

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**REMOÇÃO DE ALGAS VIA ALIMENTAÇÃO PELO
MICROCRUSTÁCEO *Dendrocephalus brasiliensis*
(Crustacea: Anostraca)**

JOSÉ LUIZ GONÇALVES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Kennedy Francis Roche

CAMPO GRANDE/MS
2001

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação é resultante de dois anos de pesquisa, na busca de solução ecologicamente correta, para o tratamento de corpos d'água eutrofizados e efluentes agroindustriais, principalmente das lagoas de estabilização de polimento com altas concentrações de algas.

Todos os trabalhos foram desenvolvidos com efluente das lagoas de estabilização da indústria de esmagamento de soja ADM Exportação e Importação S/A, localizada no município de Campo Grande/MS, e no Laboratório de Qualidade Ambiental da UFMS, através do Programa de Pós-Graduação de Tecnologias Ambientais do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Professor Dr. Kennedy Francis Roche, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a JESUS CRISTO, pela revelação de que não somos órfãos neste planeta, temos um pai que nos criou a nós e a natureza que quando observada com respeito, sempre nos enriquece com conhecimentos de alcance coletivo.

Ao meu ANJO DA GUARDA, parceiro de todos os momentos da minha existência, com o qual troquei muitas idéias, ouvindo a sua voz através da minha fé e da minha sensibilidade.

Agradeço a DEUS por fazer parte da sua criação e pelas oportunidades de desenvolvimento intelectual, material e espiritual.

Agradeço a paciência e bom humor do meu orientador, Professor Dr. Kennedy Francis Roche mesmo com muito trabalho, dentro do possível orientou-me dando liberdade de ação na busca de soluções para os nossos experimentos.

Os meus agradecimentos ao Prof. Dr. Carlos Nobuyoshi Ide, pela sua sensibilidade e visão do nosso trabalho, enriquecendo muito os nossos experimentos, com os seus vastos conhecimentos na área de saneamento.

Ao Prof. Mestre Luiz Augusto do Val, que sempre teve uma palavra de incentivo nas horas mais críticas e desanimadoras. Quando os cistos não eclodiam, quando as larvas não sobreviviam.

Prof. Mestre Jorge Gonda, meus agradecimento pela oportunidade de desenvolver toda a parte experimental no Laboratório de Qualidade Ambiental.

Ao amigo camarada Mestrando José Lopez do Patrocínio a quem devo muito favor por ter nos fornecidos os primeiros cistos desidratados do *Dendrocephalus brasiliensis*.

Meus agradecimentos a todos os funcionários do LAQUA, principalmente, ao meu amigo Técnico de Laboratório Marcelo Campos que contribui muito com o nosso trabalho em todos os experimentos.

Os meus agradecimentos à ADM Exportação e Importação S/A, pelo fornecimento do efluente das lagoas de estabilização.

A minha filha querida Natália Harumy e a minha esposa Neide pela compreensão da minha ausência, durante a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho pesquisou a sobrevivência do crustáceo *Dendrocephalus brasiliensis* e as taxas de remoção de algas via alimentação, de efluente de lagoas de estabilização de uma indústria de esmagamento de soja.

Os índices de sobrevivência foram testados com 20 náuplios.L⁻¹ de efluente em temperatura controlada a 27°C e o resultado médio foi de 92,2%. Os experimentos foram divididos em três réplicas, sendo uma com período de seis dias e as outras duas com sete dias de duração. Estes períodos foram estipulados, com entendimento da fase adulta dos animais sinalizada pelo aparecimento dos ovários nas fêmeas.

A remoção das algas do efluente foi testada em três experimentos, com animais adultos nas densidades de 10, 20 e 40 animais.L⁻¹ de efluente. Cada experimento foi composto de três séries, com duração de 24 horas. Cada série foi composta por seis aquários, sendo três com animais e três sem animais (testemunhos). A melhor taxa de remoção foi obtida com a densidade de 10 animais.L⁻¹ (90,03%), seguida pela densidade de 20 animais.L⁻¹ (89,62%) e por último a densidade de 40 animais.L⁻¹ (63,29%).

Outros parâmetros físico-químicos de interesse para o sistema de tratamento de efluentes, também foram analisados antes e após a remoção das algas via alimentação pelo *Dendrocephalus brasiliensis*. Os parâmetros clorofila, turbidez, NTK, DQO e DBO₅ tiveram seus valores reduzidos significativamente. A redução nos valores dos parâmetros foi a seguinte: clorofila no experimento 1 (93,03%), no experimento 2 (81,37%) e no experimento 3 (74,83%); turbidez no experimento 1 (81,37%), no experimento 2 (85,57%) e no experimento 3 (82,85%); NTK no experimento 1 (37,96%), no experimento 2 (16,47%) e no experimento 3 (40%); DQO no experimento 1 (45,07%), no experimento 2 (43,88%) e no experimento 3 (43,24%); DBO₅ no experimento 1 (58,76%), no experimento 2 (63,98%), e no experimento 3 este parâmetro aumentou sua concentração para 441%.

Palavras-chave: *Dendrocephalus brasiliensis*; crustáceo; anostraca; lagoa de estabilização; eutrofização; camarão; branchoneta; algas.

ABSTRACT

The present work studied the performance of the crustacean *Dendrocephalus brasiliensis*, in the effluent of the waste stabilization ponds of a soy-processing factory, with regard to survival and rates of removal of algae through feeding.

Survival indices were measured using 20 nauplii.L⁻¹ of effluent, at a controlled temperature of 27°C, giving an average value of 92.2%. The experiments were divided into three replicates, one with duration of six days, and the others with duration of seven days. These durations were stipulated based on the maturation time of the animals, as indicated by the appearance of the ovaries in the females.

Removal of algae from the effluent was analysed in three experiments, with adult animals at densities of 10, 20 and 40 animals.L⁻¹ of effluent. Each experiment was composed of three series, each with duration of 24 hours. Each series consisted of six aquaria, three with animals, and three without (controls). The best rate of removal was obtained at a density of 10 animals.L⁻¹ (90.03%), followed by the density of 20 animals. L⁻¹ (89.62%), and lastly the density of 40 animals. L⁻¹ (63.29%).

Other physico-chemical parameters, of interest in systems of effluent treatment, were analyzed, before and after algal removal via feeding by *Dendrocephalus brasiliensis*. The parameters chlorophyll, turbidity, TKN, COD and BOD₅ had their values significantly reduced. These reductions were as follows: chlorophyll in experiment 1 (93.03%), in experiment 2 (81.37%) and in experiment 3 (74.83%); turbidity in experiment 1 (81.37%), in experiment 2 (85.57%) and in experiment 3 (82.85%); TKN in experiment 1 (37.96%), in experiment 2 (16.47%) and in experiment 3 (40%); COD in experiment 1 (4507%), in experiment 2 (43.88%) and in experiment 3 (43.24%); BOD₅ in experiment 1 (58.76%), in experiment 2 (63.98%), and in experiment 3 this parameter increased in concentration by 441%.

Key words: *Dendrocephalus brasiliensis*; crustacean; Anostraca; waste stabilization pond; eutrophication; shrimp; algae.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
SUMÁRIO.....	vii
LISTADE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	02
2.1 Objetivo geral	02
2.2 Objetivos específicos.....	02
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
4.1 Sobrevivência do <i>Dendrocephalus brasiliensis</i> cultivado em efluente agroindustrial.....	13
4.2 Remoção de algas via alimentação pelo crustáceo <i>Dendrocephalus brasiliensis</i>	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5.1 Sobrevivência do <i>Dendrocephalus brasiliensis</i> cultivado em efluente agroindustrial.....	21

5.1.1	Estimativa da taxa de sobrevivência dos animais, nas três repetições do experimento em nove aquários analisados.....	21
5.1.2	Verificação se há diferença nas condições de caracterização dos aquários.....	21
5.2	Remoção de algas via alimentação pelo crustáceo <i>Dendrocephalus brasiliensis</i>	29
5.2.1	Análise das condições físico-químicas no início e no final dos experimentos.....	29
5.2.2	Análise da remoção de algas em cada aquário analisado.....	40
5.2.3	Correlação da remoção das algas com os parâmetros físico-químicos analisados.....	44
5.2.3.1	Turbidez.....	44
5.2.3.2	Clorofila.....	46
5.2.3.3	Demanda química de oxigênio.....	46
5.2.3.4	Demanda bioquímica de oxigênio.....	47
5.2.3.5	Oxigênio dissolvido.....	48
5.2.3.6	pH	49
5.2.3.7	Fosfato total.....	51
5.2.3.8	Amônia.....	51
5.2.3.9	NTK.....	52
6	CONCLUSÕES.....	55
6.1	RECOMENDAÇÕES.....	58
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Distribuição do número de animais sobreviventes após sete dias.....	21
Tabela 5.2	Caracterização do efluente utilizado nos experimentos dos dias 1,4 e 6.....	22
Tabela 5.3	Classificação dos efluentes segundo o experimento via função de discriminante linear.....	23
Tabela 5.4	Função de discriminante linear por experimento para efluentes.....	23
Tabela 5.5	Quadro exemplo do uso da análise de discriminante.....	24
Tabela 5.6	Faixa de variação das características físico-químicas dos efluentes utilizados nos três experimentos.....	24
Tabela 5.7	Classificação dos aquários com animais e aquários testemunhos segundo o experimento via função de discriminante linear.....	25
Tabela 5.8	Função de discriminante linear por experimento, para aquário com animais e aquários testemunhos.....	25
Tabela 5.9	Quadro exemplo do uso da análise de discriminante para as características físico-químicas do aquário 3 com animais, do experimento 1, no 5º dia.....	26
Tabela 5.10	Classificação dos aquários e aquários testemunhos, com relação ao experimento 1 via função de discriminante linear.....	27
Tabela 5.11	Classificação dos aquários com animais e aquários testemunhos, com relação ao experimento 2 via função de discriminante linear.....	27
Tabela 5.12	Classificação dos aquários com animais e aquários testemunhos, com relação ao experimento 3 via função de discriminante linear.....	28
Tabela 5.13	Tamanho dos animais (em mm), no início e final dos três experimentos e crescimento estimado (em mm).....	28

Tabela 5.14	Características físico-químicas, numero de algas e clorofila do efluente inicial e finais após 24 horas, para os aquários com animais e aquários testemunhos, por experimento.....	29
Tabela 5.15	Características físico-químicas dos efluentes iniciais.....	30
Tabela 5.16	Características físico-químicas do efluente inicial e final após 24 horas.....	32
Tabela 5.17	Comportamento das características físico-químicas em função da remoção do número de algas.....	39
Tabela 5.18	Percentuais da remoção das algas nos aquários testemunhos e aquários com animais em cada experimento.....	42
Tabela 5.19	Resumo em %, da média dos parâmetros analisados, entre os efluentes iniciais com os efluentes dos aquários testemunhos e os efluentes dos aquários com animais, no final do experimento 1.(10 animais/L de Efluente).....	52
Tabela 5.20	Resumo em %, da média dos parâmetros analisados, entre os efluentes iniciais com os efluentes dos aquários testemunhos e os efluentes dos aquários com animais, no final do experimento 2 (20 animais/L de Efluente).....	53
Tabela 5.21	Resumo em %, da média dos parâmetros analisados, entre os efluentes iniciais com os efluentes dos aquários testemunhos e os efluentes dos aquários com animais, no final do experimento 3.(40 animais/L de Efluente).....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Fluxo de alimentação do <i>Streptocephalus dichotomus</i> BERNICE (1991).....	11
Figura 3.2	<i>Dendrocephalus brasiliensis</i>	12
Figura 4.1	Cistos desidratados.....	13
Figura 4.2	Aquário de garrafa PET, no interior do aquário banho-maria.....	14
Figura 4.3	Aquário banho-maria.....	15
Figura 4.4	Aquário de crescimento.....	18
Figura 5.1	Remoção de algas na série 1, do experimento 1 após 24 horas.....	30
Figura 5.2	Comportamento do número médio de algas no efluente inicial, e após 24 horas nos aquários com animais e aquário testemunhos do experimento 1 da serie 1.....	31
Figura 5.3	Diagrama de dispersão da porcentagem das algas remanescentes e a turbidez.....	33
Figura 5.4	Diagrama de dispersão da porcentagem das algas remanescentes e o oxigênio dissolvido.....	34
Figura 5.5	Diagrama de dispersão da porcentagem das algas remanescentes e o pH.....	35
Figura 5.6	Diagrama de dispersão da porcentagem das algas remanescentes e os sólidos totais dissolvidos.....	36
Figura 5.7	Comportamento do STD ao longo do experimento 1 da serie 1.....	37
Figura 5.8	Diagrama de dispersão da porcentagem das algas remanescentes e condutividade.....	38
Figura 5.9	Relação entre a condutividade e os STD.....	39
Figura 5.10	Comportamento da porcentagem das algas remanescentes em função do tempo nas três séries do experimento 1 (10 animais).....	41
Figura 5.11	Comportamento da porcentagem das algas remanescentes em função do tempo nas três séries do experimento 2 (20 animais).....	41
Figura 5.12	Comportamento da porcentagem das algas remanescentes em função do tempo nas três séries do experimento 3 (40 animais).....	42
Figura 5.13	Distribuição percentual de algas remanescentes por tipo de aquário e experimento.....	43

Figura 5.14	Distribuição do número médio de algas dos efluentes por experimento.....	44
Figura 5. 15	Distribuição da turbidez média dos efluentes nos aquarios com animais e sem animais dos 3 experimentos (10, 20 e 40 animais/L).....	45
Figura 5.16	Distribuição da turbidez por experimento.....	45
Figura 5.17	Distribuição do oxigênio dissolvido médio dos efluentes por tipo de aquário.....	48
Figura 5.18	Distribuição do oxigenio dissolvido medio dos efluentes por experimento...	49
Figura 5.19	Distribuição do PH médio dos efluentes por tipo de aquário.....	50
Figura 5.20	Distribuição da PH médio dos efluentes por experimento.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

cels/ml – Células por mililitro

DBO₅ – Demanda bioquímica de oxigênio de 5 dias de incubação a temperatura de 20°C

DP = Desvio padrão.

DQO – Demanda química de oxigênio

EFAA=Efluente finais dos aquários com animais

EFAT=Efluente final dos aquários testemunhos

EI=Efluente inicial

EX = Experimento

LAQUA – Laboratório de Qualidade Ambiental Do Departamento de Hidráulica e Transporte do Centro de Ciências Exatas Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

NaCl – Cloreto de sódio

Náuplios = Larvas

NH₃ – Amônia

NTK – nitrogênio total Kjeldahl

OD – oxigênio dissolvido

pH – potencial hidrogeniônico

RES = Resultado

STD – Sólidos totais dissolvidos

1 INTRODUÇÃO

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento comumente utilizados no Estado de Mato Grosso do Sul, pelas agroindústrias. Como sistemas de tratamento das águas residuais estão sendo cada vez mais utilizadas no Brasil. O tratamento é realizado através da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias, aeróbias, algas e outros organismos.

Uma das principais críticas que se faz aos efluentes de lagoas de estabilização, refere-se à enorme quantidade de algas presente nos efluentes de algumas lagoas, dando a estas uma coloração esverdeada. A quantidade de algas presente nos efluentes de lagoas eleva o valor da DBO₅, causando transtornos junto à Secretaria de Meio Ambiente.

A microfiltração, floculação e flotação são os métodos mais utilizados para a remoção de algas. O microfiltro, um dos métodos mais utilizados são ineficazes na remoção de microalgas unicelulares que passam pelas malhas.

Vários autores têm proposto o uso de invertebrados com hábito alimentar filtrador para o segundo estágio do sistema de tratamento, removendo-se assim, mais facilmente, a massa de algas (MILLIGAN *et al.*, 1950; DINGES, 1982; PROULX e NOUE, 1985).

O uso da tecnologia biológica para a recuperação de corpos d'água e tratamentos de efluentes, com estoques vivos de organismos, é muito importante, principalmente para países com pouco suprimento de água (MITCHELL, 1991).

É importante também considerar a recuperação e a incorporação desses nutrientes reciclados das águas e nas lagoas de tratamento de efluentes pelos organismos, constituindo assim, uma fonte de energia de baixo custo (MITCHELL, 1991).

O presente estudo, investigou a sobrevivência do crustáceo *Dendrocephalus brasiliensis* (Anostraca), nas primeiras fases de vida e o seu desempenho na remoção de algas via alimentação, em bateladas, em aquários com um litro de efluente bruto, de uma lagoa de estabilização de uma indústria de esmagamento de soja.

Outras variáveis físicas e químicas, de importância para o tratamento dos efluentes e para a sobrevivência dos animais foram analisados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Cultivar intensivamente o *Dendrocephalus brasiliensis* em sistemas controlados e conhecer a sua eficiência na remoção de algas.

2.2 Objetivos específicos

Desenvolver a prática da remoção das algas dos corpos de água, principalmente das lagoas de estabilização de efluentes agroindustriais, com a utilização de estoques vivos de *Dendrocephalus brasiliensis*.

Conhecer a taxa de sobrevivência e a tolerância do *Dendrocephalus brasiliensis* cultivado no efluente da agroindústria de esmagamento de soja.

Conhecer a taxa de remoção de algas por densidade de animais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A distribuição geográfica dos anostracas e de suas composições de espécies é particularmente dependente da hidrologia, temperatura e química da água (GONZÁLEZ *et al.*, 1996; HATHAWAY e SIMOVICH, 1996; KING *et al.*, 1996; METZ e FORRÓ, 1989; WIGGINS *et al.*, 1980). Citando como exemplo desta distribuição, foram identificadas 46 espécies, no continente sul africano, sendo o gênero *Streptocephalus* o mais difundido (HAMER e BRENDONCK, 1997).

Das oito famílias de anostracas reconhecida, cinco estão representados na região neotropical: Artemiidae, Branchinectidae, Bhirocephalidae, Streptocephalidae e Thamnocephalidae. Acredita-se que esta representatividade seja maior, pois os estudos dos anostracas neotropicais ainda são muito limitados (LOPES *et al.*, 1998).

Três gêneros da família Thamnocephallidae estão representados na América do Sul, *Thamnocephalus*, *Branchinella* e *Dendrocephalus*. Sendo que o último gênero, só é encontrado na América do Sul e América Central.

A distribuição dos gêneros é a seguinte: *Dendrocephalus geavy*, encontrado na Venezuela (PEREIRA, 1983); *Dendrocephalus spartaenova* e *Dendrocephalus venezuelanus*, ambos encontrados na Venezuela (PEREIRA, 1984); *Dendrocephalus affinis*, também encontrado na Venezuela (PEREIRA, 1984); *Dendrocephalus curnutus*, encontrado na Costa Rica (BELK, 1997); *Dendrocephalus sarmentosus*, nas Ilhas Galápagos (BELK, 1997); *Dendrocephalus argentinensis*, encontrado na Argentina e países limítrofes (BELK, 1997); *Dendrocephalus conosuris*, encontrado em Venado Tuerto, Província de Santa Fé na Argentina (PEREIRA, 1995); *Dendrocephalus goiasensis*, encontrado na região centro oeste do Brasil, estado de Goiás, (RABET, 1996); *Dendrocephalus orientalis*, encontrado nos estados da Paraíba e Bahia, (RABET, 1996) e o *Dendrocephalus brasiliensis*, cuja ocorrência vai da Argentina ao Estado do Piauí (CÉSAR, 1989).

Os phyllopodas (Branchiopoda: Crustacea) são muito resistentes às variações físicas e químicas, não tendo um padrão associado a estas condições, como demonstrado por HAMER (1991), que verificou os efeitos destas variáveis nestes animais, em 10 poças de água, monitorando por três dias, de hora em hora.

A amônia pode atingir níveis letais ou sub-letais em sistemas de cultivo estáticos ou de recirculação. Devido a isto, torna-se importante determinar a tolerância dos organismos

aquáticos a este produto. Igualmente, altas concentrações de amônia, podem estar presentes em águas de ambientes naturais que recebem águas residuais, dejetos industriais e agrotóxicos (HOLT e ARNOLD, 1983).

As três principais rotas pelas quais os peixes e crustáceos eliminam a amônia metabólica são a difusão do NH_3 do sangue para a água, intercâmbio de NH_4^+ por Na^+ e a transformação para compostos não tóxicos, sendo que a difusão do NH_3 é a principal rota de excreção, devido ao fato de os níveis sanguíneos serem normalmente muito maior que a concentrações do meio ambiente. Tem-se reportado que a amônia no sangue da truta arco-íris é de 9 a 40 vezes maior que no ambiente aquático (CHEN e KOU, 1993).

O cálcio para o cultivo de crustáceos é muito importante, em especial o camarão gigante da Malásia *Macrobrachium rosenbergii*. BROWN *et al.* (1991), assinalam que os juvenis e adultos desta espécie fazem mudas de exoesqueletos frequentemente, entre 5 a 40 dias, requerendo para tanto cátions de origem exógena (do meio ambiente), particularmente cálcio, que contribui para uma mineralização completa da carapaça (exoesqueleto).

BROWN *et al.* (1991), estudaram o efeito da dureza da água sobre o crescimento e mineralização do exoesqueleto de juvenis (0,01 - 0,5 g) de *Macrobrachium rosenbergii*. Estes pesquisadores expuseram os indivíduos a níveis de dureza entre 9 e 326 mg/L de CaCO_3 , durante um tempo suficiente para permitir que os animais realizassem cinco mudas. Os resultados deste experimento mostraram que a sobrevivência dos indivíduos viu-se seriamente afetada com valores de dureza superiores a 316 mg/L de CaCO_3 . A sobrevivência de 75 e 92% foi alcançada com níveis de 13 e 31 mg/L de CaCO_3 . O crescimento foi maior em concentrações inferiores de 53 mg/L CaCO_3 . Foi observada também uma redução na taxa de muda em função dos baixos níveis de dureza, porém, paradoxalmente, isto esteve acompanhado por um incremento no crescimento. Os camarões submetidos a baixos níveis de dureza depositaram mais cálcio na carapaça que aqueles cultivados em altos níveis de CaCO_3 . O fato do aumento da deposição na carapaça dos indivíduos submetidos a valores baixos de dureza, poderia explicar o prolongamento do período de intermuda observado.

O grau de saturação de oxigênio da água é expresso sob a forma de percentagem de saturação (BOYD, 1989). Aproximadamente 20% do volume da pressão dos gases correspondem ao oxigênio. Quando a água está em contato com a atmosfera, o oxigênio do ar entra na água até que as pressões do oxigênio do ar e da água fiquem iguais. Esta condição é conhecida com equilíbrio de saturação. As águas que contêm menos ou mais oxigênio dissolvido que seus valores teóricos encontram-se, respectivamente, subsaturadas ou supersaturadas com o

oxigênio. SEIDMAN e LAWRENCE (1985), constataram que o crescimento dos camarões *P. vannamei* e *P. monodon* não foi afetado em concentrações constantes de 1,9 - 4,9 mg O₂/L, porém, foi significativamente reduzido numa concentração de 1,2 mg O₂/L.

CLARK (1986), observou a mortalidade e inibição da muda do exoesqueleto quando os camarões da espécie *P. semisulcatus* foram mantidos a nível constante de 2 mg O₂/L durante 17 dias. No entanto quando o nível de OD foi estabelecido para 5 mg/L, a mortalidade cessou e o processo de muda voltou à normalidade.

Quando uma água apresenta alta condutividade, certamente ela deve ter alta concentração de sais dissolvidos. Deve ser salientado que águas muito duras, ou também alcalinas, apresentam elevada condutividade. Uma maneira indireta de se avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis nos ambientes aquáticos é a medida da condutividade elétrica da água (CASTAGNOLLI, 1992).

O pH é um parâmetro muito importante a ser considerado em aquicultura, já que têm um pronunciado efeito sobre o metabolismo e processos fisiológicos de camarões, de peixes e demais organismos aquáticos. Tem sido reportado que os níveis não letais de pH estão entre 4 e 11, respectivamente (SWINGLE, 1961 e CALABRESE, 1969, *apud* VINATEA, 1977). As águas com valores que compreendem a faixa de 6,5 a 9, 0, são as mais adequadas para a produção de camarões e peixes. Já valores inferiores a 6,5 diminuem os processos reprodutivos (BOYD, 1990). O pH também exerce uma forte influência sobre a toxicidade de certos parâmetros químicos, tais como a amônia não ionizada, que se torna mais abundante em pH alcalino e o ácido sulfídrico, que aumenta relativamente em pH ácido (VINATEA, 1977).

