



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA  
GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE AQUICULTURA  
LUIZ GUILHERME BUGLIONE PERUCH



**DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE PROJETO DE RECIRCULAÇÃO  
AQUÍCOLA MARINHA PARA ENGORDA DE SARDINHA VERDADEIRA  
(*Sardinella brasiliensis*)**

Florianópolis  
2019



Luiz Guilherme Buglione Peruch

**DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE PROJETO DE RECIRCULAÇÃO  
AQUÍCOLA MARINHA PARA ENGORDA DE SARDINHA VERDADEIRA  
(*Sardinella brasiliensis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Título de Engenheiro de Aquicultura.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Katt Regina Lapa

Co-orientador: MSc. Fabiano Muller Silva

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Peruch, Luiz Guilherme

DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE PROJETO DE RECIRCULAÇÃO  
AQUÍCOLA MARINHA PARA ENGORDA DE SARDINHA VERDADEIRA  
(*Sardinella brasiliensis*) / Luiz Guilherme Peruch ;  
orientadora, Katt Regina Lapa, coorientador, Fabiano  
Muller, 2019.

52 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agrárias, Graduação em Engenharia de Aquicultura,  
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Aquicultura. 2. Sistemas de  
recirculação aquícola. 3. *Sardinella brasiliensis*. 4.  
Qualidade de água. I. Lapa, Katt Regina. II. Muller,  
Fabiano. III. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Engenharia de Aquicultura. IV. Título.

Luiz Guilherme Buglione Peruch

**DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO DE PROJETO DE RECIRCULAÇÃO  
AQUÍCOLA MARINHA PARA ENGORDA DE SARDINHA VERDADEIRA  
(*Sardinella brasiliensis*)**

Este trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e adequado para obtenção do Título de Engenheiro de aquicultura, e aprovado em sua forma final pelo curso de Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de novembro de 2019

---

Prof. Dr. Vinicius Ronzani Cerqueira  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Katt Regina Lapa  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

MSc. Fabiano Muller Silva  
Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural do estado de Santa Catarina

---

Eng. Ambiental e Sanitarista Vinicius Muller Buratto  
Universidade Federal de Santa Catarina

*“Desfrute do processo”*

Matheus Joaquim Wolf

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria primeiramente de agradecer minha família, minha base, Ademir, Gloria, Amabile e minha madrinha Christina. Devo tudo que conquistei a vocês! Sou muito grato por tudo que vocês me proporcionam e passamos juntos.

A minha namorada Catarina, por estar sempre presente, me proporcionando carinho e apoio incondicional. Eu tenho muita sorte de você ter você em minha vida.

A todo o pessoal do Joaca Rugby Club, minha segunda família, que me auxiliam de todas as formas e me proporcionaram grandes momentos nesses últimos 6 anos. Espero que continuemos crescendo juntos.

Aos meus grandes companheiros de curso e amigos, com quem aprendi muito, pela grande troca de conhecimento e por todos os momentos de descontração nas quartas feiras a noite!

**A TODA EQUIPE DO RU-CCA, EU AMO VOCÊS!!!!!!!**

A toda equipe LCM que me acolheu durante 5 semestres, principalmente aos meus pais científicos, Felipe, Delano, Moises e Esmeralda, que me ensinaram muito sobre pesquisa.

A professora Katt, com quem vim a ter contato no final do curso, sempre muito solícita, que acreditou em mim e me acolheu nessa empreitada do TCC, por ter me ajudado e ensinado muito; sou grato por todas as dicas e ensinamentos nessa reta final da graduação.

Por fim, a toda equipe do CEDAP na EPAGRI, por proporcionarem um ótimo ambiente de aprendizado, sempre dividindo seus conhecimentos comigo; e em especial ao Fabiano Muller por me orientar diariamente, sempre quebrando a cabeça junto a mim.

## RESUMO

A sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) compõe a base da pesca brasileira, seja alimentando grande parte da população, seja utilizada como isca-viva, principalmente para a indústria da pesca do atum. Encontrada em grande parte da costa sudoeste e sul do país, o peixe de pequeno porte, formador de cardumes e onívoro, vem sofrendo com grandes variações na população madura, no recrutamento e na captura total desde os anos 70. Estudos demonstram que a população adulta presente na costa brasileira é menor do que a segura para assegurar a perpetuação da espécie, acredita-se que o grande motivo da crise populacional seja a sobre-pesca. Os cultivos marinhos representam uma pequena parte da produção em aquicultura, e por acontecerem em sua maioria em tanques rede na costa, que por não possibilitar controle das condições ambientais, resultam em baixa produtividade e diversos problemas ambientais. Faz-se necessário que os novos métodos de produção de animais marinhos, mais eficientes, sejam estudados e implementados, para que num futuro próximo tomem o espaço dos sistemas abertos. O objetivo do trabalho a seguir foi dimensionar e executar um sistema de produção de sardinha verdadeira, em sistema de recirculação aquícola, localizado dentro do Centro de treinamento da EPAGRI. O sistema foi todo dimensionado com o objetivo de manter os índices de qualidade de água em níveis seguros, ao mesmo tempo com a maior produtividade possível. O dimensionamento levou em conta a fase de engorda da sardinha verdadeira. A montagem do sistema foi realizada diariamente na EPAGRI/CEDAP durante o período de julho a novembro de 2019. Durante a montagem do sistema diversos entraves foram solucionados e recomendações técnicas foram expostas para um próximo sistema ou até melhorias futuras, como a inserção de mais um decantador ao sistema e o aumento do volume útil do filtro biológico, alterações simples que causariam grandes melhorias no sistema.

**Palavras-chaves:** Sistemas de recirculação aquícola. *Sardinella brasiliensis*. Qualidade de água.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pescados adquiridos pela população brasileira em 2009-2010.....	13
Figura 2. Importações brasileiras de sardinha congelada 2002-2012.....	13
Figura 3. Desembarques totais de sardinha por estado de 1966 a 2008.....	14
Figura 4. Ordem taxonômica sardinha verdadeira.....	16
Figura 5. Área de distribuição da sardinha verdadeira.....	17
Figura 6. <i>Sardinella brasiliensis</i> , sardinha verdadeira.....	17
Figura 7. Ciclo de vida da sardinha verdadeira.....	18
Figura 8. Sistema sem reuso de água x RAS.....	20
Figura 9. RAS simples.....	21
Figura 10. RAS sofisticado.....	21
Figura 11. Esquematização RAS.....	21
Figura 12. Corte decantador vertical.....	22
Figura 13. Funcionamento filtro mecânico.....	23
Figura 14. Layout filtro de areia.....	23
Figura 15. Funcionamento processo de iniciação do filtro biológico.....	24
Figura 16. Secção filtro MBBR.....	25
Figura 17. Funcionamento Skimmer.....	26
Figura 18. Localização CETRE em Florianópolis.....	29
Figura 19. Fachada CETRE.....	29
Figura 20. Estufa.....	30
Figura 21. Fluxograma sistema RAS EPAGRI.....	31
Figura 22. Detalhamento da posição das unidades de cultivo.....	32
Figura 23. Detalhamento da posição dos equipamentos de tratamento de água.....	33
Figura 24. Cota Hidráulica dos sistemas de drenagem lateral e central.....	34
Figura 25. Estufa no primeiro dia.....	42
Figura 26. Posição dos pallets pós adaptação.....	42
Figura 27. Simulação inicial de posicionamento dos equipamentos.....	42
Figura 28. Montagem das plataformas de manejo.....	43
Figura 29. Posicionamento dos tanques.....	43
Figura 30. Tubulação de drenagem inferior.....	44
Figura 31. Adequação incubadora para decantador.....	44
Figura 32. Nivelamento filtro biológico.....	45
Figura 33. Posicionamento SUMP, motobombas e filtro BEAD.....	45
Figura 34. Desinfecção UV com by-pass.....	46
Figura 35. Detalhe abastecimento individual tanques.....	46
Figura 36. Detalhe saída lateral e entrada no filtro biológico.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Biomassa estimada de sardinha verdadeira na costa brasileira .....	15
Tabela 2. Equipamentos comprados previamente .....	31
Tabela 3. Índices produtivos.....	36
Tabela 4. Índices de produção de sólidos .....	37
Tabela 5. Índices decantador .....	37
Tabela 6. Índices filtro biológico.....	38
Tabela 7. Índices aeração.....	38
Tabela 8. Índices aquecimento .....	39
Tabela 9. Índices de desinfecção .....	39
Tabela 10. Estimativa consumo elétrico.....	40
Tabela 11. Índices gerador.....	40
Tabela 12. Dimensionamento diâmetro mínimo necessário para a tubulação .....	41
Tabela 13. Índices bombeamento .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RAS – *Recirculating Aquaculture Systems*

