



Universidade Federal de Minas Gerais



**Biosseguridade para sistemas de produção de peixes em tanque-rede  
em função da colmatação agravada por *Limnoperna fortunei***

Guilherme Rocha Vianna

Belo Horizonte

2015



Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Veterinária



**Biosseguridade para sistemas de produção de peixes em tanque-rede  
em função da colmatação agravada por *Limnoperna fortunei***

Projeto de tese (doutorado) apresentado ao Departamento de Medicina Veterinária e Preventiva (Epidemiologia) da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Amaral Haddad -  
UFMG

Coorientadores: Prof. Dr. Marcos Xavier Silva -  
UFMG

Prof. Dr. Edgar de Alencar Teixeira -  
UFMG

Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo -  
UNIOESTE

Belo Horizonte

2015

V617b Vianna, Guilherme Rocha, 1970-  
Biosseguridade para sistemas de produção de peixes em tanque-rede em função da colmatação agravada por *Limnoperna fortunei* / Guilherme Rocha Vianna. – 2015.  
000 p. : il.

Orientador: João Paulo Amaral Haddad  
Coorientadores: Marcos Xavier Silva, Edgar de Alencar Teixeira, Wilson Rogério Boscolo  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva  
Inclui bibliografia

1. Peixe – Criação – Teses. 2. Aquicultura – Teses. 3. Mexilhão – Teses. 4. Biosseguridade – Teses. I. Haddad, João Paulo Amaral. II. Silva, Marcos Xavier. III. Teixeira, Edgar de Alencar. IV. Boscolo, Wilson Rogério. V. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Medicina Veterinária Preventiva. VI. Título.

CDD – 639.31

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### GUILHERME ROCHA VIANNA

Tese submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de DOUTOR em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração em EPIDEMIOLOGIA.

Aprovada em 17 de Dezembro de 2015, pela banca constituída pelos membros:

*João Paulo A. Haddad*

Prof. João Paulo Amaral Haddad  
Presidente - Orientador

*Camila S. Fonseca de Oliveira*

Drª. Camila Stefanie Fonseca de Oliveira  
Pós-Doutorado - UFMG

*Spraia de Araújo Diniz*

Drª. Spraiã de Araújo Diniz  
Pós-Doutorado - UFMG

*Rafael Romero Nicolino*

Prof. Rafael Romero Nicolino  
Escola de Veterinária - UFMG

*Eduardo M. Turra*

Prof. Eduardo Maldonado Turra  
Escola de Veterinária - UFMG

*Érika Ramos de Alvarenga*

Profª. Érika Ramos de Alvarenga  
Escola de Veterinária - UFMG



---

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

<b>MPA</b>	Ministério da Pesca e Aquicultura
<b>ISA</b>	Anemia infecciosa do salmão
<b>PEAD</b>	Polietileno de alta densidade
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>PVC</b>	Cloreto de polivinila
<b>ITAIPU</b>	Usina Hidroelétrica Binacional de Itaipu
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>OIE</b>	World Organization for Animal Health
<b>TAP</b>	Tela de arame galvanizado plastificado 1,90 mm
<b>TAPP</b>	Tela de arame galvanizado plastificado 1,90 mm com tinta anti-incrustante
<b>TAB</b>	Tela de arame Bezinal 1,70 mm
<b>TAIF</b>	Tela de arame de inox fino 1,60 mm
<b>TAIG</b>	Tela de arame de inox grosso 1,90 mm

---

---

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1	(a) Sistema de produção de peixe em tanque-rede de pequeno volume em água doce (barragem de Paulo Afonso); (b) detalhe do tanque-rede de 2 x 2 x 1,5 m (6m <sup>3</sup> ) para apresentação da área submersa.	25
Figura 2	(a) Sistema de produção de peixe em tanque-rede de grande volume no mar; (b) detalhe produtivo em desenho aproximado da área submersa.	25
Figura 3	(a) Desenho esquemático de tanque-rede de piscicultura de dimensões de 3 x 3 x 2 m ou 18 m <sup>3</sup> ; (b) desenho esquemático do tanque-rede de 2 x 2 x 1,5 m ou 6 m <sup>3</sup> .	27
Figura 4	Matéria técnica publicada na Revista Panorama da Aquicultura no ano de 1992.	28
Figura 5	Localização dos parques aquícolas incluídos no plano de safra 2012 a 2014.	28
Figura 6	(a) Tela de tanque-rede fortemente colmatada com mexilhão dourado após 18 meses de permanência dentro d'água; (b) tela de tanque-rede em atividade (dentro d'água) com a presença de mexilhão dourado (tempo aproximado de permanência dentro d'água 30 meses).	32
Figura 7	Mapa do estado do Paraná, com destaque para a localização da barragem da Usina Hidroelétrica de Salto Caxias, local de execução deste projeto.	36
Figura 8	Localização do projeto de tanque-rede para a avaliação da colmatação por aderência de mexilhão dourado em Boa Vista da Aparecida-PR, e detalhamento de três estruturas flutuantes das quatro instaladas para este projeto.	37
Figura 9	(a) Detalhe da malha da tela de alambrado segundo norma NBR 10118. (b) Amostra de tela de alambrado utilizada no projeto com suas dimensões de 30 cm de largura e 200 cm de comprimento.	38
Figura 10	(a) Preparação das telas para a pesagem. Após a pesagem, o peso foi anotado em planilhas padrão em uma placa de cloreto de polivinila com caneta tipo <i>Alflex</i> . (b) Pesagem inicial das telas em balança eletrônica modelo <i>Balmak</i> .	39
Figura 11	(a) Sistema de flutuação construído com tubo de cloreto de polivinila de 6 m tampados e travados com três peças de madeira. (b) Sistema de flutuação já com as telas enroladas, fixadas com	39

abraçadeiras plásticas para serem transportadas para o ponto do experimento.

Figura 12	(a) Marcação com placa de cloreto de polivinila no início da sequência da colocação das telas na estrutura de flutuação. (b) Tela identificada e fixada na estrutura de flutuação antes de ser aberta e telas abertas ao fundo na foto para a correta utilização durante o experimento.	40
Figura 13	Desenho esquemático e foto do posicionamento dos quatro blocos de teste entre as linhas de tanque-rede da base de pesquisa da Universidade do Oeste do Paraná.	41
Figura 14	(a) Coleta das amostras de tela com barco. (b) Colocação das amostras de telas em sacos plásticos até o desembarque para pesagem em balança eletrônica.	42
Figura 15	(a) Lavagem das telas com jato de água para retirada da colmatação. (b) Coleta do substrato (colmatação) retirado das amostras de tela.	43
Figura 16	(a) Substrato recolhido para posterior contagem do mexilhão dourado. (b) Congelamento do substrato para contagem do mexilhão dourado.	43
Figura 17	Fluxograma do protocolo do experimento.	44
Figura 18	Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t1” (180 dias).	50
Figura 19	Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t2” (360 dias).	50
Figura 20	Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t3” (540 dias).	52
Figura 21	Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t4” (720 dias).	53
Figura 22	Comparação da contagem de mexilhão dourado entre pares de telas, no tempo “t3” (540 dias).	55
Figura 23	Comparação da contagem de mexilhão dourado entre pares de telas no tempo “t4” (720 dias).	56

---

## LISTA DE GRÁFICOS

---

Gráfico 1	Produção de pescado por aquicultura no mundo e participação relativa por área de cultivo de 1980 a 2010.	16
-----------	--	----

Gráfico 2	Produção de carnes, pescado (produção pesqueira e aquicultura em base eviscerada), em milhões de toneladas, de 2000 a 2012, real, e de 2013 a 2021, com modelo de tendência.	17
Gráfico 3	Produção de pescado mundial (peixes, moluscos e crustáceos) oriundo da pesca e aquicultura de 1950 a 2010.	18
Gráfico 4	Produção regional de peixes no Brasil em 2012 em, segundo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.	20
Gráfico 5	Produção regional de tilápia no Brasil em 2012, segundo IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.	23
Gráfico 6	<i>Boxplot</i> para variável número de mexilhão dourado contado.	57
Gráfico 7	<i>Boxplot</i> da variável ganho de peso das telas, em cada tempo.	57

---

---

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1	Produção de pescado mundial e do continente americano no período base 2010-2012, e modelo de tendência global para o ano 2022, criado pela <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> .	18
Tabela 2	Produção aquícola brasileira em quantidade (toneladas) no ano de 2012, segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.	21
Tabela 3	Telas selecionadas para o teste, abreviatura, quantidade e caracterização das amostras.	37
Tabela 4	Data de coleta de dados das telas testadas.	41
Tabela 5	Dados de qualidade da água da barragem de Salto Caxias de 2002 a 2012, mínimo, máximo e mediana.	46
Tabela 6	Resultado da diferença do ganho de peso inicial menos final, de todas as telas de diferentes revestimentos, expresso em gramas, de “t0” para “t1”, “t2”, “t3” e “t4”.	47
Tabela 7	Resultado da contagem de mexilhão dourado (colmatação) de todas as telas de diferentes revestimentos, expresso em gramas, de “t3” e “t4”.	48
Tabela 8	Análise descritiva dos dados de ganho de peso das telas testadas em cada tempo.	49
Tabela 9	Análise descritiva dos dados do mexilhão dourado aderido às telas testadas em cada tempo.	54
Tabela 10	Perspectiva do peso em quilos da colmatação total de um tanque-rede de com dimensões de 2 x 2 x 2 m, com a mesma malha de 19 mm e respectivos arames testados no experimento, em cada período avaliado, por material, tendo como referência a mediana do peso obtido no projeto.	58
Tabela 11	Preço de telas por metro quadrado, em real e em dólar americano colmatação segundo dados apresentados neste projeto, expectativa de durabilidade de material para confecção de tanque-rede segundo opinião do entrevistado (produtor de tanque rede), e custo da tela por ano, ajustado pela durabilidade.	59

---

## SUMÁRIO

---

	Lista de abreviaturas	
	Lista de gráficos	
	Lista de figuras	
	Lista de tabelas	
	Resumo	
	Abstract	
1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Produção aquícola mundial	16
2.2	A produção de pescado e os desafios produtivos e sanitários	19
2.3	Produção de pescado no Brasil	20
2.4	O sistema de cultivo de peixes em tanque-rede	23
2.5	A aquicultura no Brasil em sistema de tanque-rede	27
2.6	O mexilhão dourado ou <i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker, 1857) como uma espécie invasora associada ao sistema de produção de peixe em tanque-rede	29
2.6.1	O conceito de espécie invasora	29
2.6.2	Biologia do <i>Limnoperna fortunei</i>	30
2.6.3	Origem do <i>Limnoperna fortunei</i>	31
2.6.4	Aspectos da colmatação por <i>Limnoperna fortunei</i>	31
2.6.5	Formas de controle do <i>Limnoperna fortunei</i>	33
2.6.6	Aspectos epidemiológicos do mexilhão dourado no sistema de produção em tanque-rede	34
3	HIPÓTESE	35
4	OBJETIVOS	35
5	MATERIAIS E MÉTODO	36

5.1	Local de realização do experimento	36
5.2	Telas para tanque-rede utilizadas no experimento	37
5.3	Desenho experimental	38
5.4	Coleta de dados	41
5.5	Análise estatística	44
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1	Considerações sobre a montagem dos trabalhos de campo e qualidade de água	46
6.2	A bioincrustação e o número de mexilhão dourado aderido de cada tela em cada período	46
6.3	A análise estatística do peso da colmatação total coletada aderida à tela	48
6.3.1	A análise do peso das telas (colmatação total) em “t1”	49
6.3.2	A análise do peso das telas (colmatação total) em “t2”	50
6.3.3	A análise do peso das telas (colmatação total) em “t3”	51
6.3.4	A análise do peso das telas (colmatação total) em “t4”	52
6.4	A análise estatística da contagem de indivíduos de <i>Limnoperna fortunei</i> por tela e por período	53
6.4.1	A análise do número de mexilhão dourado aderido às telas em “t3”	54
6.4.2	A análise do número de mexilhão dourado aderido às telas em “t4”	55
6.5	Resumo dos resultados encontrados	58
6.6	Perspectivas de peso total de um tanque-rede de 2 x 2 x 2 m	58
6.7	A análise estatística da contagem de indivíduos de <i>Limnoperna fortunei</i> por tela e por período (tabela 7)	58
7	CONCLUSÃO	60
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
9	REFERÊNCIAS	63
	ANEXOS	69

ANEXO A	Resultado do peso inicial de todas as telas de diferentes revestimentos em gramas, do experimento no “t0” (antes de serem colocadas na água).	69
ANEXO B	Dados de qualidade da água da barragem de Salto Caxias de 2002 a 2012 (todos os dados).	70

---

## RESUMO

A proteína mais consumida no mundo é a de pescado. O sistema de produção de peixes em tanque-rede, consagrado mundialmente, adapta-se às condições socioambientais brasileiras visando a produção de peixes tropicais em água doce. E o Brasil possui ótimas condições para a aquicultura e uma grande disponibilidade de milho e soja para rações. A produção de peixes em tanque-rede é um sistema de alta densidade de estocagem, dependente de grande renovação de água e da eficiência das telas, a fim de permitir essa renovação: duráveis, resistentes, conferindo alta biossegurança e relação custo-benefício adequada. Uma tela com alto grau de colmatção por aderência de *Limnoperna fortunei* (molusco invasor) leva à queda da qualidade da água em função da baixa renovação no tanque-rede. Isso leva a um forte agravo aos peixes cultivados que ficarão estressados, acarretando aumento do risco de desenvolvimento de doenças, piora dos resultados zootécnicos, afetando questões socioeconômicas e de produção. Diante da relevância desse processo, o objetivo deste trabalho é avaliar a colmatção em diferentes tipos de materiais para confecção de telas de arame, a dinâmica de desenvolvimento da colmatção pelo molusco invasor ao longo do tempo e a relação custo-benefício dos diferentes materiais usados. O experimento utilizou telas de simples torção de malha 19 mm (NBR 10.118), de 5 tipos diferentes de revestimentos: arame galvanizado revestido em PVC; arame galvanizado revestido em PVC com pintura anti-incrustante; arame Bezinal (liga bimetálica de zinco alumínio); arame de inox fino; arame de inox grosso. Cento e sessenta amostras, sendo 32 de cada modelo de telas com 30 cm de largura por 200 cm de comprimento, foram colocadas no lago da barragem de Salto Caxias, no Rio Iguaçu, no estado do Paraná, de julho de 2012 a julho de 2014. A cada intervalo de seis meses, foram retiradas 40 amostras (oito de cada modelo), e foi avaliado o ganho de peso em função da colmatção e feita a contagem de número de mexilhões de cada tela. Buscou-se avaliar a diferença de ganho de peso de cada tipo de tela através de uma análise descritiva e uma avaliação da variância entre grupos com o teste paramétrico de *Kruskal-Wallis*. Este estudo confirmou que os diferentes materiais utilizados para as telas influenciam na colmatção e aderência do mexilhão dourado. Os testes realizados indicam que os materiais de arame galvanizado plastificado e de arame de inox fino e de inox grosso apresentaram os maiores níveis de colmatção e aderência de mexilhão dourado, com resultados estatisticamente equivalentes, e os arames Bezinal (revestimento de liga bimetálica de zinco e alumínio) e galvanizado plastificado pintado com tinta anti-incrustante apresentaram os mesmos níveis de colmatção e aderência de mexilhão dourado. A tela mais eficiente quanto a custo/ano no sistema produtivo de tanque-rede é a de arame galvanizado plastificado; a mais eficiente para baixa colmatção é a de arame Bezinal, e a mais eficiente para durabilidade, a de inox fino.

Palavras-chave: aquicultura, colmatção, *Limnoperna fortunei*, mexilhão dourado tanque-rede, tela de arame.

## ABSTRACT

The most consumed protein in the world is that from fish. Net pen fish aquaculture, a production system used worldwide, has been adapted to the Brazilian socio-environmental conditions to produce tropical fish in freshwater. Brazil has excellent conditions for aquaculture, as well as an abundant supply of corn and soybean for animal feed. The production of fish in net pens uses a high-density stocking system that is dependent on the renewal of large amounts of water. Therefore, the screens used in this system are expected to not only efficiently enable this renewal but also show durability and resistance, thus furnishing high biosafety and an appropriate cost-benefit ratio. A highly clogged screen due to the adhesion of invasive golden mussel, *Limnoperna fortunei*, decreases the water quality because of a low water renewal rate in the net pen. This greatly harms the growing fish, which become stressed, thus causing an increased risk of disease development and worsened zootechnical results, in turn affecting socio-economic and production issues. Given the importance of subject, the objectives of the present study were to evaluate the degree of clogging on wire mesh screens manufactured with different types of materials, the temporal dynamics of the development of clogging by *Limnoperna fortunei*, and the cost-benefit ratio of the different materials used. The experiment examined screens of single-twist 19 mm mesh (NBR 10.118) made with five different types of wires: PVC-coated galvanized wire, PVC-coated galvanized wire with antifouling paint, Bezinal wire (bimetallic zinc aluminium alloy), thin stainless steel wire, and thick stainless steel wire. One hundred and sixty screen samples—32 of each wire type (30 cm wide and 200 cm long)—were placed in the lake of the Salto Caxias dam in the Iguaçu River, Paraná State, Brazil, between July 2012 and July 2014. Forty samples (8 of each type) were removed every 6 months to evaluate the weight gain due to screen clogging and to count the number of mussels on each screen. The difference in weight gain among the screen types was determined using descriptive analysis and the analysis of variance between groups applying the Kruskal-Wallis test. This study confirmed that the different wires used to construct the net pen screens influenced golden mussel adhesion to the screens and screen clogging. The tests indicated that the plasticised galvanized wire and thin and thick stainless steel wires had the highest levels of clogging and adhesion by the golden mussel, with statistically similar results. The Bezinal wire and plasticised galvanized wire covered with antifouling paint also showed statistically similar clogging and golden mussel adhesion levels. The most efficient screen in the net pen production system on a cost-per-year basis was the one using plasticised galvanized wire, the most efficient for low clogging used the Bezinal wire, and the most efficient for durability used the thin stainless steel wire.

**Keywords:** cage, chain link wire, fish farm, fouling, golden mussel, *Limnoperna fortunei*.

## 1 INTRODUÇÃO

A proteína mais consumida no mundo é a de pescado. No Brasil, essa proteína representa uma pequena parcela com a preferência da população pelas carnes de aves, bovina e suína nesta ordem. A tendência, nos próximos anos, é o aumento do consumo de peixes, crustáceos e moluscos no mundo e no Brasil, o que torna a aquicultura um segmento muito atrativo.

Com mais de 150 espécies cultivadas na aquicultura, o sistema de produção de peixes em tanque-rede (TR) é um sistema consagrado mundialmente. Este se adapta muito bem às condições socioambientais brasileiras visando a produção de peixes tropicais em águas doces. O Brasil foi o 12º produtor mundial de pescado em 2012 e poderá tornar-se o segundo até 2024, se a cadeia produtiva se estruturar adequadamente.

O Brasil possui ótimas condições para a aquicultura: 12% de toda a água doce do mundo, águas de superfície represadas com ótima qualidade para produção de pescado e uma grande disponibilidade de milho e soja para a formulação de rações.

No Brasil, essa atividade de produção de peixes em sistema de tanque-rede com as características atuais está em funcionamento há cerca de 20 anos, sendo considerado um sistema de produção muito recente. Os problemas de natureza nutricional, zootécnica e sanitária estão ocorrendo com maior frequência, criando assim oportunidades de desenvolvimento de estudos científicos que servirão de apoio para o desenvolvimento do segmento de aquicultura.

Como essa produção de peixes é um sistema de alta densidade de estocagem e depende exclusivamente de grande renovação de água, espera-se que as telas sejam eficientes a fim de permitir essa renovação e sejam duráveis, resistentes, conferindo alta biossegurança e relação de custo/benefício adequada.

Quando a tela de um tanque-rede apresenta alto grau de colmatção por aderência de mexilhão dourado, há queda da qualidade da água em função do menor fluxo de passagem, devido a sua baixa renovação. Isso leva a um forte agravo aos peixes cultivados que ficarão estressados, com aumento do risco de desenvolvimento de doenças, piora dos resultados zootécnicos, tornando o sistema improdutivo e afetando toda a questão socioeconômica de produção.

O objetivo deste trabalho é avaliar a colmatção em diferentes tipos de materiais para confecção de tela de arame, a dinâmica de desenvolvimento da colmatção pelo molusco invasor *Limnoperna fortunei* nos tanques-rede ao longo do tempo e avaliar a relação custo-benefício dos diferentes materiais testados.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Produção aquícola mundial

Segundo a definição da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), a aquicultura significa a produção de organismos aquáticos como peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas. Fazenda é uma forma de intervenção no processo de criação com fins agropecuários para aumentar a produção, com povoamento regular, alimentação, incluindo a manutenção de rebanho sob algum tipo de controle e proteção contra predadores. A fazenda aquícola tem um setor de produção de organismos aquáticos onde, dentre as várias formas de criação, se inclui o sistema de produção de peixes em tanque-rede (*Glossary...*, 2008). A aquicultura mundial é dominada pela produção de peixes em água doce com 56% de toda biomassa produzida. É seguida pela produção de moluscos e crustáceos: 24%; peixes diádromos, 6%; peixes marinhos, 3% e 1% de outros organismos aquáticos (State... 2010; FAO..., 2014) - (gráfico 1).