Segundo MORALES (1986), quanto maior a temperatura, maior será a velocidade de crescimento dos animais cultivados, sempre que todas as demais variáveis forem mantidas ótimas. Quanto mais constante a temperatura, mais previsível é o comportamento dos animais e, portanto, mais fácil será seu cultivo nas referidas condições. De acordo com este mesmo autor, os efeitos biológicos das variações de temperatura são complexos, por se encontrarem em dependência com outras numerosas variáveis. A magnitude destas variações afeta, desde pouco até muito, a reprodução, o crescimento e a sobrevivência. A medida que aumenta a temperatura, produz-se um aumento na atividade, até um ponto limite (platô). Um aumento ou uma diminuição brusca da temperatura provoca a morte do animal. A diminuição gradual produz uma queda da atividade fisiológica, apropriada para o transporte e manipulação de espécimes, sendo que, abaixo de uma certa temperatura, o animal morre. O aumento gradual

da temperatura aumenta a atividade fisiológica, o que implica em um maior consumo de oxigênio e incremento das necessidades nutritivas. A temperatura torna-se um fator crítico, pois seu aumento no ambiente produz uma diminuição na solubilidade dos gases, principalmente do oxigênio dissolvido e um aumento de sua demanda por parte dos organismos.

A relação entre os estágios de vida do crustáceo *Eulimnadia texana*, com as poças de água, quanto ao tempo de residência das águas, volume e superfícies foram investigadas por (MARCUS e WEEKS 1997). Esses pesquisadores constataram que, com o maior tempo de residência das águas empoçadas, as populações apresentavam maior número de animais de menor tamanho, mais precocidade na maturação gonadal e as fêmeas com maior número de ovos. A razão superfície e volume não apresentaram interferência nas características das populações.

WALSCHE *et al.* (1991), testaram a produção de cistos da espécie *Streptocephalus proboscideus*, em cinco réplicas em um período de oito a onze dias, em temperaturas compreendidas entre 26°C a 31°C e em diferentes dietas alimentares. A melhor produção de cistos se deu em temperaturas abaixo de 27°C.

JAWAHAR e DUMONT (1995), afirmam que a sobrevivência do *Streptocephalus proboscideus* varia significativamente com as concentrações de alimentos, condutividade, temperatura, nitrato e iluminação. Os mesmos autores estudaram os efeitos de sete concentrações de algas *Scenedemus acutus*, misturadas com *Scenedemus obliquus*, no cultivo *S. proboscideus*, com 30 náuplios em cada concentração $5,0 \times 10^2$,- $1,0 \times 10^3$,- $5,0 \times 10^3$,- $1,0 \times 10^4$,- $5,0 \times 10^4$,- $1,0 \times 10^5$ e $5,0 \times 10^5$ cels/mL, temperatura de 20, 25, 30 e 35°C, com condutividade entre 0 a 2.010 μ S/cm. Os valores de nitrato após 24 e 48 horas foram de 0,49 a 0,60 mg/L, respectivamente, e a iluminação foi de 4.000 a 6.000 lux. Nas menores concentrações de $5,0 \times 10^2$,- $1,0 \times 10^3$,- $1,0 \times 10^4$ cels/mL, 50% dos animais não sobreviveram após dois dias. Nas concentrações de $1,0 \times 10^5$ e $5,0 \times 10^5$ cels/mL, 50% dos animais sobreviveram cerca de sete dias e nas concentrações de $5,0 \times 10^3$,- $1,0 \times 10^4$ e $5,0 \times 10^5$ cels/mL foram registrados os melhores resultados da sobrevivência. A temperatura teve influência significativa na sobrevivência larval. Foi verificado que em 35°C, 50% dos náuplios não sobreviveram por mais de dois dias, embora a 20, 25 e 30°C, a sobrevivência após o 13º dia atingiram valores entre 60 a 80%. Com relação à condutividade, as melhores taxas de sobrevivência foi obtida em condutividade de 260 μ S/cm. Os animais expostos a condutividades menores que 5 μ S/cm (água destilada), não sobreviveram mais do que um dia.

MURA *et al.* (1997), analisou os níveis de ácidos graxos em uma cultura com duas espécies de anostracas (*Branchipus pasai* e *Chirocephalus kerkyrensis*) utilizando como fonte de alimentação a microalga *Selenastrum capricornutum*, com uma densidade de 10.000 cels/mL.

Vários tipos de algas contêm cerca de 50% de proteínas em peso seco e vários microelementos essenciais (CARIOCA, 1984). Segundo análises realizadas em laboratórios, as algas produzidas nas lagoas experimentais apresentam poder calorífico de 5.200 kcal por grama, em peso seco (KAWAI *et al.*, 1982).

Carbono inorgânico, nitrogênio e fósforo são os maiores macronutrientes que auxiliam no crescimento de produtores primários, em um ecossistema aquático. Por essa razão, estas substâncias ocupam uma posição de reguladores em relação às atividades de muitas das cadeias alimentares no ambiente aquático (GATES e BORCHARDT, 1964).

Estudos realizados por MILLER *et al.* (1978) *apud* RAM e AUSTIN (1983), mostraram que as taxas de nitrogênio e fósforo utilizadas pelas algas *Selenastrum capricornutum*, foi de aproximadamente 3:1.

BOGAN *et al.* (1960) *apud* GATES BORCHARDT (1964), relatam o uso de algas no processo de bio-precipitação para a remoção de fósforo. Em um campo experimental estudado obtiveram 50 a 70% de remoção de nitrogênio inorgânico e 19 a 68% de fósforo com determinadas espécies de algas. Nos experimentos realizados com *Selenastrum capricornutum*, efluentes com teor de fósforo de aproximadamente 0,5 mg/L colheram volumes de algas de 50 a 150 mm³/L. FORSBERG (1972), verificou que em efluentes do sistema de tratamento biológico contendo concentrações de 3 a 4 mg/L de fósforos foram retirados aproximadamente 800 mm³/L de algas.

No Brasil, como em outros países tropicais, os sistemas de tratamentos de águas residuais através de lagoas de estabilização, apresentam melhores resultados em relação a outros sistemas de tratamento secundário, principalmente pelas condições climáticas, aliadas entre outros fatores ao custo de construção, operação e manutenção, com exceção onde o custo dos terrenos é elevado e as condições topográficas não são favoráveis (KAWAI *et al.*, 1982).

As primeiras lagoas de estabilização construídas no Brasil foram feitas pelo Eng^o Benoit Almeida Victoretti, em 1960, na cidade de São José dos Campos/SP. A partir de então, foram produzidas muitas publicações a respeito das lagoas de estabilização (KELLNER e PIRES, 1998).

Conforme VON SPERLING (1996), existem diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização com relação aos diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de áreas. As mais utilizadas são as lagoas facultativas, sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas, lagoas aeradas facultativas e sistemas de lagoas aeradas de mistura completa, seguidas por lagoas de decantação.

O maior fator limitante, ao uso das lagoas de estabilização é a grande proliferação de algas em seus efluentes, que são conseqüentemente ricos em matéria orgânica, que será descarregada nos corpos receptores (CETESB 1975).

Este fator, na verdade, é o que acontece em sistemas de tratamento biológico em relação a outros processos de tratamento. Nada mais é a antecipação de um problema que ocorre, com qualquer efluente proveniente destes sistemas de tratamento. Nas lagoas com aeração mecânica ou por filtração biológica, observa-se apenas uma das etapas, que se realizam nos sistemas de lagoas, ou seja, a oxidação da matéria orgânica por atividade de bactérias aeróbias. O próximo passo é realizado pela proliferação das algas, em detrimento da disponibilidade de nutrientes libertados, que se realizará no próprio curso d'água receptor, pela falta de condições apropriadas à vida das algas nas instalações de tratamento.

Observados por este ponto de vista, os inconvenientes apontados podem reduzir, a uma situação vantajosa, já que nas lagoas o crescimento pode ser controlado pelo operador, que terá a oportunidade de pelo menos evitar o lançamento às águas receptoras. Situação bem adversa desta, é a que se verifica com o efluente de outros sistemas de tratamento, que produz a fertilização ou eutrofização das águas dos rios, a qual escapa inteiramente a qualquer possibilidade de controle. Preconiza-se, até mesmo, como medida de proteção dos cursos dos cursos d'água, a passagem por tanques onde se daria a proliferação controlada de algas, com a exclusiva finalidade de remover os nutrientes minerais, o que, em outras palavras, nada mais é que o uso de lagoas de estabilização como processo terciário de tratamento de efluentes (CETESB. 1975).

A influência das algas, nas condições físicas e biológicas das lagoas de estabilização é muito significativa. São microrganismos aquáticos uni ou pluricelulares, moveis ou imóveis, dotados de um pigmento fotossintético denominado clorofila.

Segundo PELCZAR *et al.*, (1980), existem cinco tipos de clorofila: a, b, c, d, e. A clorofila-a está presente em todas as algas planctônicas. Por esta razão este pigmento, representa de 1 a

2% do peso seco do material orgânico em todas as algas, sendo muito utilizado para a quantificação da massa de algas.

As algas podem representar até 80% dos sólidos suspensos, 5 a 60% da demanda química de oxigênio e mais de 65% do valor da demanda bioquímica de oxigênio (MARA *et al.*, 1983; PEARSON e SILVA, 1988).

Vários autores mencionam a existência da correlação entre concentração orgânica das lagoas e clorofila-a (PEARSON e KONING, 1986; PEARSON *et al.*, 1988; MATHEUS *et al.*, 1989).

PEARSON e KONING (1986), relatam a existência de uma correlação linear entre a concentração de clorofila-a e demanda química de oxigênio amostrada de uma coluna líquida tomada dentro da lagoa próxima à saída. No entanto, MATHEUS *et al.* (1989) verificaram uma correlação não-linear entre a concentração de clorofila-a e demanda química de oxigênio de amostras em duas profundidades, próximas à saída. Essas diferenças estão relacionadas provavelmente ao número de ensaios realizados, a técnica empregada para a coleta das amostras e ao gênero de algas consideradas na análise da clorofila-a. PEARSON e KONING (1986), coletaram amostras da coluna líquida da lagoa, sempre às 8:00 horas, enquanto MATHEUS *et al.* (1989), coletaram às 9:00 e 15:00 horas, amostras do líquido da superfície e do fundo, próximo à saída.

As produções de algas das lagoas de estabilização, não são aproveitadas como fonte de proteínas. A proliferação das algas constitui uma nova fonte poluidora para o corpo receptor, ocasionando odor, principalmente desequilíbrio no balanço de oxigênio. Por estes motivos, as lagoas de estabilização são projetadas freqüentemente com maior tempo de detenção e profundidade, para minimizar sem muito êxito, a concentração de algas no efluente (KAWAI *et al.*, 1982).

Silva (1979), em muitos países em desenvolvimento não existem padrões de qualidade para efluentes. Mesmo assim, os projetistas necessitam assegurar que o efluente produzido nas estações de tratamento não irá poluir o curso d'água receptor. Como regra geral, os seguintes padrões "mínimos" para um efluente podem ser adotado 100.000 células de algas/mL.

A remoção de algas dos efluentes constitui, entretanto, um grande problema, para o qual várias soluções têm sido apontadas, tais como: floculação e decantação, com auxílio da cal ou de coagulantes; filtração por intermédio de micropeneiras do processo de estabilização,

adicionando-se ao sistema, outro tanque ou lagoa, onde cresceriam crustáceos alimentando-se de algas e por fim, peixes alimentando-se de crustáceo (CETESB, 1975).

Conforme relatos de KELLNER e PIRES (1998), os grupos de algas mais freqüentes nas lagoas são as algas verdes, os fitoflagelados, as algas azuis e as diatomáceas. Os gêneros mais encontrados nas lagoas facultativas e de maturação são as algas verdes: *Actinastrum*, *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Clorococcum*, *Closteriopsis*, *Colastrum*, *Coronastrum*, *Cosmarium*, *Crucigenia*, *Dictyosphaerium*, *Golenkinia*, *Micractinium*, *Nephrochlamys*, *Oocystis*, *Planktosphaeria*, *Protococcus*, *Scenedesmus*, *Selenastrum*, *Sphaerocystis*, *Tetraedron*, *Tetraspora* e *Tetrastrum*; algas fitoflagelados: *Carteira*, *Clamydomonas*, *Chorogonium*, *Euglena*, *Gumnodinium*, *Hemidinium*, *Heteronema*, *Lepocinalis*, *Pandorina*, *Pascheriella*, *Peranema*, *Peridinium*, *Petalomonas*, *Phacus*, *Synura* e *Trachlelomonas*; algas azuis: *Anabaena*, *Merispopedia*, *Microcystis*, *Ocilatória*, *Spirulina*, *Synechococcus* e *Synechocystis*; algas diatomáceas: *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzchia* e *Synedra*.

BERNICE (1971), realizou estudos do conteúdo estomacal do crustáceo *Streptocephalus dichotomus* em 100 animais, sendo 50 machos e 50 fêmeas. As algas encontradas no trato digestivo desta espécie foram: *Chlorella*, *Euglena*, *Pandorina*, *Phacus*, *Merispopedia*, *Microcystis*, *Navicula*, *Synedra*, *Tetraspora*, *Nannochloris*, *Volvox*, *Pediastrum*, *Spirogyra*, *Trachelomonas*, *Goniochloris*, *Ourococcus*, *Merisomopedia*, *Desmids* e *Cloterium*.

No sul da África, foi testado o *Streptocephalus macrourus* (Crustacea: Anostraca), em tanques com alta densidade de algas, apresentando um ótimo desempenho na transformação de biomassa de alga, em biomassa de *S. macrourus* (MITCHELL, 1991).

Outra razão para tratamento dos efluentes e corpos d'água, com estoque intensivo de organismos é a recuperação de nutrientes, relatados por CARPENTER (1978), *apud* MITCHELL, (1991). O mesmo autor estimou que na alimentação de porcos nas pocilgas, mais de 66,7% do nitrogênio da ração são carregados nos corpos d'água. No sistema de CARPENTER (1978), com o cultivo de algas, foram recuperados 50% do nitrogênio nas lagoas de estabilização.

Esses invertebrados também podem ser usados como proteínas suplementares, na alimentação, em aquicultura ou em outras aplicações. A vantagem do uso dos invertebrados como proteína suplementar é o fato de que a proteína animal tem melhor assimilação do que a proteína vegetal (GALLAGHER e BROWN, 1975).

Os estágios mais difíceis da piscicultura é a passagem das larvas para a fase de alevinos (SIPAÚBA-TAVARES 1993). A larvicultura das espécies de peixe tem sido desvantajosa por falta de alimentação em tamanhos adequados de zooplâncton vivos, para as larvas (LUBZENS, 1987; DIAS *et al.*, 1988; YAMANKA, 1988; LUCAS *et al.*, 1990; SIPAÚBA-TAVARES e ROCHA, 1994).

O cultivo em massa do *Dendrocephalus brasiliensis* de hábito alimentar preferencialmente fitoplanctófago pode minimizar as dificuldades e aumentar a produtividade de alevinos de peixes, principalmente na larvicultura de peixes carnívoros LOPES *et al.* (1998), Este microcrustáceo, da mesma família do *Streptocephalus macrourus*, testado no sul da África (MITCHELL, 1991) vive em água doce represadas, principalmente em lagoas temporárias, que não tenham peixes, seu principal predador.

De acordo com LOPES *et al.* (1998), o hábito alimentar do *Dendrocephalus brasiliensis* é preferencialmente fitoplanctófago. Esses animais filtram a água nadando em cardumes com os filópodos para cima, em direção à luz, caracterizando, assim, a telotaxia ventral.

Bernice (1971) estudou os fluxos da alimentação do *Streptocephalus dichotomus*, da mesma família do *Dendrocephalus brasiliensis*, Figura 3.1

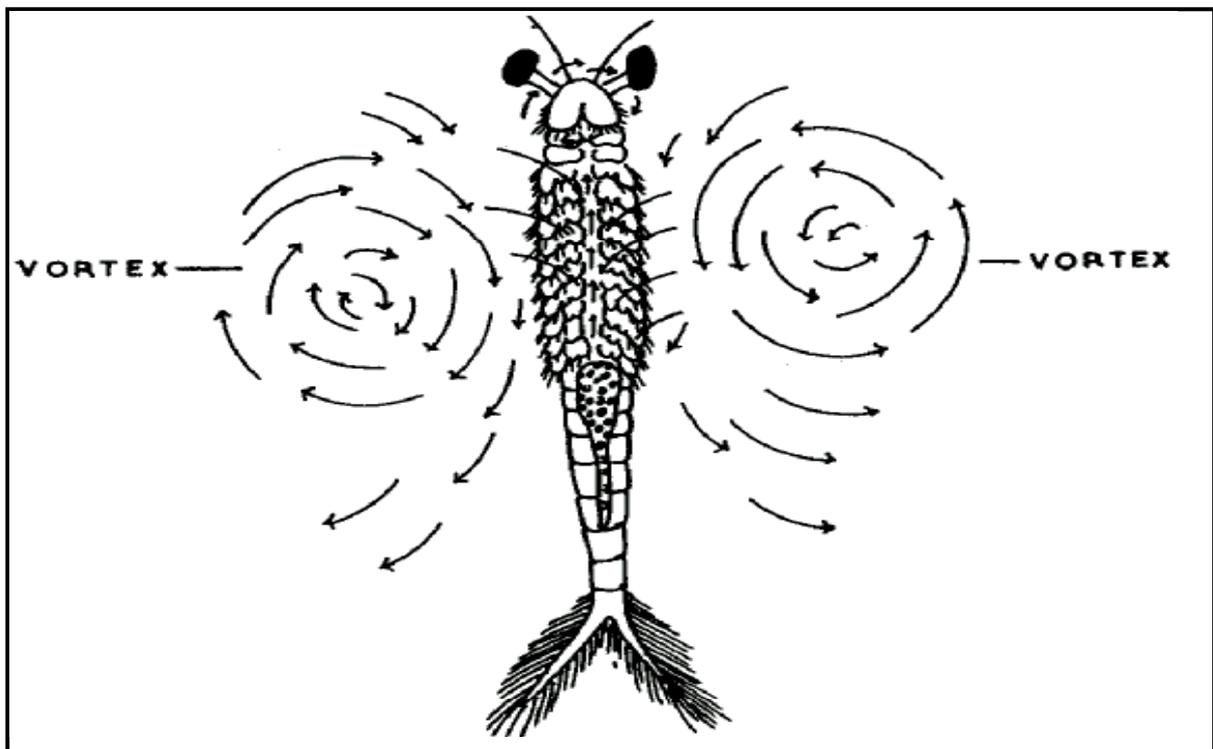


Figura 3.1 Fluxo de alimentação do *Streptocephalus dichotomus* BERNICE (1991)

São animais de fácil identificação, sendo que o macho apresenta na sua anatomia externa um corpo cilíndrico com apêndice sexual vertical e a fêmea é identificada pelo ovissaco com ovos

próximos à cauda. A coloração do macho é mais clara que a da fêmea, que vai da cor branca ao verde claro. O macho adulto chega a atingir 27 mm de comprimento, enquanto as fêmeas atingem 25 mm (LOPES *et al.*, 1998).

Esta espécie apresenta alto potencial reprodutivo, uma vez que as fêmeas chegam a liberar em média, 100 a 200 ovos por postura.

Os cistos são muito resistentes, o que protege os embriões durante os períodos inóspitos à sobrevivência das larvas.

No Brasil, o *Dendrocephalus brasiliensis* é conhecido pelo nome popular de "camarãozinho branque" ou "branchoneta" (lê-se branconeta) (Figura 3.2).

A classificação sistemática do *Denrocephalus brasiliensis* é a seguinte: Classe Branchiopoda; Subclasse Sarsostraca; Ordem Anostraca; Família Thamnocephalidae; Gênero *Dendrocephalus*; Espécie *brasiliensis* (PESTA, 1921).



Figura 3.2 – *Dendrocephalus brasiliensis* LOPES *et al.* (1998).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Sobrevivência do *Dendrocephalus brasiliensis* cultivado em efluente agroindustrial

Para a realização dos testes de sobrevivência, foram utilizados cistos resistentes de *Dendrocephalus brasiliensis*, coletados nos sedimentos dos tanques da Estação de Piscicultura de Paulo Afonso, da Companhia Hidrelétrica de São Francisco (CHESF), no Estado da Bahia.

Os cistos limpos e desidratados durante setenta e duas horas, em temperatura ambiente (Figura 4.1), foram armazenados em vidros de boca larga, com capacidade de 50 mL, para serem transportados até o Laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

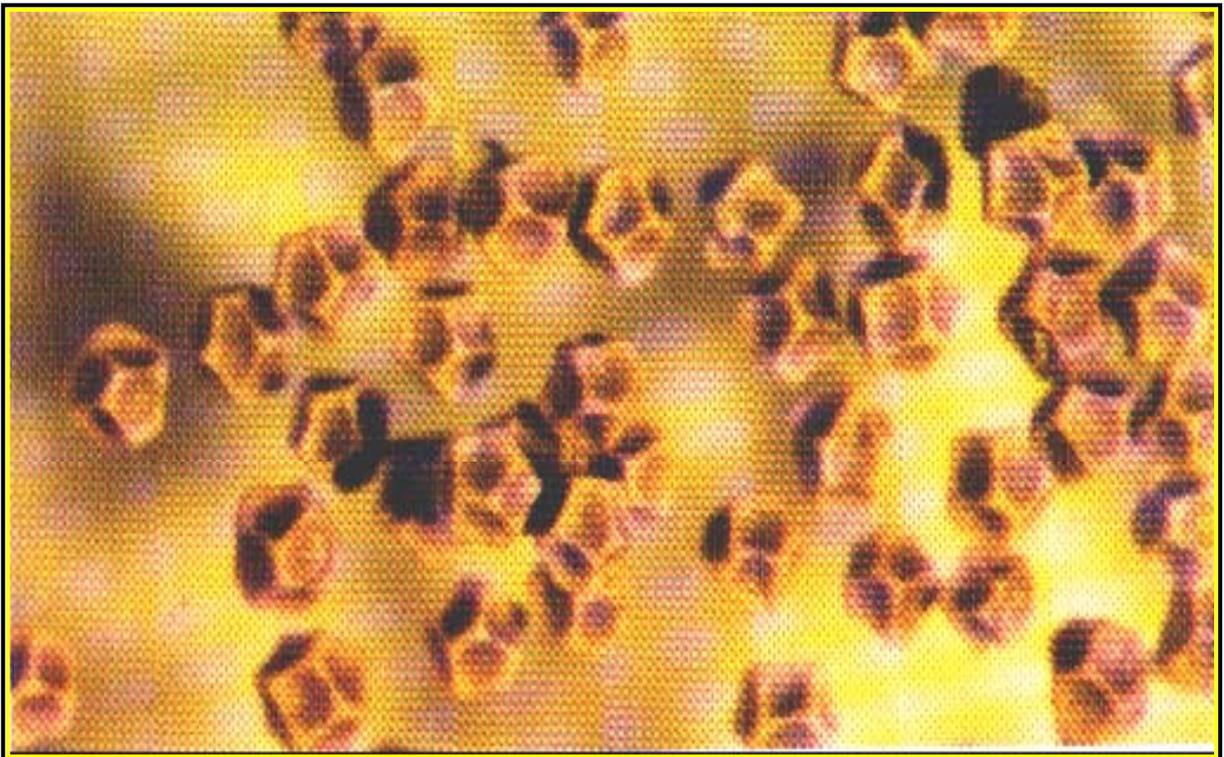


Figura 4.1 – Cistos desidratados LOPES *et al.* (1998).

O efluente utilizado para os experimentos foi coletado na lagoa de polimento do sistema de tratamento da indústria de esmagamento de soja ADM - EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO S/A, situada no Núcleo Industrial de Campo Grande/MS.

Todas as coletas foram realizadas no período da tarde, em vários pontos da lagoa com um recipiente de plástico com capacidade de 10 L, em uma profundidade de 30 a 50 cm da superfície. A temperatura do efluente durante as coletas oscilaram entre 24 a 29°C.

O efluente foi armazenado em galões plásticos, com capacidade de 40 L, para o transporte até o Laboratório de Qualidade Ambiental, onde foram acondicionados em recipientes plásticos cilíndricos com 33 cm de altura, 51 cm de diâmetro e com capacidade de 50 L.