FAO – *Food and agriculture organization of the United Nations*

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio ambiente e de Recursos Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EPAGRI – Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina

CEDAP – Centro de desenvolvimento em aquicultura e pesca

PVC – Policloreto de vinila

UV – Ultravioleta

PEAD- Polietileno de alta densidade

MBBR – *Moving Bed Biofilm Reactor*

PB – Proteína Bruta

## SUMÁRIO

### Sumário

<b>1.Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>2.Revisão bibliográfica.....</b>	<b>13</b>
2.1.Importância da Sardinha verdadeira.....	13
2.2.Desafios na produção da Sardinha verdadeira.....	14
2.3. <i>Sardinella brasiliensis</i> , sardinha verdadeira.....	15
2.4.Cultivo Sardinha.....	18
2.5.Sistemas de Recirculação Aquícola (RAS).....	19
<b>3.Objetivos.....</b>	<b>28</b>
3.1.Objetivo Geral.....	28
3.2.Objetivos Específicos.....	28
<b>4.Desenvolvimento do projeto.....</b>	<b>29</b>
4.1.Localização.....	29
4.2.EPAGRI.....	29
4.4.Infraestrutura existente.....	30
4.5.Memorial descritivo.....	31
4.6.Memorial de Cálculo.....	36
4.7.Execução.....	41
<b>5.Recomendações Técnicas.....</b>	<b>47</b>
<b>6.Considerações finais.....</b>	<b>49</b>
<b>7.Referencias.....</b>	<b>50</b>

## 1.Introdução

A produção global de animais aquáticos continua a crescer e alcançou a marca de 170,9 milhões de toneladas em 2016, sendo 90,9 milhões de toneladas provenientes da pesca (queda de 1,9 % em relação aos anos anteriores) e 80 milhões de toneladas provenientes da aquicultura (crescimento de 5,2 % em relação aos anos anteriores). A captura marinha foi a que apresentou maior queda. O crescimento da aquicultura entre os anos de 2001 e 2016 foi de 5,8 % e sua contribuição na produção mundial de animais marinhos passou de 25,7 % em 2000 para 46,8 % em 2016. (FAO, 2018).

A espécie *Sardinella brasiliensis*, chamada popularmente de sardinha verdadeira, é o peixe pelágico mais capturado na costa sudoeste do Brasil. É o mais importante recurso pesqueiro marinho do Brasil em volume de captura, com desembarques concentrados nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina. (PAIVA; MOTTA, 2000).

As capturas comerciais apresentaram grandes oscilações no decorrer das três últimas décadas do século passado. O início do século XX foi marcado por grande redução nas capturas, comprometendo a viabilidade comercial das pescarias (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

Segundo Holmer (2010), o cultivo de peixes em gaiolas tanto em zonas de costa, como em áreas *offshore* trazem diversas problemáticas ambientais, devido a falta de controle do ambiente, ou seja, toda o insumo ali utilizado, vai contaminar o ambiente natural, seja ração excedente, probióticos, antibióticos, resíduos fisiológicos dos animais, além de problemas como a fuga de animais de cativeiro, e a interação com animais selvagens, diminuindo assim o *pool* genético da população natural.

Além também de acidentes marítimos que podem destruir as estruturas no mar e trazer grandes problemas financeiros aos produtores, como aconteceu com a empresa pernambucana Aqualider, que perdeu suas estruturas em um acidente com barco de terceiros na costa de Recife em 2010 (SANDES, 2011).

Isto posto, faz-se de imensa importância o estudo dos novos modelos de produção, mais eficientes e tecnológicos, visando a sustentabilidade e uso consciente dos recursos naturais, como também, a produção da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasilienses*), como resposta a sobre pesca relatada em diversos estudos no país (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

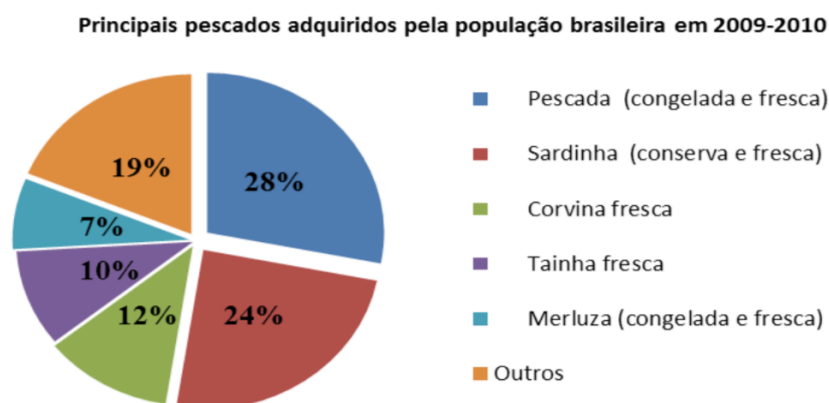
## 2.Revisão bibliográfica

### 2.1.Importância da Sardinha verdadeira

A sardinha verdadeira sustenta importante parte da pesca nas regiões Sudeste e Sul, envolvendo grande frota de traineiras nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além de um setor de processamento de pescado responsável pela produção de conservas e sua distribuição em escala nacional. Em 1997 a exportação da sardinha verdadeira mobilizou 1,70 toneladas e US\$ 4.835,00, em 2009 registrou-se o preço de US\$ 3,24 por quilo de peixe, um aumento de 95 % em relação a 2003 (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

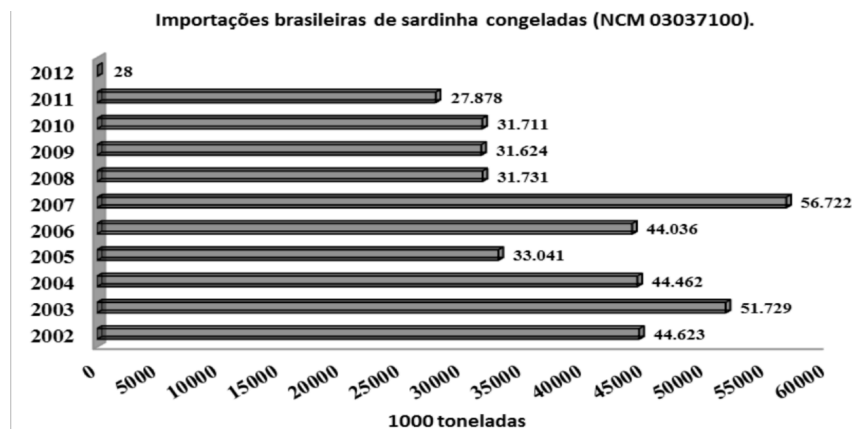
Segundo a FAO (2014), entre as 23 espécies de pescado mais capturados mundialmente nos anos de 2011 e 2012, o gênero *Sardinella* se destacou como o quarto mais capturado. Dentre os gêneros mais capturados no Brasil, o *Sardinella* possui o maior destaque.

