1	2	3
1	Estação 1	6,656	\		
2	Estação 2	8,362	*	\	
3	Estação 3	8,467	*	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 0,113

TABELA 2 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para O.D. nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			1	2	3
1	Estação 1	7,530	\		
2	Estação 2	7,857	•	\	
3	Estação 3	7,906	•	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 0,806

TABELA 3 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para a condutividade elétrica nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			1	2	3
1	Estação 1	201,092	\		
2	Estação 2	255,250	*	\	
3	Estação 3	255,500	*	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 462,909

TABELA 4 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para a dureza nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			1	2	3
1	Estação 1	10,750	\		
2	Estação 2	43,083	*	\	
3	Estação 3	45,500	*	•	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 15,641

TABELA 5 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para a cor nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			2	3	1
2	Estação 2	15,000	\		
3	Estação 3	15,000	•	\	
1	Estação 1	30,417	*	*	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 24,937

TABELA 6 - Resultado do teste de Tukey de comparações múltiplas para a turbidez nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004.

Grupo	Identificação	Média	Grupo		
			2	3	1
2	Estação 2	1,142	\		
3	Estação 3	1,142	•	\	
1	Estação 1	2,815	*	*	\

* = diferença significativa (p= 0,05) • = diferença não significativa
Valor de Tukey (3,33) = 3,49 s = 0,940

ANEXO 3

TABELA 1 - Densidade populacional da comunidade zooplanctônica em número de organismos/m^3, na estação 1 (S = superfície e F = fundo), de fevereiro a julho de 2004.

TAXA	Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
PROTOZOA												
Dinoflagellida	230741	27778	596483	49074	0	0	4444	740	29444	11296	21296	29445
Euglena sp.	951298	540370	1180001	689074	85296	77222	566668	551111	199444	152407	112778	153148
Trachelomonas sp.	54630	47593	90926	240370	0	13148	64444	48520	186111	176296	75184	135185
Phacus longicauda	185	925	19629	68889	555	370	4259	3148	2036	6111	3889	17593
Phacus sp. 1	21111	31296	50555	54815	31852	10185	123888	98889	15556	68147	2593	13890
Phacus sp. 2	0	0	22223	42777	185	741	7036	2408	11296	39999	16296	49074
Arcella sp.	0	1296	11295	3517	555	741	370	370	3890	1296	741	741
Heliozoário sp. 1	7038	5185	8889	2037	0	0	43889	31852	67406	28703	3148	5185
Heliozoário sp. 2	0	185	2222	0	185	0	0	0	1667	2038	2963	741
Coleps sp.	9445	136666	46482	585186	0	0	35556	70184	16482	59999	12593	16666
Vorticella sp.	556	185	1667	185	185	0	925	1296	1296	5370	1667	2407
Ciliado sp. 1	1106022	32039	134248	105741	8704	5555	130555	53518	5000	2963	0	0
Ciliado sp. 2	8519	185	34816	0	12593	5371	54260	17593	0	3148	2593	1852
Ciliado sp. 3	0	0	0	0	0	0	555	0	44260	3703	0	0
Ciliado sp. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	18519	555	0	0
ROTIFERA												
Polyarthra sp.	13315	8518	92963	15186	370	0	1296	0	25555	2592	29073	17592
Trichocerca sp. 1	16073	12778	83889	21481	210555	89630	7594	2963	40556	30185	5185	4629
Trichocerca sp. 2	8150	14260	370	1296	0	0	0	0	0	0	33147	17223
Brachionus sp.	597	370	12038	13148	0	370	741	0	7036	1851	6111	8149
Filinia sp.	0	0	0	926	0	0	0	0	0	0	0	0
Kellicottia sp.	0	0	7778	38890	0	0	1481	1481	5000	42777	370	2964
Keratella sp.	29212	31482	246296	33148	0	0	4630	555	149444	62592	231852	109074
Lecane sp.	370	0	185	2406	0	0	185	0	0	370	741	4630
Rotífero sp. 1	8777	4445	515927	145555	555	185	12777	12408	741	2037	1666	9445
Rotífero sp. 2	0	0	15185	185	4815	0	0	0	6296	0	4444	5000
Rotífero sp. 3	0	0	8333	0	0	0	0	0	2963	0	0	0
CLADOCERA												
Bosmina sp.	19	0	19	19	0	0	0	19	111	74	57	57

TABELA 1 - Cont. Densidade populacional da comunidade zooplanctônica em número de organismos/m^3, na estação 1 (S = superfície e F = fundo), de fevereiro a julho de 2004.

TAXA	Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
CLADOCERA												
Diaphanosoma sp.	19	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0
Macrothrix sp.	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostracoda sp. 1	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0
COPEPODA												
Copepoda (juvenis e adultos)	2694	36259	3114	108742	0	10741	5871	19588	5650	18169	1779	14037
Náuplios de Copepoda	351	482	4483	2537	5556	3944	6296	3871	18667	3555	6389	7149
INSECTA												
Larvas de inseto	56	74	57	187	0	0	19	0	76	0	113	75
NEMATODA												
Nematoda sp. 1	0	0	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0

TABELA 2 - Densidade populacional da comunidade zooplanctônica em número de organismos/m^3, na estação 2 (S = superfície), de fevereiro a julho de 2004.

TAXA	Fevereiro S	Março S	Abril S	Maio S	Junho S	Julho S
PROTOZOA						
Dinoflagellida	7221	23332	0	0	0	7964
Euglena sp.	89258	108702	12519	45185	25371	30925
Trachelomonas sp.	26667	27222	0	6852	10370	23889
Phacus longicauda	0	925	185	1481	0	926
Phacus sp. 1	4074	3334	1667	9445	4074	0
Phacus sp. 2	370	925	0	0	1667	741
Arcella sp.	555	370	0	370	185	0
Heliozoário sp. 1	0	0	0	0	1482	0
Heliozoário sp. 2	0	0	0	0	0	555
Coleps sp.	8515	1666	0	0	0	0
Ciliado sp. 1	7222	1111	0	0	2778	0
Ciliado sp. 2	0	370	0	0	0	0
ROTIFERA						
Polyarthra sp.	19999	17036	0	0	20740	27592
Trichocerca sp. 1	1111	8334	19073	0	25369	11481
Trichocerca sp. 2	9075	3519	0	0	0	7037
Brachionus sp.	185	11666	0	0	0	185
Kellicottia sp.	0	6296	0	0	4814	0
Keratella sp.	13519	22962	0	0	30741	62222
Lecane sp.		185	0	0	0	0
Rotífero sp. 1	12223	73332	1111	7592	741	6666
COPEPODA						
Copepoda (juvenis e adultos)	17112	29687	3482	8205	9946	7612
Náuplios de Copepoda	1186	5814	852	1537	5223	9647
INSECTA						
Larvas de inseto	223	93	19	76	150	19

TABELA 3 - Densidade populacional da comunidade zooplanctônica em número de organismos/m^3, na estação 3 (S superfície e F = fundo), de fevereiro a julho de 2004.