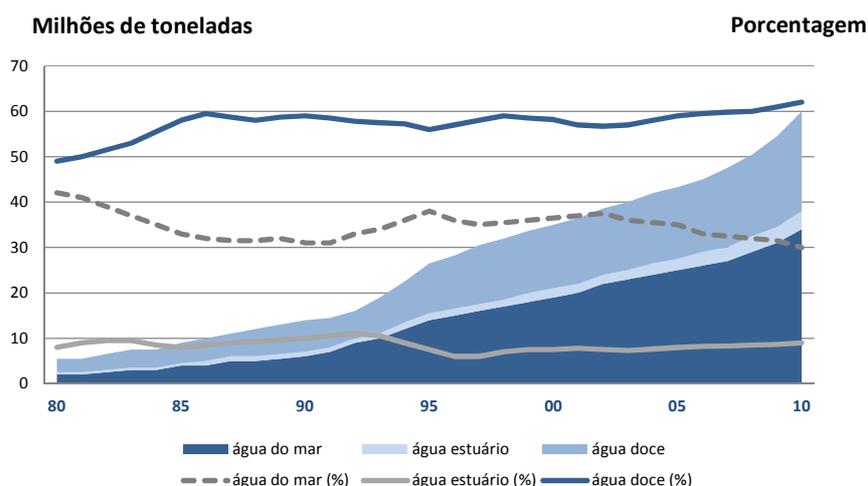


GRÁFICO 1: Produção de pescado por aquicultura no mundo e participação relativa por área de cultivo de 1980a 2010.

Fonte: Adaptado de (FAO..., 2014)

Estima-se que cerca de 10% da produção de peixes no mundo sejam oriundas de sistema em tanque-rede. Entretanto, na Escócia, para algumas espécies como trutas arco-íris pode-se chegar a 40% do volume total. A produção do salmão é praticamente toda realizada nesse sistema. (*Beveridge, 2004*).

Cerca de 181 países e nove territórios participam da produção mundial de pescado. A cadeia produtiva da aquicultura é formada por fazendeiros, pessoas envolvidas no processamento do pescado, embalagem, comércio, produção de gelo, distribuição, ração, equipamento, administração e outros, ocupando cerca de 660 a 820 milhões de pessoas em todo o mundo (10% a 12% da população mundial) (*Beveridge, 2004; State..., 2008; State..., 2010; Tidwell, 2012*).

A pesca e a aquicultura produziram em todo o mundo 148 milhões de toneladas em 2010, com receita de 219 bilhões de dólares, e apresentando uma tendência de crescimento significativa no fornecimento de proteína para o mundo (gráfico 2) (tabela 1). Destes, 128 milhões de toneladas foram dedicados ao consumo humano. O consumo de pescado mundial apresentou um crescimento de 9,9 kg *per capita* (peso vivo equivalente) em 1960, para 18,4 kg *per capita* em 2009 (peso vivo equivalente) (State..., 2010; Tidwell, 2012; FAO..., 2014).

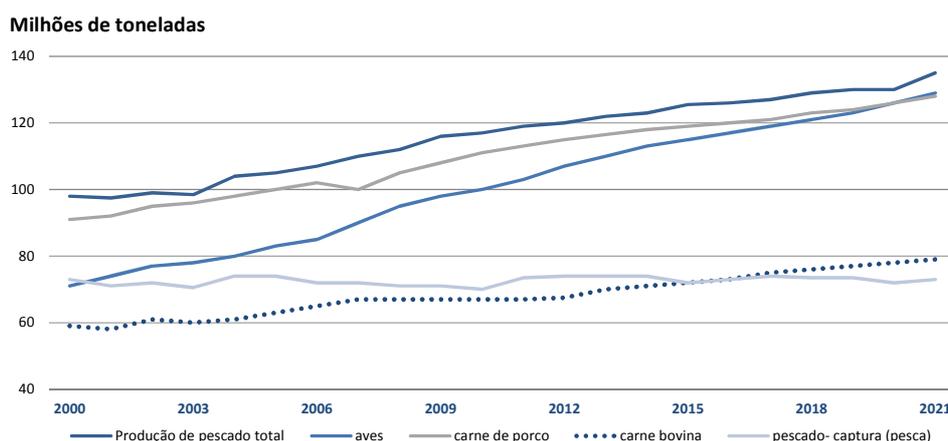


GRÁFICO 2: Produção de carnes, pescado (produção pesqueira e aquicultura em base eviscerada), em milhões de toneladas, de 2000 a 2012, real, e 2013 a 2021 com modelo de tendência.

Fonte: Adaptado de (FAO..., 2014).

A espécie mais produzida em água doce em 2010 foi a carpa com 71% do total em peso vivo equivalente (State..., 2010; FAO..., 2014). O segundo peixe mais cultivado foi a tilápia, sendo 72% produzidas na Ásia; 9%, nas Américas e 19%, nos demais continentes. Nas Américas, o crescimento mais importante dos últimos quatro anos ocorreu no Peru e no Brasil (State..., 2010).

O crescimento mundial da aquicultura nas últimas cinco décadas (1961-2009) foi da ordem de 3,2% ao ano (gráfico 3). Este crescimento foi construído em bases sustentáveis de produção e grande profissionalismo de toda a cadeia e principalmente do canal de distribuição. No mesmo período, a população mundial cresceu cerca de 1,7 % ao ano. Nas últimas três décadas (1980-2010), a produção de pescado na aquicultura cresceu 12 vezes, a uma taxa de 8,8 % ao ano, sendo cultivados cerca de 600 organismos aquáticos diferentes em 190 países (State..., 2008; State..., 2010; FAO..., 2014).

### Captura mundial da pesca e aquicultura

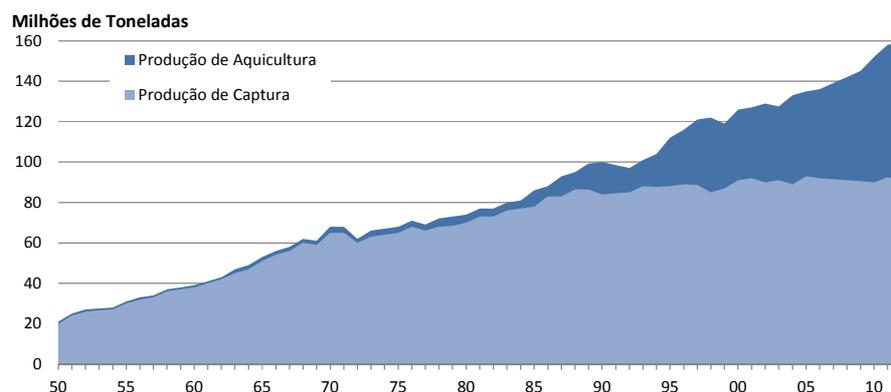


GRÁFICO 3: Produção de pescado mundial (peixes, moluscos e crustáceos), oriundo da pesca e aquicultura de 1950 a 2010.

Fonte: Adaptado de (FAO..., 2014)

A distribuição da aquicultura no mundo se dá de maneira muito desigual. Em 2011, a Ásia foi responsável por 89 % do volume total; a América: 4,3%, a Europa: 4,2%; a África: 2,2% e a Oceania: 0,3%. A China produziu 64,1% de todo o pescado do mundo (*State...*, 2010; FAO..., 2014).

O crescimento previsto para a pesca para 2022, tendo como anos-base 2010/2012, é da ordem de 5% no período; já o crescimento para aquicultura é da ordem de 58%, o que torna o negócio aquicultura muito atrativo (tabela 1).

TABELA 1

Produção de pescado mundial e no continente americano no período base 2010 a 2012, e modelo de tendência global para o ano 2022, criado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

Item	Período Base 2010–2012	2022 cenários			
		Linha de Base	Intermediário	Otimista	Misto
<b>Mundo</b>					
<b>Produção total da pesca</b>	<b>153.940</b>	<b>181.070</b>	<b>188.093</b>	<b>194.800</b>	<b>194.792</b>
Aquicultura	62.924	85.124	92.402	99.330	99.330
Captura	91.016	95.946	95.692	95.474	95.462
Aparente <i>per capita</i> consumo de peixe (kg)	18,9	20,7	21,6	22,4	22,4
<b>AMERICA</b>					
<b>Produção total da pesca</b>	<b>22.275</b>	<b>23.795</b>	<b>24.120</b>	<b>24.428</b>	<b>23.781</b>
Aquicultura	2.911	3.936	4.273	4.593	3.936
Aparente <i>per capita</i> consumo de peixe (kg)	14,9	15,1	15,6	16,1	15,9

Fonte: Adaptado de (*The state...*, 2014)

## 2.2 A produção de pescado e os desafios produtivos e sanitários

A aquicultura é um dos segmentos estratégicos e, prioritário, para o desenvolvimento e segurança alimentar do planeta (*State...*, 2010). O forte crescimento da aquicultura atual irá enfrentar sérios desafios relacionados às enfermidades e contaminação das águas resultantes das atividades industriais e esgoto urbano (Arana, 1999).

As mudanças climáticas poderão levar a uma maior acidificação dos reservatórios aquícolas, mudanças na temperatura e salinidade das águas, aumento de eventos climáticos severos e aumento do nível dos mares em função do degelo das calotas polares. Todos esses pontos causarão um grande impacto na aquicultura, levando a fortes mudanças nos sistemas produtivos mundiais e, também, no sistema de tanque-rede (*Shelton*, 2014).

A produção aquícola mundial é vulnerável a doenças e problemas relacionados ao sistema produtivo que podem gerar agravos. Segundo o código sanitário de animais aquáticos de 2012 e 2013, no capítulo 1.3, artigos 1.3.1 a 1.3.4, existem 10 doenças emergentes de peixes (*Aquatic...*, 2013; *OIE...*, 2014): necrose hematopoiética epizootica, síndrome ulcerativa epizootica, — infecção causada por fungo *Aphanomyces invadans*, infecção causada por ectoparasita *Gyrodactylus salaris*, anemia infecciosa do salmão (ISA), infecção do salmão por *Alphavirus*, necrose hematopoiética infecciosa, doença da carpa por herpes-vírus, doença por iridoviral da espécie *Pagrus major*, viremia primaveril da carpa, septicemia hemorrágica viral. Estas doenças são classificadas por ter significativo impacto nos organismos aquáticos e em saúde pública. Têm por característica a infecção de um novo agente, até então não relatado, com o referido agente patogênico, ou a contaminação de um mesmo agente, mas em uma área geográfica nova.

Como exemplo de doença emergente de pescado na América, pode-se citar o surto do vírus ISA em julho de 2007, que arrasou a cadeia produtiva da salmonicultura no Chile. Em 2006, a produção de salmão era a terceira em importância econômica daquele país, que chegou a ser o segundo maior exportador mundial dessa espécie (*Bahamonde*, 2010).

Para que a produção aquícola possa evoluir, é preciso implementar através de um conjunto de procedimentos, marcos regulatórios, que possam proporcionar um maior grau possível de biossegurança, sob os aspectos científicos, econômicos, sociais e de segurança alimentar (*Bonita et al.*, 2010; *Aquatic...*, 2013).

### 2.3 Produção de pescado no Brasil

A pesca e a aquicultura são atividades fundamentais para a inclusão social. Dentro da cadeia produtiva do setor, são gerados 1 milhão de empregos diretos e 3 milhões de empregos indiretos no Brasil (Censo..., 2009; Brasil, 2012; *Brabo et al.*, 2014).

Segundo registros da FAO, a produção aquícola brasileira teve início em 1968, quando foi registrada a produção de menos de meia tonelada. A aquicultura nacional vem crescendo gradualmente, atingindo em 2003 a produção de 273 mil toneladas (Censo..., 2009; Brasil, 2012; *Brabo et al.*, 2014). Já em 2013, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publicou os dados do censo aquícola de 2012 (gráfico 4), onde apontou um volume produzido de 477 mil toneladas com um valor R\$ 2,8 bilhões em faturamento. Segundo a FAO, o Brasil foi o 12º produtor mundial de pescado em 2012 (FAO..., 2014; *The State...*, 2014).

Há grande ineficiência em órgãos públicos para fazer uma leitura correta dos dados da produção aquícola nacional ou interesses políticos que levam a erros técnicos. Esta afirmação pode ser feita, pois os dados publicados pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e pelo IBGE são muito divergentes. (*The State...*, 2014).

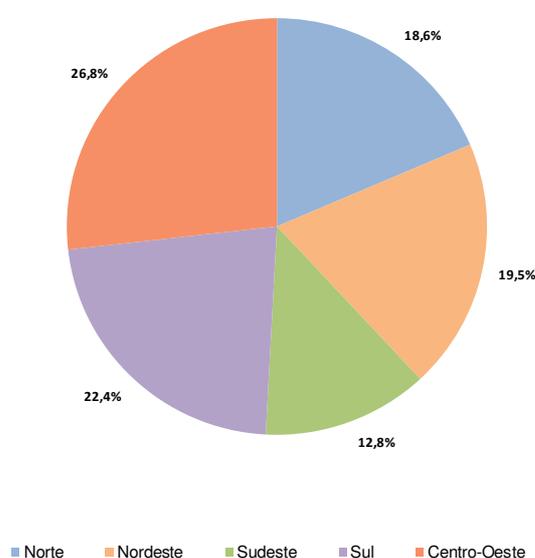


GRÁFICO 4: Produção regional de peixes no Brasil em 2012, segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Fonte: Adaptado de (Produção..., 2013)

O Brasil tem cerca de 8 mil km de litoral. É o país com a maior reserva de água doce disponível do mundo, com 8,2 bilhões de metros cúbicos. Este volume representa 12% da água doce disponível em todo o planeta (Maregoni, 2006; Yamaguchi *et al.*, 2008; Ayroza, 2009; Boletim..., 2010a; Ramos *et al.*, 2010; Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014).

O Brasil possui cerca de 3,5 milhões de hectares de zona econômica ecológica, espalhadas em 5 milhões de hectares de terras inundadas por água doce para hidroelétricas e outras barragens de uso múltiplo (Boletim..., 2010b; Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014). Há mais de 600 reservatórios no Brasil, sendo que 510 são de grande porte e aptos ao desenvolvimento da aquicultura em tanque-rede (Brabo *et al.*, 2014).

Em 2008, a produção aquícola continental brasileira ficou dividida em 47% realizada em açudes, 39%, em tanque escavado, 25%, em alvenaria, 11%, em tanque-rede e 1%, em outros sistemas (Boletim..., 2010b). Em 2009, no Brasil, foram produzidas 420 mil toneladas de proteína oriundas da aquicultura. Considerando a pesca e a aquicultura, o Brasil produziu um total de 750 mil toneladas, sendo o 17º maior produtor mundial de proteína de pescado (Boletim..., 2010b). Em 2013, o censo agropecuário realizado pelo IBGE apontou uma produção de pescado de 392 mil toneladas (tabela 2), número este bem abaixo do publicado no relatório do MPA em 2010, referente ao ano de 2008.

TABELA 2

Produção aquícola brasileira em quantidade (toneladas) e em faturamento no ano de 2012, segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Região Brasil	Peixes Quantidade (toneladas)	Camarões Quantidade (toneladas)	Ostras, vieiras e mexilhões Quantidade (toneladas)	Outros animais aquícolas Quantidade (toneladas)	Total Quantidade (toneladas)
Nordeste	76.393	64.270	87	140	140.890
Sul	88.063	302	19.083	1.441	108.888
Centro-oeste	105.010	0	0	416	105.426
Norte	72.969	40	8	0	73.017
Sudeste	50.058	58	181	2.290	52.587
<b>Brasil</b>	<b>392.493</b>	<b>64.669</b>	<b>19.360</b>	<b>4.287</b>	<b>480.808</b>

Fonte: Adaptado de: (Produção..., 2013).

Em 2009, o Brasil importou 230 mil toneladas de pescado ao custo de U\$ 688 milhões, o que confirma o ótimo potencial de consumo brasileiro, que pode ser suprido com o aumento da produção nacional (Censo..., 2009; Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014). Além disso, o país apresenta todas as condições para se transformar em um grande produtor de pescado e atender à crescente demanda nacional e mundial.

Houve uma pequena queda de produção no ano de 2005 em função de problemas fitossanitários. A produção retomou o crescimento a partir de 2008 e, em 2010, registrou-se a produção de 479 mil toneladas e de 648 mil, em 2011 (Censo... 2009; Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014).

Para que o setor seja ainda mais produtivo, competitivo, inclusivo e sustentável, é preciso aprimorar técnicas de cultivo e manuseio, ampliar a assistência técnica, modernizar equipamentos, investir em pesquisa e garantir mais estrutura à cadeia produtiva (Censo... 2009; Brasil, 2012; Brabo *et al.*, 2014).

Diversas ações conjuntas vêm sendo implementadas como políticas públicas, que visam ampliar a produção de pescado com a prática da aquicultura. Um exemplo disto é a implantação de novos parques aquícolas em lagos e represas de várias regiões do Brasil; a

criação de diversas linhas de crédito para aquisição de novas estruturas, equipamentos, barcos; a simplificação do processo de licenciamento e a desoneração fiscal para que o pescado tenha um preço mais acessível para o consumidor final (Censo... 2009; Brasil, 2012; *Brabo et al.*, 2014). Parque aquícola é um espaço físico contínuo em meio aquático, delimitado, que compreende um conjunto de áreas aquícolas afins, em cujos espaços físicos intermediários podem ser desenvolvidas outras atividades compatíveis com a prática da aquicultura.

Em função da quantidade e qualidade de águas de superfície no Brasil, o sistema de produção de peixes em tanque-rede vem crescendo fortemente na última década, principalmente devido à produção de tilápia de pequeno e médio porte. Isso contribuiu para que, no ano de 2008, a piscicultura em tanque-rede representasse cerca de 8% (1452 unidades) dos empreendimentos aquícolas. (Censo..., 2009; *Brabo et al.*, 2014).

A tilápia é o peixe mais produzido em tanque-rede no Brasil e apresenta o maior potencial de crescimento da aquicultura em toda a América (*Ono e Kubitzka*, 2003; *Saraiva* 2004). Está presente em todas as regiões do Brasil (gráfico 5) e estima-se que 30% da produção é feita em sistema de tanque-rede.

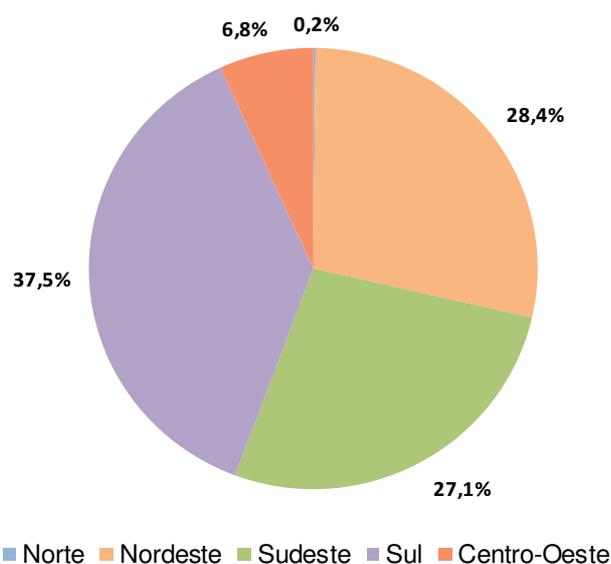


GRÁFICO 5: Produção regional de tilápia no Brasil em 2012, segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Fonte: Adaptado de (Produção..., 2013).

## 2.4 O sistema de cultivo de peixes em tanque-rede

A aquicultura iniciou-se por volta de 2000 a.C. com o cultivo de macroalgas e carpas. Há um livro datado de 500 a.C., escrito por *Fan Lei*, China, chamado de “Clássico de cultivo de peixes”. Também há relatos de criação de tilápia no Egito em 1.900 a.C. (*Beveridge*, 2004).

Na China, no século XIII, já existiam registros de peixes em gaiolas para manutenção e transporte por períodos específicos, citado no livro *Kuixinzhashi* da era da dinastia Sung (*Halwarta et al.*, 2007; *Beveridge*, 2004). No início do século XIX, no Camboja, espécies de bagres eram criados em gaiolas de bambu e, em 1940, há relatos de peixes criados em gaiolas no lago Mundgdung, na Indonésia (*Beveridge*, 2004; *Barbosa et al.*, 2013).

Os países com a maior produção de peixes em tanque-rede no ano de 2005, com 63% da produção mundial, foram China, Noruega, Chile e Japão. Desses, 66% pertenciam à família de *Salmonidae*, 7% de *Sparidae* e 7% de *Carangidae*. Em 2007, a espécie *Salmão salar* foi responsável por 51% do volume total produzido (*Halwarta et al.*, 2007).

O TR utilizado para a aquicultura é uma estrutura de tela onde são cultivados animais aquáticos como camarão, lagosta, caranguejo e, principalmente, peixes (*Chagas et al.*, 2002; *Beveridge*, 2004; *Naylor et al.*, 2005; *Censo...*, 2009; *Santos*, 2011; *Barbosa et al.*, 2013; *Brabo et al.*, 2014). Os tanques-rede podem ser agrupados em quatro modelos quanto a sua dinâmica na água (*Beveridge*, 2004):

I fixo: apoiado em estruturas de postes, fixado no fundo dos lagos ou rios;

II flutuante: mais comum de todos e em vários formatos, sendo os retangulares e redondos os mais usuais;

III submergível: que flutua, mas pode ser submerso na água em situações especiais;

IV submerso: que fica exclusivamente no fundo de lagos, rios e mares.