Os experimentos de sobrevivência foram realizados com densidade de 20 náuplios por litro de efluente. Cada experimento foi composto de seis aquários de garrafa PET (Figura 4.2), sendo três aquários com náuplios e três sem náuplios (testemunho).

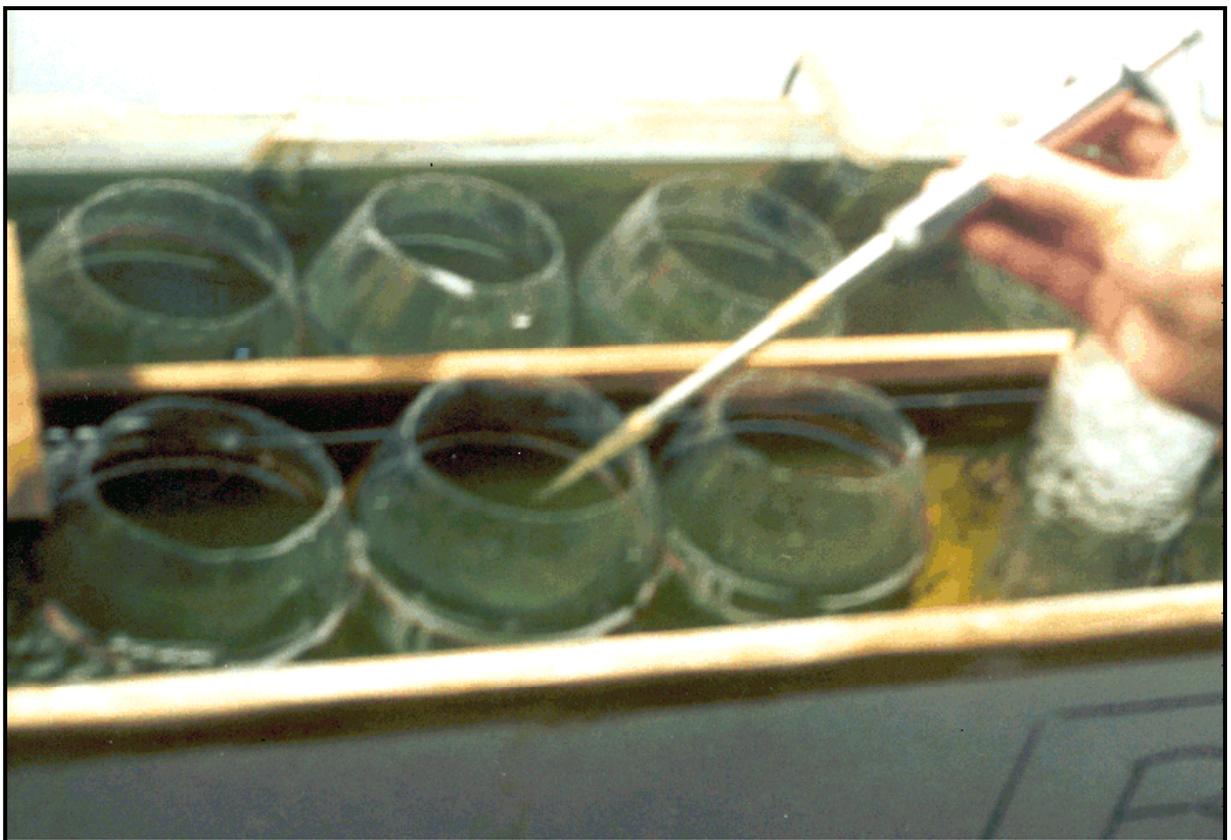


Figura 4.2 – Aquário de garrafa PET, no interior do aquário banho-maria.

Os três aquários com os náuplios e mais três aquários testemunhas com efluente sem náuplios, foram colocados em um aquário maior, construído em vidro de 4 mm, nas dimensões de 90x60x30 cm (Figura 4.3), revestido externamente com folhas de isopor de 10 mm, apoiados em estrutura de madeira com as instalações de ar comprimido, luminária com duas lâmpadas de 40W com luminosidade de 4200 lux na superfície dos aquários de garrafa, dois aquecedores com termostato e um termômetro de mercúrio com escala de 0 a 50°C.

O período de iluminação dos aquários foi estabelecido nos horários das 7:00 às 18:00 horas.



Figura 4.3 – Aquário banho maria .

Como a temperatura do efluente no momento das coletas oscilou entre 24 a 29°C, fez-se a opção para trabalhar com a temperatura de 27°C, para os testes de sobrevivência.

O aquário banho-maria foi utilizado para a manutenção e homogeneização da temperatura de 27°C, entre os aquários de garrafa PET.

Antes da distribuição dos náuplios, foram analisados os seguintes parâmetros físicos e químicos do efluente: turbidez, pH, condutividade, sólidos dissolvidos totais, salinidade e oxigênio dissolvido e calculado o número inicial de algas/mL.

As análises físicas e químicas e as contagens de células de algas/mL foram feitas diariamente, e a medição do comprimento dos animais e a troca de efluentes realizaram-se no quarto e no sexto dia, após o início do experimento.

A contagem das algas e as análises físico-químicas de importância fisiológica, para os animais foram feitas, através dos equipamentos: pHmetro, condutivímetro, oxímetro e turbidímetro todos digitais. Para a realização destas análises, tomou-se o cuidado de fazer na seguinte ordem: turbidez, contagem de algas/mL, pH, condutividade, salinidade, sólidos dissolvidos

totais e oxigênio dissolvido, para que uma análise não interferisse na outra. O eletrodo era emerso aproximadamente, na mesma profundidade para todos os aquários, como também a coleta de amostras feitas com uma micro-pipeta para contagem das células de algas, com a utilização da lâmina Fuchs Rosenthal.

Para o cálculo de células de algas, para contagem total da lâmina Fuchs Rosenthal foi utilizado as seguintes equações:

$$n^{\circ} A = \frac{N}{V} = K \times 1000 = Q$$

Cálculo para contagem de 16 quadros: $n^{\circ} A = \frac{N \times 16}{V} = K \times 1000 = Q$

Cálculo para contagem de 1 quadro: $n^{\circ} A = \frac{N \times 256}{V} = K \times 1000 = Q$

Onde:

$n^{\circ} A$ = número total de algas contadas por mililitro

N = número médio de algas contadas nos quadros

V = volume do reservatório da lâmina em microlitro

K = número total células em microlitro

Q = número total de células por mililitro

Os procedimentos de cálculos das células de algas descritos acima foram repetidos, para os experimentos de remoção de algas e todos os dados foram anotados em planilha. Para a medição do tamanho dos animais, utilizou-se uma lâmina e uma ocular micrométrica. Na fase de náuplios e nas fases seguintes, as medidas foram realizadas com uma peneira de 25 mm de diâmetro com malha de 30 μ m, calibrada no microscópio nos aumentos de 50 e 100 vezes.

Na medição, os animais foram colocados nessa peneira, dentro de uma placa-de-petri com água, utilizando uma lupa com aumentos de 20 a 80 vezes. A peneira era suspensa em baixo da objetiva por alguns segundos, ficando os animais suspensos, imóveis, na malha sem água, onde eram possíveis as contagens das malhas no sentido cauda a cabeça.

Para cada aquário foram medidos 10 animais e a contagem de sobreviventes foi feita no quarto e sexto dia de cultivo.

A duração do experimento ficou compreendida, entre a fase de náuplios e a fase adulta, estabelecida com o aparecimento do ovário nas fêmeas, visíveis a olho nu. Este período teve duração de 6 dias no experimento 2 e de 7 dias nos experimentos 1 e 3.

Os métodos, estatísticos aplicados aos dados da sobrevivência do *Dendrocephalus brasiliensis* foi: o teste Não Paramétrico da mediana de Mood. e análise de variância.

A análise estatística, dos dados coletados nos experimentos para a sobrevivência do *Dendrocephalus brasiliensis*, consistiu das seguintes etapas:

- Estimativa da taxa de sobrevivência dos animais, nas três repetições do experimento em nove aquários analisados;
- Verificação da diferença nas condições de caracterização dos aquários.

4.2 Remoção de algas via alimentação pelo crustáceo *Dendrocephalus brasiliensis*

Os animais utilizados nos experimentos para remoção de algas nasceram e foram criados no LAQUA, alimentados com o mesmo efluente utilizado nos testes de sobrevivência, coletados na lagoa de estabilidade da indústria de esmagamento de soja ADM. EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO S/A.

Para os experimentos de remoção de algas foram feitas várias eclosões de cistos, até atingir uma quantidade de animais suficiente para o experimento.

Após a eclosão dos cistos, os náuplios foram distribuídos em vários aquários (PET) com um litro de efluente e foram todos colocados no interior do aquário banho-maria para controle da temperatura e iluminação. Quando os animais atingiram as medidas médias entre 3 e 4 mm eram transferidos para o aquário de crescimento, construído em vidro, nas dimensões de 45x25x25 cm (Figura 4.4), em temperatura ambiente, recebendo a renovação diária de dois litros de efluente.

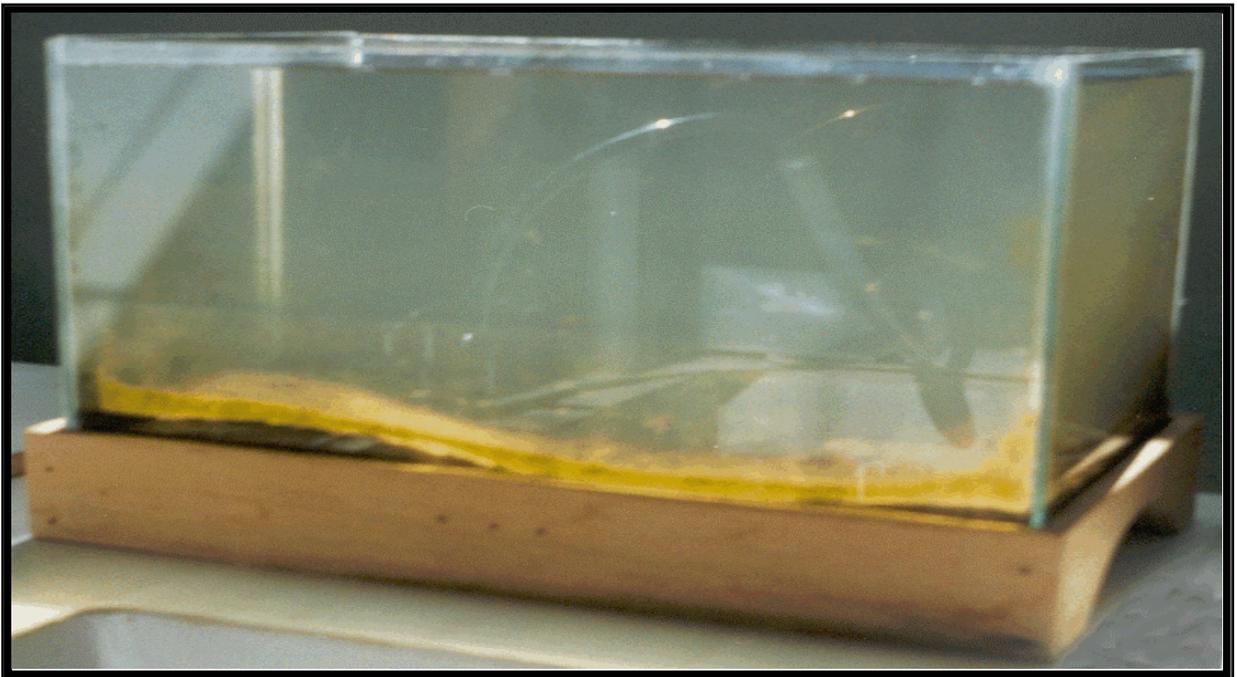


Figura 4.4 – Aquário de crescimento.

Entre 8º e 10º dia, após o nascimento dos animais, a média de crescimento atingiu 7 a 11 mm de comprimento. Constatada esta média de comprimento, já considerados animais adultos com a indicação do surgimento dos ovários nas fêmeas, iniciava-se a montagem de três experimentos com as densidades de 10, 20 e 40 animais por litro de efluente, denominado experimentos 1, 2 e 3. Cada experimento recebeu seis aquários, sendo três com animais mais efluente denominados de 1, 2 e 3 e três com efluente sem animais denominados de A, B e C. Este conjunto de aquários foi repetido três vezes para cada experimento. Portanto, cada experimento teve 18 aquários analisados divididos em três baterias de seis aquários com um período de 24 horas de duração, para cada bateria.

Para cada experimento, foram coletados efluentes, na indústria, transportando em dois galões com quarenta litros de efluentes cada, até o laboratório. Assim que chegava ao LAQUA, imediatamente retirava-se amostras para a realização das análises físico-químicas. Deste volume era retirado o volume necessário para o experimento e para alimentação dos animais em fase de crescimento.

Antes de dar início e durante os experimentos foram realizadas as seguintes análises físicas e químicas do efluente utilizado: turbidez, contagem de algas/mL, pH, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fosfato total, nitrogênio total, amônia, condutividade, salinidade e sólidos dissolvidos totais. Foram realizadas no início e no final das baterias, com exceção da demanda química de oxigênio que foi repetida no meio do período de cada bateria. Nos intervalos de quatro em quatro horas, foram repetidas as

análises de turbidez, contagem de algas/mL, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, salinidade e sólidos dissolvidos totais. Todas essas análises foram realizadas através de eletrodos, turbidimêtro, espectrofotômetro, lâmina para contagem de células Fuchs Rosenthal e técnicas titulométricas preconizadas no STANDARD METHODS (1995).

Nas leituras das análises feitas em quatro em quatro horas, tomou-se o cuidado de estabelecer uma ordem, para que a interferência de uma análise na outra fosse a menor possível, começando com a turbidez em seguida a contagem do numero de algas, pH, condutividade, sólidos dissolvidos totais, salinidade e por ultimo a medição do oxigênio dissolvido, devido à necessidade da movimentação do eletrodo no interior do aquário.

A imersão dos eletrodos e a coleta das amostras foram feitas aproximadamente na mesma profundidade nos aquários com animais e nos aquários testemunhos, as amostras para turbidez foram devolvidas para os seus respectivos aquários logo após a leitura, e para a contagem das algas o mínimo de célula contada por lâmina foi de 500 unidades, para a utilização de uma das opções de cálculo conforme citado anteriormente, isto quando não era possível contar a lâmina toda, ou quando a lâmina toda não tinha as 500 unidades.

Para o controle homogêneo da temperatura de 27°C e a iluminação, os aquários foram colocados dentro de um aquário banho-maria, construído em vidro de 4 mm, nas dimensões de 90x60x30 cm, revestido externamente com folhas de isopor de 10 mm, apoiados em um suporte de madeira com a instalação de ar comprimido, uma luminária com duas lâmpadas de 40w, com a luminosidade de 4200 lux na superfície dos aquários de garrafa PET, dois aquecedores com termostato e um termômetro de mercúrio com escala de 0 a 50°C.

A temperatura foi escolhida com base no trabalho realizado por WALSCHE *et al.* (1991) que pesquisou para espécie *Streptocephalus proboscideus*, da mesma família do *Drendocephalus brasiliensis*, a faixa de temperatura entre 26 a 31°C em diferentes taxas de alimentação, para a sobrevivência dos animais os melhores resultados foram encontrados pelo pesquisador com a temperatura de 27°C. (Foi criada uma corrente de água entre os aquários com pedras porosas insufladas com ar comprimido). O período de iluminação foi das 7:00 horas as 18:00 horas.

Todos os dados coletados nos experimentos foram anotados em planilhas específicas para posterior tratamento estatístico.

As metodologias estatísticas aplicadas aos dados coletados na fase da remoção de algas são as seguintes: Análise discriminante linear e a estatística de F da distribuição de Snedecor.

Com relação à remoção das algas, as análises constituíram das seguintes etapas:

Análise das condições físico-químicas no início e no final dos experimentos. Apresentação da análise da remoção de algas, condições físico-químicas no início e final do experimento e suas relações;

Análise da remoção do número de algas em cada aquário analisado;

Correlação da remoção de algas com os parâmetros físico-químicos analisados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sobrevivência do *Dendrocephalus brasiliensis* cultivado em efluente agroindustrial

5.1.1 Estimativa da taxa de sobrevivência dos animais, nas três repetições do experimento em nove aquários analisados.

Encontra-se na Tabela 5.1, a taxa de sobrevivência dos animais nos nove aquários, em três experimentos analisados, após sete dias de cultivo.

Tabela 5.1 – Distribuição do número de animais sobreviventes após sete dias.

Experimento	Aquário com animais	Número de animais		Taxa de sobrevivência em(%)	
1	1	18		90,0	
	2	20		100,0	
	3	19		95,0	
		Total	57	Média	95,0
2	1	16		80,0	
	2	18		90,0	
	3	19		95,0	
		Total	53	Média	88,3
3	1	18		90,0	
	2	18		90,0	
	3	20		100,0	
		Total	56	Média	93,3
TOTAL GERAL		166		92,2	

Verificou-se que a taxa de sobrevivência dos animais não difere significativamente entre os aquários dos três experimentos ($F = 1,06$; $p\text{-valor} = 0,392$), apresentando uma taxa média de sobrevivência igual a 92,2%. A taxa média de sobrevivência para uma população de animais, sob as condições físico-químicas descritas, a um nível de confiabilidade de 95%, está entre 87,3 e 95,7%.

5.1.2 Verificação das diferenças nas condições de caracterização dos aquários.

A seguir, são analisadas as condições físico-químicas de cada experimento, em relação ao efluente, aquários com animais e aquários testemunhos.

O volume de efluente utilizado nos três experimentos e nos diferentes momentos de cada experimento, foi retirado da mesma coleta, estocada no laboratório.

Todo o efluente estocado no laboratório, foi exposto diariamente a luz solar, sendo recolhido ao final da tarde, imitando-se aproximadamente a mesma condição do efluente na lagoa de estabilização.

A análise estatística utilizada foi à técnica multivariada denominada Análise de Discriminante linear. Em sua aplicação, todas as características medidas do efluente são consideradas simultaneamente. Isto faz sentido, pois, se reduzimos o pH, a condutividade da água será afetada, aumentando a mesma. Desta forma, não faz sentido analisar cada característica isoladamente.

Iniciaremos analisando as características do efluente utilizado em cada experimento, com o objetivo de verificar se, dado às características do efluente, pode dizer qual o experimento está associado. Caso isso seja possível, pode-se dizer que as características do efluente de cada experimento são diferentes, casos contrários são as mesmas. Apresenta-se na Tabela 5.2, todas as características do efluente por experimento e em cada momento considerado.

Tabela 5.2 – Caracterização do efluente utilizado nos experimentos dos dias 1, 4 e 6.

Experimento	Dia	pH	Turbidez (UNT)	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sal ($^{\circ}/_{00}$)	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Nº de Algas cls/mL
1	1	8,77	103,0	440	0,2	220	6,80	3.813.333
	4	8,92	63,5	474	0,2	236	9,35	3.852.800
	6	8,82	67,5	458	0,3	239	10,40	4.736.000
2	1	8,38	39,2	524	0,3	262	6,64	2.266.666,
	4	7,65	43,1	618	0,3	309	5,73	4.226.666,
	6	8,72	52,8	570	0,3	285	6,94	3.240.000,
3	1	8,28	61,0	622	0,3	311	9,42	2.073.333
	4	8,40	31,5	614	0,3	307	9,38	2.733.333
	6	8,42	45,5	606	0,3	307	7,91	1.786.666

Ao aplicar-se a técnica multivariada, denominada análise de discriminante, constatou-se que, dado às características do efluente é possível saber exatamente em que experimento ele foi utilizado. Na Tabela 5.3, é apresentado a origem do efluente, por experimento e a classificação do efluente em qual experimento ele foi utilizado. Pode-se ver que o grau de acerto foi de 100%, nos três experimentos.

Tabela 5.3 – Classificação dos efluentes segundo o experimento via função de discriminante linear.

Experimento que o efluente foi classificado	Experimento que o efluente foi utilizado			
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Total
Experimento1	3	0	0	3
Experimento2	0	3	0	3
Experimento3	0	0	3	3
Proporção Correta (em)	100	100	100	100

A classificação acima foi realizada através de uma função discriminante linear, calculada para cada experimento, apresentada na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Função de discriminante linear por experimento para efluentes.

Parâmetros	Unid.	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Constante		-1381,9462690	-1580,9651938	-1734,0804377
Número de Algas	cels/mL	-0,0000097	-0,0000308	-0,0000463
pH		214,8138570	219,7437585	216,2555430
Turbidez	UNT	0,3386479	0,0056860	0,1351957
Condutividade	μ S/cm	-0,0406626	-0,2039218	-0,2817667
STD	mg/L	4,5253298	5,9692023	6,7721332
OD	mg/L	-17,0183129	-21,4503507	-18,0589107

A utilização deste discriminante linear para classificar os efluentes segundo o conjunto de seus parâmetros físico-químicos se fez da seguinte maneira: Dado os parâmetros do efluente (seu vetor de valores), multiplica-se o mesmo pelas três funções de discriminante linear dadas acima. Assim, para cada aplicação tem-se ao final um número. O efluente que está sendo utilizado pelo experimento corresponde ao maior valor, entre os três.

Um exemplo: seja o efluente considerado no 4º dia do experimento 3. Suas características encontram-se na penúltima linha da Tabela 5.2 e foram transcritas para a primeira coluna da Tabela 5.5, a seguir. Nas colunas 3, 5 e 7 da Tabela 5.5, tem-se o produto de cada característica do efluente considerado, em relação ao coeficiente da função discriminante linear. Vale lembrar que foi introduzida uma nova característica: a constante = 1.

Tabela 5.5 – Quadro exemplo do uso da análise de discriminante.

Característica do efluente		Ex. 1	Res.	Ex. 2	Res.	Ex. 3	Res.
Constante.....	1	-1381,95	-1381,95	-1580,96	-1580,97	-1734,08	-1734,08
N ⁰ de algas (cels/mL).....	2.733.333	-0,00001	-26,5133	-0,00004	-84,1867	-0,00005	-126,553
pH.....	8,4	214,81	1804,436	219,74	1845,84 8	216,26	1816,54 7
Turbidez (UNT).....	31,5	0,338648	10,66741	0,00568 6	0,17910 9	0,13519 6	4,25866 5
Condutividade (μS/cm).....	614	-0,041	-24,9668	-0,204	-125,208	-0,282	-173,005
STD mg/L.....	307	4,525	1389,276	5,969	1832,54 5	6,772	2079,04 5
OD mg/L.....	9,38	-17,02	-159,632	-21,45	-201,204	-18,06	-169,393
Soma		1611,32		1687,01		1696,82	

Ex. = Experimento, Res. = Resultado

Como o maior valor foi igual a 1696,82 referente ao experimento 3, pode-se classificar o respectivo efluente, como proveniente deste experimento. Portanto, pode-se afirmar que os efluentes utilizados em cada experimento, tinham características físico-químicas distintas. A seguir é apresentada, a faixa de variação dos efluentes para cada característica físico-química considerada.

Tabela 5.6 – Faixa de variação das características físico-químicas dos efluentes utilizados nos três experimentos.

Parâmetros	Unid.	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Total
Número de algas	cels/ml	3.813.333 a 4.736.000	2.266.666 a 4.226.667	1.786.667 a 2.733.333	1.786.667 a 4.736.000
pH		8,77 a 8,92	7,65 a 8,72	8,28 a 8,42	7,65 a 8,92
Turbidez	UNT	63,5 a 103,0	39,2 a 52,8	31,5 a 61,0	31,5 a 103,0
NaCl	‰	0,2 a 0,3	0,3	0,3	0,2 a 0,3
Condutividade	μS/cm	440 a 474	524 a 618	606 a 622	440 a 622
STD	mg/L	220 a 239	262 a 309	307 a 311	220 a 311
OD	mg/L	6,80 a 10,40	5,73 a 6,94	7,91 a 9,42	5,73 a 10,40

Da mesma forma, analisou-se as condições físico-químicas dos aquários com animais e aquários testemunhos envolvidos em cada experimento, ao longo dos sete dias de execução de cada experimento.

Ao aplicar novamente a análise de discriminante para analisar a qualidade do efluente nos três experimentos, constatou-se que os três experimentos diferem significativamente com relação

a este aspecto. Quando se efetuou a análise de discriminante verifica-se que, dado às características físico-químicas de um tanque ou padrão, independente do dia considerado é possível dizer com exatidão a qual experimento aquele tanque ou padrão está sendo utilizado. O resumo da aplicação da análise de discriminante encontra-se na Tabela 5.7, a seguir. O número de aquário com animais e aquários testemunhos no experimento 2 é menor porque o experimento foi encerrado no sexto dia, devido o aparecimento do ovário nas fêmeas.