TAXA	Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
PROTOZOA												
Dinoflagellida	4259	3333	21296	2963	0	0	185	740	0	2038	10555	40186
Euglena sp.	107779	422555	127592	158702	13333	36296	35001	98704	26296	76666	44628	109444
Trachelomonas sp.	14817	16666	22778	35185	555		9815	30556	13888	42222	15741	31667
Phacus longicauda	0	0	1296	2964	0	0	0	0	1111	1296	555	185
Phacus sp. 1	7778	2964	3147	2964	1111	1853	6668	4074	1851	3518	185	1666
Phacus sp. 2	370	0	0	0	0	0	0	0	0	1853	555	1851
Arcella sp.	370	925	370	926	0	0	0	0	0	0	370	185
Heliozoário sp. 1	185	0	0	0	185	0	370	0	741	555	0	0
Heliozoário sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1666	0
Coleps sp.	3333	12222	1482	4445	0	0	0	0	556	0	0	0
Ciliado sp. 1	12222	37777	370	0	0	0	185	0	0	740	740	0
ROTIFERA												
Polyarthra sp.	20740	12777	15000	11482	0	0	0	0	26851	7593	40370	5741
Trichocerca sp. 1	1111	10556	3333	3703	15926	13704	0	370	21852	10556	1296	3703
Trichocerca sp. 2	26851	80741	5185	1296	0	0	0	185	0	0	30741	8335
Brachionus sp.	555	925	12222	3889	0	0	0	0	0	0	185	370
Kellicottia sp.	0	0	7592	16852	0	0	0	0	3333	1295	555	
Keratella sp.	12037	7963	22592	28148			925		27407	1481	90185	12407
Rotífero sp. 1	17777	44074	25926	22222	2592	185	7962	2038	1111	0	9074	3333
COPEPODA												
Copepoda (juvenis e adultos)	13665	12723	35408	7318	2926	1518	6186	1464	6055	560	10648	799
Náuplios de Copepoda	795	667	5315	1982	870	1259	1131	130	3222	76	8834	243
INSECTA												
Larvas de inseto	38	38	150	38	0	0	169	0	57	38	57	0
NEMATODA												
Nematoda sp. 1	0	0	38	0	19	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO 4

TABELA 1 - Variação temporal da densidade da comunidade zooplanctônica (nº inds/m^3), obtida na superfície das estações de coleta na ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação, estação 2 o decantador e a 3 o filtro.

	Densidade Numérica (nº inds/m^3) – Superfície		
Meses	Estação 1	Estação 2	Estação 3
Fevereiro I	1.856.889	105.890	83.278
Fevereiro II	610.790	112.907	161.594
Março I	1.621.056	222.963	199.929
Março II	352.316	29.074	30.666
Março III	1.221.520	94.038	81.778
Abril I	363.353	39.907	37.520
Maio I	803.205	34.908	43.390
Maio II	259.963	46.020	25.410
Junho I	307.151	36.186	18.630
Junho II	557.351	107.465	116.354
Julho I	345.982	147.391	181.816
Julho II	230.687	53.962	85.131

TABELA 2 - Variação temporal da densidade da comunidade zooplanctônica (nº inds/m^3), obtida no fundo das estações de coleta na ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação e a estação 3 o filtro.

	Densidade Numérica (nº inds/m^3) - Fundo	
Meses	Estação 1	Estação 3
Fevereiro I	304.944	494.594
Fevereiro II	644.706	175.356
Março I	934.167	136.500
Março II	436.760	82.656
Março III	857.334	85.724
Abril I	218.201	54.817
Maio I	740.037	95.872
Maio II	181.094	42.389
Junho I	255.427	34.651
Junho II	461.167	115.834
Julho I	231.558	143.741
Julho II	394.391	76.574

TABELA 3 - Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (nº inds/m^3), nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação, estação 2 o decantador e a 3 o filtro (S= Superfície e F= Fundo).

	Densidade Numérica (nº inds/m^3)				
	Estação 1		Estação 2	Estação 3	
Meses	S	F	S	S	F
Fevereiro I	1.782.962	252.037	56.296	29.445	381.111
Fevereiro II	606.578	588.890	87.592	121.667	118.334
Março I	724.629	708.704	85.556	100.371	55.925
Março II	316.852	386.296	13.704	11.666	78.890
Março III	1.157.963	746.666	68.518	66.296	73.334
Abril I	140.741	113.330	15.370	15.186	38.149
Maio I	781.667	714.260	24.815	32.963	93.334
Maio II	240.556	165.370	38.519	19.445	40.741
Junho I	281.111	216.667	19.629	9.445	32.963
Junho II	321.296	335.185	26.297	35.000	95.925
Julho I	95.555	117.038	39.260	46.111	114.259
Julho II	160.165	308.889	25.740	28.889	71.111

TABELA 4 - Variação temporal da densidade numérica de Rotifera (nº inds/m^3), nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação, estação 2 o decantador e a 3 o filtro (S= Superfície e F= Fundo).

	Densidade Numérica (nº inds/m^3)				
	Estação 1		Estação 2	Estação 3	
Meses	S	F	S	S	F
Fevereiro I	73.704	49.074	43.704	50.371	110.001
Fevereiro II	1.155	22.778	12.778	28.889	47.037
Março I	891.666	204.814	119.444	77.593	73.333
Março II	28.148	12.037	2.222	3.148	2.777
Março III	63.149	57.630	21.667	12.407	11.667
Abril I	216.297	90.186	20.185	18.519	13.890
Maio I	21.111	14.222	6.667	7.408	1.667
Maio II	7.592	3.705	1.111	1.482	925
Junho I	25.186	30.186	10.000	5.926	1.483
Junho II	212.407	112.222	72.408	74.630	19.445
Julho I	243.889	97.593	88.705	118.149	28.704
Julho II	68.704	81.111	25.370	54.260	5.185

TABELA 5 - Cont. Variação temporal da densidade numérica de Copepoda (copépodos calanóides e ciclopóides, copepoditos e náuplios) (nº inds/m^3), nas estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação, estação 2 o decantador e a 3 o filtro (S= Superfície e F= Fundo).

	Densidade Numérica (nº inds/m^3)				
	Estação 1		Estação 2	Estação 3	
Meses	S	F	S	S	F
Fevereiro I	223	3.777	5.815	3.444	3.463
Fevereiro II	2.963	33.019	12.481	11.019	9.966
Março I	4.723	20.518	17.963	21.890	7.204
Março II	7.297	38.333	13.740	15.852	989
Março III	371	52.926	3.797	2.981	704
Abril I	6.315	14.685	4.333	3.796	2.778
Maio I	352	11.555	3.426	2.944	871
Maio II	11.815	12.000	6.315	4.370	722
Junho I	740	8.500	6.445	3.240	205
Junho II	23.610	13.648	8.722	6.686	426
Julho I	6.444	5.296	19.388	17.537	778
Julho II	68.704	4.334	2.852	1.944	278