De acordo com o sistema de cultivo em tanques-rede, há três modelos de produção (Beveridge, 2004), a saber:

I) extensivo: cultivado em água doce com baixa tecnologia e alimento natural da área cultivada (Ex.: China e Filipinas com criação de espécies de carpa e tilápia);

II) semi-intensivo: cultivado em água doce ou de estuário, onde se utiliza ração de baixa tecnologia, normalmente encontrada na própria região de produção (Ex.: com o fornecimento de subproduto de alimento para criação de carpa do gênero *Cyprinus* e tilápia do gênero *Tilapia* na Ásia e Leste Europeu);

III) intensivo: cultivado em água doce e água salgada, com o fornecimento de ração elaborada, altas densidades de estocagem para a produção de tilápia, carpa, e carnívoros de maior valor agregado como salmão (*Salmo salar*), bacalhau (*Gadus morhua*), garoupa (Subfamília: *Epinephelinae*) e cioba (*Lutjanus analis*).

Vários materiais podem ser utilizados para a confecção de tanques-rede, como madeira, bambu, nylon, multifilamento, arame de aço carbono revestido com diversos tipos de polímeros e em aço inox (Chagas *et al.*, 2002; Beveridge, 2004; Maregoni, 2006; Ayroza, 2009). No Brasil, atualmente, a mais utilizada é a tela de arame de simples torção (NBR 10.118), revestida em cloreto de polivinila (PCV) aderente ao aço.

O tamanho do tanque-rede deve ser adaptado para a realidade nacional, conforme classificação abaixo (Chagas *et al.*, 2002; Ono e Kubitzka, 2003; Saraiva, 2004; Maregoni, 2006; Pinto, 2006; Sanches *et al.*, 2007; Ayroza, 2009; Nascimento e Oliveira, 2010; Santos, 2011; Brabo *et al.*, 2014):

I) pequeno porte: 8 m<sup>3</sup> (2 x 2 x 2) a 18 m<sup>3</sup> (3 x 3 x 2) (Figura 1);

II) médio porte: de 14 m<sup>3</sup> (3 x 3 x 1,5) a 72 m<sup>3</sup> (6 x 6 x 2);

III) grande porte; 72 m<sup>3</sup> (6 x 6 x 2) a 2.000 m<sup>3</sup> (20 x 20 x 5) (Figura 2).

Quando comparado à referência internacional, o tanque-rede é classificado quanto ao tamanho: pequeno porte de 6 a 420 m<sup>3</sup>, médio porte de 420 a 848 m<sup>3</sup> e grande porte de 848 a 2500 m<sup>3</sup> (Beveridge, 2004; Jensen *et al.*, 2010; Tidwell, 2012). Cabe ressaltar que todo país, em função de suas características ambientais e socioeconômicas, tem referências próprias para classificar seus empreendimentos como pequeno, médio ou grande porte, e o mesmo deve ser considerado para a aquicultura no Brasil.



FIGURA 1: (a) Sistema de produção de peixe em tanque-rede de pequeno volume em água doce (barragem de Paulo Afonso); (b) detalhe do tanque-rede de 2 x 2 x 1,5 m ( $6\text{m}^3$ ) para apresentação da área submersa.

Fonte: Arquivo pessoal.

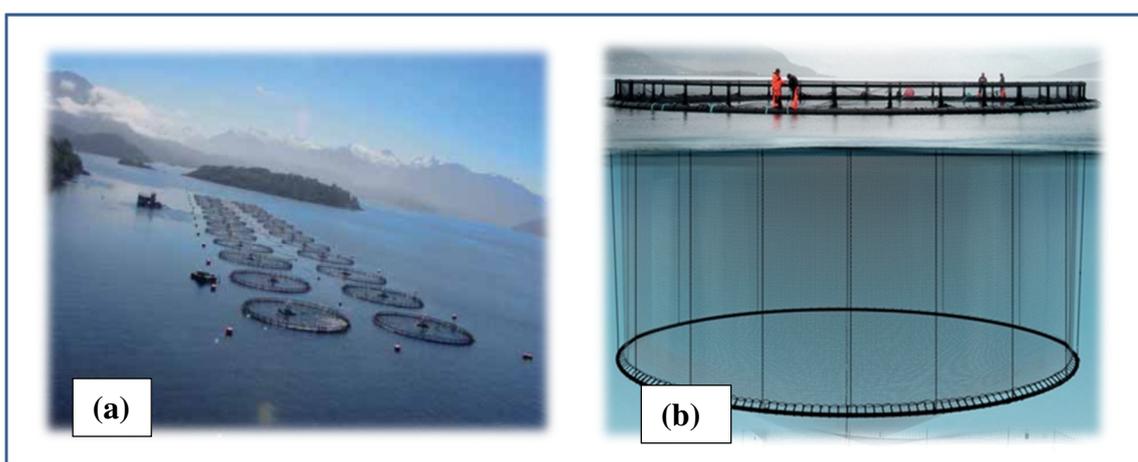


FIGURA 2: (a) Sistema de produção de peixe em tanque-rede de grande volume no mar; (b) detalhe produtivo em desenho aproximado da área submersa.

Fonte: Nets (2014).

O sistema de sustentação pode ser de polietileno de alta densidade (PEAD) ou de aço carbono com revestimento galvanizado, tubos de alumínio ou, até mesmo, em peças de madeira ou bambu.

O sistema de flutuação pode ser de flutuadores tubulares de polietileno de alta densidade, polivinil (PP), cloreto de polivinila (PVC), polietileno expandido ou, até mesmo, confeccionados com bambu. Alguns autores consideram a gaiola de aquicultura diferente do tanque-rede, em função da rigidez da tela, sendo este flexível e aquela rígida (Kubitza, 2003; Ono e Kubitza, 2003; Beveridge, 2004; Saraiva, 2004; Boletim..., 2010a).

Os materiais utilizados para confecção dos tanques-rede devem ser escolhidos de acordo com a situação de cada sistema produtivo. Alguns pontos importantes devem ser considerados: a adequação à espécie de peixe, condições ambientais presentes no criatório, tipo de manejo que será utilizado. É desejável que os materiais sejam leves, mas com

resistência mecânica adequada; com durabilidade frente à corrosão; de fácil aquisição no mercado; histórico de funcionalidade reconhecida; não abrasivo aos peixes; que facilite a passagem de água pela malha da tela utilizada e custo adequado à proposta do projeto (Chagas *et al.*, 2002; Ono e Kubitza, 2003; Beveridge, 2004; Ayroza, 2009).

O sistema de cultivo de peixes em tanque-rede, encontrado hoje comercialmente, foi desenvolvido na Noruega, em tanques de grande volume, para o cultivo de salmão do Atlântico (*Salmo salar*) e salmão do Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*) nas décadas de 60 e 70, (Beveridge, 2004; Halwarta *et al.*, 2007; Jensen *et al.*, 2010). Atualmente, as espécies mais cultivadas em tanque-rede são salmão (*Salmo salar*) e bacalhau (*Gadus morhua*) no mar; carpa do gênero *Cyprinus* e tilápia do gênero *Tilapia*, e espécies de bagre em água doce (Beveridge, 2004; Halwarta *et al.*, 2007). O tanque-rede de grande volume para produção de tilápia é tendência no mundo e no Brasil.

A principal vantagem do cultivo em tanque-rede é a possibilidade de trabalhar com alta densidade de peixes em um sistema intensivo, em função da alta taxa de renovação de água dentro das unidades produtivas. Podem ser citadas outras vantagens: a rápida implantação, o baixo custo de montagem do projeto, a possibilidade de rápida expansão, o maior controle contra predadores naturais, a produção de alta qualidade e o aproveitamento de ambientes aquáticos existentes destinados a outras atividades, como barragens hidroelétricas (Ono e Kubitza, 2003; Beveridge, 2004; Saraiva, 2004; Pinto, 2006; Ayroza, 2009; Ramos *et al.*, 2010).

Importante destacar que pode variar muito o custo total de produção de algumas espécies de peixe produzidas em tanque-rede. A tilápia apresenta alta variação do custo de produção de 10% a 40%; quanto ao salmão no mar, pode variar de 7% a 15%; garoupa, em torno de 30%. Vai depender muito do ciclo de produção, densidade de estocagem, manejo e material de confecção do tanque-rede (Beveridge, 2004).

No Brasil, há relatos de que o investimento nesse sistema de tanque-rede é da ordem de 13% de uma piscicultura (Cerqueira *et al.*, 2014). Considerando que o tanque-rede tem uma vida útil de 5 anos ou 6 a 8 ciclos produtivos, a depreciação representa 1,6 a 2,3% do custo de produção.

O principal fator ambiental limitante para o sucesso do sistema de produção de peixe em tanque-rede é a qualidade da água. Os fatores zootécnicos são a qualidade do alevino (genética e sanitária), qualidade da ração e manejo (Saraiva, 2004; Maregoni, 2006).

## 2.5 A aquicultura no Brasil em sistema de tanque-rede

No Brasil, o modelo dominante é o tanque-rede retangular de seis metros cúbicos (um cubo de dois metros de aresta), flutuante, com tela de arame galvanizado revestido em cloreto de polivinila (PVC) (Maregoni, 2006; Boletim..., 2010a), com estrutura de alumínio ou tubo de aço galvanizado a fogo (figura 3 a). O segundo modelo mais utilizado é o de 18 m<sup>3</sup> (Maregoni, 2006; Boletim..., 2010a) (figura 3).

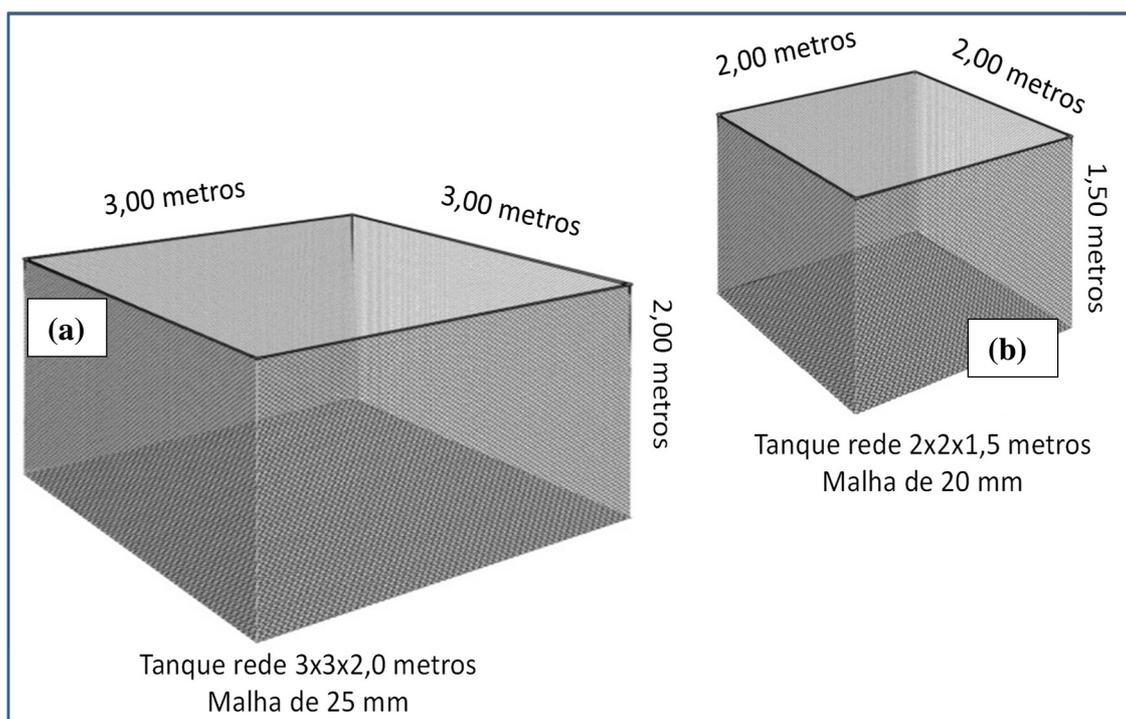


FIGURA 3: (a) Desenho esquemático de tanque-rede de piscicultura de dimensões de 3 x 3 x 2 m ou 18 m<sup>3</sup>; (b) desenho esquemático de tanque-rede de 2 x 2 x 1,5 m ou 6 m<sup>3</sup>.

Fonte: Arquivo pessoal.

Os primeiros criatórios em tanque-rede apareceram no Brasil, no início dos anos noventa. Em 1992, a revista Panorama da Aquicultura relatou a presença de projetos em grandes barragens (figura 4), mas foi a partir de 1997 que se consolidou como um sistema de criação no nordeste brasileiro, nos lagos do complexo de Paulo Afonso, nos estados da Bahia, Pernambuco e Alagoas.



FIGURA 4: Matéria técnica publicada na Revista Panorama da Aquicultura, 1992.

Fonte: (Tanques..., 1992) - imagens cedidas pela revista para este projeto.

Os projetos de produção de peixes em tanque-rede no Brasil estão sendo implantados prioritariamente nas áreas de parques aquícolas (figura 5).



FIGURA 5: Localização dos parques aquícolas incluídos no plano de safra 2012 a 2014.

Fonte: (Parques..., 2014)

O Ministério da Pesca e Aquicultura investiu 22 milhões de reais em estudos para demarcação dos parques aquícolas. Atualmente, estão demarcados seis reservatórios que totalizam 42 parques aquícolas, com área total de 28.503 hectares e estimativa de gerar 66 mil empregos e produzir 269 mil t/ano de pescado. Estão em processo de demarcação 25 reservatórios. Ao final do estudo, estima-se a geração de 349 mil empregos e a produção de

563 mil t/ano de pescado. Este projeto contempla 21 estados e 278 municípios (Parques..., 2014).

Ressalta-se que, por precaução, a fim de se evitar impactos ambientais nos reservatórios, o Governo Federal destina no máximo 1% da lâmina d'água dos reservatórios da União para a implantação de parques aquícolas (INI 08, 2003). Entretanto, em média, apenas 0,167% da lamina d'água está sendo efetivamente utilizada para esse fim. (Parques..., 2014).

Existem parques aquícolas em reservatórios de todas as regiões do país. Os primeiros em atividades estão nos reservatórios de Itaipu (PR), Castanhão (CE), Ilha Solteira (MS, MG e SP), Furnas (MG), Três Marias (MG) e Tucuruí (PA).

Foram demarcados parques aquícolas em 31 novos reservatórios, cuja capacidade de produção conjunta é estimada em 800 mil toneladas anuais de pescado. Este volume equivalente a 66% da atual produção nacional de 1,24 milhões de toneladas por ano (Censo..., 2009).

Dentre os obstáculos da piscicultura em TR no Brasil, tem-se a problemática da colmatação. É muito restrito o número de trabalhos publicados sobre o sistema de produção de peixes em tanques-rede no Brasil, abordando o problema da colmatação causada pelo *Limnoperna fortunei*, portanto a grande maioria dos trabalhos disponíveis foi desenvolvida em outros países. Cabe lembrar que essa espécie invasora foi identificada no Brasil no final da década de 90, na bacia do Rio da Prata.

## **2.6 O mexilhão dourado ou *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) como uma espécie invasora associada ao sistema de produção de peixe em tanque-rede.**

### 2.6.1 O conceito de espécie invasora

No mundo, existem mais de 62.000 espécies de vertebrados (Preface, 2010). Desses, mais da metade são espécies de peixes, tendo sido catalogadas 31.564. Uma espécie é considerada invasora, quando, introduzida em um novo ambiente, tem capacidade de se adaptar, reproduzir-se e competir com as espécies existentes do local (Chomel, 2010; Preface, 2010). Na Europa, em 2007, foram identificadas 10.771 invasoras (Preface, 2010), pertencentes a fungos, briófitas, líquens, plantas, invertebrados terrestres, invertebrados aquáticos e peixes de águas interiores, pássaros, anfíbios, répteis e mamíferos. Nem todas as espécies causam o mesmo impacto à saúde animal e à biodiversidade.

Considerando-se a globalização acelerada que gerou os chamados 5T's, caracterizados na língua inglesa por: transport (transporte), trade (negócios), travel (viagens), tourism (turismo) e terrorism (terrorismo) (Preface, 2010), é preciso estar atento aos problemas das espécies invasoras envolvendo várias áreas do conhecimento biológico, epidemiológico, agrícola, de saúde pública e de ciências humanas. Estima-se que esses problemas causem um prejuízo de U\$330 bilhões nos seis continentes. Muitas espécies invasoras foram disseminadas pelo mundo de forma acidental, acompanhando principalmente as cargas transportadas (Chomel, 2010; Preface, 2010).

Segundo dados da FAO de 2010, 442 espécies foram cultivadas na aquicultura com caráter comercial no período de 1950 a 2004 (State..., 2010). Vem crescendo a importância da biossegurança na aquicultura, à medida que os surtos de doenças têm aumentado, e espécies

exóticas vêm sendo introduzidas em novas áreas de forma acidental ou proposital. Para que a aquicultura continue a fornecer a proteína necessária para o crescimento mundial e contribuir para o desenvolvimento econômico, os sistemas produtivos terão que ser mais eficientes (*Preface*, 2010; *Aquatic...*, 2013), e biosseguros.

O *Limnoperna fortunei* é um claro exemplo de uma espécie invasora aquática, que foi introduzida na América do Sul, através de águas de lastro de navios cargueiros vindos do sul da Ásia no início da década de 90 (Silva e Souza, 2004), e vem causando problemas na piscicultura em tanque-rede, em vários estados do Brasil.

### 2.6.2 Biologia do *Limnoperna fortunei*

O *Limnoperna fortunei* é um molusco bivalve da família dos *mitilídeos* de água doce, dioico, filtrador e possuidor de duas características muito marcantes: rápida maturação sexual e elevada capacidade reprodutora. Possui simetria bilateral, corpo comprimido lateralmente, formado por um tronco dorsal que corresponde à massa visceral. Em sua porção ventral, encontra-se o bisso, brânquias e septos; a cabeça é atrofiada e todo o corpo é recoberto pelas pregas do manto. As duas valvas, que atribuem o nome da classe, se articulam através de ligamentos elásticos de proteínas e dentes calcários (Silva e Souza, 2004; Mexilhão..., 2005; Adesão..., 2006; Silva, 2006; Mansur *et al.*, 2009). É chamado popularmente no Brasil de mexilhão dourado em função do aspecto dourado das conchas.

O sistema de fixação do mexilhão dourado ao substrato, ou bisso, é constituído basicamente por fibras de colágeno e polifenólicos hidrófilos, com alta capacidade de adesão. As fibras do bisso são unidas a uma haste que está inserida na glândula na base do mexilhão dourado, que se ligam aos músculos retratores. O bisso secretado pelo mexilhão dourado pode ser morfológicamente separado em três partes distintas: a placa adesiva, o fio e a haste (Adesão..., 2006). Cada fio se fixa a um substrato duro através da placa adesiva.

O bisso do mexilhão dourado pode iniciar seu processo de fixação no substrato, logo após a última fase larvária, a fase de plantígrada ou pós-larval, podendo ser a tela do tanque-rede (Santos *et al.*, 2005).

No verão, quando as águas dos reservatórios estão em temperaturas mais elevadas, o nível de larvas encontradas é até quatro vezes maiores que no período do inverno (Nakano e Kobayahi, 2010). Outro ponto comprovado em trabalhos realizados na Argentina (bacia do rio da Prata) é que, em temperaturas mais baixas, o molusco apresenta taxa de crescimento e taxa de filtração inferior, quando comparado a águas mais aquecidas (Sylvester *et al.*, 2005). Estudos desenvolvidos na bacia do pantanal do Mato Grosso do Sul, na unidade da EMBRAPA Pantanal, na cidade de Corumbá, identificaram que a baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido na água, em partes do ano, pode levar à grande mortalidade do mexilhão, o que ajuda a controlar a sua população naquela bacia (Oliveira *et al.*, 2010), apesar de este fenômeno oferecer um sério risco aos peixes da bacia e, também, aos peixes de produção confinados nos tanques-rede.

Apesar de vários pontos negativos apresentados pela introdução do mexilhão dourado nas bacias hidrográficas da América do Sul, trabalhos realizados na Argentina confirmaram que na bacia do rio *Tercero* e no rio Santa Fé, a transparência da água aumentou consideravelmente, e houve uma forte redução da presença de sólidos suspensos e clorofila-

a, após o período de colonização pelo mexilhão dourado (*Molina e Paggi, 2008; Boltovskoy et al., 2009*).

### 2.6.3 Origem do *Limnoperna fortunei*

Este molusco, proveniente do sul da Ásia, foi notificado pela primeira vez no Brasil em 1998 (Silva e Souza, 2004; Silva, 2006; Oliveira *et al.*, 2004), subindo a bacia do Rio da Prata em águas de lastro ou aderido ao casco de embarcações. O mexilhão dourado também foi identificado na bacia do Lago Guaíba, em Porto Alegre – RS, em 1999. O *Limnoperna fortunei* foi mais uma espécie que se tornou invasora no relatório de 2008/2010 da OIE (Chomel, 2010; Preface, 2010), a ser introduzida pelo homem no processo de colonização e troca mercantil pelo mundo (Crosby, 1993).

A bacia do rio da Prata foi a primeira a ser contaminada pelo mexilhão dourado na América do Sul (Silva e Souza, 2004; Silva, 2006; Oliveira *et al.*, 2004) e há estudos correlatos sobre os problemas do mexilhão dourado causados para toda a barragem e para a Usina Hidroelétrica Binacional de Itaipu. O rio Iguaçu é um afluente dessa bacia e foi o local escolhido para o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa a campo.