Figura 1. Pescados adquiridos pela população brasileira em 2009-2010



Fonte: IBGE, 2010.

Figura 2. Importações brasileiras de sardinha congelada 2002-2012

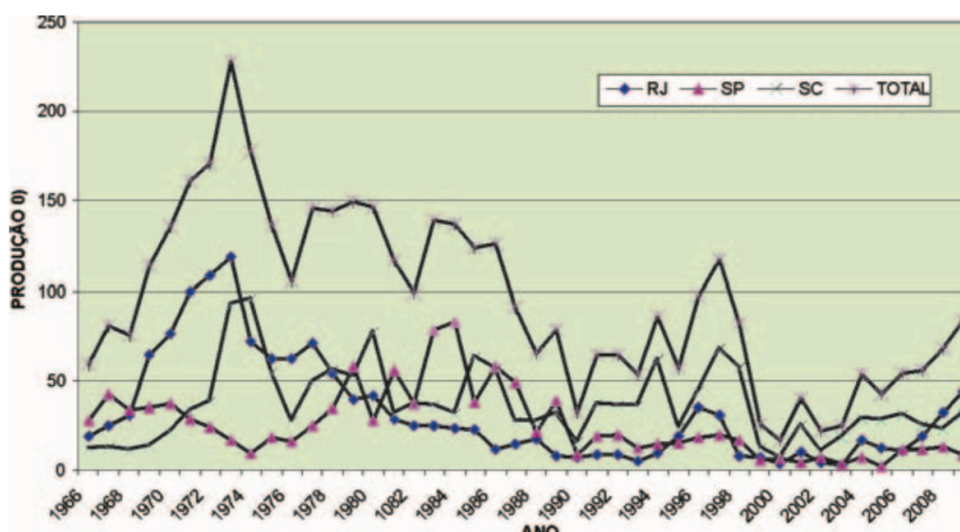


Fonte: Ministério da indústria, comércio exterior e serviços, 2015.

## 2.2.Desafios na produção da Sardinha verdadeira

No Brasil, até os anos 1970, a captura de sardinha era de aproximadamente 200 mil toneladas por ano, porém no ano de 2000 esse número de caiu para 17 mil toneladas por ano, levando o pescado quase a extinção. Após esse fato, o governo passou a adotar estratégias de proteção as populações de sardinha, por meio de medidas governamentais chegou-se a captura de 83.286 toneladas no ano de 2009 (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

Figura 3. Desembarques totais de sardinha por estado de 1966 a 2008



Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2011.

Do final de 2007 ao início de 2010, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em conjunto com diversas instituições realizaram cruzeiros oceanográficos para estimar a biomassa de sardinha verdadeira através de métodos de hidro acústica. Foram realizados quatro cruzeiros, ECOSAR IV (Jan-Fev 2008), ECOSAR V (Nov 2008), ECOSAR VI (Set-Out 2009) e ECOSAR VII (Fev-Mar 2010). As informações geradas pelos estudos permitiram avaliações indiretas do estoque natural por meio da aplicação de modelos analíticos, essas análises evidenciaram flutuações do estoque desovante e na intensidade de recrutamento, essas oscilações puderam ser comparadas com as variações decrescentes nas capturas.

Tabela 1. Biomassa estimada de sardinha verdadeira na costa brasileira

Cruzeiro	Data	Biomassa estimada (toneladas)	Local de maior concentração
ECOSAR IV	Janeiro-fevereiro 2008	358	Rio de Janeiro
ECOSAR V	Novembro 2008	12.709	São Paulo ao Sul
ECOSAR VI	Setembro-Outubro 2009	27.928	São Paulo ao Norte
ECOSAR II	Fevereiro-Março 2010	62.569	São Paulo ao Norte

Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2011.

Vasconcellos (2000) sugeriu diversas hipóteses para a variabilidade observada no recrutamento da sardinha verdadeira, todas elas tendo a sobre pesca e a consequente redução da biomassa adulta como causas determinantes. O recrutamento da sardinha verdadeira, avaliado de 1977 a 1993 nos trabalhos de Jablonski (2003) e Jablonski & Legey (2004), demonstraram o efeito da biomassa adulta para o recrutamento. Os autores concluíram que uma biomassa entre 200-250 mil toneladas corresponderia ao tamanho crítico para o estoque desovante, abaixo do qual sua manutenção se tornaria estritamente dependente do sucesso do recrutamento e estaria, portanto, mais vulnerável a condições oceanográficas desfavoráveis.

Os cultivos de peixes marinhos realizados em tanques-redes tanto em área costeira como em locais *offshore* apresentam diversas dificuldades, tanto operacionais como distância entre a base e a produção, roubos, desastres naturais e ainda acidentes marítimos. Além ainda dos problemas ambientais, devido ao controle inexistente do ambiente, os principais problemas ambientais citados em cultivos no mar são as perdas de populações selvagens de macroalgas, aumento da produção de compostos sulfúricos, perda de produtividade e diversidade sobre condições heterotróficas, fugas de animais e a interação com as espécies selvagens, afetando *pools* genéticos e espalhando doenças, introdução de espécies exóticas e concentração de peixes selvagens ao redor dos tanques devido a alta disponibilidade de alimento (Holmer et al., 2003), (Hall-spencer et al., 2006), (Holmer & Kristensen, 1992), (Vike et al., 2009), (Williams & Smith, 2007) e (Dempster et al., 2002).

### 2.3. *Sardinella brasiliensis*, sardinha verdadeira

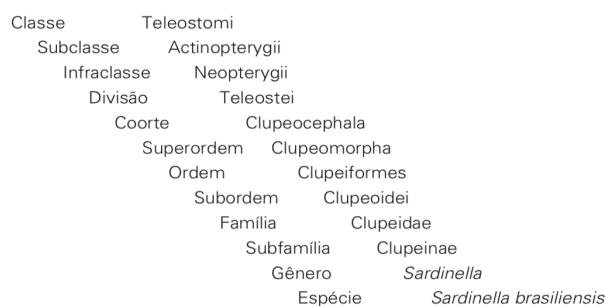
A sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), começou a ser estudada em 1950 pelos pesquisador Besnard, na região de Cananeia no estado de São Paulo, apenas a partir



de 1977 foram iniciados estudos abrangendo a área total de ocorrência da espécie (22 °S – 28 °S), enfocando a estrutura, comportamento, ciclo de vida e dinâmica populacional (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

Foi descrita por Steindachner em 1979 e segue a seguinte ordem taxonômica.