TABELA 6 - Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (nº inds/m^3), da estação 1, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS					
	Dinoflagellida		*Euglena sp.*		*Trachelomonas sp.*	
Meses	S	F	S	F	S	F
Fevereiro I	166.667	15.741	451.297	53.889	46.667	21.853
Fevereiro II	64.074	12.037	500.001	486.481	7.963	25.740
Março I	90.741	20.371	500.001	119.814	16.296	56.481
Março II	5.741	2.222	179.999	69.259	30.555	72.037
Março III	500.001	26.481	500.001	500.001	44.075	111.852
Abril I	0	0	85.926	77.222	0	13.148
Maio I	3.704	3.704	500.001	500.001	18.334	19.630
Maio II	740	740	66.667	51.110	46.110	28.890
Junho I	1111	1.111	35.555	35.000	84.630	60.555
Junho II	28.333	28.333	163.889	117.407	101.481	115.741
Julho I	2.963	3.148	51.111	45.000	18.518	39.444
Julho II	18.333	26.297	61.667	108.148	56.666	95.741

TABELA 6 - Cont. Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (n° inds/m^3), da estação 1, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS					
	Euglenida		*Arcella sp.*		Heliozoea	
Meses	S	F	S	F	S	F
Fevereiro I	1.666	740	0	1.111	3.705	2.407
Fevereiro II	19.630	31.481	0	185	3.333	2.963
Março I	1.297	11.297	5.370	370	2.592	370
Março II	52.963	58.888	3.703	1.851	8.519	1.667
Março III	38.148	96.296	2.222	1.297	0	0
Abril I	32.592	11.296	555	740	185	0
Maio I	72.963	57.962	0	0	26.112	22.038
Maio II	62.220	46.483	370	370	17.777	9.814
Junho I	22.406	69.073	1.297	370	63.518	22.222
Junho II	6.482	34.814	2.593	925	5.555	8.704
Julho I	9.999	26.297	555	740	2.592	740
Julho II	12.779	54.260	185	0	3.519	5.185

TABELA 6 - Cont. Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (n° inds/m^3), da estação 1, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS			
	Coleps sp.		Ciliophora	
Meses	S	F	S	F
Fevereiro I	0	136.666	1.112.964	19.629
Fevereiro II	9.445	17.222	2.133	12.780
Março I	25.371	500.001	82.964	0
Março II	21.111	85.185	14.259	95.185
Março III	0	0	73518	10.741
Abril I	0	0	21.482	10.926
Maio I	32.037	57.963	143.148	56.296
Maio II	3.519	12.221	43.147	16.111
Junho I	6.667	24.444	65.297	4.999
Junho II	9.815	35.555	3.148	10.740
Julho I	8.148	1.481	1.667	185
Julho II	4.445	15.185	2.593	4.074

TABELA 7 - Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (nº inds/m^3), na superfície da estação 2, no período de fevereiro a julho de 2004.

	TAXONS							
Meses	Dinoflagellida	*Euglena sp.*	*Trachelomonas sp.*	Euglenida	*Arcella sp.*	Heliozoea	*Coleps sp.*	Ciliophora
Fevereiro I	5.555	20.740	16.111	370	0	0	8.515	4.999
Fevereiro II	1.666	68.518	10.556	4.074	555	0	0	2.222
Março I	10.185	58.518	12.963	1.481	370	0	1.297	740
Março II	0	7.222	2.778	2.778	0	0	370	740
Março III	13.147	42.962	11.481	925	0	0	0	0
Abril I	0	12.519	0	1.852	0	0	0	0
Maio I	0	17.222	4.259	3.333	0	0	0	0
Maio II	0	27.961	2.593	7.592	370	0	0	0
Junho I	0	10.926	2.963	2.408	0	555	0	2.778
Junho II	0	14.445	7.407	3.333	185	927	0	0
Julho I	4.075	21.481	12.963	740	0	0	0	0
Julho II	3.889	9.444	10.926	925	0	555	0	0

TABELA 8 - Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (n° inds/m^3), da estação 3, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS					
	Dinoflagellida		*Euglena sp.*		*Trachelomonas sp.*	
Meses	S	F	S	F	S	F
Fevereiro I	925	2.036	13.149	327.925	9.259	14.259
Fevereiro II	3.333	1.296	94.630	94.630	5.555	2.407
Março I	16.481	1.296	65.740	51.666	17.038	1.922
Março II	0	0	7.963	46.851	555	23.819
Março III	4.815	1.668	53.889	60.185	5.185	9.444
Abril I	0	0	13.333	36.296	555	0
Maio I	0	0	24.630	72.593	4.815	18.704
Maio II	186	185	10.371	26.111	5.000	11.852
Junho I	0	0	3.703	23.518	3.333	5.555
Junho II	0	2.038	22.593	53.148	10.555	36.666
Julho I	3.889	18.149	30.740	75.185	9.630	18.148
Julho II	6.666	22.037	13.888	34.259	6.111	13.519

TABELA 8 - Cont. Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (n° inds/m^3), da estação 3, no período de fevereiro de 2004 a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS					
	Euglenida		*Arcella sp.*		Heliozoea	
Meses	S	F	S	F	S	F
Fevereiro I	370	925	185	185	185	0
Fevereiro II	7.777	2.038	185	740	0	0
Março I	555	740	185	0	0	0
Março II	1.481	3.149	185	926	0	0
Março III	2.407	2.038	0	0	0	0
Abril I	1.111	1.853	185	0	0	0
Maio I	2.964	2.037	370	0	0	0
Maio II	3.704	2.037	0	0	0	0
Junho I	1.851	2.593	0	0	0	555
Junho II	1.111	4.074	0	0	740	0
Julho I	740	2.592	370	0	0	0
Julho II	555	1.111	0	0	1.666	0

TABELA 8 - Cont. Variação temporal da densidade numérica de Protozoa (n° inds/m^3), da estação 3, no período de fevereiro de 2004 a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS			
	Coleps sp.		Ciliophora	
Meses	S	F	S	F
Fevereiro I	185	5.555	5.185	27.222
Fevereiro II	3.148	6.666	7.037	10.555
Março I	0	0	370	0
Março II	1.482	4.445	0	0
Março III	0	0	0	0
Abril I	0	0	0	0
Maio I	0	0	185	0
Maio II	0	0	185	0
Junho I	555	0	0	740
Junho II	0	0	0	0
Julho I	0	0	740	0
Julho II	0	0	0	0

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP-IPEN

TABELA 9 - Variação temporal da densidade numérica de Rotifera (nº inds/m^3), da estação 1, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS									
	Polyarthra sp.		Trichocerdidae		*Brachionus sp.*		*Kellicotia sp.*		*Keratella sp.*.	
Meses	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
Fevereiro I	12.962	2.592	22.224	23.890	555	0	0	0	28.888	19.444
Fevereiro II	353	5.926	1.999	3.148	778	370	0	0	6.000	12.038
Março I	62.407	9.074	62.037	6.111	9.630	11.852	7.778	36.667	227.592	31.667
Março II	2.037	0	15.000	.852	0	555	0	370	0	185
Março III	28.519	6.112	7.222	9.814	2.408	740	0	1.853	18.704	1.296
Abril I	370	0	210.555	89.630	0	370	0	0	0	0
Maio I	1.296	0	7.038	2.593	740	0	185	0	0	0
Maio II	0	0	555	370	0	0	1.296	1.481	4.630	555
Junho I	1.481	555	2.408	185	2.036	370	5.000	20.741	14.074	6.851
Junho II	24.074	2.037	38.148	30.000	5.000	1.481	0	22.036	135.370	55.741
Julho I	10.741	10.741	11.481	9.073	1.852	925	0	1.667	210.000	68.889
Julho II	6.851	6.851	26.851	12.779	4.259	7.223	370	1.297	21.852	40.185

TABELA 10 - Variação temporal da densidade numérica de Rotifera (nº inds/m^3), na superfície da estação 2, no período de fevereiro a julho de 2004.