### 2.6.4 Aspectos da colmatação por *Limnoperna fortunei*

A colmatação (acúmulo de algas, moluscos e sólidos suspensos nas telas) causada pelo *Limnoperna fortunei* (Darrigran *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2004; Silva e Souza, 2004; Silva, 2006; Resende, 2007; Mansur *et al.*, 2009) vem se tornando um grave problema e inviabilizando o sistema de tanques-rede em alguns reservatórios brasileiros. O mexilhão dourado tem o hábito de aderir-se a vários substratos presentes nos corpos d'água (Mansur *et al.*, 2009), inclusive na tela do tanque-rede, aumentando o peso da estrutura, dificultando o manejo, impedindo a renovação da água devido à obstrução da malha da tela, aumentando a pressão de arraste (Beveridge, 2004). Como a maior vantagem desse tanque é a constante renovação da água, que permite trabalhar com altas densidades de peixes, o molusco vem causando sérios problemas ou, até mesmo, impossibilitando a criação em tanque-rede em algumas bacias hidrográficas (figura 6). Várias tentativas de eliminar ou reduzir a aderência do mexilhão dourado vêm sendo testadas principalmente para tubulações, acessórios das usinas hidroelétricas e sistemas de captação de águas, entretanto, até o momento, não foi identificada uma forma 100% eficaz e, ao mesmo tempo, segura para o meio ambiente (Kowalski e Kowalski, 2008).

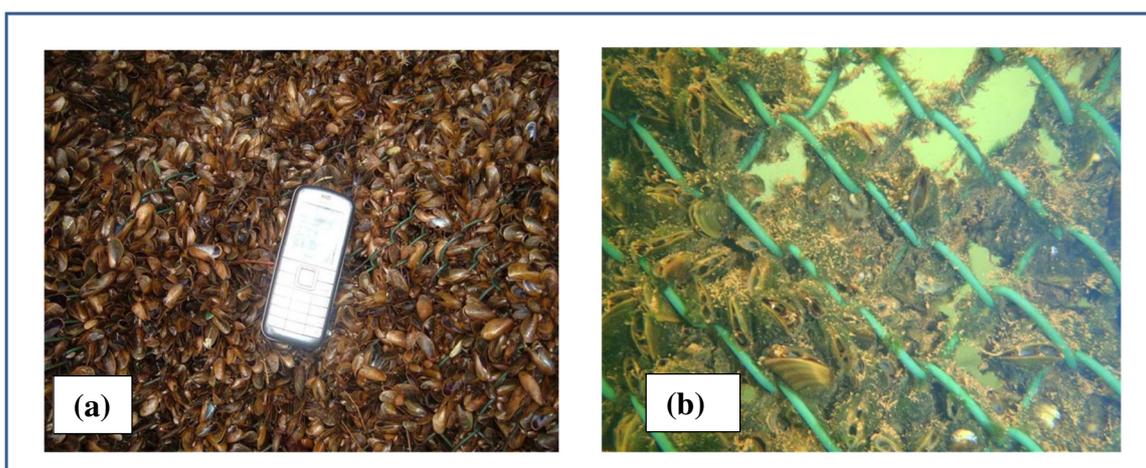


FIGURA 6 – (a) Tela de tanque-rede fortemente colmatada com mexilhão dourado após 18 meses de permanência dentro d' água; (b) tela de tanque-rede em atividade (dentro d' água) com a presença do mexilhão dourado (tempo aproximado de permanência dentro d' água: 30 meses).

FONTE: Arquivo pessoal.

O mexilhão dourado tem grandes chances de se espalhar pelo Brasil, pois encontra as condições ambientais favoráveis, com exceção de algumas áreas amazônicas onde há baixa concentração de cálcio na água ou esta é muito ácida (Maio, 2009).

A Usina Hidroelétrica Binacional de Itaipu (Itaipu) monitora o problema do mexilhão dourado desde 2001. A equipe de trabalho de Itaipu aplica várias formas de monitoramento e combate ao molusco, inclusive o uso de tintas anti-incrustantes. Há também trabalhos de análise com peixes nativos, para avaliar se são predadores naturais do mexilhão na bacia do Paraguai (Mexilhão...[2010]).

Quando o mexilhão dourado se fixa em um sistema de condução de água para a turbina de uma hidroelétrica, há perda de carga e sérios prejuízos econômicos (Resende, 2007).

Fatores como temperatura, salinidade e luminosidade influenciam positivamente a velocidade da colmatção. Normalmente, os problemas com colmatção de tanques-rede em água doce são bem menores quando comparados com os problemas em água salgada (Beveridge, 2004; Sanches *et al.*, 2007; Hellio e Yebra, 2009; Tidwell, 2012).

A colmatção das telas dos tanques-rede instalados em ambiente marinho ocorre de forma mais agressiva e em menor período de tempo quando comparada à água doce. Em ensaios de cinco meses de duração, telas confeccionadas com nylon podem aumentar em até 108 vezes o seu peso inicial de  $0,23 \text{ kg/m}^2$ ; telas de polietileno, em até 200 vezes o seu peso inicial de  $0,18 \text{ kg/m}^2$ ; e telas de simples torção de arame galvanizado revestido em PVC, em até 2,75 vezes do seu peso inicial de  $2,03 \text{ kg/m}^2$ . As telas de arame galvanizado revestido em PVC apresentam o menor nível de colmatção quando comparadas com telas de nylon e polietileno no mesmo período (Arana, 1999).

Além de impedir a livre passagem da água através da malha, o peso da colmatção acumulada é muito prejudicial, podendo, em casos extremos, levar ao rompimento da tela. Este rompimento pode ser em função do excesso de peso na estrutura do tanque-rede (pressão vertical) ou do aumento da resistência à passagem da corrente de água (pressão horizontal) (Arana, 1999).

A necessidade da troca das telas em função da colmatação pode levar os peixes de produção ao estresse de manejo e à fuga durante o processo de manuseio (Jensen *et al.*, 2010; Damsgard *et al.*, 2012). A fuga de peixes pode levar a sérios problemas de impacto ambiental, além dos prejuízos econômicos (Naylor *et al.*, 2005; Jensen *et al.*, 2010; Plano..., 2014).

Para criatórios de *Gadus morhua* e espécies de salmonídeos (Naylor *et al.*, 2005; Halwarta *et al.*, 2007; Jensen *et al.*, 2010), há muitos trabalhos científicos buscando respostas para o processo da colmatação das telas em sistemas marinhos, principalmente pelo impacto no custo de produção, risco de diminuição da qualidade da água dentro do tanque-rede, e risco de escape de peixes (Pinto, 2006; Sanches *et al.*, 2007; Ayroza, 2009; Masi, 2012).

### 2.6.5 Formas de controle do *Limnoperna fortunei*

Um método de controle do mexilhão dourado de baixo custo, empregado em algumas pisciculturas, é a exposição ao ar da tela com mexilhão dourado aderido. Todavia ele pode permanecer vivo por até 168 horas, dependendo das condições de temperatura e umidade do ar (Darrigran *et al.*, 2004). Além disso, essa é uma alternativa que exige muita mão de obra, mantém a estrutura ociosa e não garante que o mexilhão dourado vá se desprender da tela (Oliveira *et al.*, 2004; Beveridge, 2004; Nakano e Kobayahi, 2010; Hellio e Yebra, 2009; Tidwell, 2012).

Outro método de controle do mexilhão dourado pode ser através de algumas espécies de peixes nativos. Como exemplo, na bacia do rio da Prata, o armal (*Pterodoras granulosus*) apresenta capacidade de predação do mexilhão dourado, confirmada por trabalhos técnicos. O fato de se encontrarem conchas intactas em seu trato digestivo inferior pode caracterizá-lo como uma possível fonte de disseminação do molusco naquela bacia (Silva *et al.*, 2005).

Algumas tintas anti-incrustantes à base de cobre já foram testadas com grande sucesso para reduzir o problema da colmatação (Beveridge, 2004; Hellio e Yebra, 2009; Tidwell, 2012). Em equipamentos de usinas hidroelétricas no Estado de São Paulo, o mesmo processo vem sendo utilizado para evitar a incrustação do mexilhão dourado (Bonafé *et al.*, 2007). O problema de utilizar este sistema como forma de diminuição da colmatação é o risco de causar contaminação ambiental, principalmente pela ação do cobre (Sanches *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2011).

O uso de tintas anti-incrustantes e diferentes materiais para a confecção de telas para tanques-rede são os métodos mais utilizados atualmente (Beveridge, 2004; Sanches *et al.*, 2007; Barbosa *et al.*, 2013) e os materiais mais usados são telas de: multifilamento; monofilamento; arame de aço carbono galvanizado; arame de aço carbono galvanizado revestido de cloreto de polivinila (PVC); arame de aço carbono revestido com liga bimetálica de zinco e alumínio.

Outros pontos que podem ser avaliados para mitigar o problema da ação do mexilhão dourado no tanque-rede é a possibilidade de modificar-se o manejo ou a implementação de sistemas automatizados de limpeza mecânica da tela dentro d'água, sem a retirada dos peixes.

## 2.6.6 Aspectos epidemiológicos do mexilhão dourado no sistema de produção em tanque-rede

A epidemiologia pode ser definida como o estudo da frequência e das distribuições dos determinantes do processo saúde / doença das populações. Saúde é o estado de completo bem-estar físico, mental, social e não meramente a ausência de uma doença ou injúria, segundo definição da OIE, no ano de 1948 (*Mausner et al.*, 1985).

A epidemiologia mais moderna considera o estudo dos determinantes da distribuição e seus estados ou eventos relacionados ao processo de agravo das populações. A aplicação de ações na prevenção e controle dos processos de saúde/doença e agravo leva a melhoria nos índices de saúde e bem-estar socioeconômico. Nesse processo, qualquer mudança desfavorável no ambiente que venha refletir na saúde, na medicina veterinária, pode ser avaliado através de pioras nos índices zootécnicos e de produtividade animal. Para o pleno bem-estar de um cardume de peixes confinados em um sistema de produção em tanques-rede, deve ser priorizada a qualidade da água que passa através da malha do tanque (trazendo oxigênio dissolvido e levando os catabólitos). Para o cardume citado, considera-se que há uma adaptação positiva da população em um sistema de produção.

Avaliando os determinantes do processo epidemiológico da população de peixes produzida em tanque-rede, há um agravo em função da colmatagem que leva à diminuição da qualidade da água. Toda esta problemática leva à baixa produtividade de peixes, em função de serem criados em uma situação de estresse (*Mausner et al.*, 1985).

A caracterização epidemiológica que leva a uma situação de agravo no sistema de produção de peixes em tanque-rede, com a presença do mexilhão dourado aderido à tela, está relacionada a fatores multicausais:

- I obstrução da malha da tela com diminuição da qualidade da água (baixa do oxigênio dissolvido e aumento de catabólitos);
- II aumento de peso do tanque-rede ocasionando aumento dos custos de manutenção, rompimento da tela e fuga dos peixes de produção (muitas vezes são espécies exóticas como a tilápia);
- III necessidade de se adotar menor densidade de peixes produzida dentro do tanque-rede em função da diminuição da qualidade da água;
- IV risco de injúria nos tratadores como cortes ao manejar a tela com mexilhão dourado aderido;
- V risco de injúria nos peixes de produção em função das bordas cortantes da concha do mexilhão dourado.
- VI risco de danos técnicos à camada de cloreto de polivinila (PVC) do arame, o que diminui a vida útil da tela do tanque-rede, podendo levar ao rompimento com consequente fuga dos peixes de produção.

Esta problemática envolve fatores biológicos e socioeconômicos, cuja busca de soluções deve se embasar em trabalhos multidisciplinares coordenados pelos médicos veterinários

(Rosemberg, 1977), que prestam serviço junto aos sistemas de produção de peixe em tanque-rede.

Medidas de combate à colmatação das telas levam a melhoria da produtividade. A implementação apenas de ações táticas podem não ser eficaz. O ideal é trabalhar com programas de prevenção, evitando-se que o mexilhão dourado consiga aderir à tela do tanque-rede e que a colmatação seja reduzida ou retardada. A instalação de um programa de limpeza das telas, mesmo com o tanque-rede em atividade produtiva deve ser avaliada (Bonita *et al.*, 2010). Além das características zootécnicas, os fatores de qualidade de água tais como PH, oxigênio dissolvido e transparência devem ser sempre considerados a fim de se avaliar o risco da ação do mexilhão dourado na barragem (Oliveira *et al.*, 2004).

Quando se compara o sistema de produção de peixes em tanque-rede em água doce com um sistema marinho, a colmatação por algas no tanque-rede ocorre de forma tão rápida no mar, que o ciclo de troca de telas não permite que as espécies de mexilhão cresçam a ponto de se tornar um problema para o sistema produtivo (Bonita *et al.*, 2010). Isto reforça o fato de que as ações de combate à colmatação utilizadas para o sistema de produção no mar, pouco se aplicam aos sistemas de produção em água doce, pois as causas de colmatação são diferentes.

O mexilhão dourado no Brasil encontrou condições ambientais que possibilitam a sua adaptação e reprodução, levando a prejuízos relevantes e situação de agravo à produção em tanque-rede acarretando problemas de biosseguridade e zootécnicos.

### **3 HIPÓTESE**

Telas de simples torção utilizadas para tanque-rede de diferentes tipos de revestimento apresentam dinâmica de bioincrustação por *Limnoperna fortunei* distintas e, portanto, apresentam-se com diferentes níveis de colmatação.

### **4 OBJETIVOS**

**Este trabalho tem o objetivo de avaliar:**

- a dinâmica do processo de colmatação causado por algas, sólidos suspensos e por *Limnoperna fortunei*, através da pesagem em intervalos de tempo predeterminados;
- o número de *Limnoperna fortunei* que venha a aderir-se em cada tipo de material das telas de arame utilizadas para confecção de tanques-rede;
- a relação de benefício econômico de cada material relacionado ao custo de diferentes tipos de telas de arame para tanques-rede.

## 5 MATERIAIS E MÉTODO

### 5.1 Local de realização do experimento

O local do experimento foi o lago da barragem Governador José Richa no rio Iguaçu, município de Boa Vista do Aparecida – PR, barragem regionalmente chamada de Salto Caxias (Figura 7 e 8).

A escolha da barragem do rio Iguaçu, que pertence à bacia do rio da Prata, foi feita para este projeto por ser relevante economicamente (segunda em extensão na América do Sul e a décima em vazão do mundo), a primeira bacia a ser contaminada pelo mexilhão dourado na América do Sul, e por já haver estudos correlatos com o mesmo problema. Outro ponto fundamental foi o apoio da equipe da Universidade do Oeste do Paraná (UNIOESTE), que possui uma estação experimental montada para dar todo o apoio necessário ao projeto (Oliveira et al., 2004; Silva e Souza, 2004; Silva, 2006).

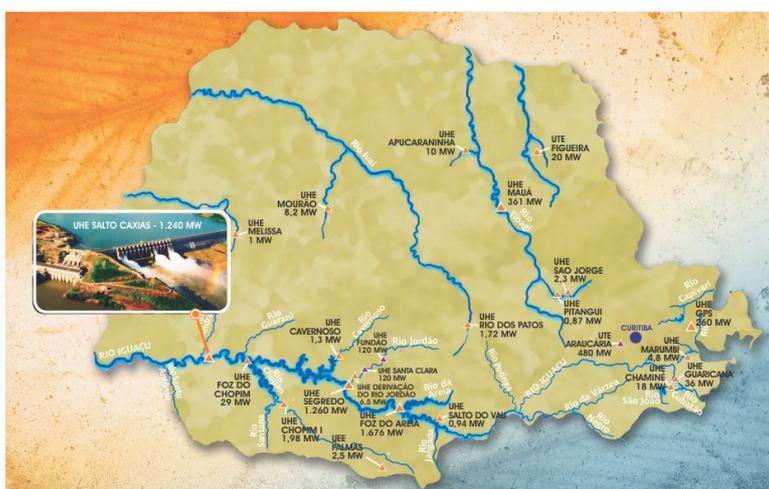


FIGURA 7 - Mapa do estado do Paraná, com destaque para a localização da barragem da Usina Hidroelétrica de Salto Caxias, local de execução deste projeto.

FONTE: Usina [201-].



FIGURA 8 - Localização do projeto de tanque-rede para a avaliação da colmatção por aderência de mexilhão dourado em Boa Vista da Aparecida-PR, e detalhamento de três estruturas flutuantes das quatro instaladas para este projeto.

FONTE: Maps [201-]

## 5.2 Telas para tanque-rede utilizadas no experimento

As telas foram confeccionadas no modelo de “tela de simples torção” segundo ABNT, NBR-10118, comercialmente chamada de tela tipo alambrado (Associação... (2013)). A escolha foi em função de ser a mais utilizada atualmente para tanque-rede no Brasil (Santos, 2011).

Todas as amostras foram confeccionadas com malha de 19 mm (figura 9), a espessura dos arames variou de 1,60 a 1,90 mm (tabela 3). As telas foram adquiridas de fornecedores de tanque-rede, que atuam nesse mercado há mais de 10 anos.

TABELA 3

Telas selecionadas para o teste, abreviatura, quantidade e caracterização das amostras.

MODELO DE TELA TESTADA	NOME ABREVIADO DO CORPO DE PROVA	QUANTIDADE DE AMOSTRAS (peça)	PESO MÉDIO INICIAL (g)	AMOSTRA LARGURA (cm)	AMOSTRA COMPRIMENTO (cm)
Tela de arame galvanizado plastificado 1,90 mm	TAP	32	848	30	200
Tela de arame galvanizado plastificado 1,90 mm com tinta anti-incrustante	TAPP	32	898	30	200
Tela de arame bezinal 1,70 mm	TAB	32	1281	30	200
Tela de arame inox fino 1,60 mm	TAIF	32	1226	30	200
Tela de arame inox grosso 1,90 mm	TAIG	32	1707	30	200

Foram produzidas 160 amostras de tela de alambrado dos cinco diferentes tipos de revestimento, sendo 32 amostras de cada modelo (cada corpo de prova recebeu uma identificação com o nome abreviado e o número de 1 a 32; ex.: TAP1, TAP2... TAP32), com dimensões de 30 cm de largura e 200 cm de comprimento (figura 9).

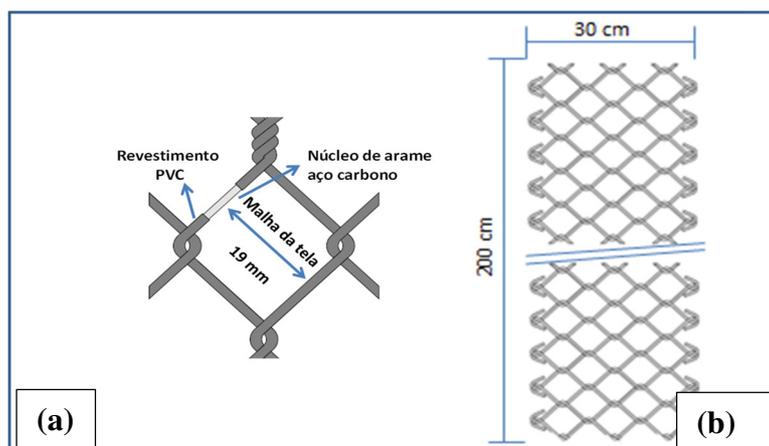


FIGURA 9: (a) Detalhe da malha da tela de alambrado segundo norma NBR 10118.

(b) Amostra de tela de alambrado utilizada no projeto com suas dimensões de 30 cm de largura e 200 cm de comprimento.

FONTE: Arquivo pessoal.

### 5.3 Desenho experimental

Este estudo reporta um experimento, sendo a unidade amostral as telas para confecção de tanque-rede de piscicultura, e a fonte de variação, os materiais utilizados em cada tempo.

Cada amostra de tela foi enrolada sobre o próprio eixo para ser pesada individualmente (figura 10). O resultado do peso foi anotado, com caneta modelo *Alflex* de escrita permanente, em planilhas padrão, criadas para a demanda do projeto experimental (anexo A), e também copiado em placas de PVC.

Em todas as pesagens do experimento, foi utilizada a mesma balança eletrônica calibrada, marca *Balmak*, modelo EPL10 (figura 10), para se evitar problemas de dispersão do peso.



FIGURA 10: (a) Preparação das telas para a pesagem. Após a pesagem, o peso foi anotado em planilhas padrão em uma placa de cloreto de polivinila com caneta tipo *Alflex*. (b) Pesagem inicial das telas em balança eletrônica modelo *Balmak*.

FONTE: Arquivo pessoal.

As telas foram fixadas com abraçadeiras plásticas, com um espaçamento de 25 cm entre elas, a um sistema de flutuador tubular confeccionado com três tubos de PVC de 100 mm, fechado em suas extremidades com sistema de tampão com cola de silicone. Os três tubos foram fixados paralelamente com uma distância de 1m cada, com três peças de madeira para dar estabilidade ao sistema (figura 11). A forma de fixação permitiu que as telas ficassem totalmente submersas na água (Procedimento..., 2005; Mansur *et al.*, 2009). Cada bloco recebeu 40 telas (oito de cada modelo) amarradas a três tubos de 6 m cada (figura 11).