Figura 4. Ordem taxonômica sardinha verdadeira



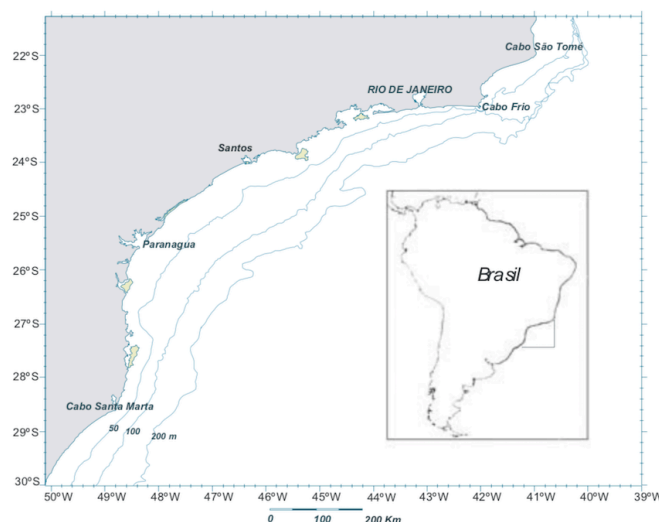
Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2011.

A família Clupeide apresenta os representantes mais importantes para a pesca, como espécies do gênero *Sardina* na Europa, do gênero *Sardinops* nos oceanos Pacífico e Índico, e do gênero *Sardinella* nos mares tropicais e subtropicais. Os três gêneros apresentam características muito parecidas, portanto, as espécies são consideradas, genericamente, como sardinhas (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

A nomenclatura *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1979), é qualificada como *nomem protectum* (nome protegido) de acordo com o código internacional de nomenclatura zoológica. Algumas publicações também trazem o sinônimo *Sardinella janeiro* (Eigenmann, 1984) (FIGUEREDO ET AL., 2010).

A espécie *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1979), está geograficamente separada dos demais grupos do gênero *Sardinella* no Oceano Atlântico. Na costa brasileira é encontrada ao longo da área compreendida entre os estados do Rio de Janeiro (Cabo de São Tomé) e de Santa Catarina (Cabo de Santa Marta), entre profundidades de 30 a 100 m (CERGOLE, 1995; JABLONSKI, 2007).

Figura 5. Área de distribuição da sardinha verdadeira



Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2011.

A sardinha verdadeira é um peixe de pequeno porte, de corpo lateralmente comprimido e prateado (Figura 3.). Formadores de cardume homogêneos, formados por comprimento, presentes nas áreas costeiras, baías e estuários (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

Figura 6. *Sardinella brasiliensis*, sardinha verdadeira

Fonte: viennetta / Shutterstock.com

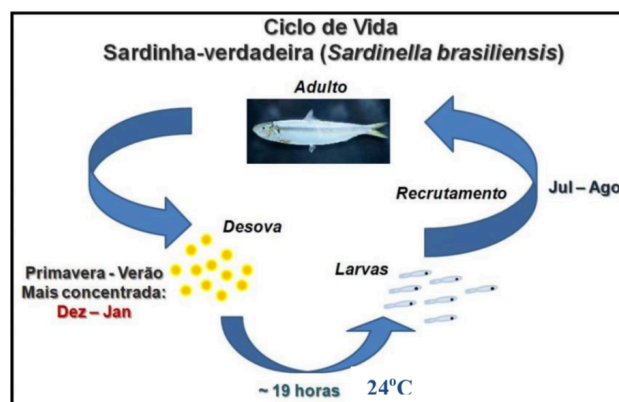
A sardinha verdadeira é um peixe onívoro com diferentes preferências durante as diferentes fases de vida, enquanto larvas e juvenis, se alimentam basicamente de pequenos copépodes, diatomáceas e dinoflagelados. Sendo os náuplios de copépodes os mais importantes (KURTZ; MATSUURA, 2001). Com o desenvolvimento larval, o espectro alimentar aumenta, os indivíduos pré-adultos e adultos apresentam flutuações sazonais em suas dietas, no outono e primavera alimentam-se predominantemente de zooplâncton – 74 % do volume alimentar – já no inverno o fitoplâncton torna-se o principal volume de alimento, 66 %. Goitein (1978), observou que a seleção do alimento

depende da disponibilidade na área, não havendo variação entre indivíduos de sexos e comprimentos distintos.

A sardinha verdadeira tem ciclo de vida curto, até quatro anos, crescimento rápido, apresenta altas taxas de fecundidade e mortalidade, naturalmente. Os ovos são pelágicos, flutuantes e isolados, com membrana incolor e tempo de incubação de aproximadamente 20 horas, em temperatura de 24 °C (CERGOLE; DIAS NETO, 2011).

O estágio larval abrange exemplares de 3,5 até 19 mm de comprimento padrão (comprimento da extremidade da cabeça até a última vértebra), com 19 mm as larvas sofrem diversos processos de diferenciação morfológica, seguindo como pré-juvenis até 30 mm (KURTZ; MATSUURA, 2001). O recrutamento (incorporação a população adulta) ocorre com cerca de um ano e meio de vida – cerca de 90 mm – porém a maturação sexual só é atingida com cerca de 3 anos de vida, com 170 mm (CERGOLE, 1995; CERGOLE; VALENTINI, 1994).

Figura 7. Ciclo de vida da sardinha verdadeira



Fonte: F. M. Baloi, (2017).

#### 2.4.Cultivo Sardinha

O cultivo comercial de sardinha verdadeira ainda não é uma realidade no país, o fato do peixe não ser de alto valor comercial dificulta a produção e a competição com o produto oriundo da pesca, que por sua vez é consideravelmente mais barato.

Segundo Guinle (2014), o preço de produção de um juvenil de sardinha pode variar de R\$ 0,64 a R\$ 0,40. Guinle (2014) ainda complementa que um atuneiro gasta cerca de R\$ 81.000,00 com a pesca da sardinha por viagem, capturando cerca de 916.670 exemplares. Com o preço de produção a R\$ 0,40, o valor subiria para R\$ 366.668,00, tornando-se inviável a compra da sardinha vinda dos cultivos comerciais. Porém a produção comercial de sardinha verdadeira para uso como isca-viva seria constante, pois não sofre com defeso e com variações dos estoques naturais.

Devido a grande importância da produção de sardinha, a Universidade Federal de Santa Catarina, em colaboração com diversas instituições, lançou em 2009 o projeto ISCA-VIVA, o projeto considera a sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) como espécie-chave para o setor pesqueiro da região Sudeste-sul. Responsável pela manutenção das maiores cadeias de processamento industrial de pescados no Brasil. Dentre os objetivos do projeto, estão monitoramento ambiental, processos de gestão pesqueira e técnicas de produção e manejo de isca-viva e juvenis da sardinha verdadeira, visando o uso sustentável de recursos. Como resultado espera-se a redução do impacto ambiental da pesca do atum e da isca-viva e um impacto positivo na pesca artesanal, pela restauração do equilíbrio da cadeia trófica marinho costeira, entre outros. Disponível em (<<https://lapmar.ufsc.br/projetos/de-pesquisa/projeto-isca-viva/>>. Acesso em: 20 ago. 2019.)