Tabela 5.7 – Classificação dos aquários com animais e aquários testemunhos, segundo o experimento via função de discriminante linear.

Experimento que o efluente foi classificado	Experimento que o efluente foi utilizado			
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Total
Experimento1	42	0	0	42
Experimento2	0	36	0	36
Experimento3	0	0	42	42
Proporção Correta (em%)	100	100	100	100

Como foi visto, esta classificação foi realizada via uma função discriminante linear, para cada experimento, a qual é apresentada na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Função de discriminante linear por experimento, para aquário com animais e aquários testemunhos.

Parâmetro	Unid.	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Constante		-5131,8906	-5258,3732	-5879,9970
Número de Algas	cels/mL	0,0001	0,0001	0,0001
pH		887,7405	891,4851	935,6680
Turbidez	UNT	0,1613	0,1124	0,2372
Condutividade	μS/cm	6,1202	6,3105	6,7738
STD	mg/L	-0,2077	-0,2221	-0,2398
OD	mg/L	-54,8544	-54,1507	-57,0397

Com as funções discriminantes lineares acima é possível efetuar os cálculos, para saber a qual experimento pertence um dado tanque ou padrão, independente do dia que considerado.

Por exemplo, seja o aquário 3 com animais, do experimento 1 no quinto dia; abaixo, na primeira coluna, pode-se verificar suas características físico-químicas e os resultados da

aplicação da análise de discriminante para este aquário. Vê-se que o maior valor obtido foi igual a 5.134, 93, correspondente ao experimento 1.

Tabela 5.9 – Quadro exemplo do uso da análise de discriminante para as características físico-químicas do aquário 3 com animais, do experimento 1, no quinto dia.

Característica do aquário com animais	Ex. 1	Res.	Ex. 2	Res.	Ex. 3	Res.
Constante.....1	-5131,89	-5131,89	-5258,37	-5258,37	-5880,00	-5880,00
N ⁰ de algas (cels/mL).... 750000	0,00008	58,2	0,00008	57,6	0,00008	60,45
pH.....8,59	887,74	7625,69	891,49	7657,86	935,67	8037,39
Turbidez (UNT).....24,4	0,16	3,94	0,11	2,74	0,24	5,79
Condutividade (µS/cm).....475	6,12	2907,09	6,31	2997,47	6,77	3217,54
STD mg/L.....238	-0,21	-49,44	-0,22	-52,85	-0,24	-57,08
OD mg/L.....5,08	-54,85	-278,66	-54,15	-275,09	-57,04	-289,76
Soma	5134,93		5129,36		5094,33	

Portanto, pode-se afirmar que os aquários com animais e aquários testemunhos utilizados em cada experimento, tinham características físico-químicas distintas, entre os experimentos. Também realizou-se uma análise de discriminante dentro de cada experimento, com o objetivo de verificar se é possível diferenciar os aquários com animais e aquários testemunhos, segundo suas características físico-químicas. A classificação para o experimento 1, pode ser vista na Tabela 5.10 a seguir. Nela pode-se ver um baixo grau de acerto, indicando que os aquários com animais e aquários testemunhos, dentro do experimento 1, tinham características semelhantes. Isto também foi realizado para os experimentos 2 e 3, obtendo resultados similares, como pode ser visto nas Tabelas 5.11 e 5.12, ou seja, as características dos diversos aquários com animais e aquários testemunhos, dentro de cada experimento, são as mesmas.

Tabela 5.10 – Classificação dos aquários com animais e aquários testemunhos, com relação ao experimento 1 via função de discriminante linear.

Aquários com animais e aquários testemunhos classificado	Aquário que o efluente pertence					
	1	2	3	A	B	C
Aquário com animais 1	1	0	0	0	0	0
Aquário com animais 2	3	3	2	2	0	0
Aquário com animais 3	1	2	3	0	1	2
Aquário testemunho A	0	1	1	1	1	1
Aquário testemunho B	2	1	1	0	2	1
Aquário testemunho C	0	0	0	4	3	3
Proporção Correta (em%)	14,3%	42,9%	42,9%	14,3%	28,6%	42,9%

Tabela 5.11 – Classificação dos aquários com animais e aquários testemunhos, com relação ao experimento 2, via função de discriminante linear.

Aquário com animais e aquários testemunhos classificados	Aquário que o efluente pertence					
	1	2	3	A	B	C
Aquário com animais 1	4	1	1	0	1	0
Aquário com animais 2	0	1	0	0	0	0
Aquário com animais 3	1	3	5	1	2	1
Aquário testemunho A	0	0	0	2	0	1
Aquário testemunho B	1	1	0	1	1	1
Aquário testemunho C	0	0	0	2	2	3
Proporção Correta (em%)	66,7%	16,7%	83,3%	33,3%	16,7%	50,0%

Tabela 5.12 – Classificação dos aquários com animais e aquários testemunhos, com relação ao experimento 3, via função de discriminante linear.

Aquário com animais e aquários testemunhos classificados	Aquário que o efluente pertence					
	1	2	3	A	B	C
Aquário com animais 1	4	3	0	0	0	0
Aquário com animais 2	1	2	3	1	0	1
Aquário com animais 3	2	2	4	0	0	0
Aquário testemunho A	0	0	0	4	2	1
Aquário testemunho B	0	0	0	1	3	1
Aquário testemunho C	0	0	0	1	2	4
Proporção Correta (em %)	57,1%	28,6%	57,1%	57,1%	42,9%	57,1%

Na Tabela 5.13, é apresentada o crescimento médio dos animais em cada experimento, entre o início do experimento e o seu final.

Tabela 5.13 – Tamanho dos animais (em mm), no início e final dos três experimentos e crescimento estimado (em mm)

Experimento	Início		Final		Crescimento Estimado
	Média	D.P.	Média	D.P.	
Experimento 1	0,57	0,06	12,00	0,10	11,43
Experimento 2	0,56	0,07	11,33	0,15	10,77
Experimento 3	0,61	0,05	11,87	0,25	11,26
Geral	0,58	0,06	11,73	0,34	11,15

Os animais do experimento 2 tiveram um crescimento menor que o crescimento obtido nos outros dois experimentos. Isto foi constatado ao analisar o tamanho inicial e final dos animais nos três experimentos. O tamanho médio final dos animais do experimento 2 foi significativamente ($F = 11,59$; $p\text{-valor} = 0,009$) menor que o tamanho médio dos animais dos experimentos 1 e 3. O tamanho médio inicial dos animais envolvidos nos três experimentos foi semelhante ($F = 0,65$; $p\text{-valor} = 0,55$). Isso é importante pois demonstra-se que foi trabalhado com animais de iguais características, durante a pesquisa.

5.2 Remoção de algas via alimentação pelo crustáceo *Dendrocephalus brasiliensis*

Como detectou-se no teste de sobrevivência que há diferença no efluente inicial de cada experimento, analisou-se a remoção de algas para cada um dos experimentos. As possíveis alterações nas condições físico-químicas do efluente também foram analisadas.

5.2.1 Análise das condições físico-químicas no início e no final dos experimentos.

A Tabela 5.14 apresenta a análise da remoção de algas, condições físico-químicas no início e final do experimento e suas relações através de um exemplo (experimento 1, série 1).

Tabela 5.14 – Características físico-químicas, cels/m/L de algas e clorofila-a do efluente inicial e final (após 24 horas), para os aquários com animais e aquários testemunhos, por experimento.

PARÂMETRO	Experimento 1			Experimento 2			Experimento 3		
	EI	EFAT	EFAA	EI	EFAT	EFAA	EI	EFAT	EFAA
Nº de Algas	4.385,926	3.442,963	437,313	3.696,000	2.187,938	383,527	4.413,778	3.075,289	1.620,356
Clorofila-a (µg/L)	312,79	180,09	20,81	449,19	221,82	83,70	572,88	295,71	144,19
Turbidez (UNT)	65,43	39,43	12,19	66,20	13,79	9,55	99,07	29,71	16,99
DQO (mg/L)	95,70	83,96	52,57	105,99	63,95	59,48	145,39	103,47	82,52
DBO ₅ (mg/L)	15,69	10,63	6,47	26,40	15,97	9,51	35,89	26,57	194,47
OD (mg/L)	8,03	11,03	3,92	6,55	7,24	1,30	7,48	7,28	0,95
NTK (mg/L)	5,11	3,75	3,17	4,98	4,74	4,16	6,57	3,98	3,92
Amônia (mg/L)	2,19	1,05	1,55	2,85	1,47	2,09	1,75	1,47	1,36
Fosfato total (mg/L)	20,91	18,51	16,50	19,83	18,31	18,50	21,84	17,18	17,94
pH	8,32	8,51	8,07	8,03	8,21	7,54	8,57	8,60	7,72
NaCl (‰)	0,30	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
STD (mg/L)	241,00	243,00	249,22	238,83	237,11	245,44	260,33	262,33	270,44
Condutividade (µS/cm)	481,67	485,56	498,11	478,00	474,00	490,67	519,00	522,33	541,11

A seguir são apresentadas as condições do efluente inicial para o experimento 1, em cada uma das três repetições. Apresentaremos cada uma das séries, em particular, devido a grande diferença do número de algas, no efluente inicial de cada uma das séries.

Tabela 5.15 – Características físico-químicas dos efluentes iniciais do experimento 1

(Remoção de algas).

Parâmetro	Unidade	Série 1	Série 2	Série 3
Nº de algas	cls/mL	3.813.333,10	7.300.000,00	2.044.444,30
Clorofila-a	µg/L	273,40	304,96	360,00
Turbidez	UNT	103,00	64,80	28,50
DQO	mg/L	81,85	97,44	107,80
DBO	mg/L	17,77	15,61	13,69
OD	mg/L	6,80	8,25	9,05
NTK	mg/L em NH ₃ -N	5,80	4,10	5,43
Amônia	mg/L em NH ₃	3,00	0,50	3,07
Fosforo total	mg/L em P	20,23	18,80	23,69
pH	unidades	8,77	8,42	7,77
STD	mg/L	221,00	219,00	283,00
Condutividade	µS/cm	441,00	437,00	567,00

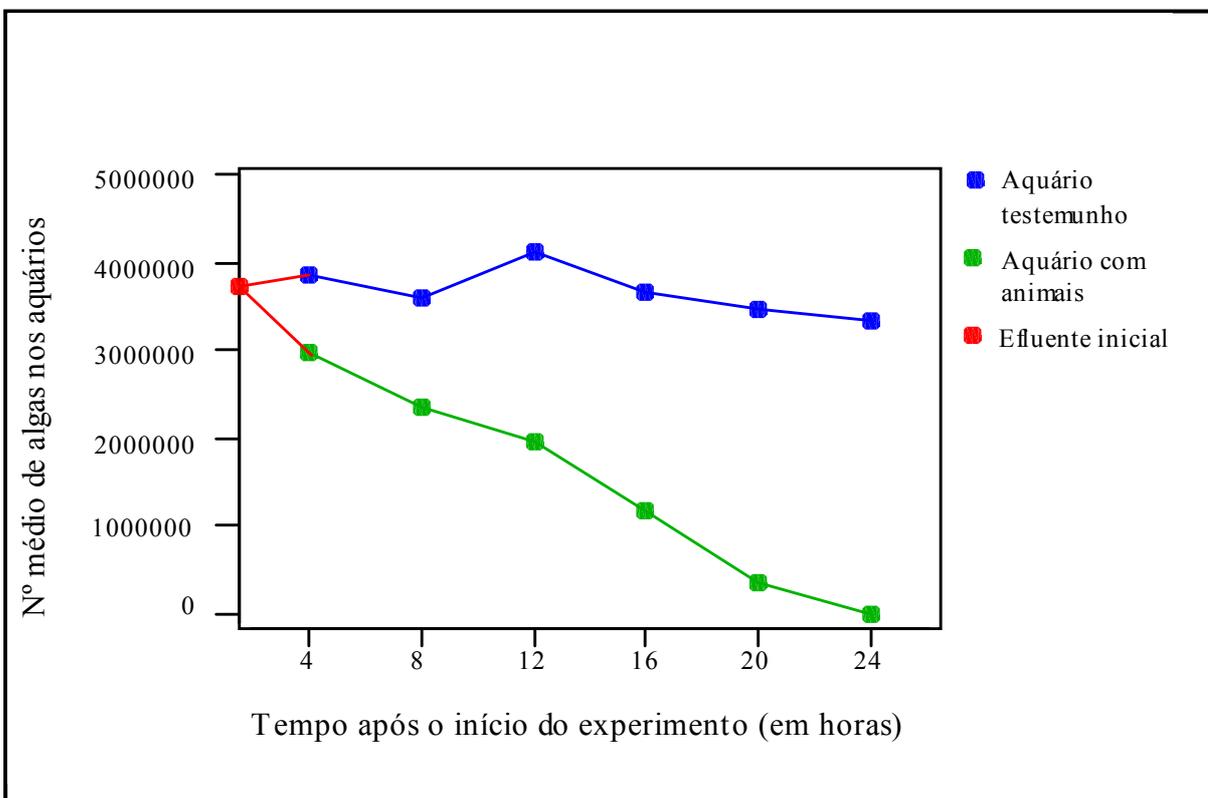


Figura 5.1 – Remoção de algas na série 1, do experimento 1, após 24 horas.

Na Figura 5.1 é apresentado o comportamento do número médio de algas, nos três aquários com animais e nos três aquários testemunhos, em cada um dos momentos analisados. Pode-se ver, na comparação, a sensível remoção do número de algas nos aquários com a presença dos animais e a manutenção (em 24 horas) do número de algas nos aquários testemunhos, demonstrando a remoção das algas realizada pelo *D. brasiliensis*.

A remoção média nos três aquários, no número de algas com a presença dos animais, foi igual a 3.781.978,77. (Série 1) correspondendo, em média, a 99,2% de remoção pelo *Dendrocephalus brasiliensis*.

A seguir, na Figura 5.2, é apresentado o número médio de algas do efluente inicial do experimento 1 da série 1 e a situação após 24 horas de análise, nos aquários com a presença de 10 animais e nos aquários testemunhos sem a presença dos animais. É possível notar que o número de algas nos aquários testemunhos se mantém estável, enquanto que nos aquários com os animais há uma sensível remoção, como já foi salientado acima.

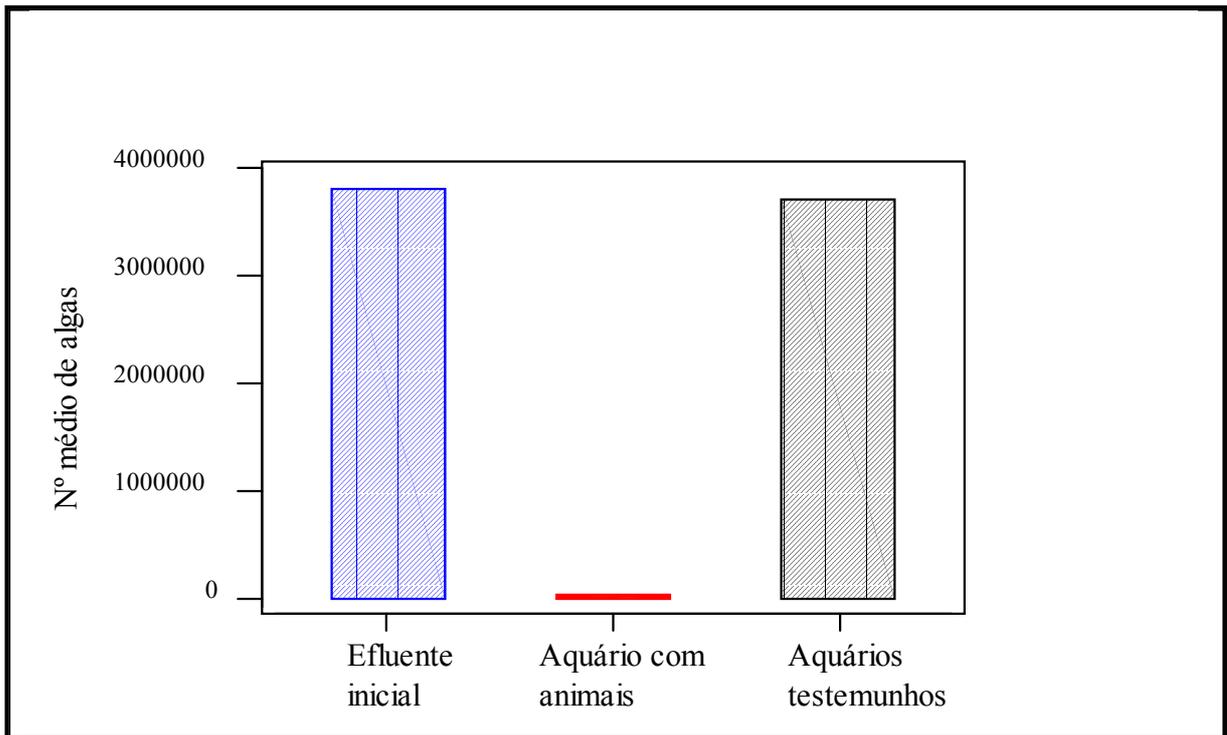


Figura 5.2 – Comportamento do número médio de algas no efluente inicial e após 24 horas nos aquários com animais e aquários testemunhos do experimento 1 da série 1.

A seguir é analisado o impacto nas características físico-químicas do efluente com a presença dos animais e a remoção do número de algas verificado acima.

A Tabela 5.16 apresenta de uma maneira geral, as características físico-químicas do efluente inicial e das características médias finais (após 24 horas) dos aquários com animais e aquários testemunhos do experimento 1 série 1.

Tabela 5.16 - Características físico-químicas do efluente inicial e média das características físico-químicas dos efluentes finais dos aquários com animais e aquários sem animais do experimento1, da série 1 após 24 horas

Parâmetro	Unid.	Efluente Inicial	Efluente Final Aquário testemunho	Efluente Final Aquário com animais	Aquário testemunho decantação (%)	Aquário com animais remoção (%)
Nºde algas	cls/mL	3.813.333	3.702.222	31.354	2,91	99,18
Clorofila	µg/L	273,40	199,90	16,35	26,88	94,02
Turbidez	UNT	103,00	45,73	9,58	55,60	90,70
DQO	mg/L	81,85	90,81	60,98	-10,95	25,50
DBO ₅	mg/L	17,77	11,31	6,01	36,35	66,18
OD	mg/L	6,80	12,04	0,51	-77,06	92,50
NTK	mg/L	5,80	4,29	3,99	26,03	31,21
Amônia	mg/L	3,00	1,84	2,33	38,67	22,33
Fosfato total	mg/L	20,23	18,57	17,02	8,21	15,87
pH	unid.	8,77	8,64	8,07	1,48	7,98
STD	mg/L	221,00	235,00	246,33	-6,33	-11,46
Condutividade	µS/cm	441,00	471,00	492,67	-6,80	-11,72

Obs.: Os números negativos em vermelho representam um aumento do valor do efluente inicial.

Os parâmetros, nº de algas/mL, a clorofila e a turbidez na tabela acima apresentam valores de remoção em percentuais muito próximo um do outro, esta proximidade é coerente já que estes parâmetros têm uma relação proporcional intrínseca direta entre o nº de algas e a clorofila e indireta com a turbidez que depende de outros sólidos em suspensão, mas nestes efluentes analisados as algas têm uma influência muito significativa.

Nem todas as características apresentadas na tabela 5.16 foram medidas a cada 4 horas. Algumas foram medidas somente no início e no final das 24 horas, são elas: clorofila; DBO₅; NTK, amônia e fosfato total. A DQO foi medida de 12 em 12 horas.

Apresenta-se a seguir as Figuras, relacionando cada uma dessas variáveis físico-químicas e a quantidade percentual restante de algas (referente à quantidade inicial do número de algas). É importante lembrar que três aquários com animais e três aquários testemunhos foram monitorados a cada 4 horas, totalizando 18 pontos para os aquários com animais e 18 pontos, para os aquários testemunhos. Como os aquários com animais e aquários testemunhos têm comportamentos distintos, devido à presença dos animais, fez-se a análise sempre em separado. Por exemplo, na Figura 5.3 é apresentada a relação entre turbidez e quantidade remanescente de algas, em relação à quantidade do efluente inicial, para os aquários com

animais e aquários testemunhos. No aquário com animais ocorre, por exemplo, uma remoção significativa na quantidade de algas, provocando uma redução na turbidez, algo que não aconteceu nos aquários testemunhos.

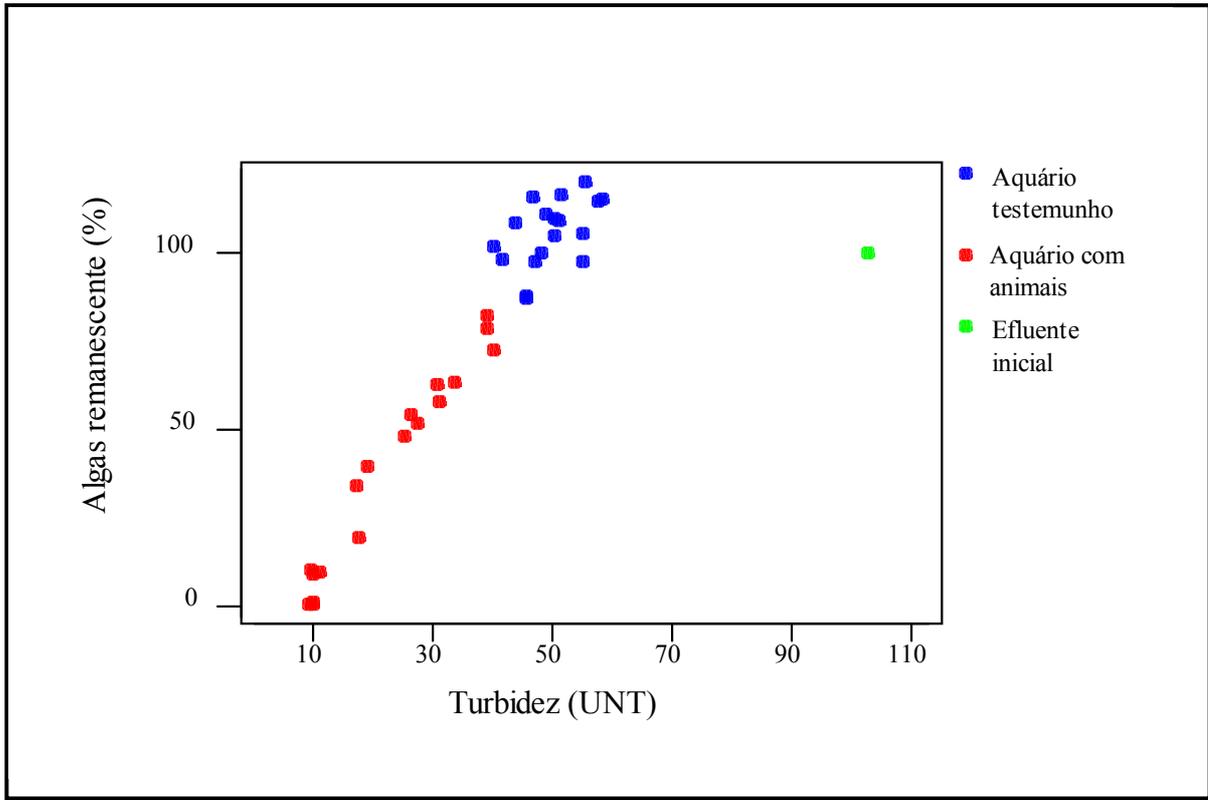


Figura 5.3 – Diagrama de dispersão da porcentagem de algas remanescentes e a turbidez.

O ponto verde na Figura 5.3 representa as condições de turbidez inicial e a quantidade percentual restante de algas no efluente inicial. Por isso, ele se encontra na posição de 100% em relação ao percentual de algas restantes. É possível notar que a quantidade de algas nos aquários testemunhos oscila em relação à quantidade do efluente inicial. Existe no início, um aumento no número de algas e em seguida uma diminuição. Provavelmente, o aumento seja devido à disponibilidade de nutrientes na coluna d'água, pela agitação na manipulação da amostra dos aquários e a diminuição pela mortalidade natural das algas, até atingir um equilíbrio natural dinâmico entre a disponibilidade de nutrientes e de luz. Isso não ocorre nos aquários com os animais, onde a turbidez é reduzida significativamente pela remoção das algas.