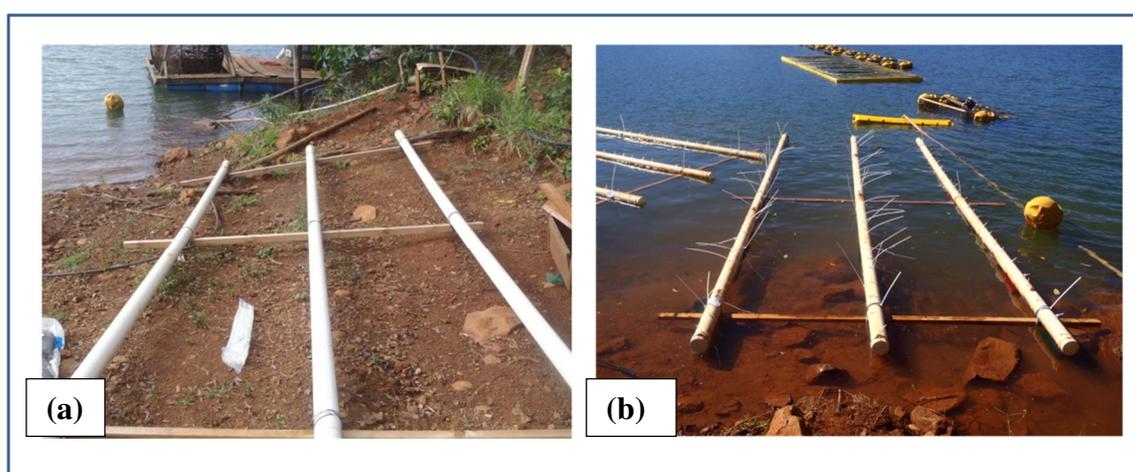


FIGURA 11 (a) Sistema de flutuação construído com tubo de cloreto de polivinila de 6 m tampados e travados com três peças de madeira; (b) Sistema de flutuação já com as telas enroladas, fixadas com abraçadeiras plásticas para serem transportadas para o ponto do experimento.

FONTE: Arquivo pessoal.

Todas as telas foram colocadas de forma sequencial nos tubos, nos quatro blocos testados. Foi feita a identificação com uma placa em um canto da estrutura, para ser reconhecido o ponto inicial de contagem e sequência de futura coleta, caso a identificação de peso e número da tela testada fosse perdida (figura 12). A anotação do peso inicial de todas as telas foi feita nesta sequência para posterior comparação com o peso final da tela. Por diferença, obteve-se o peso da colmatção (figura 12). Cada estrutura recebeu 13 peças nos tubos externos e 14 peças no tubo interno. Esta disposição permitiu a livre passagem da água através das telas.

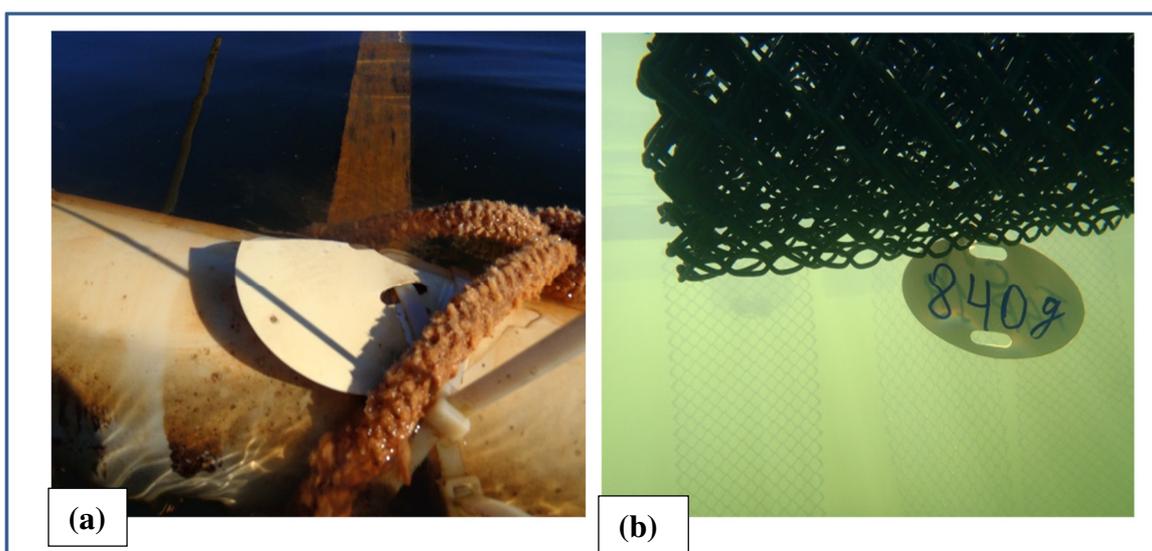


FIGURA 12 - (a) Marcação com placa de cloreto de polivinila no início da sequência da colocação das telas na estrutura de flutuação. (b) - Tela identificada e fixada na estrutura de flutuação antes de ser aberta e telas abertas ao fundo na foto para a correta utilização durante o experimento.

FONTE: Arquivo pessoal.

As estruturas foram posicionadas na água de maneira que a corrente de água passasse por todas as telas ao mesmo tempo, e amarradas com cordas em poitas (figura 8). As estruturas foram colocadas no mesmo alinhamento dos tanques-rede experimentais da área utilizada pela UNIOESTE (figura 13) e a uma distância de 20 m entre as linhas de tanque-rede existentes (Pinto, 2006). Foram colocadas balizas de identificação da área, a fim de se evitar riscos de acidentes com embarcações.

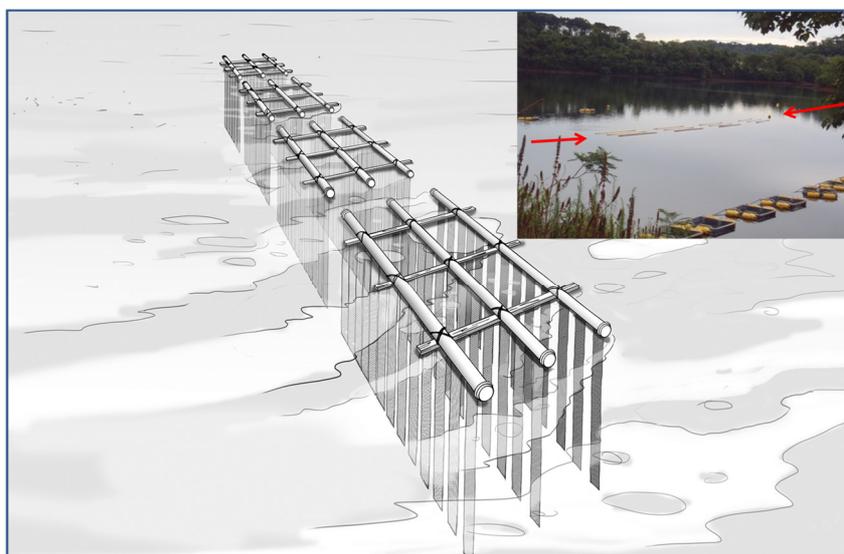


FIGURA 13 – Desenho esquemático e foto do posicionamento dos quatro blocos de teste entre as linhas de tanque-rede da base de pesquisa da Universidade do Oeste do Paraná.

FONTE: Arquivo pessoal.

## 5.4 Coleta de dados

Cada coleta de campo ocorreu com intervalos de seis meses (tabela 4):

TABELA 4  
Data de coleta de dados das telas testadas.

Número da coleta	Objetivo de dias para a coleta	Data	Observação
"t0"	0	07/06/2012	Início do experimento - entrada das telas na água
"t1"	180	07/12/2012	Primeira coleta
"t2"	360	07/06/2013	Segunda coleta
"t3"	540	07/12/2013	Terceira coleta
"t4"	720	07/06/2014	Quarta coleta - término do experimento

Os dados de qualidade da água foram coletados mensalmente pela equipe técnica da Usina de Salto Caxias e cedidos para este trabalho.

As telas foram pesadas e a quantidade de mexilhões aderidos a cada uma foi contada com o seguinte protocolo:

1. coleta das telas no lago com barco, cortando-se as abraçadeiras plásticas (figura 14);
2. ensacamento (das telas) no barco, assim que retiradas da água (figura 14);
3. descarga (das telas) no galpão de apoio do projeto da unidade de pesquisa;
4. pesagem (das telas) em balança eletrônica (figura 10);
5. lavagem (das telas) com jato de água para a retirada do substrato recolhido em uma peneira com malha de 0,2 mm (figura 15);
6. recolhimento e ensacamento do substrato para posterior contagem do mexilhão dourado (figura 16);
7. transporte do mexilhão dourado no substrato;
8. preservação do substrato com mexilhão dourado sendo congelado a  $-8^{\circ}\text{C}$  (figura 16);
9. contagem do mexilhão dourado sobre uma mesa com luz natural a olho nu;
10. anotação do peso de cada tela e do número de mexilhão dourado em planilhas eletrônicas.



FIGURA 14 - (a) Coleta das amostras de tela com barco; (b) colocação das amostras de telas em sacos plásticos até o desembarque para pesagem em balança eletrônica.  
FONTE: Arquivo pessoal.



FIGURA 15 - (a) Lavagem das telas com jato de água para retirada da colmatação; (b) coleta do substrato (colmatação) retirado das amostras de tela.  
FONTE: Arquivo pessoal.



FIGURA 16 - (a) Substrato recolhido para posterior contagem do mexilhão dourado; (b) congelamento do substrato para contagem posterior à coleta do mexilhão dourado.

FONTE: Arquivo pessoal.

O fluxograma das etapas do projeto é apresentado na figura 17:

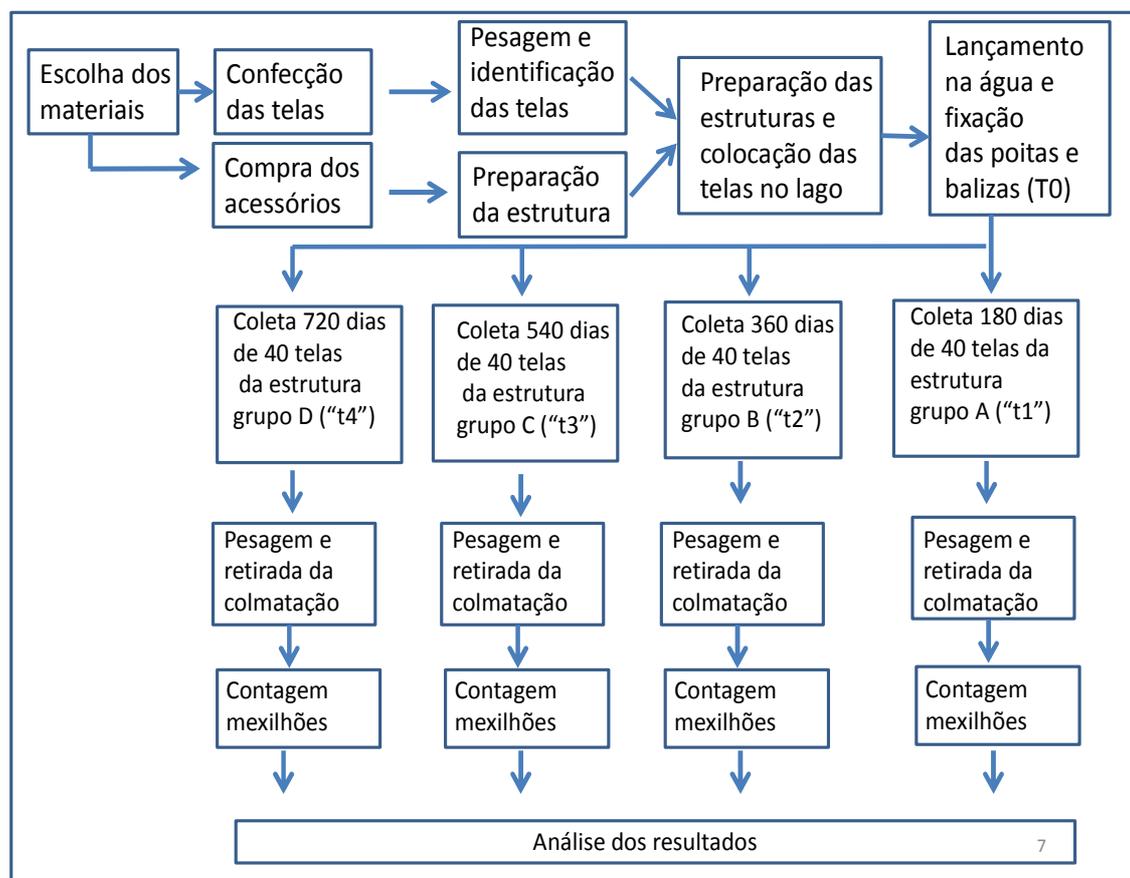


FIGURA 17: Fluxograma do protocolo do experimento.

## 5.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram feitas com o pacote estatístico *Stata*- versão 12 – *Stata Corporation*.

Inicialmente foi feita uma análise descritiva e uma avaliação da variância entre grupos para definição do teste estatístico.

Após a avaliação dos dados feitos na análise descritiva, foi escolhido o teste estatístico de *Kruskal-Wallis* (não paramétrico para mais de dois tratamentos), pois, segundo a natureza da variável dependente, foi encontrada a presença de heterocedasticidade, para avaliação da diferença de ganho de peso (em função da colmatação) entre as telas testadas em cada período. A escolha do teste não paramétrico foi em função do ganho de peso das telas que apresentaram variância diferente entre os grupos, heterocedasticidade não solucionada após diferentes métodos de transformação de dados (Sampaio, 2007).

## 5.6 Pesquisa de valores de tela para tanque-rede no mercado brasileiro

Foi realizada uma pesquisa com 21 empresas produtoras de tanque-rede no mercado nacional, no período de maio a junho de 2015. Esta pesquisa cobriu nove estados brasileiros:

PR, SP, MG, BA, MT, PE, GO, CE, RO, que representam 72% da produção nacional de pescado (Produção..., 2013). O objetivo da pesquisa foi obter o preço comercializado de telas para confecção de tanques-rede e a expectativa de durabilidade de cada material, segundo o entrevistado da empresa produtora.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Considerações sobre a montagem dos trabalhos de campo e qualidade da água

Os dados de qualidade da água da barragem de Salto Caxias foram cedidos pela equipe da Copel. Foi utilizado o histórico desde março de 2004, até novembro de 2012 (tabela 5). A série histórica completa dos dados de qualidade da água pode ser vista na tabela 10 (anexo B). Não foi possível completar todo o período da pesquisa, pois, por problemas técnicos, os dados estavam indisponíveis. Observando-se a série de dados de 10 anos, pôde-se notar ao longo do tempo um equilíbrio da qualidade da água da barragem quanto a pH (mínimo 6,9; máximo 8,7 e mediana 7,5), temperatura (mínimo 17,2; máximo 30,4; e mediana de 24,4 °C) oxigênio dissolvido (mínimo 5; máximo 11,7; e mediana 7,4). Com bases nos dados comentados, considera-se que a qualidade da água da barragem se apresenta adequada para o desenvolvimento do mexilhão dourado e consequente desenvolvimento deste projeto de pesquisa (Esteves, 1988; Kubitzka, 2003; Arana, 2004).

TABELA 5

Dados de qualidade da água da barragem de Salto Caxias de 2002 a 2012, mínimo, máximo e mediana.

Item avaliado	T água (°C)	OD (mg/L)	pH	Condutividade	Sólidos Totais (mg/L)	Disco de Secchi (m)
Mediana	24,4	7,4	7,5	45	39	2,9
Máximo	30,4	11,7	8,7	54	46	5,0
Mínimo	17,2	5	6,9	36	35	0,7

### 6.2 A bioincrustação e o número de mexilhão dourado aderido em cada tela, de cada período

O comportamento do aumento de peso em função da colmatação de todo o experimento está na tabela seis e a quantidade de mexilhão dourado aderido, na tabela sete.

**TABELA 6**  
**Resultado da diferença do ganho de peso inicial menos final, de todas as telas de diferentes revestimentos, expresso em gramas, de “t0” para “t1”, “t2”, “t3” e “t4”.**

Tempo (dias)	TAP		TAPP		TAB		TAIF		TAIG	
	Corpo de prova	Ganho de peso do período (g)	Corpo de prova	Ganho de peso do período (g)	Corpo de prova	Ganho de peso do período (g)	Corpo de prova	Ganho de peso do período (g)	Corpo de prova	Ganho de peso do período (g)
"t1" 180	TAP 1	444	TAPP1	400	TAB 1	296	TAIF 1	476	TAIG 1	566
	TAP 2	556	TAPP2	506	TAB 2	452	TAIF 2	466	TAIG 2	644
	TAP 3	432	TAPP3	302	TAB 3	178	TAIF 3	80	TAIG 3	306
	TAP 4	414	TAPP4	418	TAB 4	306	TAIF 4	102	TAIG 4	434
	TAP 5	446	TAPP5	372	TAB 5	296	TAIF 5	390	TAIG 5	694
	TAP 6	436	TAPP6	304	TAB 6	244	TAIF 6	406	TAIG 6	748
	TAP 7	466	TAPP7	560	TAB 7	206	TAIF 7	376	TAIG 7	754
	TAP 8	360	TAPP8	352	TAB 8	168	TAIF 8	376	TAIG 8	624
"t2" 360	TAP 9	1018	TAPP9	446	TAB 9	88	TAIF 9	282	TAIG 9	356
	TAP 10	818	TAPP10	294	TAB 10	14	TAIF 10	324	TAIG 10	246
	TAP 11	324	TAPP11	322	TAB 11	104	TAIF 11	402	TAIG 11	362
	TAP 12	222	TAPP12	600	TAB 12	60	TAIF 12	670	TAIG 12	416
	TAP 13	464	TAPP13	388	TAB 13	256	TAIF 13	1190	TAIG 13	618
	TAP 14	608	TAPP14	378	TAB 14	58	TAIF 14	286	TAIG 14	300
	TAP 15	638	TAPP15	556	TAB 15	108	TAIF 15	460	TAIG 15	592
	TAP 16	702	TAPP16	346	TAB 16	148	TAIF 16	416	TAIG 16	1160
"t3" 540	TAP 17	734	TAPP17	502	TAB 17	464	TAIF 17	570	TAIG 17	882
	TAP 18	524	TAPP18	872	TAB 18	270	TAIF 18	442	TAIG 18	772
	TAP 19	940	TAPP19	1172	TAB 19	346	TAIF 19	748	TAIG 19	908
	TAP 20	328	TAPP20	1338	TAB 20	350	TAIF 20	716	TAIG 20	1128
	TAP 21	636	TAPP21	1414	TAB 21	414	TAIF 21	646	TAIG 21	278
	TAP 22	700	TAPP22	636	TAB 22	452	TAIF 22	342	TAIG 22	686
	TAP 23	726	TAPP23	676	TAB 23	358	TAIF 23	700	TAIG 23	1120
	TAP 24	---	TAPP24	570	TAB 24	422	TAIF 24	600	TAIG 24	956
"t4" 720	TAP 25	2766	TAPP25	276	TAB 25	183	TAIF 25	5297	TAIG 25	2706
	TAP 26	1330	TAPP26	275	TAB 26	312	TAIF 26	2416	TAIG 26	2029
	TAP 27	2973	TAPP27	578	TAB 27	180	TAIF 27	1498	TAIG 27	2889
	TAP 28	4023	TAPP28	342	TAB 28	468	TAIF 28	2771	TAIG 28	3235
	TAP 29	3050	TAPP29	430	TAB 29	345	TAIF 29	4028	TAIG 29	3694
	TAP 30	2283	TAPP30	319	TAB 30	366	TAIF 30	2839	TAIG 30	2249
	TAP 31	3149	TAPP31	400	TAB 31	228	TAIF 31	4650	TAIG 31	3369
	TAP 32	2109	TAPP32	589	TAB 32	--	TAIF 32	1234	TAIG 32	--

Comentário: há três resultados ausentes por serem parcelas perdidas.

TABELA 7  
Resultado da contagem de mexilhão dourado (colmatação) de todas as telas de diferentes revestimentos, expresso em gramas, de “t3” e “t4”.

Tipo de tela	TAP		TAPP		TAB		TAIF		TAIG	
	Contagem de		Contagem		Contagem		Contagem		Contagem	
	Corpo de prova	MD (unidade)	Corpo de prova	de MD (unidade)						
Tempo										
"t3" 540	TAP 17	50	TAPP17	15	TAB 17	2	TAIF 17	64	TAIG 17	18
	TAP 18	257	TAPP18	13	TAB 18	2	TAIF 18	608	TAIG 18	211
	TAP 19	78	TAPP19	151	TAB 19	4	TAIF 19	95	TAIG 19	243
	TAP 20	71	TAPP20	15	TAB 20	6	TAIF 20	48	TAIG 20	352
	TAP 21	109	TAPP21	31	TAB 21	1	TAIF 21	112	TAIG 21	281
	TAP 22	318	TAPP22	40	TAB 22	0	TAIF 22	365	TAIG 22	252
	TAP 23	48	TAPP23	347	TAB 23	3	TAIF 23	278	TAIG 23	314
	TAP 24	--	TAPP24	13	TAB 24	3	TAIF 24	724	TAIG 24	358
"t4" 720	TAP 25	63	TAPP25	88	TAB 25	0	TAIF 25	3028	TAIG 25	883
	TAP 26	244	TAPP26	7	TAB 26	0	TAIF 26	369	TAIG 26	377
	TAP 27	99	TAPP27	5	TAB 27	2	TAIF 27	176	TAIG 27	311
	TAP 28	255	TAPP28	17	TAB 28	0	TAIF 28	915	TAIG 28	727
	TAP 29	590	TAPP29	14	TAB 29	3	TAIF 29	1067	TAIG 29	1795
	TAP 30	130	TAPP30	15	TAB 30	0	TAIF 30	1618	TAIG 30	246
	TAP 31	163	TAPP31	14	TAB 31	5	TAIF 31	53	TAIG 31	1348
	TAP 32	83	TAPP32	26	TAB 32	--	TAIF 32	59	TAIG 32	--

Comentário: há três resultados ausentes por serem parcelas perdidas.