	TAXONS				
Meses	*Polyarthra sp.*	Trichocerdidae	*Brachionus sp.*	*Kellicotia sp.*	*Keratella sp.*
Fevereiro I	16.296	9.630	185	0	7.593
Fevereiro II	3.702	555	0	0	5.926
Março I	9.074	7.223	11.666	6.296	21.852
Março II	0	740	0	0	0
Março III	7.962	3.889	0	0	1.111
Abril I	0	19.073	0	0	0
Maio I	0	0	0	0	0
Maio II	0	0	0	0	0
Junho I	185	555	0	2.963	5.926
Junho II	20.555	24.814	0	1.851	24.815
Julho I	21.296	8.148	185	0	53.519
Julho II	6.296	10.370	0	0	8.703

TABELA 11 - Variação temporal da densidade numérica de Rotifera (n° inds/m^3), da estação 3, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS									
	Polyarthra sp.		Trichocerdidae		*Brachionus sp.*		*Kellicotia sp.*		*Keratella sp.*	
Meses	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
Fevereiro I	13.333	7.777	18.888	58.333	0	0	0	0	8.704	5.741
Fevereiro II	7.407	5.000	9.074	32.964	555	925	0	0	3.333	2.222
Março I	12.222	7.964	5.926	3.518	11.667	3.889	7.592	16.111	21.296	27.223
Março II	0	0	740	555	0	0	0	740	0	0
Março III	2.778	3.518	1.851	925	555	0	0	0	1.296	925
Abril I	0	0	15.926	0	0	0	0	0	0	13.704
Maio I	0	0	0	370	0	0	0	0	0	0
Maio II	0	0	0	185	0	0	0	0	925	0
Junho I	740	0	925	0	0	0	1.666	925	2.592	555
Junho II	26.111	7.593	20.926	10.556	0	0	1.666	370	24.815	925
Julho I	26.296	5.741	9.815	9.074	185	370	0	0	74.629	11.111
Julho II	14.074	0	22.222	2.964	0	0	555	0	15.556	1.296

TABELA 12 - Variação temporal da densidade numérica de Copepoda (copépodos calanóides e ciclopóides, copepoditos) e náuplios (n° inds/m^3), da estação 1, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS			
	Copepoda		Náuplios	
Meses	S	F	S	F
Fevereiro I	93	3.576	75	205
Fevereiro II	2.686	32.684	278	334
Março I	891	19.463	3.833	1.055
Março II	7.001	37.760	297	575
Março III	222	52.019	149	907
Abril I	759	10.741	5.556	3.944
Maio I	186	11.317	167	241
Maio II	5.685	8.371	6.129	3.630
Junho I	261	7.167	445	1.333
Junho II	5.389	11.427	18.222	2.222
Julho I	1.519	11.888	4.926	4.964
Julho II	260	2.149	1.463	2.185

TABELA 13 - Variação temporal da densidade numérica de Copepoda (copépodos calanóides e ciclopóides, copepoditos) e náuplios (nº inds/m^3), na superfície da estação 2, no período de fevereiro a julho de 2004.

	TAXONS	
Meses	Copepoda	Náuplios
Fevereiro I	5.240	575
Fevereiro II	11.70	611
Março I	8.278	5.037
Março II	13.371	371
Março III	3.390	408
Abril I	3.482	852
Maio I	3.001	426
Maio II	5.204	1.111
Junho I	4.982	1.463
Junho II	4.964	3.760
Julho I	6.019	8.389
Julho II	1.593	1.258

TABELA 14 - Variação temporal da densidade numérica de Copepoda (copépodos calanóides e ciclopóides, copepoditos) e náuplios (nº inds/m^3), da estação 3, no período de fevereiro a julho de 2004 (S= Superfície e F= Fundo).

	TAXONS			
	Copepoda		Náuplios	
Meses	S	F	S	F
Fevereiro I	3.371	3.390	75	75
Fevereiro II	10.296	9.337	723	593
Março I	17.518	5.390	4.371	1.814
Março II	15.149	1.315	703	75
Março III	2.741	613	241	93
Abril I	2.926	1.518	870	1.259
Maio I	2.482	797	464	74
Maio II	3.704	667	667	56
Junho I	2.352	187	889	19
Junho II	3.703	373	2.981	57
Julho I	9.592	630	7.945	149
Julho II	1.056	187	889	94

ANEXO 5

TABELA 1 - Valores de diversidade obtidos na superfície das estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação, a estação 2 o decantador e 3 o filtro.

	DIVERSIDADE		
Meses	Estação 1	Estação 2	Estação 3
Fevereiro I	1,20	2,31	2,20
Fevereiro II	1,27	1,57	1,80
Março I	1,96	2,09	1,93
Março II	1,96	0,85	0,87
Março III	1,87	1,91	1,71
Abril I	1,50	1,61	1,72
Maio I	1,96	1,65	1,75
Maio II	2,22	1,55	1,68
Junho I	2,25	1,93	1,97
Junho II	2,11	2,11	2,14
Julho I	1,75	1,88	1,95
Julho II	2,28	2,23	2,22
H Médio	1,86	1,81	1,83

TABELA 2 - Valores de equitatividade obtidos na superfície das estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação, a estação 2 o decantador e 3 o filtro.

	EQUITATIVIDADE		
Meses	Estação 1	Estação 2	Estação 3
Fevereiro I	0,41	0,72	0,78
Fevereiro II	0,30	0,55	0,64
Março I	0,70	0,68	0,57
Março II	0,50	0,20	0,22
Março III	0,70	0,66	0,51
Abril I	0,50	0,62	0,67
Maio I	0,65	0,60	0,65
Maio II	0,82	0,58	0,55
Junho I	0,73	0,63	0,67
Junho II	0,76	0,79	0,83
Julho I	0,48	0,66	0,76
Julho II	0,75	0,84	0,78
E Médio	0,61	0,63	0,64

TABELA 3 - Valores de riqueza obtidos na superfície das estações de coleta da ETA Rio Grande, no período de fevereiro a julho de 2004. A estação 1 indica a captação, a estação 2 o decantador e 3 o filtro.

	RIQUEZA		
Meses	Estação 1	Estação 2	Estação 3
Fevereiro I	18	17	18
Fevereiro II	18	16	18
Março I	26	19	19
Março II	23	12	10
Março III	17	13	15
Abril I	15	09	10
Maio I	22	08	10
Maio II	19	09	12
Junho I	24	15	13
Junho II	22	16	14
Julho I	23	16	18
Julho II	25	13	15
S Médio	21	14	14

ANEXO 6

TABELA 1 - Crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia*, em cultivo de 30 mL, em diferentes dietas a 20(±1)°C.