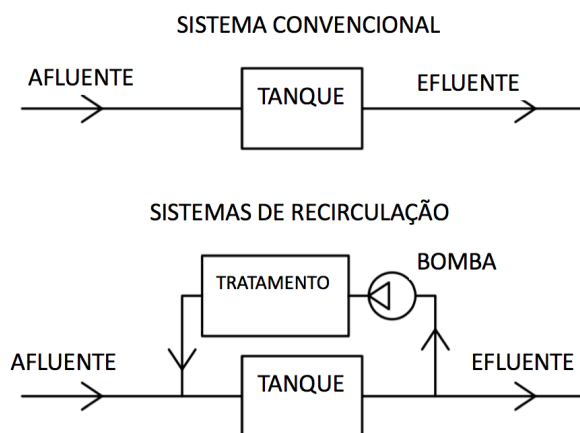
Toda via, o ciclo de vida da sardinha verdadeira já foi realizado com sucesso em laboratórios da Universidade Federal de Santa Catarina e diversos estudos foram realizados e publicados, como o de Reis (2013), que demonstrou ser possível a maturação e reprodução em cativeiro da sardinha verdadeira, como também o cultivo de larvas, Baloi (2017) demonstrou o bom crescimento e eficiência alimentar de juvenis em cativeiro, determinando a fração de PB ideal em rações comerciais e Pereira (2010) concluiu que a captura de animais selvagens com rede de cerco é prejudicial aos estoques naturais, porém pode se tornar uma prática viável para a formação de plantel de reprodutores, além de diagnosticar melhoras no processo de captura de peixes. Toda essa coletânea de estudos ainda demonstram que a sardinha verdadeira é cultivável em sistemas fechados e tem os atributos necessários para uma espécie em potencial para aquicultura, como, rápido crescimento, hábito alimentar onívoro, espécie nativa, bem adaptada a sistemas fechados, boa aceitação a ração comercial e reprodução em laboratório conhecida.

## 2.5. Sistemas de Recirculação Aquícola (RAS)

Nos sistemas de recirculação aquícola, do inglês *Recirculating aquaculture systems*, o efluente dos tanques de cultivo é reutilizado ao invés de ser descartado, possibilitando um decréscimo no volume de água necessário para produzir um kilo de pescado. Teoricamente todo o efluente pode ser tratado e reutilizado, porém o custo deste tratamento para atingir certos valores nos parâmetros de qualidade de água pode ser financeiramente inviável. Conseqüentemente, o RAS trabalha com uma média de adição

de água nova de 2 a 10 % ao dia, dependendo claro de espécie para espécie e fase de cultivo. (LEKANG, 2013).

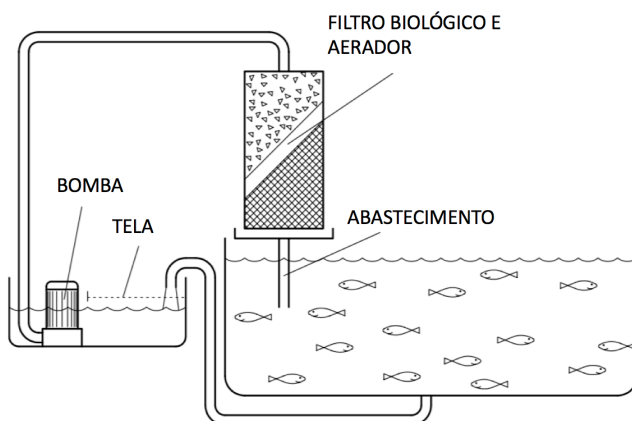
Figura 8. Sistema sem reuso de água x RAS



Fonte: Adaptado de LEKANG (2013).

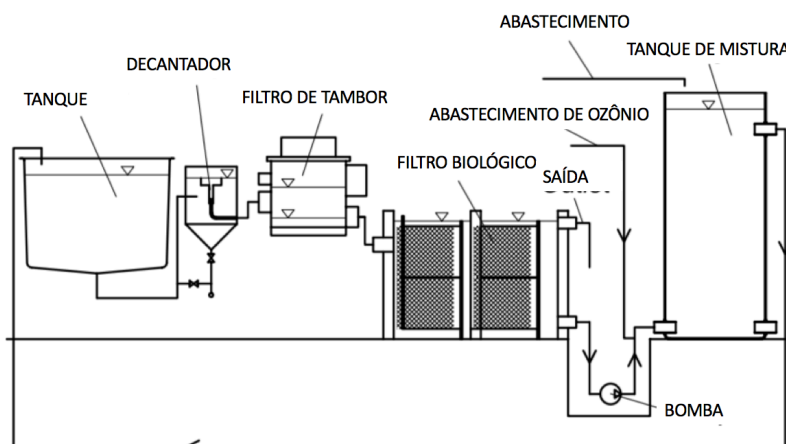
RAS pode ser dimensionado de diversas formas e tamanhos. Todos os sistemas incluem componentes básicos como filtros biológicos e motobombas, e sua complexidade depende dos objetivos do cultivo. Pode ser considerado RAS desde um aquário caseiro até engordas de salmão produzindo toneladas por ciclo. Quando dimensionado para produção de alimento, torna-se uma fábrica de conversão de proteína animal, converte água, eletricidade e ração em peixe comercial. Este processo gera uma série de subprodutos - como fezes e compostos nitrogenados – que devem ser removidos ou tratados. O grande objetivo do sistema é tratar os subprodutos e manter a água em condições ótimas que possibilitem o máximo crescimento e saúde para os animais, com troca de água reduzida (DAVISON, 2018).

Figura 9. RAS simples



Fonte: Adaptado de LEKANG (2013).

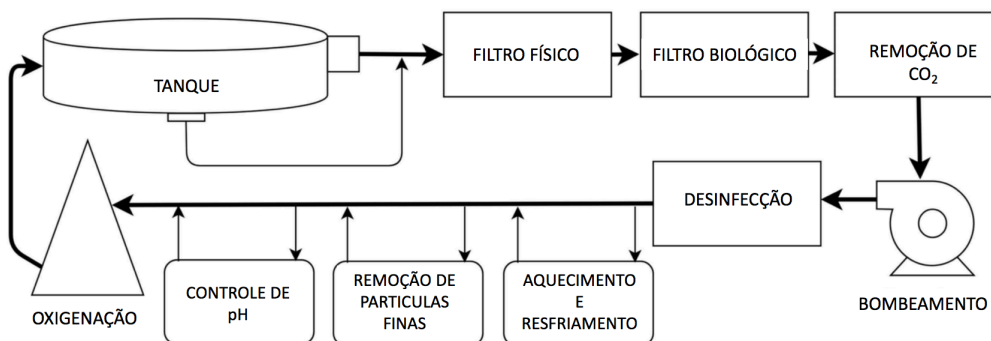
Figura 10. RAS sofisticado



Fonte: Adaptado de LEKANG (2013).

Em geral, os sistemas de recirculação seguem o seguinte modelo.

Figura 11. Esquemática RAS



Fonte: Adaptado de LEKANG (2013).

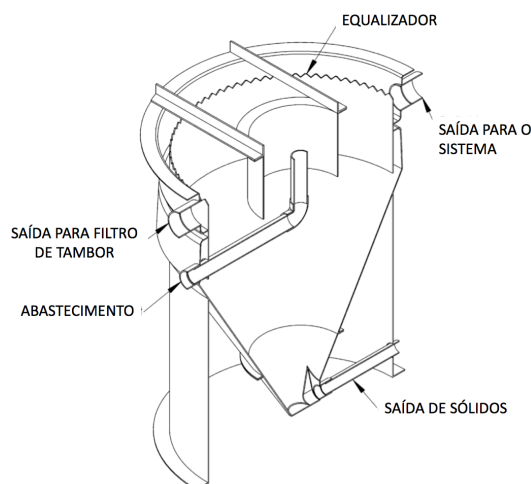
O primeiro processo se trata da remoção física de sólidos. A remoção física pode ser dividida em três classes segundo Lekang (2013).