### 6.3 A análise estatística do peso da colmatção total coletada aderida à tela

Este experimento possui duas fontes de variação: o material testado e o tempo, sendo utilizados pedaços de telas de simples torção como unidade amostral. É importante ressaltar que cada tela teve um período determinado de permanência na água, e não houve reposição da mesma após a sua medição no tempo.

A análise descritiva dos dados indicou alto coeficiente de variação para colmatção total e para contagem de mexilhão dourado aderido (tabela 8).

TABELA 8

Análise descritiva dos dados de ganho de peso das telas testadas em cada tempo

TIPO DE TELA	DADOS AVALIADOS	"t1" 180	"t2" 360	"t3" 540	"t4" 720
TAP	Média (gramas)	444	599	655	2710
	Desvio Padrão (gramas)	55	260	191	806
	Coeficiente de Variação (%)	12% <b>b</b>	43% <b>a</b>	29% <b>bc</b>	30% <b>a</b>
	Número de observações	8	8	7	8
TAPP	Média (gramas)	402	416	898	401
	Desvio Padrão (gramas)	91	110	362	125
	Coeficiente de Variação (%)	23% <b>b</b>	27% <b>a</b>	40% <b>bc</b>	31% <b>b</b>
	Número de observações	8	8	8	8
TAB	Média (gramas)	268	105	386	297
	Desvio Padrão (gramas)	92	73	65	106
	Coeficiente de Variação (%)	34% <b>a</b>	70% <b>b</b>	17% <b>a</b>	36% <b>b</b>
	Número de observações	8	8	8	7
TAIF	Média (gramas)	334	504	596	3091
	Desvio Padrão (gramas)	154	304	141	1453
	Coeficiente de Variação (%)	46% <b>a b</b>	60% <b>a</b>	24% <b>b</b>	47% <b>a a</b>
	Número de observações	8	8	8	8
TAIG	Média (gramas)	596	506	841	2881
	Desvio Padrão (gramas)	156	295	274	603
	Coeficiente de Variação (%)	26% <b>c</b>	58% <b>a</b>	33% <b>c</b>	21% <b>a c</b>
	Número de observações	8	8	8	7

Observação: - Os resultados destacados em cor vermelha ressaltam o fato de apresentarem coeficiente de variação acima de 30%, considerado alto, o que levou à escolha do teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*.

- Resultados marcados por letras iguais em cada coluna de cada tempo apresentam igualdade estatística para o teste de *Kruskal – Wallis* para valores de  $p \leq 0,05$ .

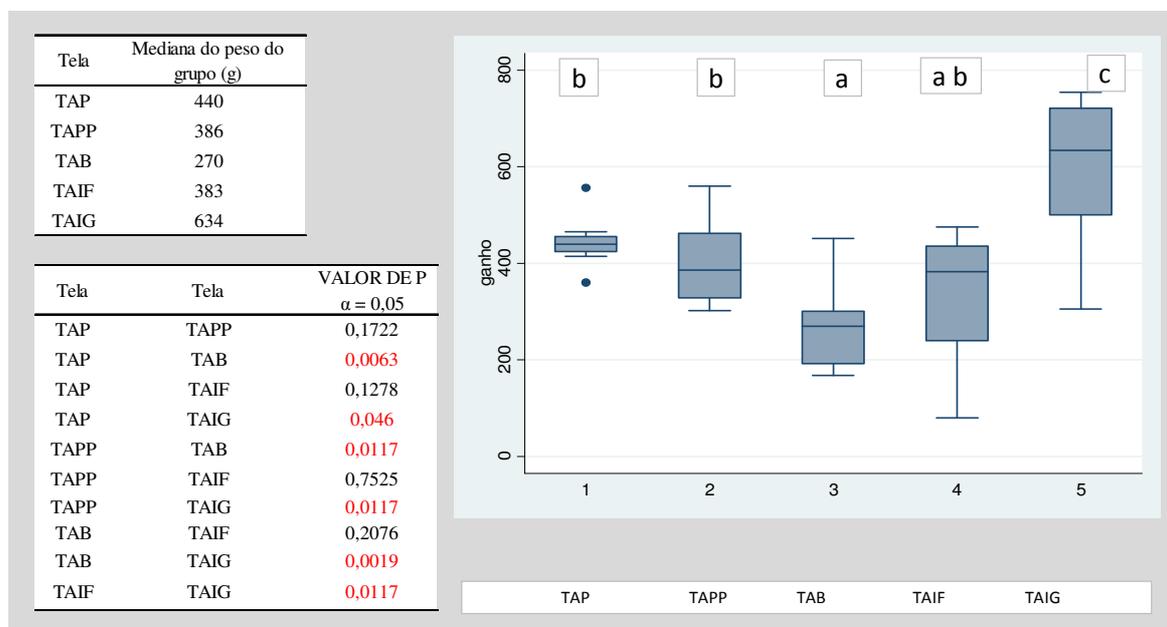
### 6.3.1 A análise do peso das telas (colmatação total) em “t1”:

A análise dos dados no “t1”, com 180 dias das telas dentro d’água, apresentou os seguintes resultados (figura 18):

- na primeira coleta ou “t1”, não foi possível identificar a presença de mexilhões aderidos à tela, ou pelo fato de estes estarem em fase de desenvolvimento muito inicial (aderência recente) que não podiam ser vistos a olho nu ou porque não houve aderência;
- um fato relevante foi a temperatura média da água, baixa para o período quando comparada à média anual, pois o projeto foi iniciado no período de inverno, quando o mexilhão tem atividade até quatro vezes menor que no período do verão (*Sylvester et al.*, 2005; *Nakano e Kobayahi*, 2010). Portanto o aumento de peso registrado no período foi principalmente em função da colmatação por algas e sólidos suspensos;
- as telas TAB e TAIF foram os grupos que menos colmataram e tiveram resultado igual (na figura representada por “a”);
- as telas TAP, TAPP, TAIF foram os grupos que apresentaram resultado intermediário para colmatação e tiveram resultado igual (na figura representada por “b”);

- a tela TAIG apresentou a maior colmatação e teve resultado diferente de todas as outras ; uma desvantagem desse grupo em função de diminuir a passagem de água, no período avaliado (na figura representada por “c”).

FIGURA 18 - Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t1” (180 dias).

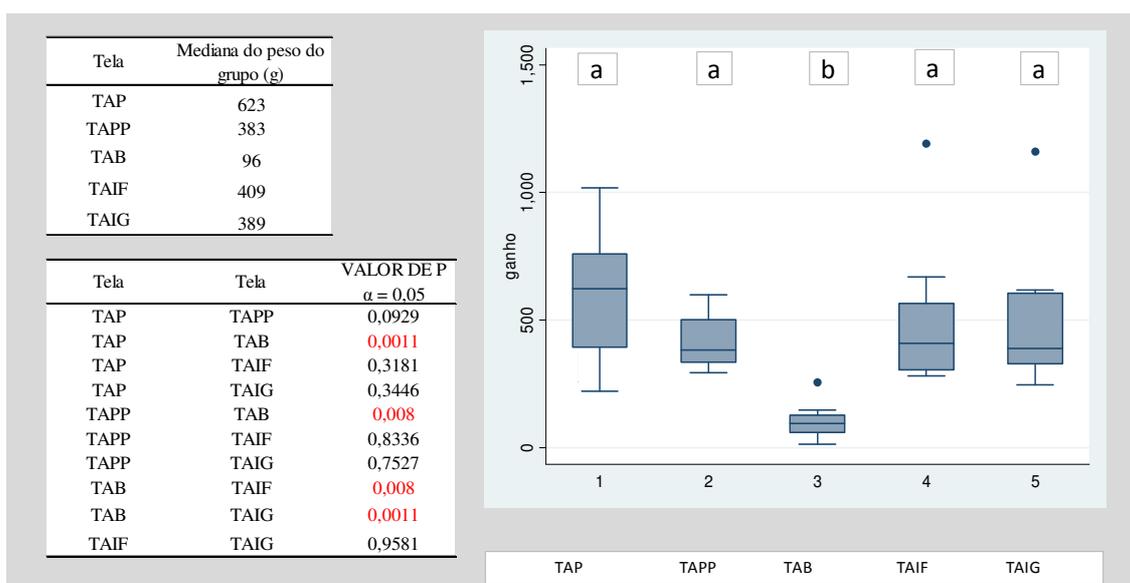


### 6.3.2 A análise do peso das telas (colmatação total) em “t2”:

A análise dos dados no “t2”, com 360 dias das telas dentro d’água, apresentou os seguintes resultados (figura 19):

- a tela TAB teve resultado diferente de todas as telas para colmatação, tendo este grupo apresentado a menor colmatação no período. Este é um ponto positivo, uma vez que beneficia a passagem de água através da tela (na figura representada por “b”);
- as Telas TAP,TAPP, TAIF, TAIG apresentaram o resultado mais alto para colmatação e tiveram resultado igual no período avaliado (na figura representada por “a”).

FIGURA 19 - Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t2” (360 dias).

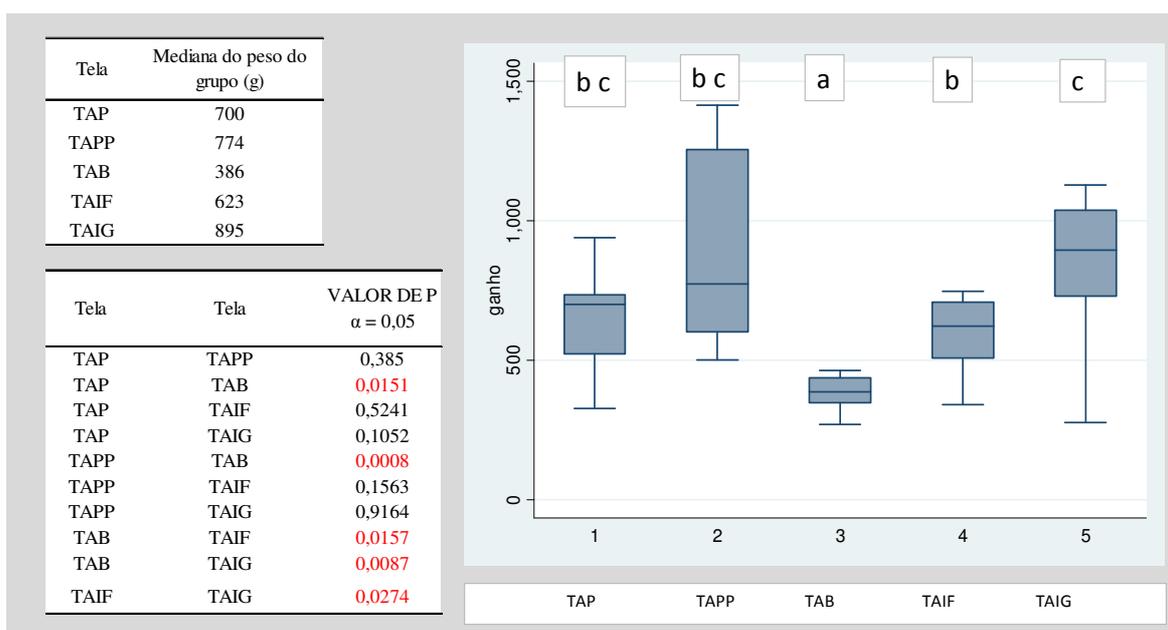


### 6.3.3 A análise do peso das telas (colmatação total) em “t3”

Na terceira coleta ou “t3”, ocorrida com 540 dias de permanência na água, foi possível notar além da colmatação das telas, a presença de mexilhão dourado aderido. A análise dos dados no “t3” apresentou os seguintes resultados (figura 20):

- a tela TAB teve resultado diferente de todas as telas para colmatação, tendo este grupo apresentado a menor colmatação no período (na figura representada por “c”);
- as telas TAP, TAPP, TAIF apresentaram o resultado intermediário para colmatação e tiveram resultado igual (na figura representada por “a”);
- as telas TAPP, TAIG apresentaram o maior resultado para colmatação e tiveram resultado igual (na figura representada por “b”)

FIGURA 20 - Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t3” (540 dias).



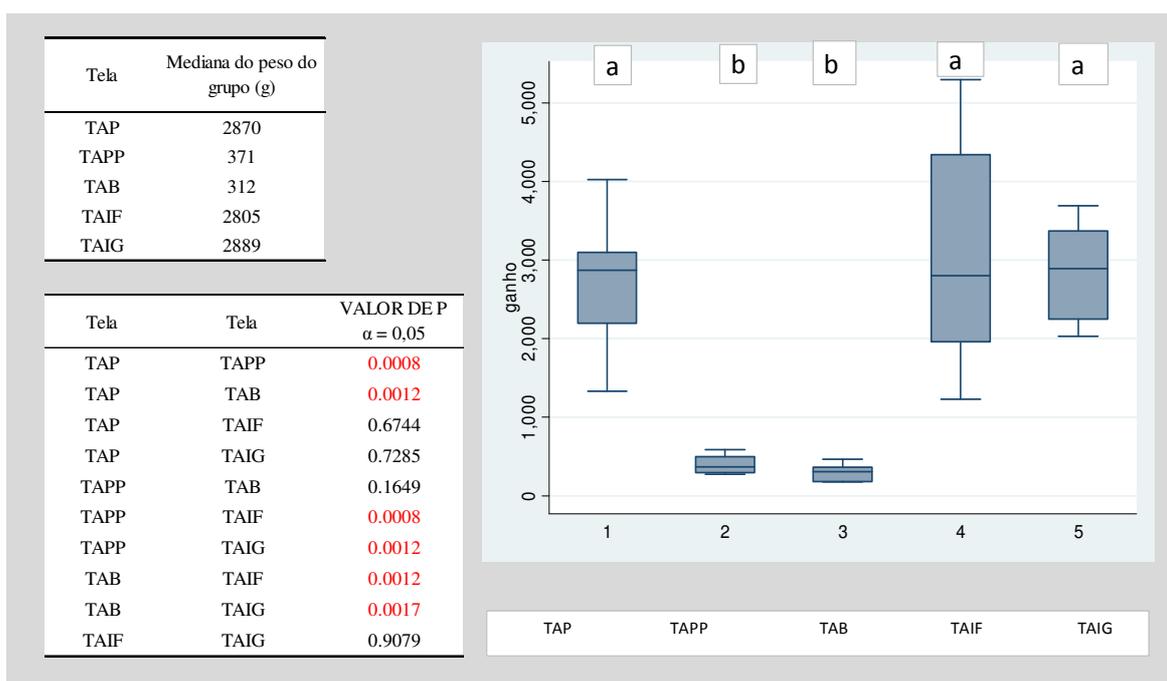
#### 6.3.4 A análise do peso das telas (colmatação total) em “t4”

Na quarta coleta ou “t4” ocorrida com 720 dias de permanência na água, foi possível notar uma forte presença de mexilhões aderidos à tela, imagem semelhante à encontrada em tanques-rede oriundos de áreas contaminadas com mexilhão dourado (figura 2).

A análise dos dados no “t4”apresentou os seguintes resultados (figura 21):

- as telas TAPP e TAB tiveram o menor resultado para colmatação; a mediana do peso destes grupos ficou entre 7,6 e 9,3 vezes menores para colmatação, quando comparada aos demais grupos de telas (na figura representada por “b”);
- as telas TAP, TAIF, TAIG apresentaram o resultado intermediário para colmatação e tiveram resultado igual (na figura representada por “a”).

FIGURA 21 - Comparação do ganho de peso entre pares de telas no tempo “t4” (720 dias).



#### 6.4 A análise estatística da contagem de indivíduos de *Limnoperna fortunei* por tela e por período.

Nos períodos de “t1” e “t2” analisados, não foi possível identificar a presença do mexilhão dourado aderido à tela pela metodologia aplicada de observação a olho nu. Já nos períodos de “t3” e “t4”, foi possível identificá-los e quantificá-los (tabela 9).

TABELA 9

Análise descritiva dos dados do mexilhão dourado aderido às telas testadas em cada tempo.

TIPO DE TELA	DADOS AVALIADOS		
		"t3" 540	"t4" 720
TAP	Média (número Mexilhão dourado)	133	203
	Desvio Padrão (gramas)	109	172
	Coefficiente de Variação (%)	82%	84%
	Número de observações	7	8%
TAPP	Média (número Mexilhão dourado)	78	23
	Desvio Padrão (gramas)	118	27
	Coefficiente de Variação (%)	151%	115%
	Número de observações	8	8
TAB	Média (número Mexilhão dourado)	3	1
	Desvio Padrão (gramas)	2	2
	Coefficiente de Variação (%)	70%	139%
	Número de observações	8	7
TAIF	Média (número Mexilhão dourado)	287	911
	Desvio Padrão (gramas)	260	1021
	Coefficiente de Variação (%)	98%	122%
	Número de observações	8	8
TAIG	Média (número Mexilhão dourado)	254	812
	Desvio Padrão (gramas)	109	581
	Coefficiente de Variação (%)	43%	72%
	Número de observações	8	7

Observação: - Os resultados destacados em cor vermelha ressaltam o fato de apresentarem coeficiente de variação acima de 30%, considerado alto, o que levou à escolha do teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*.

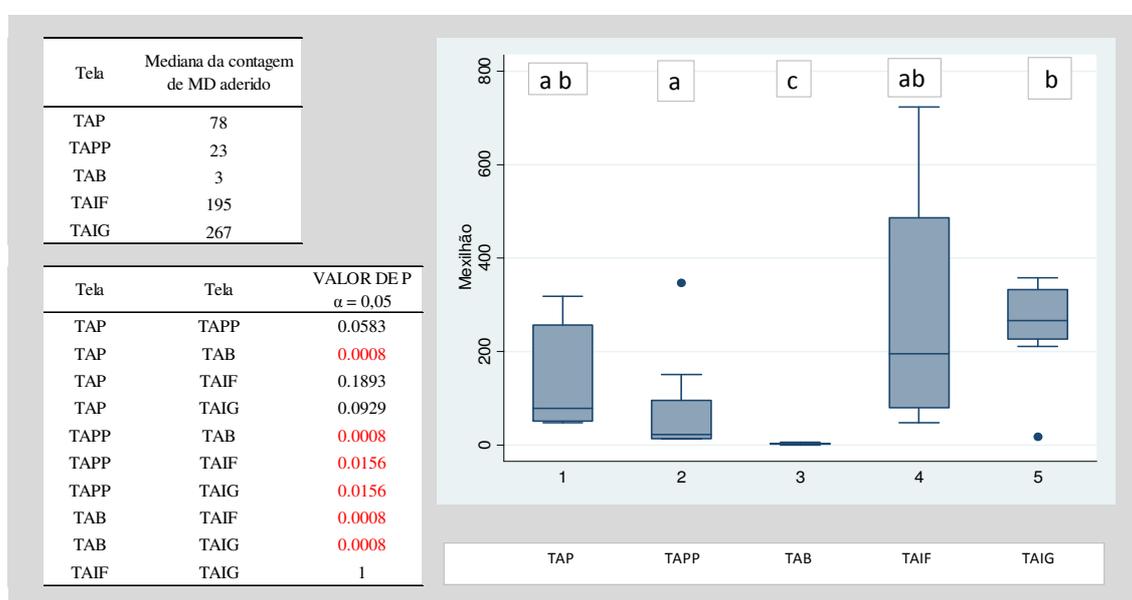
- A avaliação demonstrada por letras iguais em cada coluna de cada tempo apresentam igualdade estatística para o teste de *Kruskal-Wallis* para valores de  $p \leq 0,05$ .

#### 6.4.1 A análise do número de mexilhão dourado aderido nas telas em “t3”

A análise dos resultados no “t3” com 540 dias das telas dentro d’água apresentaram os seguintes resultados (figura 22):

- a tela TAB teve resultado diferente de todas as outras telas, sendo este o grupo que apresentou o menor número de mexilhões aderidos, contados no período. A mediana da contagem de mexilhão dourado desse grupo ficou entre 9 e 107 vezes menor para colmatação por aderência por mexilhão dourado quando comparada aos demais grupos de telas (na figura representada por “c”);
- as telas TAP, TAPP, TAIF, TAIG apresentaram o resultado intermediário para número de mexilhão dourado aderido contado tiveram resultado igual (na figura representada por “a”);
- as telas TAIF, TAIG apresentaram o maior resultado para número de mexilhão dourado aderido contado e tiveram resultado igual (na figura representada por “b”).

FIGURA 22 - Comparação da contagem de mexilhão dourado entre pares de telas, no tempo “t3” (540 dias).