Idade (dias)	Dietas		
	1	2	3
0	5	5	5
1	70	10	10
2	360	110	170
3	1130	630	410
4	2550	2720	1430
5	5550	17450	3220
6	11860	43650	7860
7	11840	57320	12320
8	12760	58110	12860
9	12530	55110	11270
10	13510	54620	17550
11	14430	52120	10190

Dietas: 1 - infusão; 2 - infusão e fermento Dr. Oetker®; 3 - infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®).

TABELA 2 - Parâmetros da água na infusão de *Paramecium* cf *aurelia* a 20(±1)°C.

Data Inicial	Data Final	Dietas	pH		Condutividade $\mu S\ cm^{-1}$		O. D. $mg\ L^{-1}$	
			Ini	Fin	Ini	Fin	Ini	Fin
22/07/2004	02/08/2004	1	7,00	8,41	1007	1253	7,42	7,02
22/07/2004	02/08/2004	2	7,00	8,43	1007	1242	7,42	7,02
22/07/2004	02/08/2004	3	7,00	8,39	1007	1085	7,42	7,02

TABELA 3 - Crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia*, em cultivo de 30 mL, em diferentes dietas a 25(±1)°C.

Idade (dias)	Dietas		
	1	2	3
0	5	5	5
1	70	160	80
2	940	1590	300
3	3910	17600	1650
4	7360	41660	8660
5	7820	41370	9210
6	14570	44420	13930
7	13210	47590	13090
8	12230	41310	13420
9	12200	49790	16100
10	16290	50850	16480
11	12690	42730	12600

Dietas: 1 - infusão; 2 - infusão e fermento Dr. Oetker®; 3 - infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®).

TABELA 4 - Parâmetros da água na infusão de *Paramecium* cf *aurelia* a 25(± 1)°C.

Data Inicial	Data Final	Dietas	pH		Condutividade µS cm^{-1}		O. D. mg L^{-1}	
			Ini	Fin	Ini	Fin	Ini	Fin
22/07/2004	02/08/2004	1	7,00	8,20	1007	1585	7,42	6,76
22/07/2004	02/08/2004	2	7,00	8,22	1007	1611	7,42	6,76
22/07/2004	02/08/2004	3	7,00	8,34	1007	1833	7,42	6,76

TABELA 5 - Crescimento populacional de *Paramecium* cf *aurelia*, em cultivo de 30 mL, em diferentes dietas a 28(±1)°C.

Idade (dias)	**Dietas**		
	1	**2**	**3**
0	5	5	5
1	910	590	1050
2	8350	11300	9730
3	8300	29560	12360
4	13140	42940	15790
5	14310	39510	15650
6	9750	43000	12680
7	11400	45430	12810
8	9140	50440	9250
9	7630	48040	8130
10	12600	48230	9170
11	9710	44340	6010

Dietas: 1 - infusão; 2 - infusão e fermento Dr. Oetker®; 3 - infusão e ração composta (ração de peixe e fermento Dr. Oetker®).

TABELA 6 - Parâmetros da água na infusão de *Paramecium* cf *aurelia* a 28(± 1)°C.

Data Inicial	Data Final	Dietas	pH		Condutividade µS cm^{-1}		O. D. mg L^{-1}	
			Ini	Fin	Ini	Fin	Ini	Fin
22/07/2004	02/08/2004	1	7,00	7,77	1007	929	7,42	7,02
22/07/2004	02/08/2004	2	7,00	8,22	1007	893	7,42	7,02
22/07/2004	02/08/2004	3	7,00	8,33	1007	991	7,42	7,02

ANEXO 7

Cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* 2004

No. do Béquer	Data	Alimento (0,02 g/30mL)	Infusão						No. inds. inicial	Resp.
			pH		O.D.		Condutividade			
			Ini	fin	ini	fin	Ini	Fin		
01	22/04/04	X	7,00	7,77	7,80	7,63	929	1453	05	Carla
02	29/04/04	X	7,00	8,10	7,42	7,13	1036	2145	05	Carla
03	06/05/04	X	7,00	8,22	7,80	7,74	1119	1837	05	Carla
04	13/05/04	X	7,01	8,33	7,35	7,01	1205	1941	05	Carla
05	20/05/04	X	7,05	7,22	7,80	8,80	816	1722	05	Carla
06	27/05/04	X	7,00	7,51	7,70	7,50	927	1563	05	Carla
07	03/06/04	X	6,99	7,43	7,80	7,10	869	1396	05	Carla
08	10/06/04	X	7,00	7,84	8,00	7,70	1007	2537	05	Carla
09	17/06/04	X	7,01	7,12	6,50	7,10	705	1633	05	Carla
10	24/06/04	X	7,03	7,46	7,80	7,20	943	2001	05	Carla
11	01/07/04	X	7,02	8,67	7,80	7,10	1498	3456	05	Carla
12	08/07/04	X	7,00	8,53	8,40	8,10	1423	3450	05	Carla
13	15/07/04	X	7,00	8,64	7,80	7,50	1513	3551	05	Carla
14	22/07/04	X	6,84	8,01	7,80	9,50	1095	2677	05	Carla
15	29/07/04	X	6,84	8,07	7,84	7,43	926	1941	05	Carla
16	05/08/04	X	6,88	8,32	7,80	7,60	1197	2028	05	Carla
17	12/08/04	X	6,88	8,46	8,10	7,80	1364	2533	05	Carla
18	19/08/04	X	7,03	8,53	8,40	9,10	1419	2614	05	Carla
19	26/08/04	X	7,02	7,11	7,80	6,40	705	16 63	05	Carla
20	02/09/04	X	7,01	7,95	7,50	6,90	1223	1924	05	Carla
21	09/09/04	X	7,00	8,49	7,80	6,60	1416	2414	05	Carla
22	16/09/04	X	7,00	8,90	7,40	6,70	1889	3429	05	Carla
23	23/09/04	X	6,99	8,66	7,00	6,80	1605	2998	05	Carla
24	30/09/04	X	6,99	8,93	7,20	7,50	1793	3129	05	Carla

Cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* 2004/2005

No. do Béquer	Data	Alimento (0,02 g/30mL)	Infusão						No. inds. inicial	Resp.
			pH		O.D.		Condutividade			
			Ini	fin	ini	Fin	Ini	fin		
25	07/10/04	X	7,00	8,95	8,10	7,80	1875	2513	05	Carla
26	14/10/04	X	7,05	8,13	8,23	7,49	1223	1997	05	Carla
27	21/10/04	X	6,99	7,48	8,40	7,70	1101	1835	05	Carla
28	28/10/04	X	7,01	8,42	8,00	7,70	1399	2412	05	Carla
29	04/11/04	X	7,00	8,69	7,81	7,53	1513	3312	05	Carla
30	11/11/04	X	6,98	7,13	7,70	7,40	837	1416	05	Carla
31	18/11/04	X	6,99	7,33	7,80	7,60	912	1941	05	Carla
32	25/11/04	X	6,99	8,12	7,83	7,70	1194	2334	05	Carla
33	02/12/04	X	6,98	7,19	7,60	7,20	901	1577	05	Carla
34	09/12/04	X	7,03	7,48	7,80	7,60	1038	2111	05	Carla
35	16/12/04	X	7,00	8,69	7,77	7,40	1523	2941	05	Carla
36	23/12/04	X	7,01	8,42	7,70	7,60	1007	1998	05	Carla
37	30/12/04	X	7,06	8,12	7,70	7,40	837	1413	05	Carla
38	06/01/05	X	7,00	7,31	8,10	7,90	794	1362	05	Carla
39	13/01/05	X	6,99	7,16	7,80	7,60	731	1128	05	Carla
40	20/01/05	X	6,87	7,10	7,30	7,20	707	1093	05	Carla
41	27/01/05	X	6,84	7,16	7,70	7,40	723	1136	05	Carla
42	03/02/05	X	6,84	7,88	6,90	6,41	1341	2246	05	Carla
43	10/02/05	X	6,83	8,45	7,20	6,80	1490	2535	05	Carla
44	17/02/05	X	6,88	8,35	6,90	6,80	1519	2995	05	Carla
45	24/02/05	X	6,98	8,08	7,50	7,10	1208	2396	05	Carla
46	03/03/05	X	6,99	8,19	8,20	7,90	1308	1999	05	Carla
47	10/03/05	X	6,88	8,22	8,10	7,80	1331	1974	05	Carla
48	17/03/05	X	6,87	8,24	7,90	7,80	1417	2012	05	Carla

Cultivo de *Paramecium* cf *aurelia* 2005

No. do Béquer	Data	Alimento (0,02 g/30mL)	Infusão						No. inds. inicial	Resp.
			pH		O.D.		Condutividade			
			Ini	fin	ini	Fin	Ini	Fin		
49	24/03/05	X	6,99	8,14	7,50	7,20	924	1260	05	Carla
50	31/03/05	X	7,03	7,86	8,00	7,80	920	2113	05	Carla
51	07/04/05	X	7,03	7,19	7,40	6,70	816	1931	05	Carla
52	14/04/05	X	6,99	7,43	8,00	6,80	864	1425	05	Carla
53	21/04/05	X	6,98	8,25	7,10	6,10	920	1921	05	Carla
54	28/04/05	X	6,98	8,33	8,00	6,50	893	3450	05	Carla
55	05/05/05	X	6,87	8,64	7,40	7,10	1745	2001	05	Carla
56	12/05/05	X	6,87	7,48	7,70	7,60	837	1433	05	Carla
57	19/05/05	X	6,99	8,37	8,23	7,80	919	1452	05	Carla
58	25/05/05	X	6,98	8,55	7,90	7,70	931	1941	05	Carla
59	02/06/05	X	7,01	8,59	8,10	7,90	1506	3960	05	Carla
60	09/06/05	X	7,03	8,62	8,00	7,80	1565	1947	05	Carla
61	16/06/05	X	7,00	8,56	6,90	6,80	1119	1577	05	Carla
62	23/06/05	X	6,99	8,60	7,30	9,20	933	1663	05	Carla
63	30/06/05	X	6,99	8,47	8,00	10,00	902	1428	05	Carla

ANEXO 8

LABORATÓRIO DE ECOTOXICOLOGIA

PREPARO DE SOLUÇÕES-ESTOQUE E DE SOLUÇÕES-TESTE

Sustância-teste	Água de diluição	Data	Responsável
NaCl	Água destilada reconstituída e infusão de alface	10/01/05	Carla

PREPARO DE SOLUÇÕES-ESTOQUE

Concentração desejada da solução-estoque	Volume de Água de diluição (mL)
10 g L^{-1}	1000

PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTE

Concentração desejada da solução-teste (g $.L^{-1}$)	Volume da solução-estoque adicinado (Vi x Ci = Vf x Cf) (mL)				Volume de água de diluição (mL)
	Vi	Ci	Vf	Cf	
0,5	500	100	10.000	5,0	95,0
0,93	930	100	10.000	9,3	90,7
1,73	1730	100	10.000	17,3	82,7
3,22	3220	100	10.000	32,2	67,8
4,95	4950	100	10.000	49,5	50,5
6,00	6000	100	10.000	60,0	40,0

LABORATÓRIO DE ECOTOXICOLOGIA

Teste de avaliação da sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* - Teste Preliminar 1

Início do teste: 10/01/05				Final do teste: 12/01/05	
Água de cultivo e/ou de diluição				Substância de Referência	Responsável
Água destilada reconstituída	pH	OD (mg L^{-1})	Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)	NaCl	Carla
	7,00	7,60	710		

Concentração (g L^{-1})	Número de indivíduos 48 horas			pH		Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)		OD (mg L^{-1})	
	1	2	CV (%)	ini	Fin	ini	fin	ini	fin
Controle	651	874	21	7,00	6,95	710	746	7,60	7,40
0,50	703	337	50	7,03	7,38	1770	1382	7,60	7,40
0,93	621	647	3	7,08	7,20	2830	2590	7,60	7,40
1,73	708	748	4	7,11	7,30	6960	5180	7,60	7,40
3,22	246	202	14	7,09	7,27	-	-	7,60	7,40
4,95	0	0	-	7,06	6,87	-	-	7,60	7,40
6,00	0	0	-	6,99	7,20	-	-	7,60	7,40
Resultado: 2,6391			CV Médio: 18	Método estatístico utilizado: CI					

Toxicant/Effluent: NaCl
Test Start Date: 10/01/05 Test Ending Date: 12/01/05
Test Species: *Paramecium* cf *aurelia*
Test Duration: 48 horas
Teste Preliminar 1

Conc. ID	Number Replicates	Concentration	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	2	0.000	762.500	157.685	762.500
2	2	0.500	520.000	258.801	627.333
3	2	0.930	634.000	18.385	627.333
4	2	1.730	728.000	28.284	627.333
5	2	3.220	224.000	31.113	224.000
6	2	4.950	0.000	0.000	0.000
7	2	6.000	0.000	0.000	0.000

The Linear Interpolation Estimate: 2.6391 Entered P Value: 50

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 2.6315 Standard Deviation: 0.1519
Original Confidence Limits: Lower: 2.2929 Upper: 2.9038
Expanded Confidence Limits: Lower: 1.2544 Upper: 3.6981

LABORATÓRIO DE ECOTOXICOLOGIA

Teste de avaliação da sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* - Teste Preliminar 2

Início do teste: 21/02/05				Final do teste: 23/02/05	
Água de cultivo e/ou de diluição				Substância de Referência	Responsável
Água destilada reconstituída	PH	OD (mg L^{-1})	Cond. (µS cm^{-1})	NaCl	Carla
	6,84	7,70	713		