Em primeiro lugar tem-se os separadores por sedimentação ou decantação, como os decantadores. As partículas com densidade relativa maior que da água afundam,

portanto cria-se um ambiente com baixa turbidez e sem ascensão de água, onde essas partículas possam afundar com facilidade. As maiores e mais densas partículas sedimentarão mais rapidamente, facilitando o processo. É interessante portanto manter as partículas com grande tamanho, a melhor técnica para isso é remover essas partículas o quanto antes, anteriormente a qualquer bombeamento para não haver a destruição e fluidificação da matéria sólida na água, o que contribuirá para a degradação e geração de amônia no meio líquido.

O processo de remoção por sedimentação é muito efetivo se bem dimensionado, não necessitando energia e apresentando um baixo custo de implantação e simples operação, por esse motivo é um dos processos mais utilizados no tratamento de efluentes aquícolas em sistemas RAS (TIMMONS; EBELING, 2010).

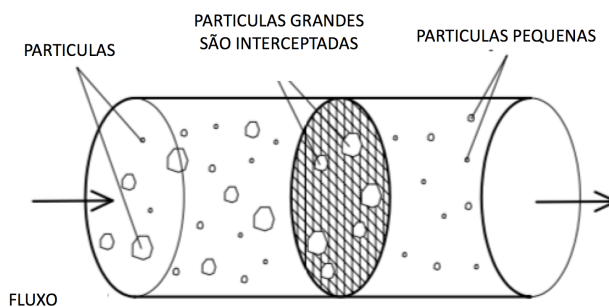
Figura 12. Corte decantador vertical



Fonte: Adaptado de DAVIDSON; SUMMERFELT (2005).

A remoção por filtração mecânica se trata de uma obstrução forçada inserida no fluxo de água. O princípio da filtração mecânica é separar as partículas na água por meio de barras, telas ou malhas sintéticas que irão reter essas partículas e permitir que o fluxo da água siga em frente.

Figura 13. Funcionamento filtro mecânico

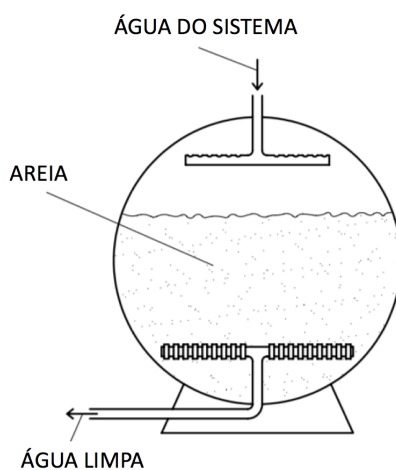


Fonte: Adaptado de LEKANG (2013).

Tem-se também a filtração fina ou profunda, trata-se de quando o fluxo de água é forçado através de uma camada de material granular de diferentes tamanhos, como areia ou mídias específicas como *bead*. A camada não é totalmente compacta e contém pequenos canais e furos criados entre as partículas filtrantes. O diâmetro médio desses canais e furos constitui a medida de filtragem média do equipamento. Quando a água passa pelo filtro, partículas mais largas que a média de filtragem ficam presas por diferentes mecanismos, como:

1. Partículas muito largas para passar pelos canais;
2. Partículas podem se fixar no filtro;
3. Partículas podem ser atraídas por forças físicas ou químicas para a massa do filtro.

Figura 14. Layout filtro de areia



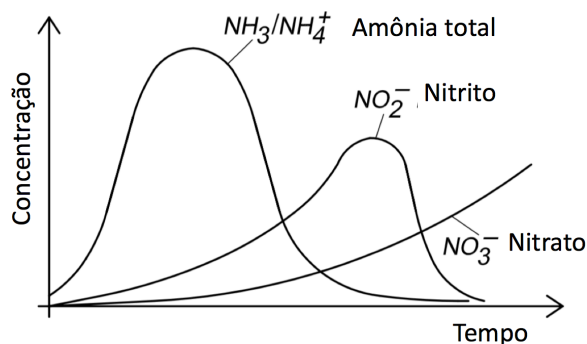
Fonte: Adaptado de LEKANG (2013).

O processo de tratamento e redução da amônia tóxica ocorre no filtro biológico, que se trata de um grande recipiente com uma enorme quantidade de superfície onde será fixado o biofilme produzido pelas bactérias nitrificantes. Para o funcionamento do filtro biológico se faz necessário um período de “construção e amadurecimento” deste biofilme,



chama-se esse processo de tempo de iniciação, onde o filtro terá pouca ou nenhuma eficiência, esse processo dura de 20 a 40 dias, dependendo de fatores como pH e temperatura, o tempo de iniciação funciona como referido abaixo.

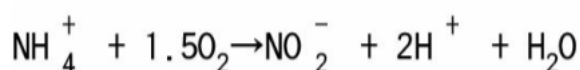
Figura 15. Funcionamento processo de iniciação do filtro biológico



Fonte: Adaptado de LEKANG (2013).

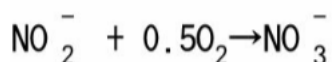
A amônia é tóxica para os animais em níveis de 0,5 mg/L, enquanto o nitrato pode ser tolerada em níveis de 300 mg/L (LEKANG, 2013). A amônia é proveniente de fezes, urina de animais e restos de ração (DAVISON, 2018).

Equação 1. Equação de nitrosação



Fonte: Davison (2018).

Equação 2. Equação de nitratação



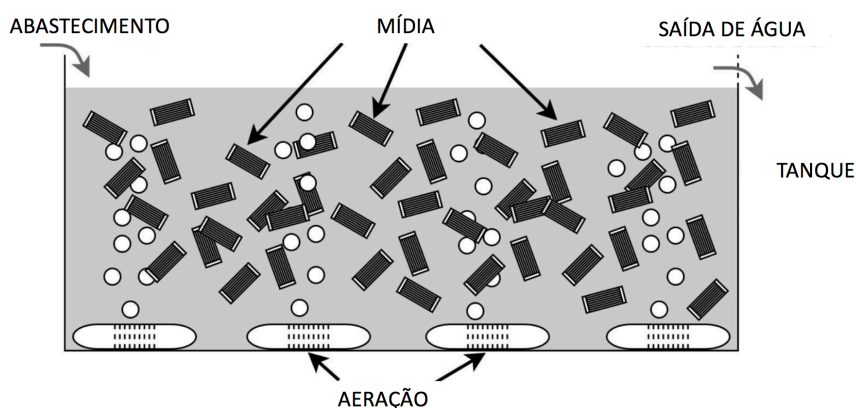
Fonte: Davison (2018).

Os processos acima são atribuídos a dois genes de bactérias, as nitrosomonas ao primeiro e as nitrobacter o segundo processo. Os dois grupos são de bactérias quimioautotróficas, ou seja, utilizam nitrogênio como fonte de energia e carbono inorgânico para construção de suas células, as equações acima consomem oxigênio, por isso é de suma importância a aeração ou oxigenação dentro do filtro biológico, além disso, o primeiro processo libera íons de hidrogênio, que podem diminuir os níveis de pH, por isso o controle da alcalinidade do sistema também é muito importante (DAVISON, 2018).

Os dois grupos de bactérias têm crescimento lento, podendo levar até meses para se conseguir um biofilme ativo e estabilizado, o período de aclimatização pode ser feito recirculando a água do sistema e adicionando amônia inorgânica, para alimentar o filtro biológico, assim, o filtro deve ser operado constantemente, mesmo sem a presença de peixes (DAVISON, 2018).