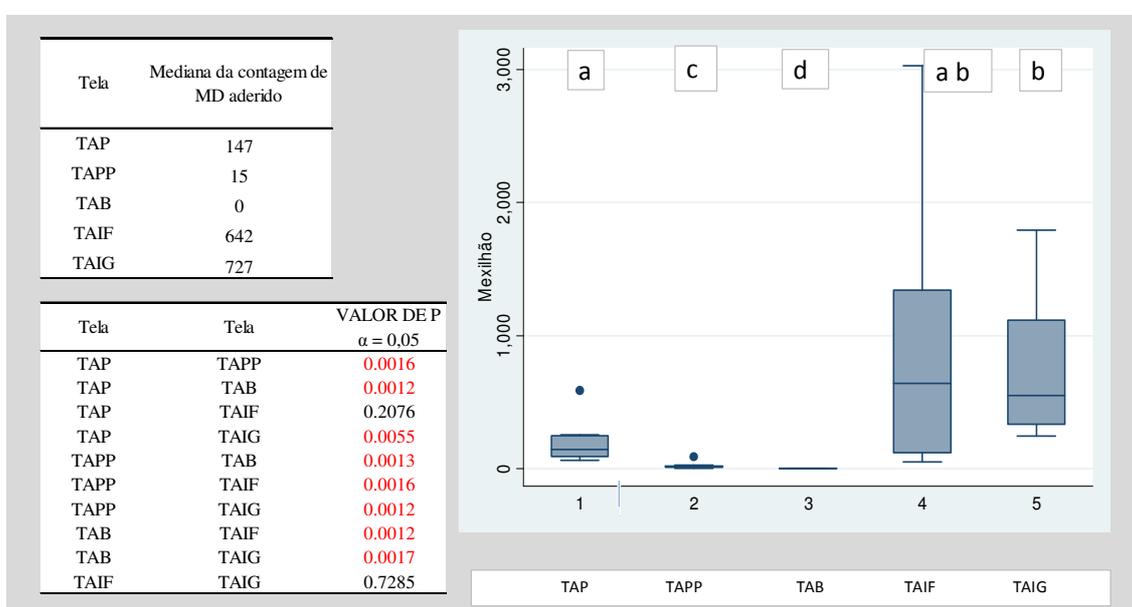


#### 6.4.2 A análise do número de mexilhão dourado aderido nas telas em “t4”

A análise dos dados no “t4”, com 720 dias das telas dentro d’água, apresentou os seguintes resultados (figura 23):

- a tela TAB teve resultado diferente de todas as outras telas e não apresentou mexilhões aderidos no período;
- a tela TAPP apresentou resultado intermediário para número de mexilhões dourados aderidos contados, mesmo assim de 10 a 50 vezes menor que as demais telas (“c”);
- as telas TAP, TAIF apresentaram o terceiro maior resultado para número de mexilhões dourados aderidos contados e tiveram resultado igual entre elas (“a”);
- as telas TAIF, TAIG apresentaram o maior resultado para número de mexilhões dourados aderidos contados e tiveram resultado igual entre elas (“b”).

FIGURA 23 - Comparação da contagem de mexilhão dourado entre pares de telas no tempo “t4” (720 dias).



Os resultados demonstram que, após 180 dias, as telas de arame Bezinal (a) tiveram colmatação igual às de inox fino (a) com o menor ganho de peso do período; as telas de arame plastificado (b) tiveram colmatação igual ao da tela de arame revestido com pintura anti-incrustante (b) e de inox fino (b) com o ganho de peso intermediário; as telas de inox grosso (c) tiveram o maior ganho de peso de todos os grupos.

Após 360 dias, as telas de arame Bezinal (b) tiveram menor ganho de peso do período; as de arame plastificado (a) e as de arame plastificado pintado com tinta anti-incrustante tiveram resultado igual às de inox fino (a) e inox grosso (a), com o maior ganho de peso.

Após 540 dias, as telas com Bezinal (c) novamente apresentaram menor ganho de peso do período; as telas de arame plastificado (a) tiveram resultado igual às de inox fino (a) e inox grosso (a) com o ganho de peso intermediário e as telas de arame plastificado com pintura anti-incrustante (b) tiveram resultado igual às de inox grosso (b) e o maior ganho de peso de todos os grupos.

Após 720 dias, as telas com Bezinal (c) tiveram colmatção igual à da tela de arame galvanizado plastificado com pintura anti-incrustante (c) e com o menor ganho de peso do período; as telas de arame plastificado (a) tiveram resultado igual à de inox fino (a) e inox grosso (a) com o ganho de peso intermediário; as telas de inox fino (b) tiveram resultado igual as de inox grosso (b) e o maior ganho de peso de todos os grupos.

Cabe ressaltar que o peso da colmatção de cada tela (peso inicial menos peso final aferido na retirada do material da água) foi comparado entre os materiais em cada momento. As telas de arame plastificado, de uma forma geral, tiveram resultado equivalente em termos estatísticos ao das telas de inox para ganho de peso em função da colmatção, e as telas de arame Bezinal apresentaram os melhores resultados com os menores ganhos de peso. O material revestido plastificado com pintura anti-incrustante apresentou nível de colmatção intermediário quando comparado com os demais grupos.

A tela de arame Bezinal foi a que apresentou o menor número de mexilhão dourado aderido, seguido da tela de arame plastificado pintado com tinta anti-incrustante. Cabe destacar que além de repelentes à aderência, estes dois materiais apresentaram características autolimpantes, pois o mexilhão dourado aderido se soltou da tela do tempo “t3” para o tempo “t4” (gráfico 6). As telas de arame plastificado e de inox fino e grosso foram as que apresentaram o maior número de mexilhão dourado aderido com resultado estatístico equivalente.

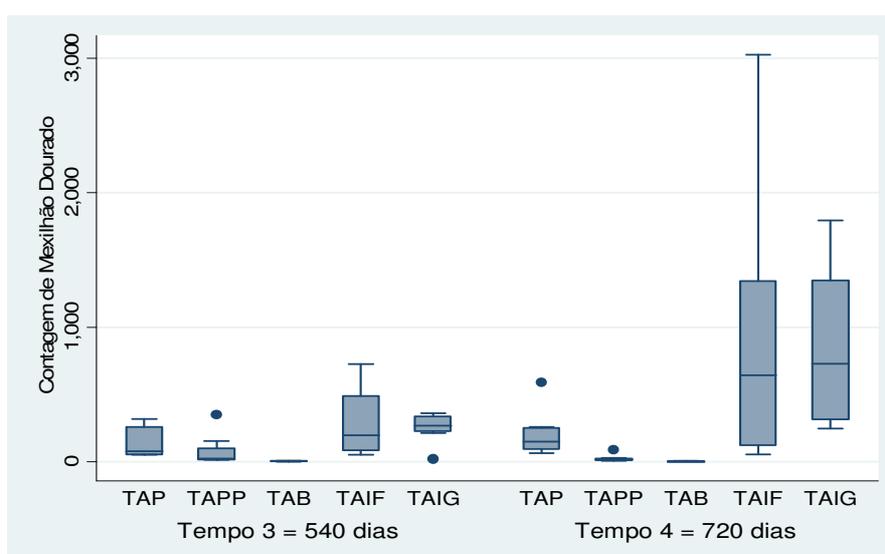


GRÁFICO 6: *Boxplot* para variável número de mexilhão dourado contado

Quando se observam os resultados ao longo do tempo, pode-se notar forte colmatção total no período “t4” para as telas de TAP, TAIF e TAIG, diferente do resultado observado para TAPP e TAB (gráfico 7).

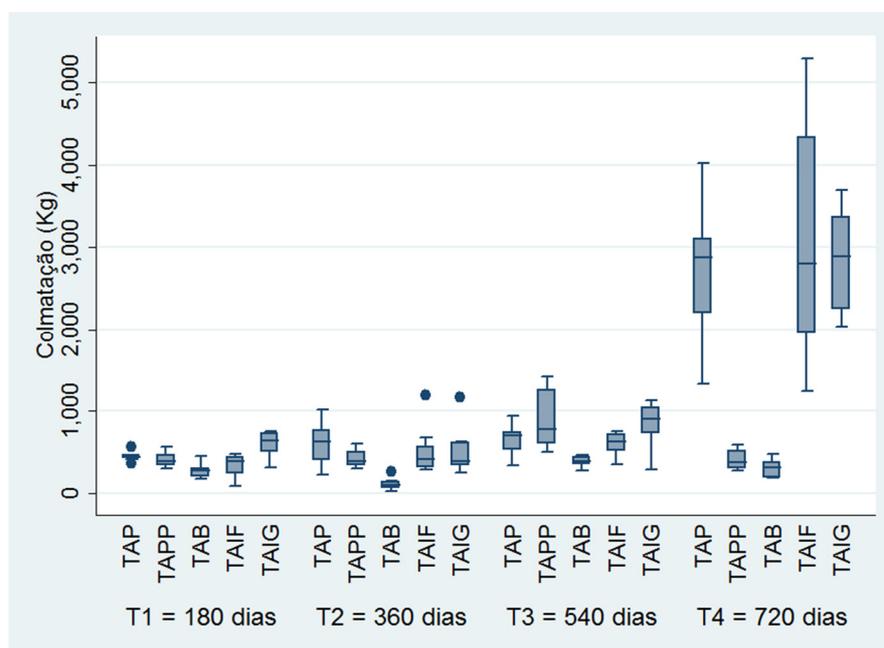


GRÁFICO 7: *Boxplot* da variável ganho de peso das telas, em cada tempo

### 6.5 Perspectivas de peso total de um tanque-rede de 2 x 2 x 2 m

Tomando-se como base os resultados que foram observados neste trabalho científico e fazendo uma extrapolação do resultado de ganho de peso por diferentes materiais, conclui-se que o tanque-rede de dimensões de 2 m de largura por 2 m de comprimento por 2 m de profundidade terão pesos diferentes por colmatação (tabela 10).

Em todos os períodos avaliados, a tela que apresentou o maior peso total por colmatação foi a confeccionada com o material arame de inox (fino e/ ou grosso), seguido pela tela plastificada. A que apresentou o menor peso total foi de arame Bezinal.

TABELA 10

Perspectiva do peso em quilos da colmatação total de tanques-rede de 8 m<sup>3</sup>, com a mesma malha de 19 mm e respectivos arames testados no experimento, por material, em cada período avaliado, tendo como referência a mediana do peso obtido no projeto.

TIPO DE TELA	"t1" (kg)	"t2" (kg)	"t3" (kg)	"t4" (kg)
TAP	14,80	19,96	21,83	90,32
TAPP	13,40	13,87	29,93	13,37
TAB	8,93	3,50	12,87	9,90
TAIF	11,13	16,80	19,86	103,02
TAIG	19,86	16,86	28,03	96,02

### 6.6 Análise da eficiência de materiais e avaliação econômica de tela para tanque-rede

Não foram encontrados os produtos TAPP e TAIG disponíveis para a compra, por ainda não ser uma prática do mercado brasileiro a pintura anti-incrustante, e o inox grosso (de diâmetro de 1,90 mm) ter um custo muito elevado.

No mercado brasileiro, o modelo de tanque-rede mais comum tem 2m de largura x 2m de comprimento x 2m de profundidade, ou 8 m<sup>3</sup> totais e 7,2 m<sup>3</sup> de área útil. Um sistema produtivo de criação de tilápia instalado no Lago de Três Marias-Mg, que opera normalmente com 80kg / m<sup>3</sup> ou 576 kg de peixe em um tanque-rede. O quilo do peixe vivo pago ao produtor em Minas Gerais em novembro de 2015 era de R\$ 4,00/kg. Portanto, em cada ciclo de produção, um tanque-rede com as dimensões acima tem uma receita bruta de R\$ 2.300,00, e o investimento inicial da tela do tanque é de R\$ 86,00/ ano para tela TAP (tabela 11).

TABELA11

Preço de telas por metro quadrado, em real e em dólar americano, colmatação segundo dados apresentados neste projeto, expectativa de durabilidade de material para confecção de tanque-rede segundo opinião do entrevistado (produtor de tanque rede), e custo da tela por ano, ajustado pela durabilidade.

ITEM AVALIADO	TAP aramé 1,90 mm malha 20 mm	TAB aramé 1,70 mm malha 20 mm	TAIF aramé 1,60 mm malha 20 mm
Colmatação *	Méδιο	Baixo	Alto
Expectativa de durabilidade (anos)	5	4,5	8
Mediana dos preços tela R\$/m <sup>2</sup>	R\$ 21,50	R\$ 22,00	R\$ 69,00
Mediana dos preços tela US\$/m <sup>2</sup> **	US\$ 5,60	US\$ 5,79	US\$ 18,16
Custo tela R\$ / ano 1TR ***	R\$ 86,00	R\$ 97,80	R\$ 172,50
Custo tela US\$ / ano 1TR **	US\$ 22,63	US\$ 25,74	US 45,39

Observação\*: Foi considerada com baixa colmatação a TAB, média, a TAP e alta, a TAIF, quando se observa o período “t4” para colmatação total.

Observação\*\*: A taxa cambial do dia da coleta era de US\$ 1,00 para R\$ 3,80.

Observação \*\*\*: O custo da tela/ano foi calculado baseado na mediana do preço em reais encontrado multiplicado por 20 m<sup>2</sup> de tela utilizados para um tanque-rede de 2 x 2 x 2 m, dividido pela expectativa de durabilidade em anos (ex: TAP R\$ 21,50 X 20 /5).

A expectativa de durabilidade de cada modelo de tanque-rede em relação ao material da tela, informada pelos entrevistados, é de 5 anos para a TAP; 4,5 anos para TAB e 8 anos para TAIF. A durabilidade da tela está relacionada com a característica do material, associado ao manejo do criatório que inclui a lavagem das telas para a retirada da colmatação, geralmente entre um ciclo de produção de peixes e outro.

O investimento inicial do metro quadrado de TAP é de 33% do valor de TAIF e 97% do valor de TAB. Considerando a vida útil da tela, o custo da tela/ ano de TAP é 49% do valor de TAIF e 88% do valor de TAB.

O fato de a tela TAB ter uma colmatação menor no mesmo período que as demais telas avaliadas, devem ser levadas em conta na tomada de decisão pela escolha de materiais para o tanque-rede, principalmente se a barragem do criatório estiver contaminada por mexilhão dourado. Além de propiciar um ambiente mais adequado para os peixes de produção e melhor renovação de água e retirada dos catabólitos, o criatório terá um menor custo de limpeza da tela.

Se o criatório utilizar tanque-rede de grande volume, haverá maior dificuldade de retirada das telas para limpeza. Portanto a tela do tipo TAB poderá ser a melhor opção para manutenção da qualidade da água.

Para a tomada de decisão pelo tipo da tela a ser utilizada para tanque-rede, o piscicultor deve levar em conta alguns fatores como:

- a) o aquicultor que busca o investimento mais baixo para a instalação do seu criatório em tanque-rede deverá escolher a tela TAP (esta apresenta o menor valor de investimento para tela: R\$ 21,50 e menor investimento por tanque-rede por ano); como exemplo, podem-se citar os projetos de caráter social para produção de pescado nas barragens do nordeste brasileiro com famílias de baixa renda, pois a escolha do material tem um forte viés em função da condição socioeconômica do piscicultor, sem perder o foco na eficiência do material;
- b) para o aquicultor que busca a menor colmatação, a melhor escolha é a TAB (baixa colmatação); como exemplo prático, esse material é o ideal para criatórios localizados nas barragens dos estados de SP, PR e MG (no Triângulo Mineiro), onde há forte contaminação por mexilhão dourado; a escolha do material deve focar principalmente questões relacionadas à qualidade da água dentro do tanque-rede, em função de problemas ambientais do criatório, que podem levar à situação de agravo por colmatação precoce;
- c) o aquicultor que busca a maior durabilidade deverá escolher a TAIG (a tela mais durável com expectativa de oito anos). Como exemplo, podem-se citar núcleos de matrizes mantidas em tanques-rede por longos períodos, ou, mesmo, em criatórios comerciais que pratiquem manejo mais refinado e que vão conseguir utilizar o material em bom estado por toda a vida útil da tela. O fator limitante desse material pode estar ligado à durabilidade da liga de aço que compõe o aço inoxidável, e principalmente ao manejo do tanque-rede que pode levar à deformação da malha da tela e possíveis problemas no criatório, tendo como princípio o maior custo de limpeza das telas.

## 7 CONCLUSÃO

Este estudo confirma que os diferentes materiais utilizados no revestimento dos arames das telas nos tanques-rede influenciam na colmatação e aderência do mexilhão dourado, pois os arames das telas apresentaram resultados estatisticamente diferentes para cada material testado. Os testes realizados na barragem do rio Iguaçu indicam que os materiais de arame galvanizado plastificado e de arame de inox fino e inox grosso apresentaram os maiores níveis de colmatação e aderência de mexilhão dourado, com resultados estatisticamente equivalentes; os arames Bezinal (revestimento de liga bimetálica de zinco e alumínio) e arame galvanizado plastificado pintado com tinta anti-incrustante apresentaram os mesmos níveis de colmatação e aderência de mexilhão dourado. A tela mais eficiente quanto ao investimento ao ano no sistema produtivo de tanque-rede é a de arame galvanizado plastificado, enquanto a tela mais eficiente quanto à colmatação é a de arame Bezinal. A tela mais eficiente para durabilidade é a de inox fino e o seu custo/ ano é praticamente o dobro das telas de arame galvanizado plastificado.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As telas com arame Bezinal e galvanizado plastificado com pintura anti-incrustante apresentaram os menores níveis de colmatação e aderência por mexilhão dourado e possibilitaram maiores taxas de renovação de água dentro do tanque-rede e, conseqüentemente, maiores níveis de produtividade.

O tanque-rede, nas grandes barragens, pode levar ao aumento do número de mexilhão dourado, uma vez que este é um substrato extra para a fixação e fechamento do ciclo reprodutivo. Um tanque-rede com uma tela autolimpante ou não aderente para o mexilhão dourado poderá fazer um grande diferencial na escolha do material a ser utilizado, pois irá mitigar a intensidade de larvas de mexilhão dourado na barragem.

É importante salientar que com ações estratégicas e táticas de limpeza os arames galvanizados plastificados e de inox fino e grosso podem apresentar ótimos resultados em termos econômicos e produtivos e são os que têm a maior expectativa de durabilidade, apesar dos resultados menos satisfatórios para o ganho de peso por colmatação e aderência por mexilhão dourado.

A tendência do sistema brasileiro de produção de peixe é o crescimento do tamanho e volume do tanque-rede. A escolha de materiais menos colmatantes é muito importante, tendo em vista a dificuldade de manejar o tanque-rede de grande volume, além de levar estresse aos peixes, aumento dos custos de produção, risco de rompimentos das telas e risco de acidentes com os piscicultores.

Outra forte tendência é o uso de equipamentos de limpeza da colmatação que permitam a permanência dos tanques-rede dentro da água por um maior período.

Novos materiais devem ser testados para atender a crescente demanda da piscicultura no Brasil. Deve-se buscar um equilíbrio entre benefício, custo usando-se material ambientalmente correto. Como o Brasil tem uma extensão continental, as características regionais de cada bacia hidrográfica e socioeconômica deve ser considerada para este desenvolvimento.

Boas práticas de manejo das telas devem ser amplamente divulgadas, a fim de maximizar a produtividade e minimizar os problemas causados por agravos, bem como reduzir o impacto nas bacias hidrográficas com o sistema de produção em tanque-rede. No caso das telas, ainda há uma grande desinformação sobre a correta utilização e o momento de substituição das mesmas, a fim de se evitar fugas dos peixes de produção, para o ambiente em função de rompimento.

Este projeto de pesquisa foi viabilizado por uma parceria público-privada entre a Universidade Federal de Minas Gerais, a Universidade do Oeste do Paraná, e a Empresa Belgo Bekaert Arames, empresa especializada em produzir arames trefilados de aço carbono, que tem um segmento de negócio de piscicultura em tanque rede. Um ótimo modelo para a aplicação de modernas técnicas de conhecimento científico, que podem suprir dificuldades de investimento de recursos públicos na pesquisa e, ao mesmo tempo, trazer a característica do foco em negócio e a da dinâmica das empresas privadas.

Cabe aos piscicultores, fornecedores de insumos para aquicultura e à comunidade científica, desenvolver ações conjuntas para minimizar o impacto do mexilhão dourado no sistema de produção de peixe em tanque-rede no Brasil.

## 9 REFERÊNCIAS

700Ha de viveiros impulsionam a piscicultura paranaense. *Panorama Aquic.*, v.2, p.5-6, 1992.

ADESÃO de bivalves em superfícies: mecanismos físicos e influência de macromoléculas nativas. [s.l.]: CETEC, 2006.

AQUATIC ANIMAL HEALTH CODE. Paris OIE, 2013 Disponível em: <<http://www.oie.int/international-standard-setting/aquatic-code/access-online>>. Acessado em: 25/05/2014.

ARANA, L. V. *Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira*. Florianópolis-SC: UFSC, 1999.

ARANA, L. V. *Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura*. 2.ed. Florianópolis: UFSC, 2004. 231p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR – 10118. Tela de arame zincado de simples torção: especificação. 2.ed. Rio de Janeiro, 2013.

AYROZA, L. M. S. *Criação de tilápia do Nilo, Oreochromis nilotius, em tanques-rede, na usina hidrelétrica de Chavantes, rio Paranapanema, SP/PR*. 2009. 92f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal, SP.

BAHAMONDE, H. V. *La crisis del salmón*. Por que falló al tercer motos de la economia chilena. Santiago, Ch: RIL, 2010.

BARBOSA, L. P. J. L.; BARBOSA, F. H. f.; FAUSTINO, S. M. M. Algas em tanques de piscicultura: uma análise crítica. *Braz. Arch. Basic Appl. Microbiol.* v.1, n.1, p.51-74, 2013.