Pode-se ver na Figura 5.4 que a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) nos aquários testemunhos mantém-se estável, enquanto que nos aquários com os animais esta quantidade sofre uma redução à medida que há remoção na quantidade de algas. O nível de oxigênio dissolvido nos aquários testemunhos apresenta variações, devido à concentração de algas que

produzem o OD através da fotossíntese, além da produção de OD pela fotossíntese não há remoção das algas as principais produtoras de OD.

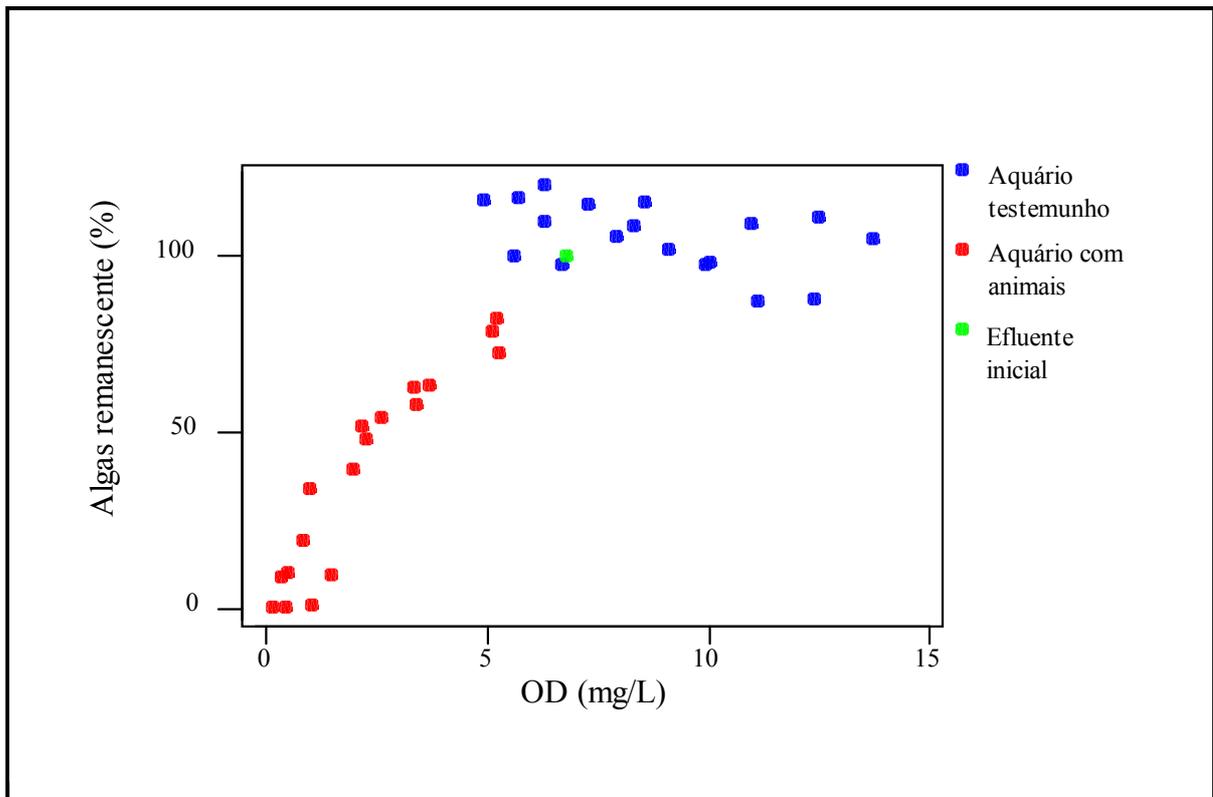


Figura 5.4 – Diagrama de dispersão da porcentagem de algas remanescentes e o oxigênio dissolvido.

Pela grande diferença de OD entre os aquários com animais e a dos aquários testemunhos tem-se um indicativo da remoção das algas e um outro fator importante a sobrevivência do *D. brasiliensis*, com baixas concentrações de OD. Os níveis de OD nas lagoas de estabilização nos dias nublados são relativamente baixos (Tabela 5.4).

Na medição deste parâmetro observou-se a estratégia dos animais para superar as baixas concentrações de OD, quando estas taxas chegavam à concentrações críticas. Os animais ficam na interface da água e atmosfera, movimentando a água com os filopódos, provocando uma aeração para difusão do OD. A área de superfície provavelmente é um fator importante para estes animais. As pequenas áreas das superfícies dos aquários provocavam muitas repetições de choques entre os animais, o que pode ter interferido no desempenho do aquário com 40 animais. O presente estudo levou em consideração o volume e o tempo para a remoção das algas, mas a área de superfície deve ser considerada na quantificação do número de animais.

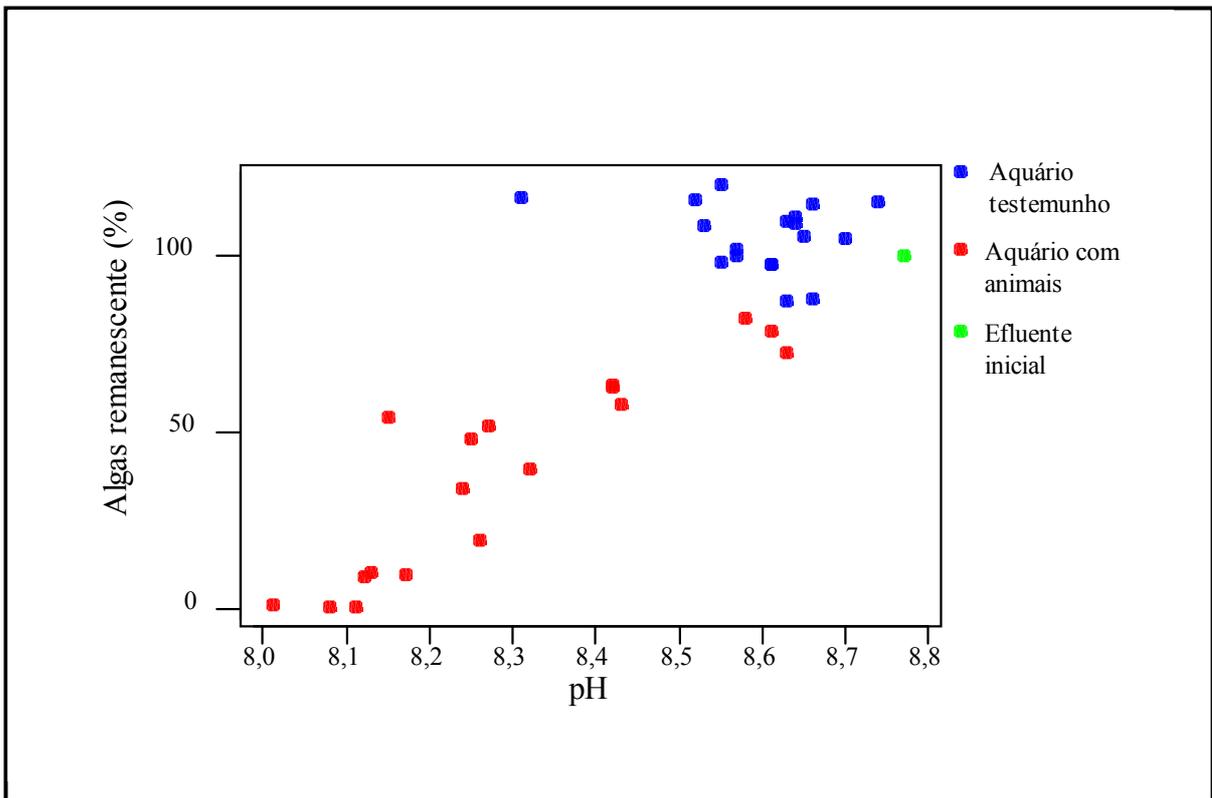


Figura 5.5 – Diagrama de dispersão da porcentagem de algas remanescentes e o pH.

Com relação ao pH pode-se notar um comportamento análogo aos outros dois casos. Contudo, a redução no pH é bastante pequena, variando de 8,77 a 8,00, no aquário com animais com remoção de quase 100% do número de algas. O gás CO_2 é um dos principais elementos que interferem no pH das águas. Quando retirado pela massa de algas, para a realização da fotossíntese, elevam o pH a níveis insuportáveis para diversas espécies aquáticas. Os animais contribuem no suprimento deste gás, através da respiração.

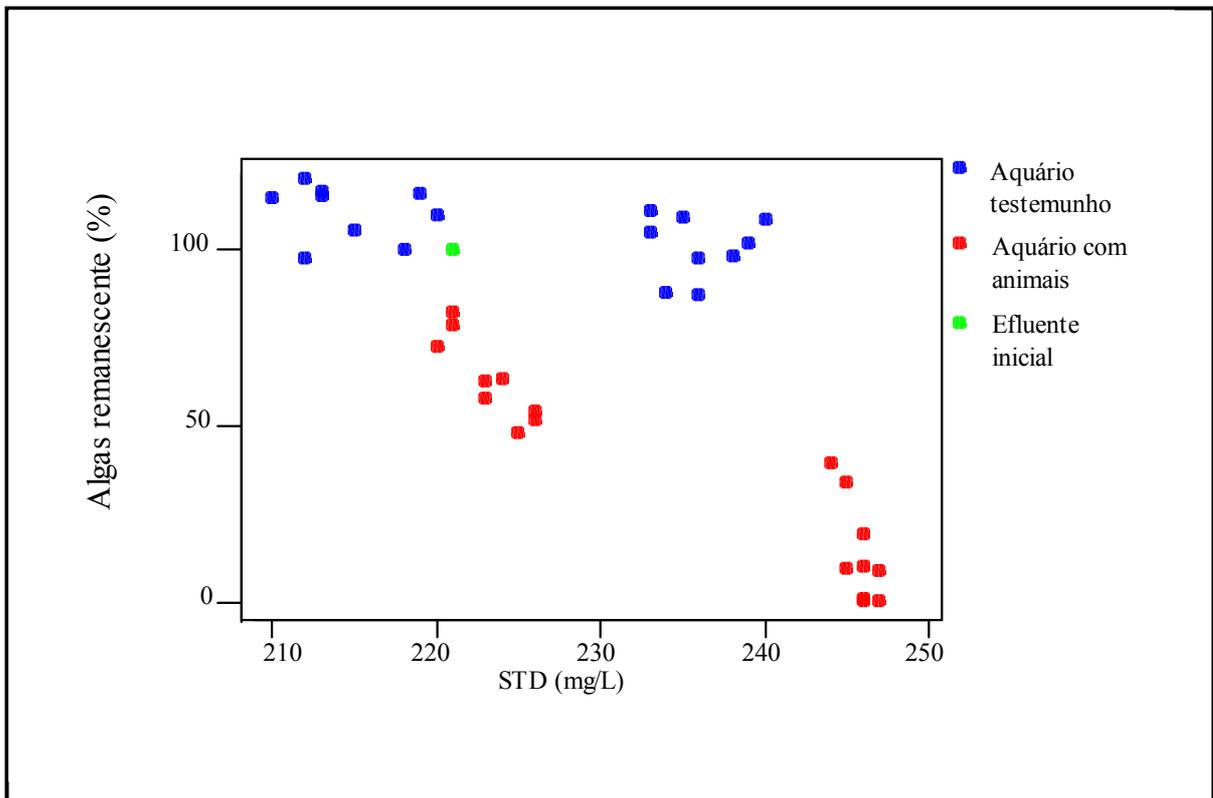


Figura 5.6 – Diagrama de dispersão da porcentagem de algas remanescentes e os sólidos totais dissolvidos.

O comportamento dos sólidos dissolvidos totais (Figura 5.6) sugere que uma remoção na quantidade de algas implica num aumento do STD. Contudo, ao observar o comportamento do STD ao longo do experimento, verifica-se que existem dois momentos, um até às 12 horas iniciais, onde os níveis de STD são maiores nos aquários com animais, que nos aquários testemunhos, mas oscilando num certo nível médio (aproximadamente 222 mg/L para os aquários com animais e 215mg/L nos aquários testemunhos, esta variação pode ser significativa para estatística e para o comprimento da legislação, mas para os animais não é). Em outro período após as 12 horas até o final do experimento, há um salto no comportamento para outro nível, nos aquários com animais e aquários testemunhos. Isto pode ser mais bem visualizado na Figura 5.7. destacasse os níveis médios nos dois momentos distintos e, o momento após 12 horas do início do experimento. Este comportamento, possivelmente, pode estar relacionado com a decomposição das fezes dos animais, produzidas pelas bactérias nas primeiras horas do experimento.

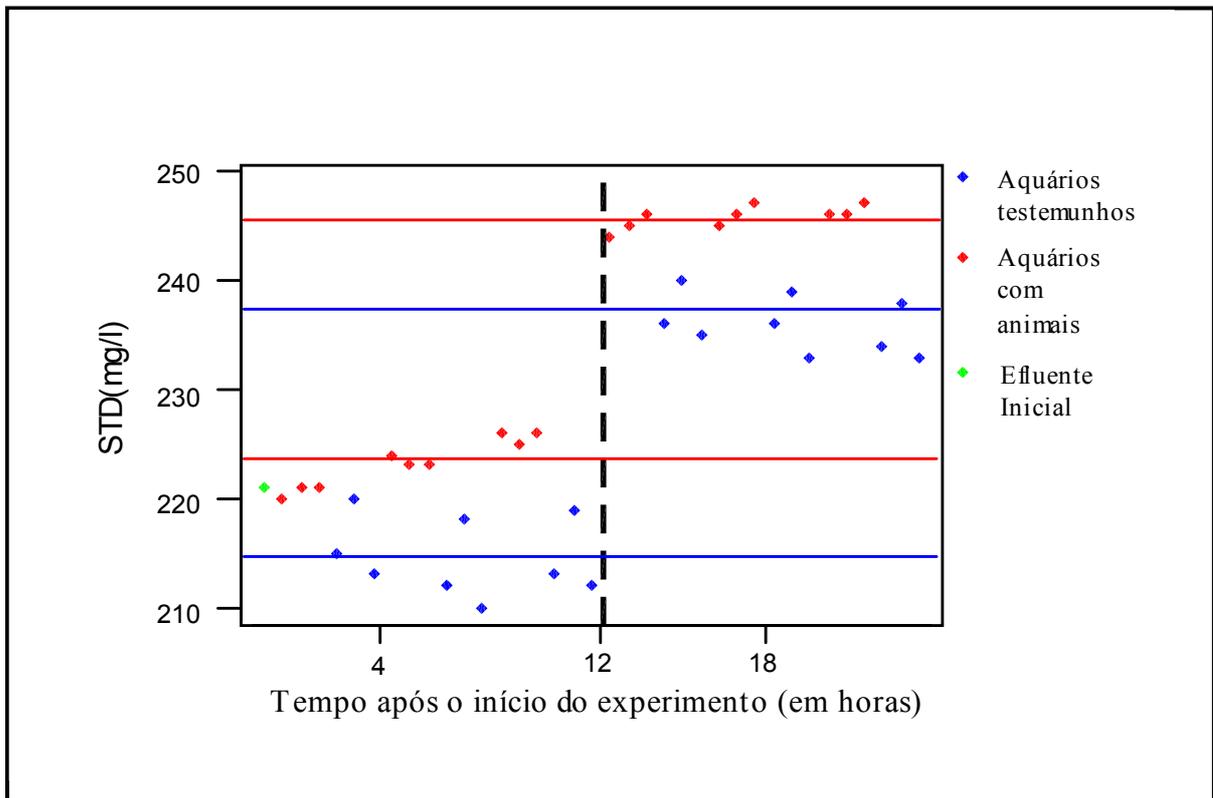


Figura 5.7 – Comportamento médio do STD, ao longo do experimento 1 da série 1.

Os níveis verificados em cada um dos momentos são diferentes dos aquários com animais para os aquários testemunhos, mas como ocorrem como se houvesse uma mudança brusca de patamar, além da decomposição das fezes que contribuem para o aumento do STD neste experimento 1 da série 1, particularmente não se descarta a interferência de algum agente externo como exemplo, a descalibração do condutivímetro só para este experimento 1 na série 1 já que não foi observado o mesmo evento para as séries 2 e 3 do experimento 1 e para os demais experimentos.

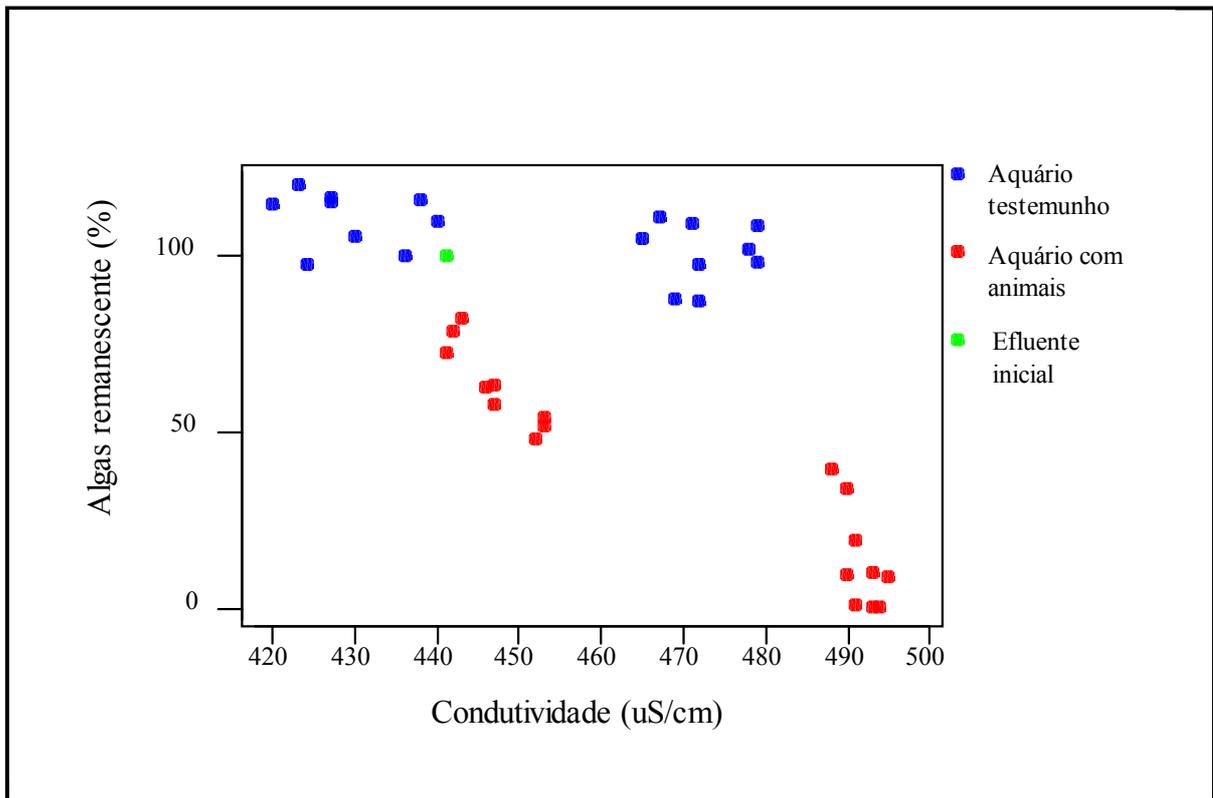


Figura 5.8 – Diagrama de dispersão da porcentagem de algas remanescentes e condutividade.

A semelhança é impressionante entre a Figura 5.8, relativo a porcentagem de algas resultantes e a condutividade, e a Figura 5.6 que trata da porcentagem de algas resultantes e o STD. Isto ocorre devido à significativa correlação linear ($r = 0,999$; $p\text{-valor} < 0,0001$) entre estes dois indicadores. Então, aqui também pode-se concluir que uma remoção no número de algas leva a um aumento na condutividade. A macro decomposição feita pelos animais através da produção de fezes disponibiliza e facilita a micro decomposição bacteriana. Segundo JAWAHAR e DUMONT (1995), animais expostos a $5 \mu\text{S/cm}$, não sobreviveria mais do que um dia de exposição, os melhores resultados com o cultivo do *Streptocephalus proboscideus* foram com $260 \mu\text{S/cm}$. Os níveis de condutividade no efluente utilizado, neste trabalho, tanto para a sobrevivência como para a remoção oscilou entre 400 a $600 \mu\text{S/cm}$.

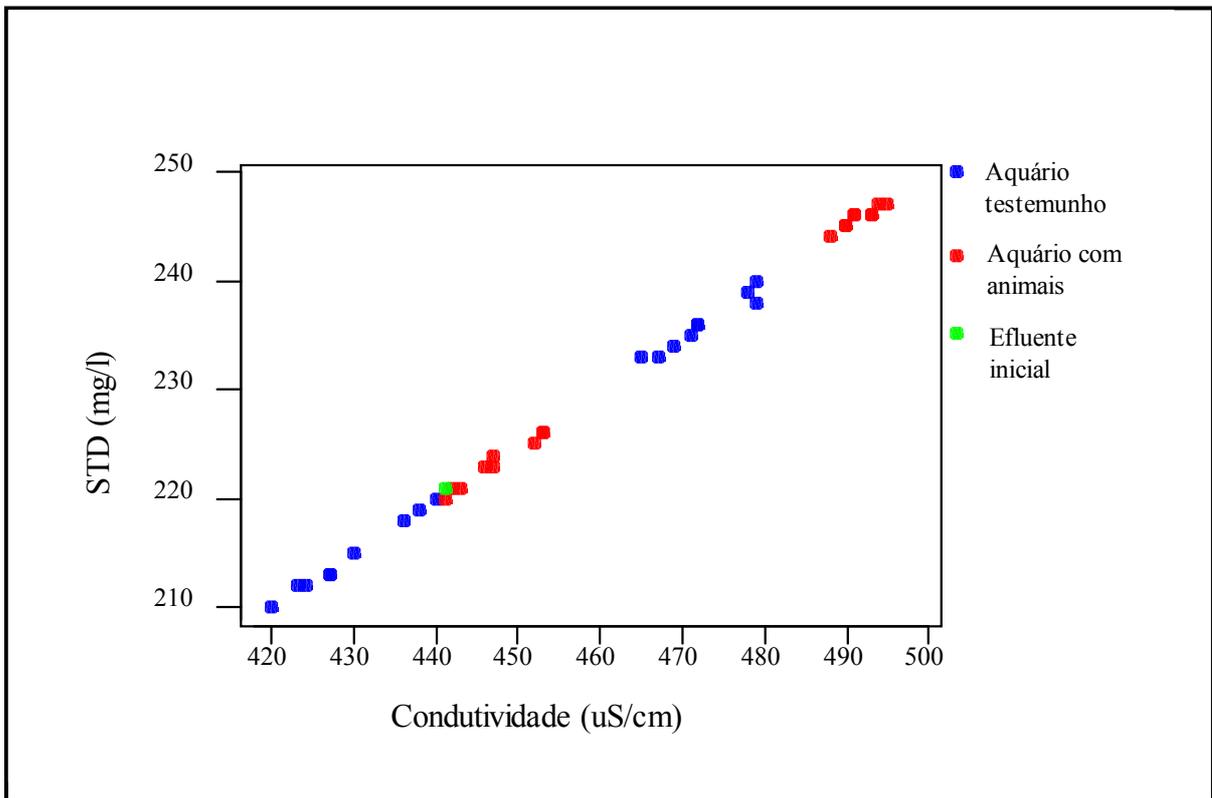


Figura 5.9 – Relação entre a condutividade e os STD.

A seguir, é apresentada a Tabela 5.17 que resume a variação das características físico-químicas, em função da remoção de algas no efluente inicial.