Existem diversas modelagens de filtros biológicos, porém o mais utilizado em RAS é o filtro biológico de leito móvel (do inglês, *moving bed biofilm reactor* – MBBR). Neste modelo de filtro biológico há material suporte para adesão e crescimento microbioano, permanecendo em livre movimentação dentro do biorreator. Esta movimentação é garantida pela oxigenação da água com introdução de ar difuso. As mídias plásticas em geral têm de 1-2 cm de diâmetro, densidade bem próxima a da água e ocupam de 50 a 70 % do volume total do biofiltro. As mídias plásticas ou material suporte são as responsáveis por manter a biomassa nitrificante dentro do biorreator (ANDREOTTOLA et al., 2000).

Figura 16. Secção filtro *MBBR*

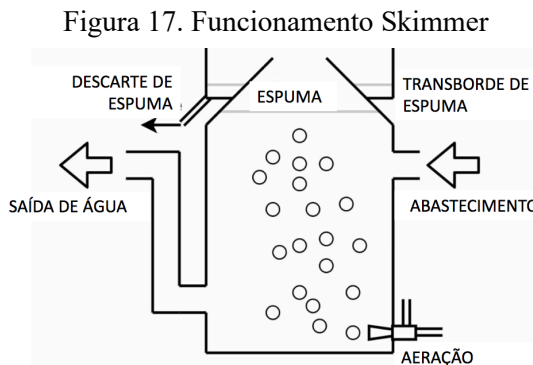


Fonte: Adaptado de Davison (2018).

A eficiência deste tipo de filtro é alta, pois biofilme antigo é constantemente removido pelas bolhas de ar, fluxo de água e pela rotação das mídias que corroem o biofilme, apenas o biofilme novo, fino e fresco fixa-se nas mídias. Biofilmes finos têm demonstrado taxas de nitrificação mais altas, o processo é reduzido em biofilmes mais espessos pois é dificultada a passagem de oxigênio e nutrientes para as camadas mais profundas. Filtros do tipo *MBBR* tem produzidos ótimos resultados em diversas fazendas com sistemas de recirculação aquícola (LEKANG, 2013).

O próximo processo de tratamento da água é a remoção de partículas finas, menores de 30 micrômetros. Devido ao seu pequeno tamanho são difíceis de remover através de processos de filtração mecânica. Apesar disso a remoção dessas pequenas partículas proporciona uma água mais clara e de maior qualidade. As partículas finas irritam as brânquias dos animais, aumentam a demanda de oxigênio e deixa a água com cor marrom. O método mais utilizado para remover essas partículas são os fracionadores de espuma – leia-se skimmer –.

Os skimmers funcionam através do borbulho de gás atmosférico na água, criando uma espuma que pode ser facilmente removida do sistema, esta espuma é composta por pequenas partículas, proteínas, gordura e outras matérias orgânicas que interagem com a tensão superficial na interface água-gás.



Fonte: Adaptado de Davison (2018).

Skimmers normalmente funcionam com um fluxo paralelo, e esse fluxo define o tamanho do equipamento, determinar o volume de água que passa pelo equipamento envolve diferentes decisões, mas aconselha-se manter cerca de 5 % do fluxo total, com tempo de contato de 90 a 120 segundos (DAVISON, 2018)

Bacterioses e viroses criam sérios problemas em sistemas intensivos, contaminações pode resultar em grandes perdas comerciais, na aquicultura dois modelos de desinfecção são normalmente aplicados, desinfecção por radiação UV ou por ozonização (TIMMONS; EBELING, 2010)

A luz ultravioleta – UV – com comprimento de onda entre 190 – 400 nm, podem danificar microrganismos direta e indiretamente, alterando os ácidos nucleicos, gerando fotoprodutos. O uso moderado de energia da radiação UV não deixa subprodutos tóxicos aos animais na água, ainda que compostos químicos possam ser alterados pela radiação. O fato de ser atóxico aos animais é de fundamental importância na escolha do método de desinfecção.

Segundo Kasai, Yoshimizu e Ezura (2002), 99,9 % das células viáveis de bactérias gram positivas e gram negativas pode ser mortas com irradiação UV em doses entre 40 mWs/cm<sup>2</sup> e 20 mWs/cm<sup>2</sup>, já fungos patogênicos demonstraram menor susceptibilidade a radiação UV, diferentes viroses foram constatadas como sensíveis a radiação UV, apresentando mortalidade de 99,9 % ou maior com doses entre 10 mWs/cm<sup>2</sup> e 30 mWs/cm<sup>2</sup>, por fim a inativação do vírus da necrose hematopoiética (IHNV) foi prevenida com doses de 100 mWs/cm<sup>2</sup>.

Já a ozonização tem sido utilizada na aquicultura devido a sua rápida taxa de reação, poucos subprodutos tóxicos aos animais e ainda produz oxigênio no sistema. A oxidação do ozônio pode matar microrganismos, mas requer manter um certo nível de ozônio dissolvido no sistema para atingir um tempo calculado de contato. A eficiência da desinfecção depende do produto residual de ozônio e o tempo de contato, uma câmara de contato de ozônio providencia tempo suficiente para que o produto residual inative os microrganismos patogênicos. Água de desinfecção pode necessitar uma manutenção dos níveis de ozônio de 0,1-0,2 mg/l, por períodos de 1-30 minutos dependendo do patógeno alvo (Kasai; Yoshimizu; Ezura, 2002).

O pH tem grande importância em diversos processos químicos e biológicos em sistemas RAS, pH de 6,8 ou menor, diminuem a taxa de nitrificação do filtro biológico, como níveis baixo de pH podem também afetar negativamente a saúde dos animais ao alterar a química do sangue, pH também altera a toxicidade de diversos metais e da amônia. Alcalinidade e pH geralmente são tratadas em paralelo, com o objetivo de manter os níveis de alcalinidade acima de 50 mg/l, o que ajuda a manejar o balanço do pH. No filtro biológico, o processo de nitrificação, com a produção de íons de hidrogênio, o pH sofre diminuição e consome alcalinidade. Para manter os níveis de alcalinidade regulares, é necessário a adição de hidróxidos, como hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), e carbonatos, como bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Os carbonatos são mais indicados devido ao preço e ao armazenamento simplificado, porém demandam mais tempo para total dissolução (DAVISON, 2018).

### **3.Objetivos**

#### **3.1.Objetivo Geral**

O objetivo do presente trabalho foi dimensionar e executar o sistema de recirculação aquícola marinha experimental do Centro de Aquicultura e Pesca (CEDAP) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI).

#### **3.2.Objetivos Específicos**

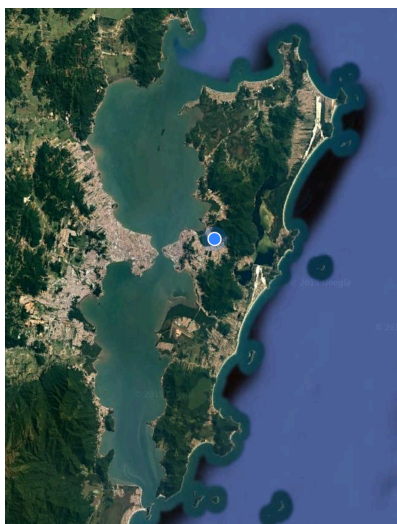
1. Elaborar uma revisão bibliográfica sobre a sardinha verdadeira e sistemas de recirculação aquícola.
2. Dimensionar através da literatura disponível o sistema de recirculação aquícola, podendo ser utilizado para diversas espécies e índices zootécnicos.
3. Executar o projeto do sistema de recirculação aquícola marinho durante o período de estágio final.