Concentração (g L^{-1})	Número de indivíduos 48 horas			pH		Cond. (µS cm^{-1})		OD (mg L^{-1})	
	1	2	CV (%)	ini	Fin	ini	fin	ini	fin
Controle	216	274	17	6,84	7,73	713	659	7,70	6,91
0,50	403	412	2	7,13	7,42	1376	1404	7,70	6,91
0,93	604	514	11	7,08	7,21	2113	1982	7,70	6,91
1,73	597	721	13	7,04	7,79	3413	2770	7,70	6,91
3,22	261	241	6	6,99	7,25	5784	4339	7,70	6,91
4,95	7	4	39	7,05	7,82	7880	6994	7,70	6,91
6,00	0	0	-	6,99	7,93	10170	8714	7,70	6,91
Resultado: 3,3411			CV Médio: 15	Método estatístico utilizado: CI					

Toxicant/Effluent: NaCl
Test Start Date: 21/02/05 Test Ending Date: 23/02/05
Test Species: *Paramecium* cf *aurelia*
Test Duration: 48 horas
Teste Preliminar 2

Conc. ID	Number Replicates	Concentration	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	2	0.000	245.000	41.012	467.625
2	2	0.500	407.500	6.364	467.625
3	2	0.930	559.000	63.640	467.625
4	2	1.730	659.000	87.681	467.625
5	2	3.220	251.000	14.142	251.000
6	2	4.950	5.500	2.121	5.500
7	2	6.000	0.000	0.000	0.000

The Linear Interpolation Estimate: 3.3411 Entered P Value: 50

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 3.3329 Standard Deviation: 0.0672
Original Confidence Limits: Lower: 3.1950 Upper: 3.4908
Expanded Confidence Limits: Lower: 2.7566 Upper: 3.9400

Teste de avaliação da sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* - Teste Preliminar 3

Início do teste: 27/02/05				Final do teste: 29/02/05	
Água de cultivo e/ou de diluição				Substância de Referência	Responsável
Água destilada reconstituída	pH	OD (mg L^{-1})	Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)	NaCl	Carla
	6,88	7,70	706		

Concentração (g L^{-1})	Número de indivíduos			pH		Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)		OD (mg L^{-1})	
	48 horas								
	1	2	CV (%)	ini	Fin	ini	fin	ini	fin
Controle	703	764	6	6,88	7,75	706	669	7,70	6,80
0,50	516	497	3	6,90	8,27	1446	1509	7,70	6,80
0,93	456	434	3	6,84	7,81	2130	1840	7,70	6,80
1,73	433	385	8	7,11	7,93	3430	2880	7,70	6,80
3,22	244	219	8	7,04	7,82	5940	4730	7,70	6,80
4,95	14	9	31	6,90	8,38	8180	5510	7,70	6,80
6,00	0	0	-	7,01	7,99	10420	6520	7,70	6,80
Resultado: 2,0847			CV Médio: 10	Método estatístico utilizado: CI					

Toxicant/Effluent: NaCl
Test Start Date: 27/02/05 Test Ending Date: 29/02/05
Test Species: *Paramecium* cf *aurelia*
Test Duration: 48 horas
Teste Preliminar 3

Conc. ID	Number Replicates	Concentration	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	2	0.000	733.500	43.134	733.500
2	2	0.500	506.500	13.435	506.500
3	2	0.930	445.000	15.556	445.000
4	2	1.730	409.000	33.941	409.000
5	2	3.220	231.500	17.678	231.500
6	2	4.950	11.500	3.536	11.500
7	2	6.000	0.000	0.000	0.000

The Linear Interpolation Estimate: 2.0847 Entered P Value: 50

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 2.1016 Standard Deviation: 0.1515
Original Confidence Limits: Lower: 1.7569 Upper: 2.3725
Expanded Confidence Limits: Lower: 0.7737 Upper: 3.2361

LABORATÓRIO DE ECOTOXICOLOGIA

PREPARO DE SOLUÇÕES-ESTOQUE E DE SOLUÇÕES-TESTE

Sustância-teste	Água de diluição	Data	Responsável
NaCl	Água destilada reconstituída e infusão de alface	24/05/05	Carla

PREPARO DE SOLUÇÕES-ESTOQUE

Concentração desejada da solução-estoque	Volume de Água de diluição (mL)
10 g L^{-1}	1000

PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTE

Concentração desejada da solução-teste (g $.L^{-1}$)	Volume da solução-estoque adicinado (Vi x Ci = Vf x Cf) (mL)				Volume de água de diluição (mL)
	Vi	Ci	Vf	Cf	
0,5	500	100	10.000	5,0	95,0
0,93	930	100	10.000	9,3	90,7
1,73	1730	100	10.000	17,3	82,7
3,22	3220	100	10.000	32,2	67,8
4,95	4950	100	10.000	49,5	50,5
6,00	6000	100	10.000	60,0	40,0

Teste de avaliação da sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* #1

Início do teste: 26/05/05				Final do teste: 28/05/05	
Água de cultivo e/ou de diluição				Substância de Referência	Responsável
Água destilada reconstituída	pH	OD (mg L^{-1})	Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)	NaCl	Carla
	6,88	7,70	942		

Concentração (g L^{-1})	Número de indivíduos 48 horas					pH		Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)		OD (mg L^{-1})	
	1	2	3	4	CV (%)	ini	fin	ini	fin	ini	fin
Controle	566	612	678	514	12	6,88	7,83	942	706	7,70	6,75
0,50	475	513	537	498	5	6,98	7,99	1393	1479	7,70	6,75
0,93	443	479	412	437	6	7,02	7,68	2098	1801	7,70	6,75
1,73	379	406	302	411	13	7,00	8,03	3412	2793	7,70	6,75
3,22	199	297	275	213	19	7,01	7,85	5140	3985	7,70	6,75
4,95	3	16	9	5	70	6,97	8,13	8201	5487	7,70	6,75
6,00	0	0	0	0	-	7,01	7,84	10380	7240	7,70	6,75
Resultado: 2,6373					CV Médio: 21	Método estatístico utilizado: CI					

Toxicant/Effluent: NaCl
Test Start Date: 26/05/05 Test Ending Date: 28/05/05
Test Species: *Paramecium* cf *aurelia*
Test Duration: 48 horas
Teste 01

Conc. ID	Number Replicates	Concentration	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	4	0.000	592.500	69.654	592.500
2	4	0.500	505.750	26.043	505.750
3	4	0.930	442.750	27.645	442.750
4	4	1.730	374.500	50.336	374.500
5	4	3.220	246.000	47.399	246.000
6	4	4.950	8.250	5.737	8.250
7	4	6.000	0.000	0.000	0.000

The Linear Interpolation Estimate: 2.6373 Entered P Value: 50

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 2.6119 Standard Deviation: 0.2613
Original Confidence Limits: Lower: 2.0812 Upper: 3.0971
Expanded Confidence Limits: Lower: 1.6467 Upper: 3.3730

ipen

LABORATÓRIO DE ECOTOXICOLOGIA

Teste de avaliação da sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* #2

Início do teste: 03/06/05				Final do teste: 05/06/05	
Água de cultivo e/ou de diluição				Substância de Referência	Responsável
Água destilada reconstituída	pH	OD (mg L^{-1})	Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)	NaCl	
	6,88	7,33	721		Carla