Tabela 5.17 – Comportamento das características físico-químicas em função da remoção do número de algas do experimento 1 série 1

Parâmetro	Unidade	Efluente inicial	Efluente final aquário testemunho	Efluente final aquário com animais
Nº de algas	cel/mL.	3.813.333	Igual (p = 0,31)	Reduziu (p = 0,000)
Clorofila	µg/L	273,40	Reduziu (p = 0,008)	Reduziu (p = 0,000)
Turbidez	UNT	103,00	Reduziu (p = 0,001)	Reduziu (p = 0,000)
DQO	mg/L	81,85	Aumentou (p = 0,014)	Reduziu (p = 0,026)
DBO ₅	mg/L	17,77	Reduziu (p = 0,038)	Reduziu (p = 0,001)
OD	mg/L	6,80	Aumentou (p = 0,020)	Reduziu (p = 0,001)
NTK	mg/L	5,80	Reduziu (p = 0,003)	Reduziu (p = 0,000)
Amônia	mg/L	3,00	Reduziu (p = 0,001)	Reduziu (p = 0,001)
Fosfato total	mg/L	20,23	Reduziu (p = 0,004)	Reduziu (p = 0,007)
pH		8,77	Reduziu (p = 0,048)	Reduziu (p = 0,001)
STD	mg/L	221,00	Aumentou (p = 0,006)	Aumentou (p = 0,000)
Condutividade	µS/cm	441,00	Aumentou (p = 0,009)	Aumentou (p = 0,000)

Os dados da Tabela 5.17 sugerem que somente o número de algas, a DQO e o OD tiveram comportamentos distintos em suas características físico-químicas. No final do experimento, os aquários testemunhos não apresentaram remoção no número de algas comparável, em relação ao efluente inicial. Contudo, nos aquários com os animais, a remoção foi extremamente significativa, da ordem de 99%, como já apresentamos.

A DQO e o OD apresentaram o seguinte comportamento; um aumento nos aquários testemunhos e uma redução nos aquários com os animais. Toda DQO relacionada com as algas medidas no efluente inicial e nos aquários testemunhos sofre uma redução nos aquários com os animais, em decorrência da remoção das algas via alimentação. Já a depleção do nível de OD nos aquários dos animais é compreendida pela remoção das algas, um dos principais produtores de oxigênio e o consumo de OD feito pela respiração dos animais. Observadas as proporções do aumento da DQO e do OD nos aquários testemunhos pode ser entendida pelo aumento do número de algas nestes aquários, um dos fatores principais desta diferença.

5.2.2 ANÁLISE DA REMOÇÃO DE ALGAS EM CADA AQUÁRIO ANALISADO

A diferença entre os três experimentos reside no número de animais presentes. No experimento 1, existem 10 animais; no experimento 2, 20 animais; e no experimento 3, 40 animais, observado no exemplo ilustrativo da série 1, do experimento 1, ocorreu em linhas gerais nas outras séries, dos outros experimentos. Isto mostra que a remoção de algas pelo *D. brasiliensis*, acaba interferindo nas condições físico-químicas do efluente, para melhor, sob o ponto de vista do tratamento do efluente, para ser disposto no corpo receptor. A pergunta que se faz então é: “Qual a quantidade de animais mais eficaz para a remoção de algas?”. Os experimentos consistiram, como já explicado (metodologia), na observação dos parâmetros a cada 4 horas, durante 24 horas, nas três situações, com (10 animais, 20 animais e 40 animais).

Nas Figuras 5.10 a 5.12, a seguir, pode-se ver a atuação dos conjuntos de animais, a cada intervalo de tempo analisado, no que diz respeito à quantidade percentual de alga remanescente, no aquário com os animais e no aquário testemunho. Nos três casos pode-se ver que o aquário testemunha não tem uma remoção significativa no número de algas, quanto à remoção obtida nos aquários com os animais.

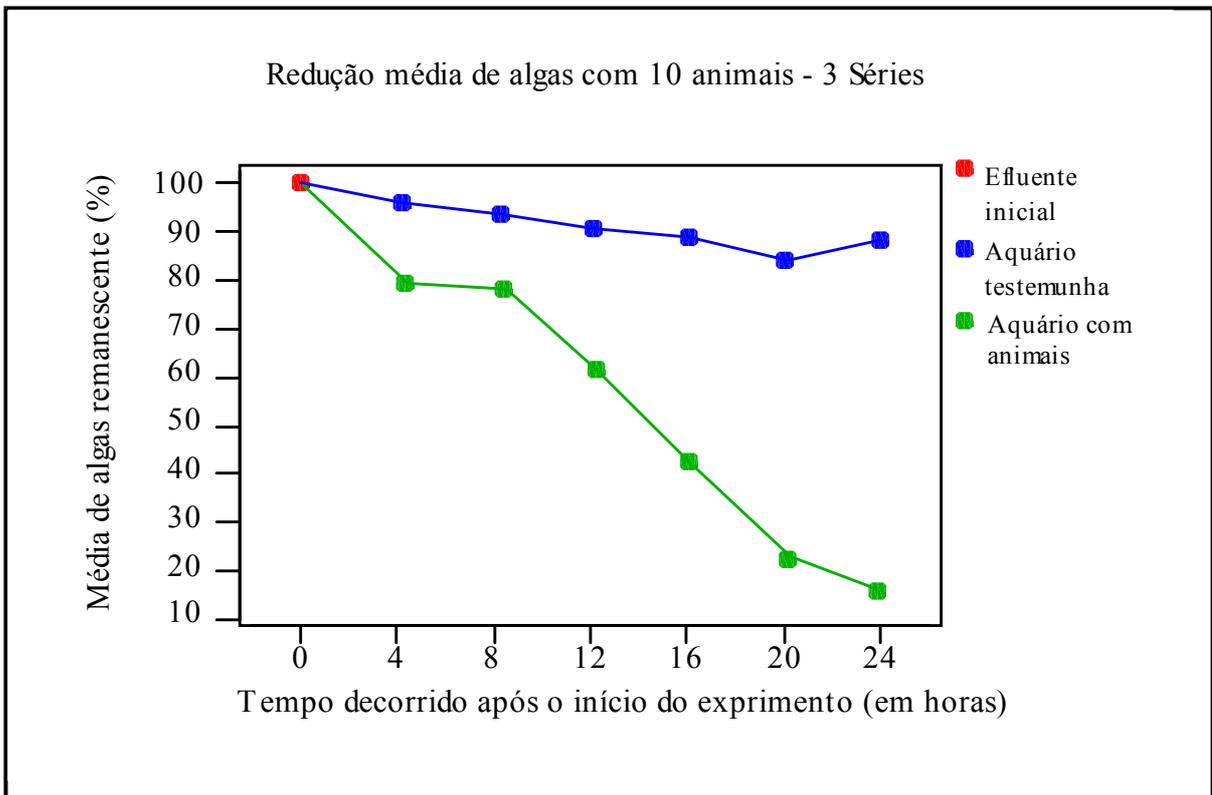


Figura 5.10 – Comportamento da porcentagem de algas remanescentes em função do tempo nas três séries do experimento 1 (10 animais).

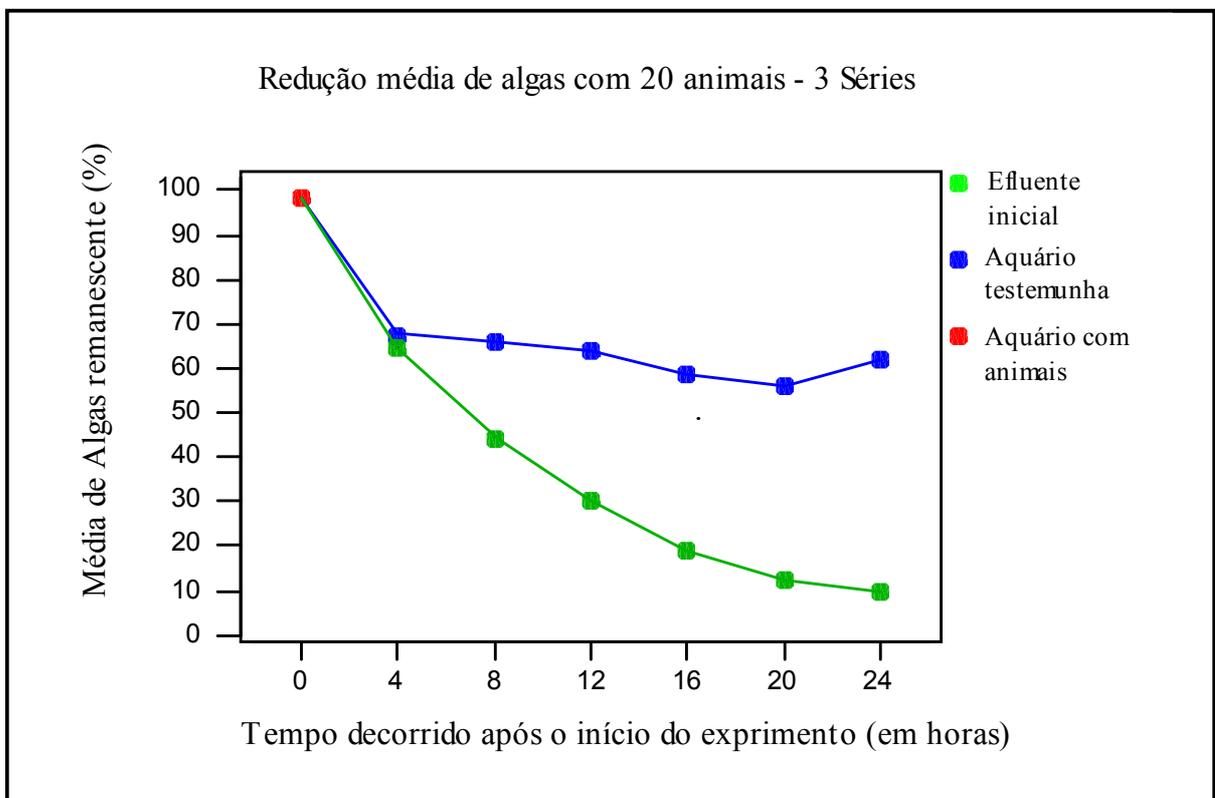


Figura 5.11 – Comportamento da porcentagem de algas remanescente em função do tempo nas três séries do experimento 2 (20 animais).

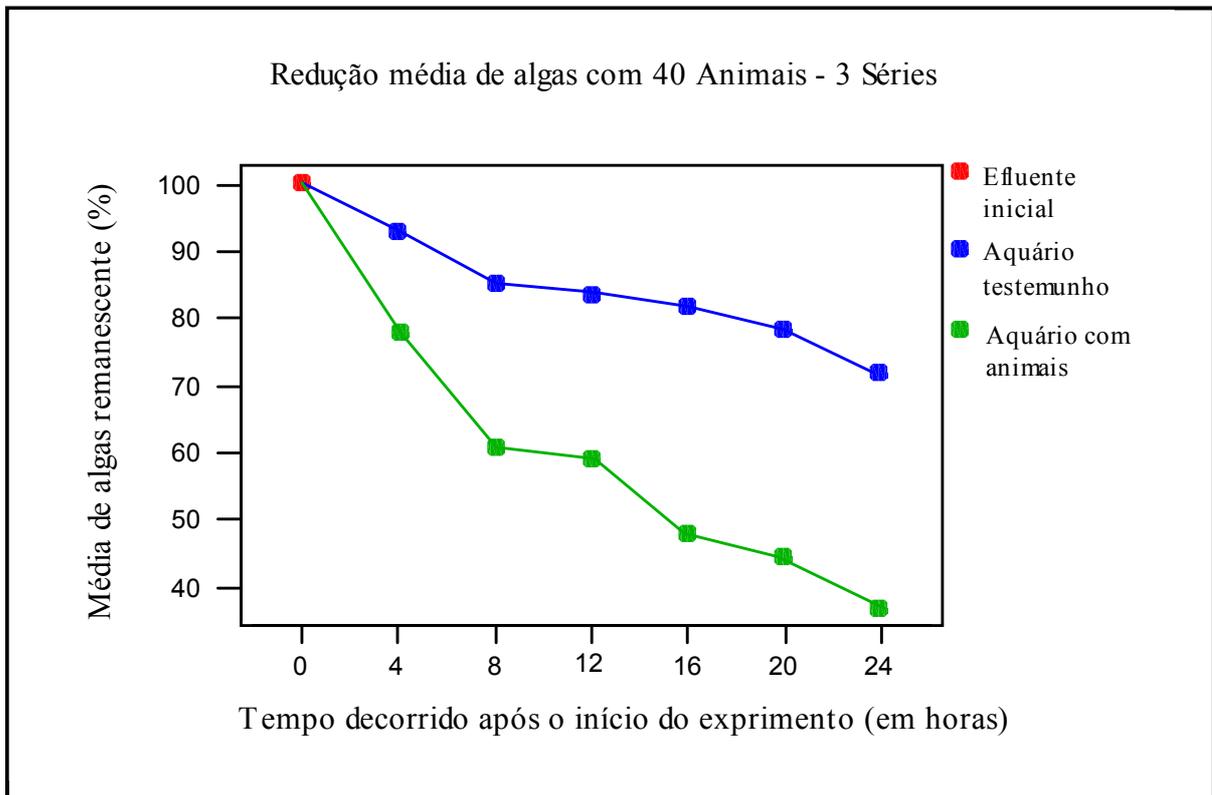


Figura 5.12 – Comportamento da porcentagem de algas remanescentes em função do tempo nas três séries do experimento 3 (40 animais).

Na Tabela 5.18, é apresentada o percentual médio de remoção em cada experimento, nos aquários testemunhos e nos aquários com animais.

Tabela 5.18 – Percentuais da remoção das algas nos aquários testemunhos e aquários com animais em cada experimento.

Experimentos	Percentual de Remoção de algas			
	Aquário testemunho		Aquário com animais	
	Média	DP	Média	DP
Experimento 1 (10 animais)	40,2	6,9	90,0	4,9
Experimento 2 (20 animais)	11,9	23,8	83,6	23,1
Experimento 3 (40 animais)	28,8	13,4	62,8	5,4
Geral	27,0	18,7	79,8	17,3

Na Figura 5.13 é mostrada a distribuição do percentual de algas remanescente, em cada experimento no aquário com animais e no aquário testemunho.

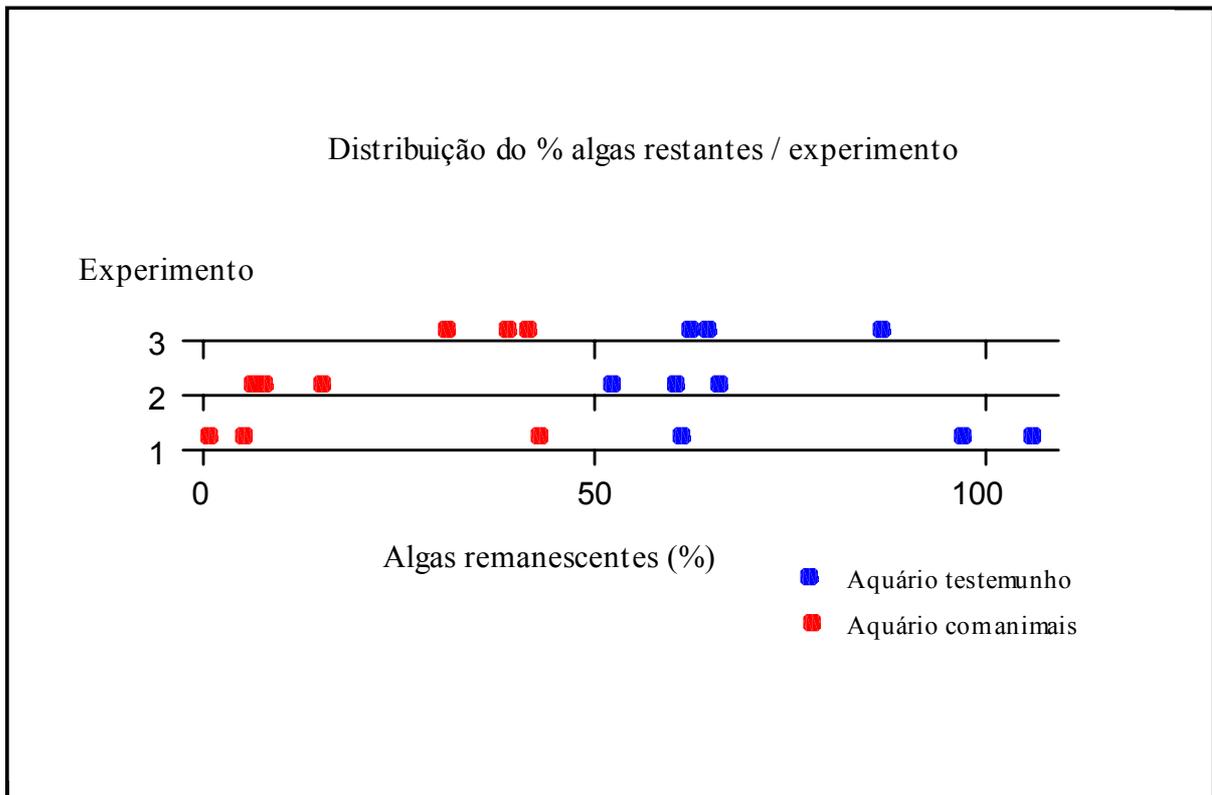


Figura 5.13 – Distribuição percentual de algas remanescentes por tipo de aquário e experimento.

Obs.: O percentual remanescente de algas nos aquário com animais em vermelho e em azul o percentual de algas remanescente nos aquários testemunhos.

Como já foi visto nas Figuras 5.10, 5.11 e 5.12, as reduções maiores ocorrem onde se encontram os animais. Aplicando o teste não paramétrico da mediana de Mood, constatou-se que no experimento 2, com 20 animais, foi obtida uma remoção mediana maior ($\chi^2 = 6,3$; p-valor = 0,04) no número de algas que no experimento 3, com 40 animais. Esta remoção obtida com 20 animais não se mostrou melhor que a remoção obtida com 10 animais, provavelmente devido ao resultado obtido numa das séries do experimento 1, que apresentou uma remoção muito pequena (57%), se comparada com as outras duas séries que apresentaram uma remoção bastante grande (99,2% e 94,5%).

A Figura 5.14 mostra a quantidade média de algas por horário, nos aquários, por experimento. A quantidade inicial não difere significativamente nos três aquários, segundo o teste não-paramétrico da mediana de Mood ($\chi^2 = 0,90$; p-valor = 0,64). Ao final dos experimentos, o único conjunto diferente significativamente segundo o teste Não-Paramétrico da mediana de Mood ($\chi^2 = 6,3$; p-valor = 0,04) é o experimento 3, com 40 animais, que não obteve uma boa performance.

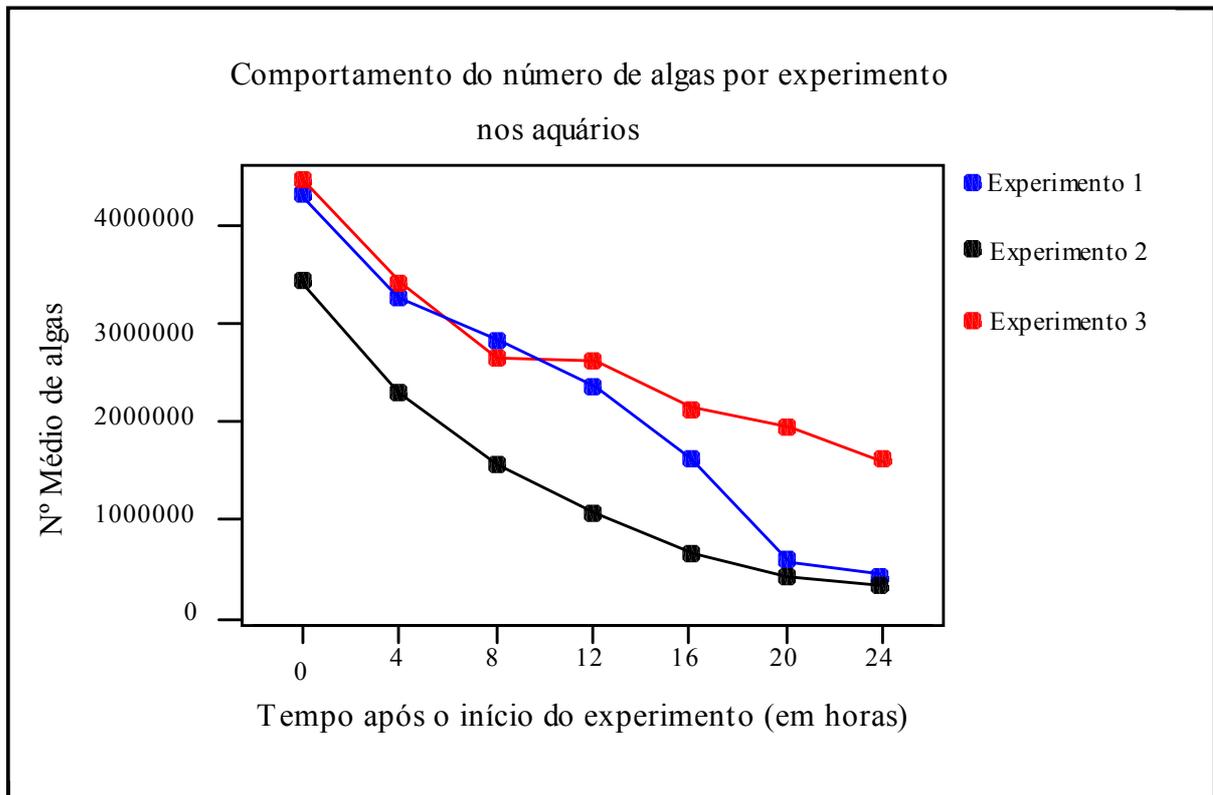


Figura 5.14 – Distribuição do número médio de algas dos efluentes por experimento.

5.2.3 CORRELAÇÃO DA REMOÇÃO DAS ALGAS COM OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS ANALISADOS

Tendo em vista a remoção no número de algas à medida que o tempo passa e que esta remoção acontece de forma sensível nos aquários com os animais e, de forma extremamente suave e não significativa nos aquários testemunhos em todos os experimentos, analisou-se, em conjunto, o comportamento médio dos parâmetros físico-químicos dos efluentes.

5.2.3.1 TURBIDEZ

Verifica-se que a turbidez diminui à medida que o número de algas vai diminuindo. Esta diminuição é maior nos aquários com os animais que nos aquários testemunhos, devido à remoção das algas nos primeiros. A Figura 5.15 apresenta os dados médios dos três experimentos analisados.

A turbidez encontrada no efluente bruto é provavelmente das algas e alguns detritos orgânicos, provenientes do esmagamento da soja que podem ser removidos juntos com a ingestão das algas pelos animais.

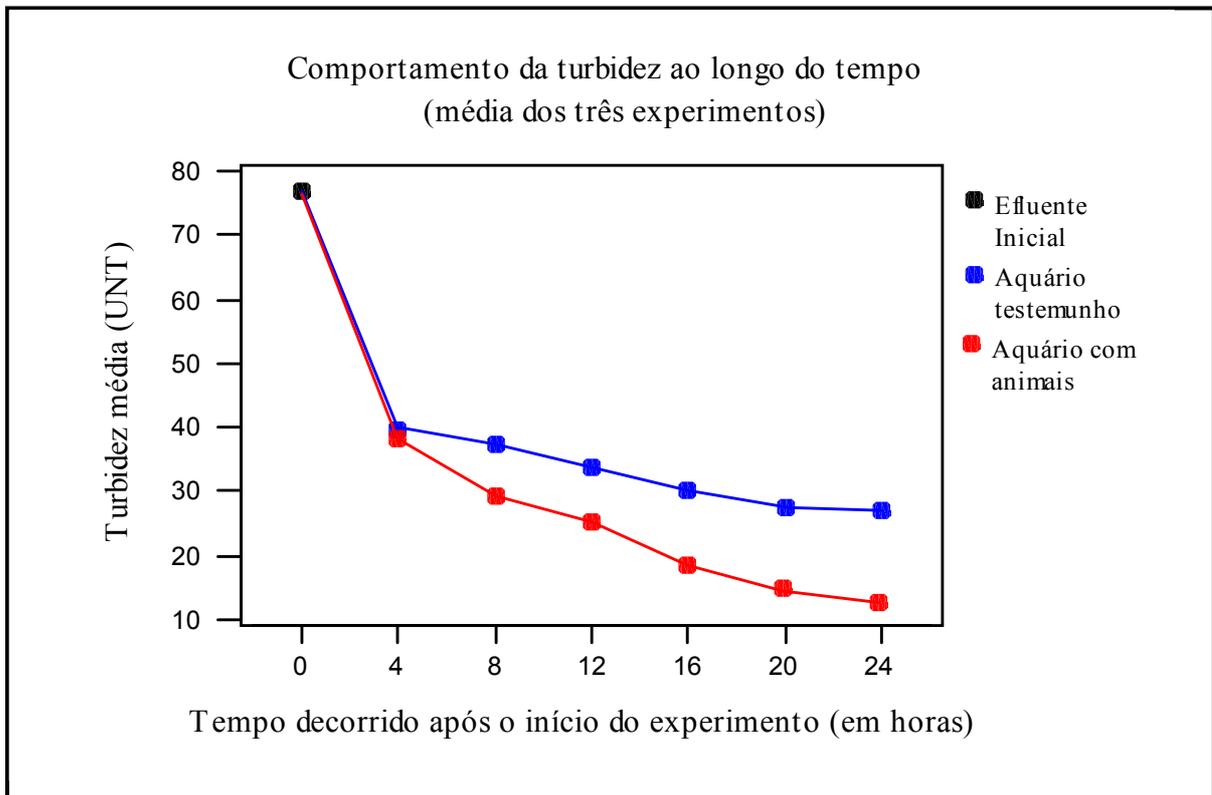


Figura 5.15 – Distribuição da turbidez média dos efluentes nos aquários com animais e sem animais, dos três experimentos (10,20 e 40 animais/L).