BEVERIDGE, M. *Cage aquaculture*. 3.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.

BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA – Brasil 2008-2009. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010a.

BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA, Brasil 2010. Brasília: Ministério da pesca e aquicultura, 2010b. Disponível em: <[http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes\\_e\\_Estatisticas/Boletim%20Estat%20%ADstico%20MPA%202010.pdf](http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%20%ADstico%20MPA%202010.pdf)>. Acessado em: 30 junho 2011.

BOLTOVSKOY, D.; KARATAYEV, A.; BURLAKOVA, L. *et al.* Significant ecosystem-wide effects of the swiftly spreading invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei*. *Hydrobiologia*, v.636, p.271–284, 2009.

BONAFÉ, R. A.; UEDA, R. R.; URBÁN LÓPEZ, L. E. *et al.* *Efeitos da utilização de revestimento antiincrustante no controle do mexilhão dourado na confiabilidade de equipamentos e redução de custos de manutenção*. São Paulo: CESP, 2007. (Grupo de estudo de aspectos técnicos e gerenciais de manutenção em instalações elétricas).

BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELISTRÖM, T. *Epidemiologia básica*. 2.ed. São Paulo: Santos, 2010. 213p.

BRABO, M. F.; VERAS, G. C.; PAIVA, R. S.; FUJIMOTO, R. Y. Aproveitamento aquícola dos grandes reservatórios brasileiros. *Bol. Inst. Pesca*, v.40, n.1, p.121-134, 2014.

- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. *Plano Safra da Pesca e Aquicultura 2012/2013/2014*. 2012. Disponível em: <<http://www.asbraer.org.br/arquivos/bibl/89-plano-safra-pesca-aquicultura.pdf>>. Acessado em: 27outubro 2013.
- CASTRO, I. B.; WESTPHAL, E.; FILLMANN, G. Tintas anti-incrustantes de terceira geração: novos biocidas no ambiente aquático. *Quim. Nova*, v.34, n.6, p.021-1031, 2011.
- CENSO AQUÍCOLA NACIONAL, ano 2008. [Brasília]: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2009.
- CERQUEIRA, A. S.; FERREIRA, A. C. G.; SILVA, J. R. *et al.* *Produção de tilápia no nordeste da Bahia*. 2014. 60f. Projeto (Especialização) – Programa FGV Management, Salvador, BA.
- CHAGAS, E. C.; LOURENÇO, J. N. P.; GOMES, L. C.; ROUBACH, R. *Seleção de materiais para a construção de tanques-rede*. Manaus: Embrapa/CPAA, 2002. (Comunicado técnico, 14).
- CHOMEL, B. B. Bioterrorism and invasive species. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, v.29, n.2, p.193-199, 2010.
- CROSBY, A.W. *Imperialismo ecológico a expansão biológica da Europa 900-1900*. São Paulo/SP: Companhia das letras, 1993. 336p.
- DAMSGARD, B.; HOY, E.; UGLEM, I. *et al.* Net-biting and escape behavior in farmed Atlantic cod *Gadus morhua*: effects of feed stimulants and net traits. *Aquac. Environ. Interac.*, v.3, p.1-9, 2012.
- DARRIGRAN, G. A.; MAROÑAS, M. E.; COLAUTTI, D. C. Air exposure as a control mechanism for the golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae). *J. Freshw. Ecol.*, v.19, n. 3, p.461-464, 2004. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02705060.2004.9664920#Um2oSvmkrsM>>. Acessado em: 27 de outubro 2013.
- ESTEVEZ, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 602p.
- FAO global aquaculture production volume and value statistics database updated to 2012. [s.l.]: FAO Fisheries and Aquaculture Departmente, 2014.
- GLOSSARY of aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. 401p.
- HALWART, M.; SOTO, D.; ARTHUR, J. R. (Eds.). *Cage aquaculture: regional reviews and global overview*. Rome: FAO, 2007. (FAO fisheries technical paper, 498). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/6445611/Cage-aquaculture-Regional-reviews-and-global-overview>>. Acessado em: 30 julho 2011.
- HELLIO, C.; YEBRA, D. (Eds.). *Advances in marine antifouling coatings and technologies*. Cambridge: Woodhead, 2009.
- JENSEN, O.; DEMPSTER, T.; THORSTAD, E. B. *et al.* Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquac. Environ. Interac.*, v.1, p.71-83, 2010.
- KOWALSKI, E. L.; KOWALSKI, S. C. Revisão sobre métodos de controle do Mexilhão Dourado em tubulações. *Rev. Prod online*, v.8, n.2, 2008. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/119/189>>. Acessado em:27 de outubro 2013.

KUBITZA, F. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. Jundiaí, SP: F. Kubitza, 2003. 229p.

MAIO, A. *Pesquisa avalia risco de mexilhão dourado se alastrar pelo Brasil*. 2009. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/outubro/5a-semana/pesquisa-avalia-risco-de-mexilhao-dourado-se-alastrar-pelo-brasil-1/>>. Acessado em: 27 de outubro 2013.

MANSUR, M. C.; PEREIRA, D.; SANTOS, C. P. *et al.* Colonização de substrato artificial pelo mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytiloidea, Mytilidae), no Delta do Rio Jacuí (RS, Brasil). *Biotemas*, v.22, n.1, p.75-80, 2009. Disponível em: <[http://www.academia.edu/1807675/Colonizacao\\_de\\_substrato\\_artificial\\_pelo\\_mexilhao\\_dourado\\_Limnoperna\\_fortunei\\_Dunker\\_1857\\_Bivalvia\\_Mytiloidea\\_Mytilidae\\_no\\_Delta\\_do\\_Rio\\_Jacui\\_RS\\_Brasil\\_](http://www.academia.edu/1807675/Colonizacao_de_substrato_artificial_pelo_mexilhao_dourado_Limnoperna_fortunei_Dunker_1857_Bivalvia_Mytiloidea_Mytilidae_no_Delta_do_Rio_Jacui_RS_Brasil_)>. Acessado em: 27 de outubro 2013.

MAPS. Google, [201-]. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-25.448674,-53.4442931,163m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR>>. Acessado em 05/05/2014.

MAREGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *oreochromis nilotius* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. *Arch .Zootec.*, v.55, n.210, p.127-138, 2006.

MASI, B. P. *A influência de características oceanográficas na trajetória sucessional das incrustações biológicas na região de ressurgência de Cabo Frio, Rio de Janeiro*. 2012. 80f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ.

MAUSNER, J. S.; KRAMER, S.; BAHN, A. K. *Mausner and Bahn epidemiology: an introductory text*. 2.ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1985. 361p.

MEXILHÃO dourado: infestação diminui, mas medidas de prevenção continuam. [2010]. Disponível em: <[http://jie.itaipu.gov.br/print\\_node.php??secao=turbinadas1&nid=16921](http://jie.itaipu.gov.br/print_node.php??secao=turbinadas1&nid=16921)>. Acessado em: 27 de outubro 2013.

MEXILHÃO dourado: uma ameaça às águas e hidrelétricas brasileiras. Belo Horizonte: CEMIG, 2005. 28p.

MOLINA, F. R.; PAGGI, S. J. Zooplankton in the Parana´ river floodplain (South America) before and after the invasion of *limnoperna fortunei* (bivalvia). *Wetlands*, v.28, n.3, p.695–702, 2008.

NAKANO, D.; KOBAYASHI, E. T. Differences in larval dynamics of golden mussel *Limnoperna fortunei* between dam reservoirs with and without an aeration system. *Landscape Ecol Eng.*, v.6, p.53–60, 2010.

NASCIMENTO, F. L.; OLIVEIRA, M. D. *Noções básicas sobre piscicultura e cultivo em tanques-rede o Pantanal*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010. 28p.

NAYLOR, R.; HINDAR, K.; FLEMING, I. A. *et al.* Fulgitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *Bioscience*, v.55, n.5, p.427-437, 2005.

NETS. Akva Groups, 2014. Disponível em: <<http://www.akvagroup.com/products/cage-farming-aquaculture/nets>>. Acessado em: 10 maio 2015.

OIE listed diseases, infections and infestations in force in 2014. 2014. Disponível em: <<http://www.oie.int/animal-health-in-the-world/oie-listed-diseases-2014/>>. Acessado em: dia/mês/ano.

OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, S. K.; CALHEIROS, D. f. JACOBI, C. M. Oxygen depletion events control the invasive Golden mussel (*Limnoperma fortunei*) in a tropical floodplain. *Wetlands*, v.30, p.705-716, 2010.

OLIVEIRA, M. D.; PELLEGRIN, L. A.; BARRETO, R. R. *et al.* Área de ocorrência do Mexilhão Dourado (*Limnoperma fortunei*) na Bacia do Alto Paragui, entre os anos de 1998 e 2004. Corumbá, MS: Embrapa / CPAP, 2004. 19p. (Documentos, 64).

ONO, E. A.; KUBITZA, F. *Cultivo de peixes em tanques-rede*. 3.ed. Jundiaí, SP: E. A. Ono, 2003. 112p.

PARQUES aquícolas continentais. 2014. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/aquicultura/aguas-da-uniao/parques-aquicolas/parques-aquicolas-continentais>>. Acessado em: 5 março 2015.

PINTO, C. S. R. M. *Tanques-rede de pequeno volume instalados em viveiros de piscicultura: uma alternativa para a tilapicultura na região sudeste do Brasil*. 2006. 99f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

PLANO SAFRA DA PESCA E AQUICULTURA 2012/2013. [Brasília]: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2014.

PREFACE: invasive species. Part 1: general aspects and biodiversity. Part 2: concrete examples. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, v.29, n.1, p.11-12, 2010.

PROCEDIMENTO de verificação da presença de mexilhão-dourado em reservatórios. [s.l.]: [Furnas], [2005].

PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL 2013. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. v.41, 108p. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2013/default\\_xls\\_grandes\\_regioes.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2013/default_xls_grandes_regioes.shtm)> acessado em maio 2015.

RAMOS, I. P.; ZANATTA, A. S.; ZICA, E. O. P. *et al.* Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião. In: CYRINO, J. E. P.; FURUYA, W. M.; RIBEIRO, P. P.; SCORVO-FILHO, J. D. (Eds.). *Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Biologia Aquática, 2010. p.87-98.

RESENDE, M. F. *A variação das características hidráulicas em condutos forçados devido à infestação pelo Limnoperma fortunei*. 2007. 86f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/273M.PDF>>. Acessado em: 27 de outubro 2013.

ROSEMNBURG, F. J. *Principios de epidemiologia*. Rio de Janeiro: Organizacion Panamericana de la Salud / Centro Panamericano de Fiebre Aftosa, 1977. 89p.

SANCHES, E. G.; VON SECKENDORFF, R. W.; BASTOS, G. C. C. Eficiência de panagens de monofilamento de nylon na redução das incrustações biológicas em tanques-rede. *Bioikos*, v.21, n.1, p.33-40, 2007.

SAMPAIO, I. B. M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 3.ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2007. 264p

SANTOS, A. C. S. *Tilápia: criação sustentável em tanques-rede, licenciamento, implantação e gestão*. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011. 250p.

SANTOS, C. P.; WURDIG, N. L. MANSUR, M. C. D. Fases larvais do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, v.22, n.3, p.702-708, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-81752005000300029&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-81752005000300029&script=sci_arttext)>. Acessado em: 27 de outubro 2013.

SARAIVA, K. A. *Avaliação de densidades de estocagem de alevinos de tilápia Oreochromis niloticus (linhagem chitralada) cultivados em gaiolas*. 2004. 45f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE.

SHELTON, C. *Climate change adaptation in fisheries and aquaculture: compilation of initial example*. Rome: FAO, 2014. 34p. (FAO Fisheries and Aquaculture Circular, 1088).

SILVA, D. P. *Aspectos bioecológicos do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Bivalvia, Mytilidae) (Dunker, 1857)*. 2006. 123f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Disponível em: <[http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf\\_dr/2006/t18097\\_0220-D.pdf](http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_dr/2006/t18097_0220-D.pdf)>. Acessado em: 27 de outubro 2013.

SILVA, G. C.; HAHN, N. S.; FUGI, R.; GUBIANI, E. Participação de bivalves invasores na dieta de *Pterodoras granulosus*. 2005. (Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração). Disponível em: <[http://www.peld.uem.br/Relat373005/pdf/14\\_Alimentacaopeixes2005.pdf](http://www.peld.uem.br/Relat373005/pdf/14_Alimentacaopeixes2005.pdf)>. Acessado em: 25/05/2014.

SILVA, J. S. V.; SOUZA, R. C. C. L. (Orgs.). *Água de lastro e bioinvasão*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 224p.

STATE of world fisheries and aquaculture 2010. Rome: FAO / Fisheries and Aquaculture Department, 2010. 197p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e.pdf>>. Acessado em: 30 junho 2011.

STATE of world fisheries and aquaculture. Rome: FAO, 2008. 176p.

SYLVESTER, F.; DORADO, J.; BOLTOVSKOY, D. *et al.* Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. *Hydrobiologia*, v.534, p.71–80, 2005.

TANQUES-rede e sistemas alternativos de captura para grandes lagos. *Panorama Aquic.*, v.2, p.12-13, 1992.

THE STATE of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. Rome: FAO, 2014. 223p.

TIDWELL, J. H. (Ed.). *Aquaculture production systems*. Iowa: Wiley-Blackwell, 20°

USINA HIDRELÉTRICA GOVERNADOR JOSÉ RICHA – Salto Caxias. [201-]. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/hotsite\\_caxias/localizacao.html](http://www.copel.com/hpcopel/hotsite_caxias/localizacao.html)>. Acessado em: 05/05/2014.

YAMAGUCHI, M.M.; BARRETO, L.E.G.S.; IGARASHI, M.A. Estratégias para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil. *UNOPAR Cient. Cienc. Exatas Technol.*, v.7, p.13-24, 2008.

## ANEXOS

## ANEXO A

Resultado do peso inicial de todas as telas de diferentes revestimentos em gramas, do experimento no “t0” (antes de serem colocadas na água).

Tempo (dias)	TAP		TAPP		TAB		TAIF		TAIG	
	Corpo de prova	Peso inicial (g)								
"t0" 0	TAP 1	844	TAPP1	852	TAB 1	1344	TAIF 1	898	TAIG 1	1692
	TAP 2	852	TAPP2	904	TAB 2	1238	TAIF 2	1134	TAIG 2	1662
	TAP 3	844	TAPP3	914	TAB 3	1304	TAIF 3	1462	TAIG 3	1770
	TAP 4	852	TAPP4	904	TAB 4	1256	TAIF 4	1398	TAIG 4	1802
	TAP 5	842	TAPP5	888	TAB 5	1270	TAIF 5	1142	TAIG 5	1664
	TAP 6	848	TAPP6	918	TAB 6	1330	TAIF 6	1124	TAIG 6	1698
	TAP 7	850	TAPP7	882	TAB 7	1244	TAIF 7	1092	TAIG 7	1670
	TAP 8	850	TAPP8	882	TAB 8	1270	TAIF 8	1128	TAIG 8	1686
"t0" 0	TAP 9	858	TAPP9	898	TAB 9	1280	TAIF 9	1128	TAIG 9	1662
	TAP 10	858	TAPP10	908	TAB 10	1362	TAIF 10	1398	TAIG 10	1828
	TAP 11	852	TAPP11	888	TAB 11	1254	TAIF 11	1394	TAIG 11	1702
	TAP 12	842	TAPP12	892	TAB 12	1278	TAIF 12	1584	TAIG 12	1732
	TAP 13	834	TAPP13	916	TAB 13	1246	TAIF 13	1084	TAIG 13	1662
	TAP 14	850	TAPP14	884	TAB 14	1278	TAIF 14	1388	TAIG 14	1834
	TAP 15	844	TAPP15	894	TAB 15	1272	TAIF 15	1390	TAIG 15	1660
	TAP 16	846	TAPP16	910	TAB 16	1228	TAIF 16	1400	TAIG 16	1644
"t0" 0	TAP 17	858	TAPP17	888	TAB 17	1334	TAIF 17	1396	TAIG 17	1646
	TAP 18	846	TAPP18	902	TAB 18	1300	TAIF 18	1460	TAIG 18	1662
	TAP 19	840	TAPP19	922	TAB 19	1322	TAIF 19	1130	TAIG 19	1684
	TAP 20	854	TAPP20	910	TAB 20	1288	TAIF 20	1134	TAIG 20	1812
	TAP 21	842	TAPP21	906	TAB 21	1236	TAIF 21	1446	TAIG 21	1702
	TAP 22	858	TAPP22	898	TAB 22	1262	TAIF 22	1150	TAIG 22	1686
	TAP 23	846	TAPP23	890	TAB 23	1332	TAIF 23	1044	TAIG 23	1660
	TAP 24	864	TAPP24	886	TAB 24	1298	TAIF 24	1288	TAIG 24	1756
"t0" 0	TAP 25	844	TAPP25	906	TAB 25	1278	TAIF 25	1090	TAIG 25	1662
	TAP 26	848	TAPP26	910	TAB 26	1314	TAIF 26	1132	TAIG 26	1692
	TAP 27	844	TAPP27	906	TAB 27	1236	TAIF 27	1130	TAIG 27	1688
	TAP 28	842	TAPP28	894	TAB 28	1282	TAIF 28	1126	TAIG 28	1706
	TAP 29	844	TAPP29	890	TAB 29	1270	TAIF 29	1148	TAIG 29	1724
	TAP 30	854	TAPP30	896	TAB 30	1286	TAIF 30	1148	TAIG 30	1762
	TAP 31	852	TAPP31	904	TAB 31	1240	TAIF 31	1134	TAIG 31	1698
	TAP 32	846	TAPP32	878	TAB 32	1246	TAIF 32	1124	TAIG 32	1716

Legenda: TAP - tela de arame galvanizado plastificado 1,90 mm; TAPP - tela de arame galvanizado plastificado 1,90 mm com tinta anti-incrustante; TAB - tela de arame Bezinal 1,70 mm; TAIF- tela de arame inox fino 1,60 mm; TAIG - tela de arame de inox grosso 1,90 mm.

## ANEXO B

Dados de qualidade da água da barragem de Salto Caxias de 2002 a 2012( todos os dados).

Data da coleta	T água (°C)	OD (mg/L)	pH	Condutividade	Sólidos Totais (mg/L)	Disco de Secchi (m)	Temperatura ambiente (°C)
17/12/2002	26,5	6,7	7,1	43	37	1,8	25,3
29/01/2003	29,8	6,9	7,0	43	39	2,0	26,7
13/03/2003	26,9	6,2	6,9	42	45	1,8	24,1
15/04/2003	23,0	5,9	7,0	43	43	3,3	23,0
17/07/2003	20,0	6,6	7,5	44	40	3,0	17,5
11/09/2003	19,5	6,3	7,7	47	37	2,7	14,0
04/03/2004	27,0	5,8	7,7	42	44	3,0	19,5
20/05/2004	22,0	5,7	7,1	42	42	2,6	23,5
12/08/2004	17,2	7,7	7,3	41	40	1,6	19,1
10/10/2004	21,5	7,4	7,4	42	44	1,7	18,2
02/03/2005	28,0	6,9	7,9	42	36	3,0	26,4
01/06/2005	22,0	6,2	7,1	43	36	2,6	19,9
24/10/2005	26,1	8,5	8,3	36	36	1,4	15,6
08/02/2006	28,8	7,4	7,7	39	37	3,4	19,9
18/04/2006	21,5	5,9	6,9	42	36	4,5	24,8
22/08/2006	19,8	7,5	7,2	48	38	3,9	26,5
13/10/2006	25,0	6,7	8,2	48	39	4,9	11,5
22/02/2007	28,0	7,4	7,6	54	40	2,4	18,0
24/05/2007	20,9	7,9	7,5	46	46	0,7	26,2
29/08/2007	17,7	7,6	7,2	47	41	3,2	25,0
28/11/2007	26,7	8,4	8,4	46	39	3,6	15,3
27/03/2008	26,1	6,8	7,5	52	40	4,9	30,5
28/05/2008	22,2	9,2	7,4	48	40	3,7	27,6
28/08/2008	23,8	7,5	7,5	46	40	3,1	25,0
26/11/2008	25,2	11,7	7,5	44	42	2,6	21,2
18/03/2009	28,5	7,9	8,5	51	37	3,0	13,3
26/05/2009	23,5	5,0	7,0	43	35	5,0	26,6
05/08/2009	18,6	7,4	7,5	44	38	3,0	26,1
02/04/2010	27,5	7,4	7,5	43	37	2,5	18,1
17/08/2010	18,0	7,9	8,2	52	45	1,9	20,4
18/11/2010	24,4	7,2	7,4	51	36	4,0	27,5
15/02/2011	26,8	7,3	7,3	47	46	1,6	24,7
10/05/2011	24,4	8,1	7,7	41	42	2,5	26,0
15/09/2011	20,5	9,0	7,7	48	42	2,2	23,4
29/11/2011	26,1	6,9	7,6	40	39	2,4	27,5
08/02/2012	30,4	7,8	8,7	42	35	3,20	29,2
09/05/2012	23,3	6,9	7,1	46	37	3,70	18,2
29/09/2012	20,0	7,6	7,4	48	36	2,00	15,5
22/11/2012	27,9	8,1	8,3	47	41	2,30	24,7

Nota técnica: Os dados de qualidade da água foram coletados pela equipe ambiental da Copel e disponibilizados para este trabalho.