Concentração (g L^{-1})	Número de indivíduos 48 horas					pH		Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)		OD (mg L^{-1})	
	1	2	3	4	CV (%)	ini	fin	ini	fin	ini	fin
Controle	617	733	814	698	11	6,88	7,05	721	699	7,33	7,12
0,50	588	497	469	507	10	7,13	7,34	1571	1389	7,33	7,12
0,93	502	401	451	422	10	6,99	7,27	2730	2616	7,33	7,12
1,73	411	441	396	475	8	7,00	7,31	4312	4216	7,33	7,12
3,22	204	221	154	186	15	6,99	7,21	6710	6584	7,33	7,12
4,95	5	1	8	4	64	6,97	7,34	7444	6889	7,33	7,12
6,00	0	0	0	0	-	7,05	7,20	10125	9140	7,33	7,12
Resultado: 2,1842					CV Médio: 19	Método estatístico utilizado: Icp					

Toxicant/Effluent: NaCl
Test Start Date: 03/06/05 Test Ending Date: 05/06/05
Test Species: *Paramecium* cf *aurelia*
Test Duration: 48 horas
Teste 02

Conc. ID	Number Replicates	Concentration	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	4	0.000	715.500	81.684	715.500
2	4	0.500	515.250	51.097	515.250
3	4	0.930	444.000	43.765	444.000
4	4	1.730	430.750	34.932	430.750
5	4	3.220	191.250	28.652	191.250
6	4	4.950	4.500	2.887	4.500
7	4	6.000	0.250	0.500	0.250

The Linear Interpolation Estimate: 2.1842 Entered P Value: 50

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 2.1886 Standard Deviation: 0.1106
Original Confidence Limits: Lower: 1.9814 Upper: 2.4049
Expanded Confidence Limits: Lower: 1.8598 Upper: 2.5373

LABORATÓRIO DE ECOTOXICOLOGIA

PREPARO DE SOLUÇÕES-ESTOQUE E DE SOLUÇÕES-TESTE

Sustância-teste	Água de diluição	Data	Responsável
NaCl	Água destilada reconstituída e infusão de alface	10/06/05	Carla

PREPARO DE SOLUÇÕES-ESTOQUE

Concentração desejada da solução-estoque	Volume de Água de diluição (mL)
10 g L^{-1}	1000

PREPARO DE SOLUÇÕES-TESTE

Concentração desejada da solução-teste (g $.L^{-1}$)	Volume da solução-estoque adicinado (Vi x Ci = Vf x Cf) (mL)				Volume de água de diluição (mL)
	Vi	Ci	Vf	Cf	
0,5	500	100	10.000	5,0	95,0
0,93	930	100	10.000	9,3	90,7
1,73	1730	100	10.000	17,3	82,7
3,22	3220	100	10.000	32,2	67,8
4,95	4950	100	10.000	49,5	50,5
6,00	6000	100	10.000	60,0	40,0

Teste de avaliação da sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* #3

Início do teste: 10/06/05				Final do teste: 12/06/05	
Água de cultivo e/ou de diluição				Substância de Referência	Responsável
Água destilada reconstituída	pH	OD (mg L^{-1})	Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)	NaCl	Carla
	6,98	7,33	801		

Concentração (g L^{-1})	Número de indivíduos 48 horas					pH		Cond. ($\mu S\ cm^{-1}$)		OD (mg L^{-1})	
	1	2	3	4	CV (%)	ini	fin	ini	fin	ini	Fin
Controle	843	812	793	718	7	6,98	7,54	801	813	7,33	6,84
0,50	524	537	553	519	3	7,00	8,12	1289	1301	7,33	6,84
0,93	488	472	398	460	9	6,99	7,83	2517	2118	7,33	6,84
1,73	388	401	453	431	7	6,98	8,01	3830	3512	7,33	6,84
3,22	263	194	212	233	13	7,00	7,84	5780	5310	7,33	6,84
4,95	3	7	2	2	68	6,99	7,89	7889	6994	7,33	6,84
6,00	0	0	0	0	-	7,00	8,05	10389	7380	7,33	6,84
Resultado: 1,9039					CV Médio: 15	Método estatístico utilizado: CI					

Toxicant/Effluent: NaCl
Test Start Date: 10/06/05 Test Ending Date: 12/06/05
Test Species: *Paramecium* cf *aurelia*
Test Duration: 48 horas
Teste 03

Conc. ID	Number Replicates	Concentration	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	4	0.000	791.500	53.157	791.500
2	4	0.500	533.250	15.196	533.250
3	4	0.930	454.500	39.374	454.500
4	4	1.730	418.250	29.341	418.250
5	4	3.220	225.500	29.648	225.500
6	4	4.950	3.500	2.380	3.500
7	4	6.000	0.000	0.000	0.000

The Linear Interpolation Estimate: 1.9039 Entered P Value: 50

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 1.9052 Standard Deviation: 0.1564
Original Confidence Limits: Lower: 1.6181 Upper: 2.1588
Expanded Confidence Limits: Lower: 1.4465 Upper: 2.3117

Teste de avaliação da sensibilidade para *Paramecium* cf *aurelia* #4

Início do teste: 17/06/05				Final do teste: 19/06/05	
Água de cultivo e/ou de diluição				Substância de Referência	Responsável
Água destilada reconstituida	PH	OD (mg L^{-1})	Cond. (µS cm^{-1})	NaCl	Carla
	6,98	7,68	1001		

Concentração (g L^{-1})	Número de indivíduos 48 horas					pH		Cond. (µS cm^{-1})		OD (mg L^{-1})	
	1	2	3	4	CV (%)	ini	fin	ini	fin	ini	fin
Controle	686	803	758	722	7	6,98	7,69	1001	986	7,68	7,34
0,50	536	554	638	476	12	6,99	7,83	1784	1603	7,68	7,34
0,93	499	512	437	378	14	7,00	8,38	2941	2112	7,68	7,34
1,73	423	359	321	441	14	7,01	7,56	5114	4551	7,68	7,34
3,22	169	226	183	201	13	7,00	8,25	6874	6016	7,68	7,34
4,95	11	3	4	7	58	6,98	7,84	9556	9262	7,68	7,34
6,00	0	0	0	0	-	7,00	7,71	11332	10540	7,68	7,34
Resultado: 1,8264					CV Médio: 20	Método estatístico utilizado: CI					

Toxicant/Effluent: NaCl
Test Start Date: 17/06/05 Test Ending Date: 19/06/05
Test Species: *Paramecium* cf *aurelia*
Test Duration: 48 horas
Teste 04

Conc. ID	Number Replicates	Concentration	Response Means	Std. Dev.	Pooled Response Means
1	4	0.000	747.250	58.432	747.250
2	4	0.500	551.000	66.903	551.000
3	4	0.930	456.500	61.722	456.500
4	4	1.730	386.000	55.821	386.000
5	4	3.220	194.750	24.609	194.750
6	4	4.950	6.250	3.594	6.250
7	4	6.000	0.000	0.000	0.000

The Linear Interpolation Estimate: 1.8264 Entered P Value: 50

Number of Resamplings: 80 80 Resamples Generated
The Bootstrap Estimates Mean: 1.8401 Standard Deviation: 0.1923
Original Confidence Limits: Lower: 1.4785 Upper: 2.1648
Expanded Confidence Limits: Lower: 1.2698 Upper: 2.3679