Como a turbidez é função do número absoluto de algas, apresentamos abaixo o seu comportamento ao longo das 24 horas de realização nos aquários para os três experimentos.

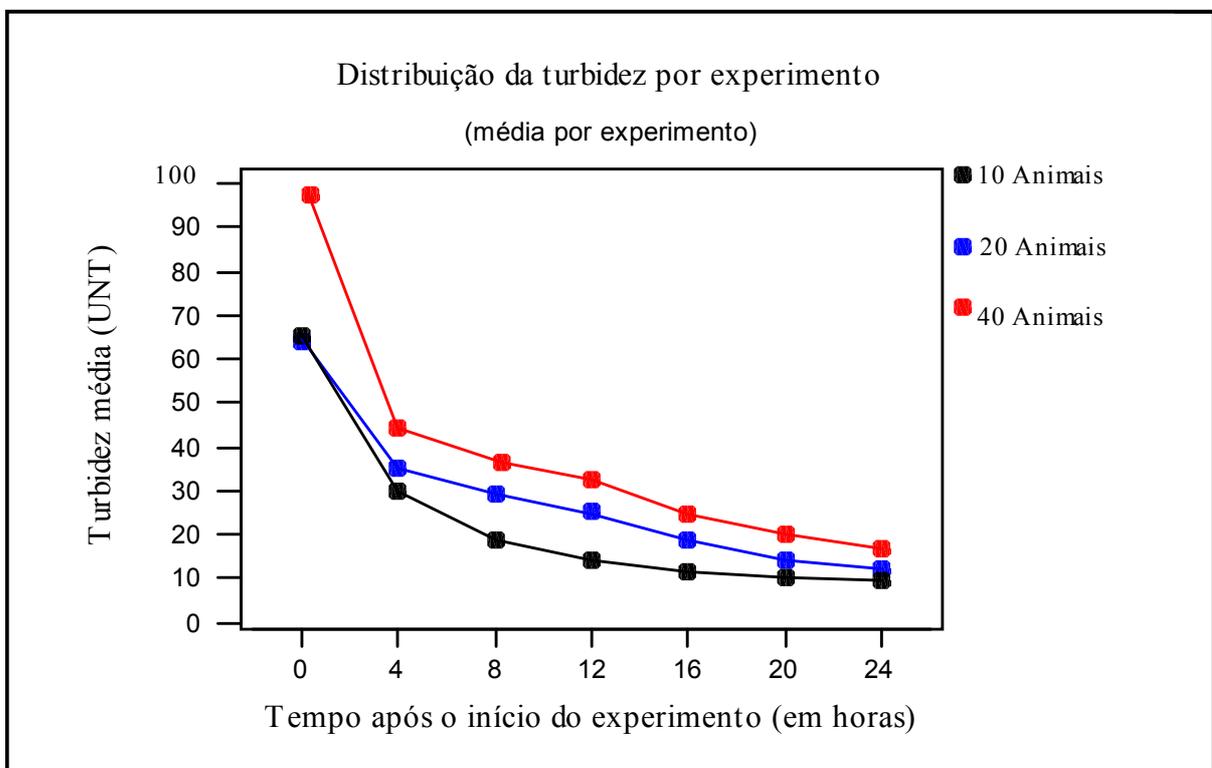


Figura 5.16 – Distribuição média da turbidez por experimento.

A Figura 5.16 mostra que a turbidez nos efluentes dos experimentos 1 e 2, com 10 e 20 animais, respectivamente, ao final, é menor que a apresentada no efluente com 40 animais. Esta diferença é significativa segundo o teste Não-Paramétrico da mediana de Mood ($\chi^2 = 6,3$; p-valor = 0,04).

Portanto, os conjuntos formados com 10 e 20 animais têm comportamento igual e melhor que o conjunto formado com 40 animais, no que diz respeito a turbidez do efluente final. A análise deste parâmetro e dos demais já analisados acima já aponta os experimento com 10 e 20 animais como os mais indicados para a remoção das massas de algas por litro de efluente de lagoa de polimento da indústria de esmagamento de soja.

5.2.3.2 CLOROFILA-a

Verifica-se que a concentração da clorofila-a diminui à medida que o número de algas vai diminuindo como era de se esperar. Esta remoção é maior nos aquários com animais que nos aquários testemunhos, devido à maior remoção das algas.

A concentração média da clorofila-a nos efluentes iniciais dos experimentos 1 e 3, com 10 e 40 animais, respectivamente, são diferentes, com quantidade significativamente menor, segundo o teste Não-Paramétrico da mediana de Mood ($\chi^2 = 6,3$; p-valor = 0,04) no experimento 1, ao final, esta situação se repete. Este parâmetro reforça a indicação da remoção de algas pelo *D. brasiliensis*.

5.2.3.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

A variação na medida que o tempo passa, no conjunto dos três experimentos. É importante lembrar que a DQO medida no efluente inicial e nos aquários testemunhos do experimento é total, ou seja, a demanda química de oxigênio para as substâncias inorgânicas e orgânicas. Os animais contribuem com a melhoria nos índices da DQO, somente com a retirada de matéria orgânica.

Os índices de demanda química de oxigênio são menores nos aquários com animais que nos aquários testemunhos.

Segundo o teste Não Paramétrico da mediana de Mood, a demanda química de oxigênio dissolvido é maior no efluente inicial utilizado no experimento com 40 animais ($\chi^2 = 6,3$; p-

valor = 0,04), que nos experimentos com 10 e 20 animais. Tal fato se repete no final do experimento.

Portanto, os conjuntos formados com 10 e 20 animais têm comportamento igual e melhor que o conjunto formado com 40 animais, no que diz respeito à demanda química de oxigênio do efluente final.

5.2.3.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO₅)

Segundo o teste Não Paramétrico da mediana de Mood a demanda bioquímica de oxigênio dissolvido é igual no efluente inicial ($\chi^2 = 3,6$; p-valor = 0,17) utilizado no três experimentos. Com relação ao efluente final, os experimentos com 10 e 20 animais apresentaram uma demanda bioquímica de oxigênio menor que o experimento com 40 animais ($\chi^2 = 6,3$; p-valor = 0,04). Portanto, os conjuntos formados com 10 e 20 animais têm comportamento igual e melhor que o conjunto formado com 40 animais, no que diz respeito à DBO₅ do efluente final. A diferença entre os conjuntos de 10 e 20 em relação ao conjunto de 40, provavelmente está relacionada com o número de animais/L.

5.2.3.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

Na Figura 5.17 pode ser vista a variação de OD ao longo do tempo, no conjunto dos três experimentos.

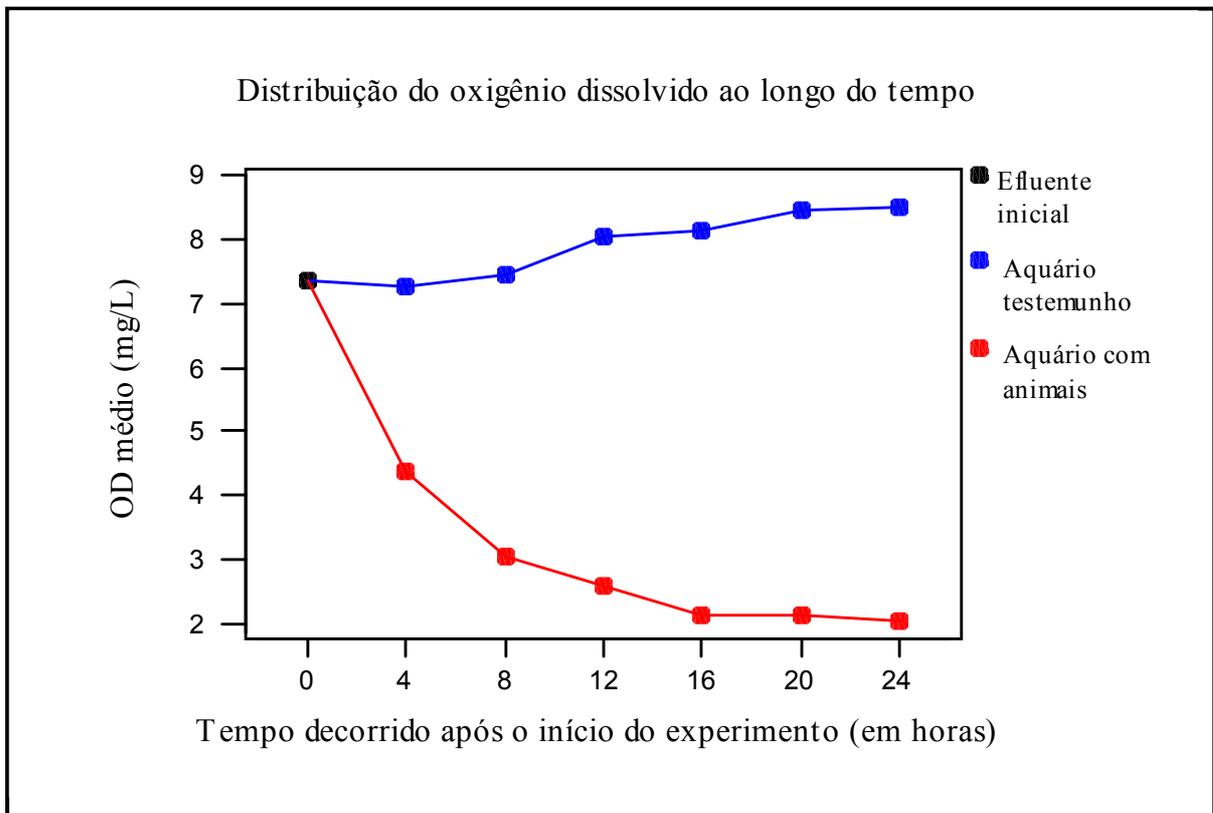


Figura 5.17 – Distribuição do oxigênio dissolvido médio dos efluentes por tipo de aquário.

O oxigênio dissolvido é menor nos aquários com animais, que nos aquários testemunhos. A Figura 5.18, mostra a variação de OD, nos três conjuntos de animais.

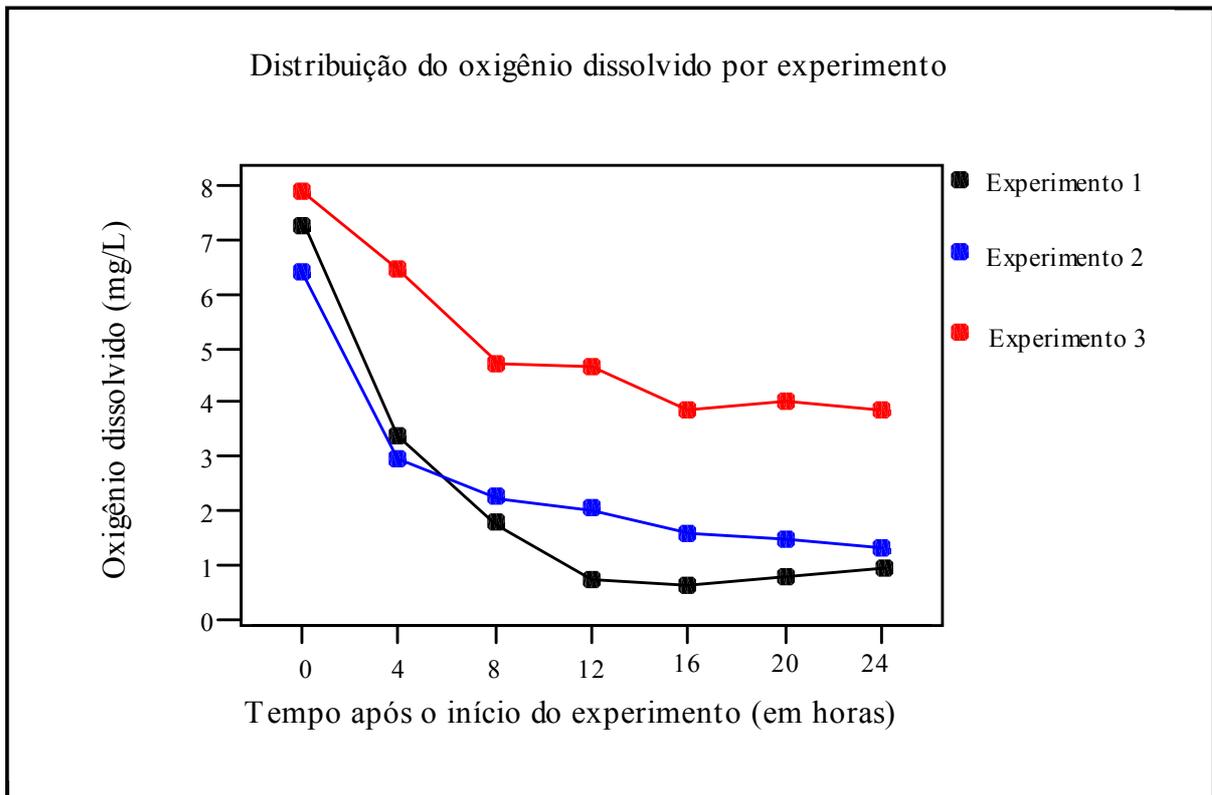


Figura 5.18 – Distribuição do Oxigênio Dissolvido médio dos efluentes por experimento.

A variação de oxigênio dissolvido é análogo ao comportamento das clorofilas, por razões óbvias, pela remoção das algas. Conseqüentemente retira-se portanto a clorofila, que retiradas juntas com as algas reduzirá produção de oxigênio. Neste parâmetro chamou muita atenção a sobrevivência do *Dendrocephalus. brasiliensis*, com baixas taxas de OD, embora como já citado anteriormente estes animais movimentam a água com os filopódos na interface com atmosfera facilitando a incorporação do oxigênio no meio.

5.2.3.6 pH

A diferença de pH ente os aquários com animais e os aquários testemunhos está relacionada diretamente com a remoção do número de algas e as fezes dos animais (Figura 5.19), pela remoção das algas, as principais consumidoras do gás CO_2 para a realização da fotossíntese, principal acidificante dos corpos d'água e pelas fezes no aumento da ação bacteriana contribuindo na produção do gás juntamente com os *Dendrocephalus. brasiliensis*.

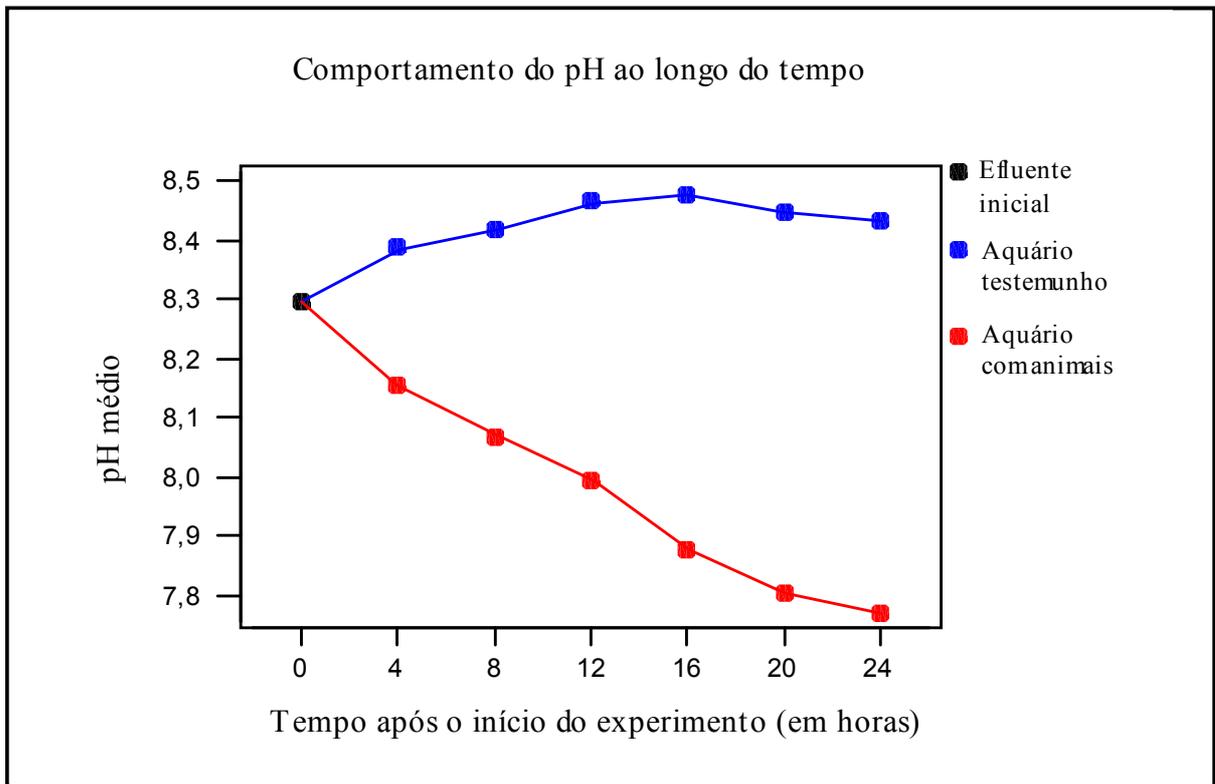


Figura 5.19 – Distribuição do pH médio dos efluentes por tipo de aquário.

O pH final é significativamente menor, segundo o teste Não Paramétrico da mediana de Mood. ($\chi^2 = 3,6$; p-valor = 0,17) nos experimentos 2 e 3 que no experimento 1 (conjunto com 10 animais). Este resultado confirma o que foi citado anteriormente e também aponta a eficiência da remoção dos experimentos 1 com 10 animais e o 2 com 20 animais em relação ao experimento 3 com 40 animais (Figura 5.20).

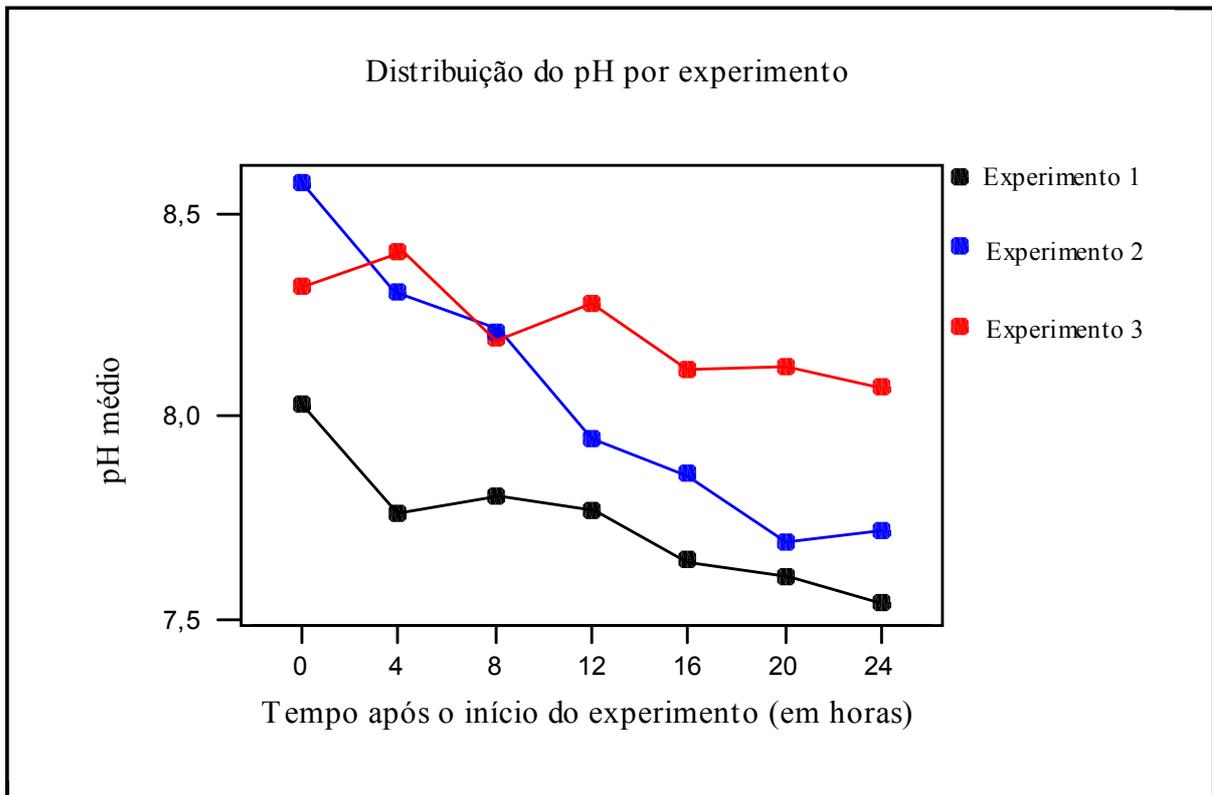


Figura 5.20 – Distribuição do pH médio dos efluentes por experimento.

5.2.3.7 FOSFATO TOTAL

O experimento 1 teve índices de fosfato menores que o experimento 3 consequência da maior remoção das algas pelos animais do experimento 1.

O fosfato total diminuiu nos aquários com animais em relação aos aquários testemunhos esta resposta foi também esperada, pela incorporação na massa muscular via alimentação

O fosfato total final é significativamente menor, segundo o teste Não-Paramétrico da mediana de Mood ($\chi^2 = 6,30$ p-valor = 0,043) no experimento 1 que no experimento 3, enquanto que o experimento 2 não difere dos outros dois.

5.2.3.8 AMÔNIA

A concentração média final de amônia é semelhante nos três experimentos, segundo o teste Não-Paramétrico da mediana de Mood ($\chi^2 = 0,90$; p-valor = 0,638).

Estes níveis de concentração de amônia encontrados nos aquários com animais são considerados elevados, para muitas espécies aquáticas. Segundo LOBÃO (1996), as concentrações máximas de amônia no cultivo do camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), são de 0,10 mg/L.

5.2.3.9 NTK

Embora a excreção dos crustáceos seja à amônia, esta não contribuiu significativamente para aumentar a concentração de NTK encontrada nos aquários testemunhos. O NTK médio final foi semelhante nos três experimentos, segundo o teste Não-Paramétrico da mediana de Mood ($\chi^2 = 0,90$; p-valor = 0,638).

As tabelas 5.19, 5.20 e 5.21 apresentam a médias em porcentagem dos parâmetros analisados nos três experimentos.

Tabela 5.19 Características médias dos parâmetros analisados em porcentagem, entre os efluentes iniciais com os efluentes dos aquários testemunhos e com os efluentes dos aquários com animais, entre as três séries do experimento. 1. (10 animais/L de Efluente).

Parâmetro	Experimento 1					
	UNID.	EI	EFAT	EFAA	EFAT(%)	EFAA(%)
Nº de Algas	cels/mL	4.385,93	3.442,96	437,313	-21,50%	-90,03%
Clorofila-a	µg/L	312,79	180,09	20,81	-42,42%	-93,35%
Turbidez	NTU	65,43	39,43	12,19	-39,74%	-81,37%
DQO	mg/L	95,70	83,96	52,57	-12,27%	-45,07%
DBO ₅	mg/L	15,69	10,63	6,47	-32,25%	-58,76%
OD	mg/L	8,03	11,03	3,92	+37,36%	-51,18%
NTK	mg/L	5,11	3,75	3,17	-26,61%	-37,96%
Amônia	mg/L	2,19	1,05	1,55	-52,05%	-29,22%
Fosfato total	mg/L	20,91	18,51	16,50	-11,48%	-21,09%
pH		8,32	8,51	8,07	+2,28%	-3,00%
STD	mg/L	241,00	243,00	249,22	+0,83%	+3,41%
Condutividade	µS/cm	481,67	485,56	498,11	+0,81%	+3,41%

EI.=Efluente inicial; EFAT=Efluentes finais dos aquários testemunhos EFAA=Efluentes finais dos aquários com animais. Os números em vermelho positivos são valores em % que aumentaram e os números negativos são valores em % que diminuíram com o tratamento.

Tabela 5.20 Características médias dos parâmetros analisados em percentagem, entre os efluentes iniciais com os efluentes dos aquários testemunhos e com os efluentes dos aquários com animais, entre as três séries do experimento. 2. (20 animais/L de Efluente).

Parâmetro	Experimento 2					
	UNID	EI	EFAT	EFAA	EFAT(%)	EFAA(%)
Nº de Algas	cels/mL	3.696,00	2.187,94	383,527	-40,80%	-89,62%
Clorofila-a	µg/L	449,19	221,82	83,7	-50,62%	-81,37%
Turbidez	NTU	66,2	13,79	9,55	-79,17%	-85,57%
DQO	mg/L	105,99	63,95	59,48	-39,66%	-43,88%
DBO ₅	mg/L	26,4	15,97	9,51	-39,51%	-63,98%
OD	mg/L	6,55	7,24	1,3	+10,53%	-80,15%
NTK	mg/L	4,98	4,74	4,16	-4,82%	-16,47%
Amônia	mg/L	2,85	1,47	2,09	-48,42%	-26,67%
Fosfato total	mg/L	19,83	18,31	18,5	-7,67%	-6,71%
pH		8,03	8,21	7,54	+2,24%	-6,10%
STD	mg/L	238,83	237,11	245,44	-0,72%	+2,77%
Condutividade	µS/cm	478	474	490,67	-0,84%	+2,65%

EI.=Efluente inicial; EFAT=Efluentes finais dos aquários testemunhos EFAA=Efluentes finais dos aquários com animais. Os números em vermelho positivos são valores em % que aumentaram e os números negativos são valores em % que diminuíram com o tratamento.

Tabela 5.21 Características médias dos parâmetros analisados em percentagem, entre os efluentes iniciais com os efluentes dos aquários testemunhos e com os efluentes dos aquários com animais, entre as três séries do experimento. 3. (40 animais/L de Efluente).

Parâmetro	Experimento 3					
	UNID	EI	EFAT	EFAA	EFAT(%)	EFAA(%)
Nº de Algas	cels/mL	4.413,78	3.075,29	1.620,36	-30,33%	-63,29%
Clorofila-a	µg/L	572,88	295,71	144,19	-48,38%	-74,83%
Turbidez	NTU	99,07	29,71	16,99	-70,01%	-82,85%
DQO	mg/L	145,39	103,47	82,52	-28,83%	-43,24%
DBO ₅	mg/L	35,89	26,57	194,47	-25,97%	+441,85%
OD	mg/L	7,48	7,28	0,95	-2,67%	-87,30%
NTK	mg/L	6,57	3,98	3,92	-39,42%	-40,33%
Amônia	mg/L	1,75	1,47	1,36	-16,00%	-22,29%
Fosfato total	mg/L	21,84	17,18	17,94	-21,34%	-17,86%
pH		8,57	8,6	7,72	0,35%	-9,92%
STD	mg/L	260,33	262,33	270,44	+0,77%	+3,88%
Condutividade	µS/cm	519	522,33	541,11	+0,64%	+4,26%

EI.=Efluente inicial; EFAT=Efluentes finais dos aquários testemunhos EFAA=Efluentes finais dos aquários com animais. Os números em vermelho positivos são valores em % que aumentaram e os números negativos são valores em % que diminuíram com o tratamento.

As Tabelas 5.19, 5.20 e 5.21 apresentam a média em percentagem dos valores dos parâmetros analisados na três séries dos experimentos 1, 2 e 3.

Os parâmetros n° de algas, turbidez e clorofila nos três experimentos apresentam valores de remoção muito próximo um do outro, essa proximidade é um indicativo da confiabilidade dos dados apresentados já que existe uma relação de proporcionalidade entre estes parâmetros embora as algas não sejam a única causa da turbidez mas no efluente estudado as algas são muito significativas para este parâmetro.

A DQO pelo ponto de vista do tratamento do efluente com referencia a legislação, melhorou nos três experimentos, principalmente no experimento 1

O parâmetro DBO₅ aumentou no experimento 3 (Tabela 5.21) o numero de animais/L poderá ser uma das prováveis causas do aumento. Os animais se chocavam muito e mudavam de tonalidade sinalizando o estresse entre eles o que pode ter influenciado tanto na demanda bioquímica do oxigênio como também na remoção de algas via alimentação.

A remoção de OD no experimento 1 é menor que no experimento 2 e 3 embora as algas sejam uma das principais fontes deste gás a remoção de algas no experimento 1 é maior do que no experimento 2 e 3. A quantidade de animais e à área livre de pastagem contribuíram pelo melhor aproveitamento dos recursos pelos animais do experimento 1, a inexistência aparente do estresse entre os animais pode ter contribuído para o consumo equilibrado tanto OD como das algas.

Os parâmetros NTK, amônia, e fosfato total, foram reduzidos os seus valores satisfatoriamente em relação aos aquários testemunhos estas reduções esta diretamente relacionada com a remoção das algas via alimentação. Parte da matéria orgânica que foi decomposta pelas bactérias nos aquários testemunhos gerando o NTK, fosfato e amônia, nos aquários com animais esta matéria orgânica foi consumida pelos *Dendrocephalus*.

Os valores dos STD e da condutividade, tiveram pequenos aumentos nos aquários com animais em relação aos aquários testemunhos, uma das possíveis causa destes aumentos foi à macro decomposição feita através dos animais na produção de fezes, facilitando a decomposição microbiológica.

6 CONCLUSÕES

Antes de iniciar os experimentos, foram feitos vários testes empíricos com náuplios e adultos. Estes testes, também, com base nas pesquisas bibliográficas, os trabalhos realizados com a espécie *Streptocephalus macrourus*, apontavam as densidades de animais mais recomendadas a serem usadas nos experimentos.

Várias densidades de animais foram testadas. As densidades entre 10 a 40 animais por litro apresentaram empiricamente os melhores resultados na remoção de algas. Com os resultados, aparentemente promissores destas densidades, optou-se por 20 náuplios por litro, nos testes de sobrevivência dos animais com o efluente de lagoa de estabilização de uma agroindústria de esmagamento de soja.

A principal razão da escolha desta densidade é o atendimento da mesma, em relação ao número de animais por litro necessários para a remoção das algas, com eficiência de acordo com os testes empíricos e a bibliografia consultada.

A partir destas referências, estruturou-se os experimentos com a densidade de 20 animais, para os testes de sobrevivência que confirmaram-se as expectativas com uma taxa de 92,2% de sobreviventes, após sete dias de cultivo.

O período estabelecido ficou compreendido entre as primeiras fases larvais até o surgimento dos ovários das fêmeas, que ocorreram entre o sexto e o sétimo dia, visíveis a olho nu.

A densidade de 20 náuplios por litro de efluente analisados nos experimentos, já atende a necessidades de qualquer projeto para a remoção algas.

Quanto às formas de aquários, observou-se que quando a taxa de oxigênio chegava a níveis críticos, os animais subiam próximos da superfície, causando muitos choques entre eles. Nos aquários utilizados na pesquisa, a área de superfície é aparentemente insuficiente, para as densidades acima de 20 animais/L.

O *D. brasiliensis* mostrou uma adaptação muito boa, como mostra a taxa de sobrevivente, tanto nos experimentos de sobrevivência como nos experimentos de remoção de algas, que durante as 24 horas de testes não apresentou mortalidade significativa, para o efluente testado.

Com os dados obtidos e trabalhados estatisticamente, concluiu-se que a larvicultura do *Dendrocephalus brasiliensis* é viável com o efluente da lagoa de estabilização do sistema de

tratamento da indústria de esmagamento de soja, conseqüentemente o seu uso para a remoção de algas.

Os melhores resultados na remoção das algas, foram atingidos com as densidades de 10 e 20 animais por litro de efluente e a menor eficiência resultou da densidade de 40 animais por litro. Os maus resultados encontrados nos aquários com 40 animais por litro, provavelmente estão relacionados com o pouco espaço no interior dos aquários, o que foi observado o choque entre os animais durante os experimentos. Outra causa provável é a forma do aquário cilíndrico com pouca área de superfície, propiciando ainda mais choques, quando os animais buscavam a interface da superfície com a atmosfera na busca de oxigênio causando estresse, observado na troca de tonalidade da cor dos animais. Esta densidade não apresentou resultados melhores do que as densidades de 10 e 20 animais/L.

A remoção de algas via alimentação do *Dendrocephalus brasiliensis*, foi alcançado nos três experimentos, com uma performance melhor, sob o ponto de vista de saneamento do efluente utilizado, no **experimento 1**, que possuía uma concentração inicial média de **4.385.930,00 cls/mL** de algas. Com esta densidade foram removidas **90,03%** das algas nos aquários com animais e nos aquários-testemunho **21,50%** da concentração de algas do efluente inicial decantou.

O **experimento 2** apresentou uma remoção de **89,62%** nos aquários com animais, de um efluente com uma concentração inicial média de **3.696.000,00 cls/mL** de algas. Nos aquários-testemunho decantaram **40,80%** das algas da concentração inicial.

No **experimento 3**, com um efluente com uma concentração média de **4.413.780,00 cls/mL**, os animais removeram **63,29%** desta concentração. Nos aquários-testemunho houve a decantação **30,33%** da concentração inicial.

Com relação Clorofila, Turbidez, DQO, DBO₅, OD, NTK Amônia, Fosfato total, pH, NaCl e STD, os experimentos 1 e 2 com as densidades de 10 e 20 animais/L de efluente se sobressaíram sobre o experimento 3 com a densidade de 40 animais/L de efluente.

Os resultados alcançados com as densidades de 10 e 20 animais por litro poderão ser melhores com pequenos ajustes nos efluentes a serem tratados como: aeração, área de superfície, alcalinidade, já que nos experimentos utilizou-se os efluentes sem qualquer tipo de tratamento.

Após todos os experimentos concluídos e com os resultados apresentados neste trabalho, acredita-se estar diante de uma valiosa reciclagem natural de efluentes, da agroindústria. A escala trabalhada nos experimentos nas densidades de 10 a 20 animais por litro viabiliza a utilização do *Dendrocephalus brasiliensis*, que deverá ser confirmada em escala real.

Com a utilização desses animais para o tratamento de efluentes domestica-se a reciclagem natural, ou seja: as bactérias disponibilizam os nutrientes, as algas os incorporam em biomassa vegetal e o *Dendrocephalus brasiliensis* se alimenta das algas, formando a biomassa animal, que poderá por sua vez, após análises, ser utilizada nas rações de outros animais, até mesmo para o consumo humano. Concluindo, o que no princípio era uma poluição, passa a ser tratado como mais uma fonte alimentar de várias outras espécies. A viabilidade do uso do *Dendrocephalus brasiliensis* como ferramenta natural para o tratamento de efluentes, em escala real trará uma grande contribuição para os sistemas de lagoas de estabilização, com o maior ganho ficando reservado para o meio ambiente.

6.1 RECOMENDAÇÕES

Pelas observações durante os experimentos, faz-se as seguintes recomendações:

- Verificar as taxas máximas e mínimas viáveis de densidades de larvas, por litro de efluente e por espaço de cultivo;
- Pesquisar a taxa de crescimento do *Dendrocephalus brasiliensis*, em relação ao espaço de cultivo;
- Pesquisar a eficiência da remoção de algas, via alimentação pelo *Dendrocephalus brasiliensis*, com aeração;
- Pesquisar o conteúdo estomacal do *Dendrocephalus brasiliensis*, para conhecer se há preferência alimentar por alguma espécie de alga;
- Pesquisar a viabilidade do uso do *Dendrocephalus brasiliensis* na larvicultura de peixes carnívoros;
- Pesquisar a viabilidade da fabricação de farinha de *Dendrocephalus brasiliensis*, para a utilização na fabricação de ração para outros animais.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA; AWWA; WPCF. **STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington: American Public Health Association, 1995.
- BELK, D.; PEREIRA, G. Three new species of *Dendrocephalus* (Crustacea, Anostraca, Thamnocephalidae) from central and South America. **J. Crust. Biol.** Lawrence: Allen Press, 1997, v. 7, n. 3, p. 572-580.
- BERNICE, R. Food, feeding and digestion in *Streptocephalus dichotomus* Baird (Crustacea, Anostraca). **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1971, v. 38, p. 507-520.
- BOYD, C. Aeration of shrimp ponds. In: Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop. **Proceedings...** Singapore: Ed. Dean Akiyama, 1989, p. 134-140.
- BOYD, C. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Alabama: Birmingham Publishing Co., 1990, 482 p.
- BROWN, J.; WICKINS, J.; MacLEAN, M. The effect of water hardness on growth and carapace mineralization of juvenile freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* de Man. **Aquiculture**, Amsterdam: Elsevier Science, 1991, v. 95, p. 329-345.
- CARIOCA, J. O.; AURORA, H. L. **Biomassa: Fundamentos e Aplicações Tecnológicas**. Fortaleza. Depto de química Analítica e físico-química e Núcleo de Fontes Não Convencionais de Energia da UFC. Fortaleza: UFC, 1984, 132p.
- CARPENTER, R. L. Aquiculture as an alternative waste water treatment. In: Pastakia C. M. R. (ed.), Fish farming and wastes. (ed.), Fish farming and wastes. **Report** of an International Conference held at the University College of London. 4-5 January 1978. London: UCL, 1978, p. 110-115.
- CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 33 p.
- CÉSAR, I. I. Geographic distribution of the anostracans (Crustacea) in Argentina (South America). **Stud. Neotrop. Fauna Envir.**, Tübingen: Swets & Zeitlinger Publishers, 1989, v. 24, p. 183-188.
- CETESB. **Lagoas de estabilização**. 2ed. São Paulo: CETESB, 1975, 241 p.

- CHEN, J.; KOU, Y. Accumulation of ammonia in the haemolymph of *Penaeus monodon* exposed to ambient ammonia. **Aquiculture**, Amsterdam: Elsevier Science, 1993, v. 109, p. 177-185.
- CLARK, J. Inhibition of moulting in *Penaeus semisulcatus* (Dean Haan) by long-term hypoxia. **Aquiculture**, Amsterdam: Elsevier Science, 1986, v. 52, p. 253-254.
- DIAS, T. C. R.; CASTAGNOLLI, N.; CARNEIRO, D. J. Alimentação de Larvas de Pacu (*Colossoma mitrei*, Berg 1895) com dietas naturais e artificiais. In: VI Simpósio Latinoamericano e V Simpósio Brasileiro de Aqüicultura. **Anais...**, Florianópolis: ABRAQ, 1988, p. 500-504.
- DINGES, R. **Natural systems for water pollution control**. New York: Van Nostrand, 1982, 252 p.
- FORSBERG, C. Algal assay procedure. **J. Water Pollution Control Federation**, Washington: WPCF, 1972, v. 44, n. 08: 1623-42.
- GALLAGHER, M.; BROWN, W. D. Composition of San Francisco Bay brine shrimp (*Artemia salina*). **J. Agric. and Food Chem.**, Columbus: ACS, 1975, v. 23, p. 630 - 632.
- GATES, W.; BORCHADT, J. Nitrogen and Phosphorus Extraction from Domestic Wastewater Treatment Plant Effluents by Controlled Algal Culture. **J. Water Pollution Control Federation**, Washington: WPCF, 1964, v. 4, n. 36, p. 443-461.
- GONZALEZ, D.; DRAZEN, J.; HATHAWAY, S.; BAUER, B.; SIMOVICH, M. Physiological correlates of water chemistry requirements in fairy shrimps (Anostraca) from southern California. **J. Crust. Biol.**, Lawrence: Allen Press, 1996, v. 16, p. 315-322.
- HAMER, M. L.; APPLETON, C. C. Physical and chemical characteristics and phillopod fauna of temporary pools in north-eastern Natal, Republic of South Africa. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1991, v. 212, p. 95-104.
- HAMER, M. L.; BRENDONCK, L. Distribution, diversity and conservation of Anostraca (Crustacea, Branchiopoda) in Southern Africa. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1997, v. 359, pp. 1-12.

- HATHAWAY, S.; SIMOVICH, M. A. Factors affecting the distribution and co-occurrence of two southern California anostracans (Branchiopoda), *Branchionecta sandiegonensis* and *Streptocephalus woottoni*. **J. Crust. Biol.**, Lawrence: Allen Press, 1996, v. 16, p. 669-677.
- HOLT, J.; ARNOLD, C. Effects of ammonia and nitrite on growth and survival of red drum eggs and larvae. **J. Transactions of the American Fisheries Society**, Alhambra: AFS, 1983, 112(2B), p. 314-318.
- JAWAHAR ALI, A.; BRENDONCK, L. Evaluation of agro-industrial wastes as diets culture of fairy shrimp *Streptocephalus proboscideus*. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1995, v. 298, p. 167-173.
- KELLNER, E.; PIRES, C. E. **Lagoas de estabilização: projetos e operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998, 244 p.
- KAWAI, H.; GRIEGO, V.; JUREIDINI, P. Tratabilidade de poluentes em lagoa fotossintética acelerada e aproveitamento do potencial protéico de algas. **Revista DAE**, São Paulo: DAE, 1982, n. 142, v. 128 p.82-96.
- KING, J. L.; SIMOVICH, M. A.; BRUSCA, R. C. Species richness, endemism and ecology of crustacean assemblages in northern California vernal pools. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1996, v. 328, p. 85-116.
- LOBÃO, V.L. **Camarão da Malásia – cultivo**. Coleção criar, Brasília: Embrapa, 1996, 30 p.
- LOPES, P. J.; SILVA, N. L. A.; SANTOS, G. J. A.; TENÓRIO, A. R. Branchoneta uma notável contribuição a larvicultura e alevinagem de peixes carnívoros de água doce. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro: Panorama da Agricultura Ltda., 1998, v. 50 p. 31-34.
- LUBZENS, E. Rearing rotifers for use in aquiculture. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1987, v. 147, p. 245-255.
- LUCAS, K. de; SENDACZ, S.; KUBO, E. Experimentos de cultura do Rotífero *Brachionus calyciflorus* visando sua utilização na aqüicultura de água doce. **B. Int. Pesca**, São Paulo: BIP, 1990, v.17 p.105-115.
- MARA, D. D.; PEARSON, H.; SILVA, S. A. Brazilian Stabilization Pond Research Suggest Low-Cost Urban Applications. **World Water**. Oxford: Pergamon Press, 1983, July, 3p.

- MARCUS, V.; WEEKS, S. C. The effects of pond duration on the life history traits of an ephemeral pond Crustacean, *Eulimnadia texana*. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1997, v. 359, p. 213-221.
- MATHEUS, C. E.; GIANOTTI, E., P.; MORAES, A.J. Correlação entre clorofila, STD e DQO. **Revista DAE**, São Paulo: DAE, 1989, n. 154, v. 49, n. 154, p. 20-23.
- METZ, H.; FORRÓ, L. **Contributions to the knowledge of the chemistry and crustacean zooplankton of sodic waters: the Seewinkel pans revisited**. Illmitz: BFB-Bericht, 1989, 73 p.
- MILLIGAN, D. J. J. A.; QUICK, S. E.; HILL, J. A.; MORRIS, HOVER, R. J. Sequential use of bacteria, algae and brine shrimp to treat industrial waster at pilot plant scale. In: Persoone G., Sorgeloos, P., Roels, O., Jaspers, E. (eds). *The Brine Shrimp Artemia* **Universa Press. Wetteren Belgium**, 1950, v. 3, p. 193-206.
- MITCHELL, A. S. The growth efficiency of *Streptocephalus macrourus* (Crustacea, Anostraca) cultured on microalgae. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1991, v. 212, p. 1-10.
- MORALES, J. **Acuicultura Marina Animal**. Madrid: Ed. Mundi Prensa, 1986, 670 p.
- MURA, G.; FERRARA, F.; DELISE, M.; FABIETTI, F.; BOCCA, A. Evaluation of the fatty acid profiles of two fairy shrimp species, *Branchipus pasai* Cottarelli, 1969 and *Chirocephalus kerkyrensis* Pesta, 1936 (Crustacea, Anostraca) fed different diets. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1997, v. 359, p. 229-235.
- PEARSON, H. W.; SILVA, S. A. Variações diurnas de certos parâmetros físico-químicos e biológicos em efluentes de lagoas facultativas e de maturação. Campina Grande-PB: , 1988, 19p.
- PEARSON, H. W.; KONIG, A. The biology of waste stabilization pond systems. In: Seminario Regional de Investigación sobre Lagunas de Estabilización. **Anais...** Lima: 1986, p.26-39.
- PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E. C. S. **Microbiologia**. v. 1. São Paulo: McGraw-Hill, 1980, 579 p.

- PEREIRA, G. A.; RUIZ, L. A new species of *Dendrocephalus* (Anostraca, Thamnocephalidae) from Argentina. **Crustaceana**, Leiden: Brill Academic Publishers, 1995, v. 68, p. 567-574.
- PEREIRA, G. Taxonomic importance of the frontal appendage in the genus *Dendrocephalus* (Anostraca, Thamnocephalidae). **J. Crust. Biol.**, Lawrence: Allen Press, 1983, v. 3, p. 293-305.
- PEREIRA, G. Two new species of *Dendrocephalus* (Anostraca, Thamnocephalidae) from Venezuela. **J. Crust. Biol.**, Lawrence: Allen Press, 1984, v. 4, p. 147-153.
- PESTA, O. Kritische Revision der Branchipodidensammlung der Wiener Naturhistorischen. Ann. Mus. Wien **Hydrobiologia, Holanda 1921** v. 34, p. 80-98.
- PROULX, D.; DE LA NOUE, J. Harvesting *Daphnia magna* grown on urban tertiary-treated effluents. **Water Research**, Oxford: Elsevier Science, 1985, v. 19, p. 1319-1324.
- RABET, N.; THIÉRY, A. The neotropical genus *Dendrocephalus* (Anostraca, Thamnocephalidae) in Brazil (South America), with a description of two new species. **J. Nat. Hist.**, London: Taylor & Francis 1996, v. 30, p. 479-503.
- RAM, N.; AUSTIN, P. Predicting algal stimulatory properties of wastewater. **J. of Environmental Engineering**, Reston: ASCE, 1983, v. 109, n. 5, p. 1099-1110.
- SEIDMAN, E.; LAWRENCE, A. Growth, feed digestibility, and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels. **J. World Maricult. Soc.**, Baton Rouge: Louisiana State University, 1985, v. 16, p. 333-346.
- SILVA, S., A., MARA, D., D. **Tratamento biológico de águas residuais: lagoas de estabilização**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1979, pg. 20.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Análise da seletividade alimentar em larvas de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e Tambacu (Híbrido, Pacu - *Piaractus mesopotamicus* - e Tambaqui - *Colossoma macropomum*) sobre zooplâncton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 1993, Rio de Janeiro: SBL, v. 6, p. 114 - 132.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; Rocha, O. Sobrevivência de larvas de *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (Pacu) e *Colossoma macropomum* (Curvier, 1818)

(Tambaqui), cultivadas em laboratório. **Biotemas**, Florianópolis: UFSC, v. 7, p. 46 - 56, 1994.

VINATEA A. L. **Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1977, 166p.

von SPERLING, M. **Tratamento Biológico de Águas Residuais - Lagoas de Estabilização**. Rio de Janeiro: ABES, 1996, 134 p.

WALSCHE, D. C.; MERTENS, J.; DUMONT, J. H. Observations on temperature optimum, cyst production and survival of *Streptocephalus proboscideus* (Frauenfeld, 1873) (Crustracea, Anostraca), fed different diets. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1991, v. 212, p. 31-26.

WIGGINS, G. B.; MACHAY, R. J.; SMITH, I. M. Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. **Hydrobiologia**, Belgium: Kluwer Academic Publishers, 1980, v. 58, p. 97-206.

YAMANKA, N. **Descrição, desenvolvimento e alimentação de larvas e pré-juvenis do pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (Teleostei, Characidae), mantidos em confinamentos**. São Paulo: USP, 1988, 125 p. Tese de Doutorado.