## 4.Desenvolvimento do projeto

### 4.1.Localização

O dimensionamento do sistema de recirculação aquícola marinha experimental foi concebido para ser executado dentro de uma estufa plástica, situada ao fundo do Centro de Treinamento da EPAGRI (CETRE), localizado na Rodovia Admar Gonzaga, número 1188, bairro Itacorubi, no município de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Figura 18. Localização CETRE em Florianópolis



Fonte: Google Earth

Figura 19. Fachada CETRE



Fonte: Google Earth

### 4.2.EPAGRI

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI – é uma empresa pública, vinculada ao Governo do Estado de Santa Catarina por meio da Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca. A criação da Empresa, em 1991, uniu os trabalhos de pesquisa e extensão rural e pesqueira, somando décadas de experiência em diferentes áreas e fortalecendo ainda mais o setor. Conta com 9 estações experimentais e 3 campos experimentais espalhados pelo estado, além de 13 centros de

treinamento e 294 escritórios municipais. As ações de pesquisa, extensão e desenvolvimento organizacional da EPAGRI são organizadas por programas. O programa de aquicultura e pesca tem como objetivo – Promover o desenvolvimento sustentável da piscicultura, maricultura e pesca artesanal, oferecendo alternativas competitivas para a melhoria da renda e qualidade de vida das famílias rurais e pesqueiras -. Disponível em: <<https://www.epagri.sc.gov.br>>. Acesso em: 09 set. 2019.

#### 4.4. Infraestrutura existente

No local existia apenas uma estufa de lona com estrutura metálica de 10 m x 21 m, totalizando 210 m<sup>2</sup>, onde o sistema foi montado, 16 pallets de madeira com altura de 0,4 m e dimensões que variam de 2,1 m x 2,6 m até 2,1 m x 1,8 m, que serviram de apoio para as unidades de cultivo e também dois reservatórios para água salgada de 20.000 L cada, posicionadas fora da estufa.

Figura 20. Estufa



Fonte: Foto autoral.

Previamente ao presente trabalho, já haviam sido comprados componentes para um futuro sistema de recirculação, segue, inventariado abaixo.

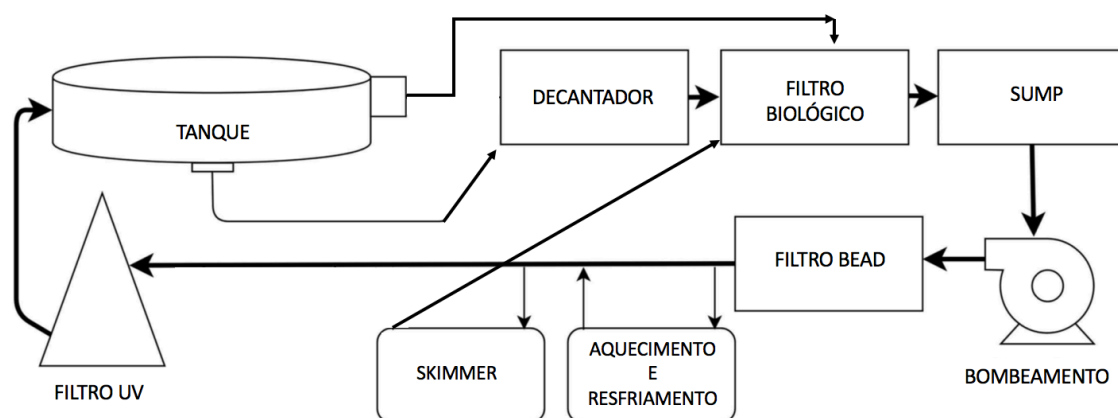
Tabela 2. Equipamentos comprados previamente

Descrição	Modelo	Quantidade	Unidade
Tanques fibra 2.000 L	Bakoftec autolimpante 2.000 L	8	Unidades
Motobomba 2 cv, 230 V	Alaska plus 2 HP	4	Unidades
Filtro mecânico, tipo <i>Bead</i>	Bead Filter Altamar A21	2	Unidades
Recipiente filtro Biológico	Não especificado 1 m <sup>3</sup>	2	Unidades
Mídia Biológica fluidizável	Não especificado	2	m <sup>3</sup>
Mídia Bead Polietileno baixa densidade	PEAD Braskem S.A.	0,21	m <sup>3</sup>
Bomba de calor 45.000 BTU	Astral pool TOP+ 14	2	Unidades
Conjunto desinfecção UV	Conjunto filtro UV Altamar 30 mJ/cm <sup>2</sup> s	2	Unidades

Fonte: Tabela autoral.

#### 4.5. Memorial descritivo

Figura 21. Fluxograma sistema RAS EPAGRI



Fonte: Figura autoral.

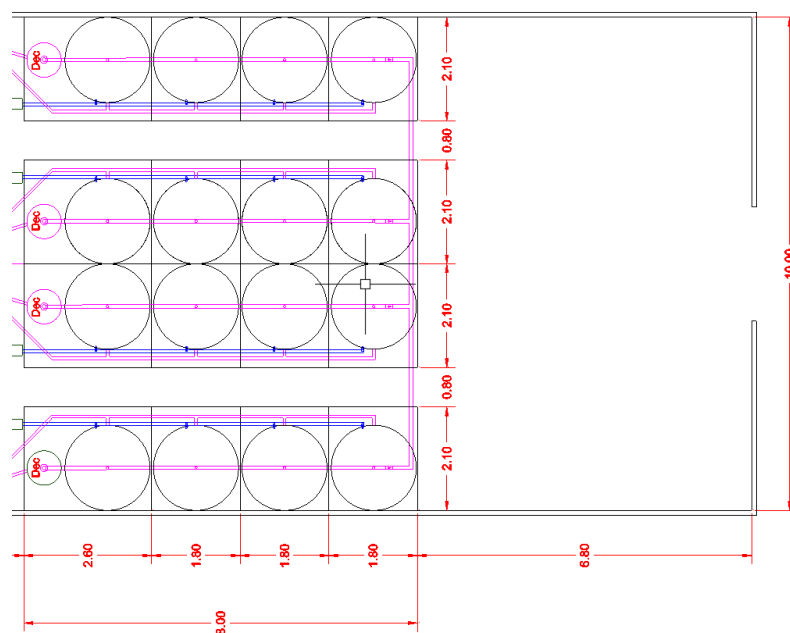
Foram montadas 2 linhas de tanque, e no futuro serão instaladas mais 2, cada uma independente, o memorial descritivo faz o detalhamento de apenas uma linha, porém as outras serão cópia da mesma. Apenas a aeração e a energia atenderão todo o sistema.

O sistema foi montado dentro de uma estufa de 10 m x 21 m, totalizando 210 m<sup>2</sup>, com estrutura de lona plástica transparente com armação metálica, o assoalho da estufa é



todo com brita comum. A estufa permite abrir as lonas laterais. As unidades de cultivo foram posicionadas a uma distância de 6,80 m da entrada da estufa, por cima de pallets com 2,1 m x 1,8 m ou 2,1 m x 2,6 m e altura de 0,53 m, posicionados de forma a fazer uma coluna com exatos 8 m de comprimento e 2,1 m de largura, os pallets serão de pinus tratado. Entre cada coluna de tanques existirá uma distância de 0,8 m com plataforma móvel, para possibilitar a passagem e o manejo.

Figura 22. Detalhamento da posição das unidades de cultivo



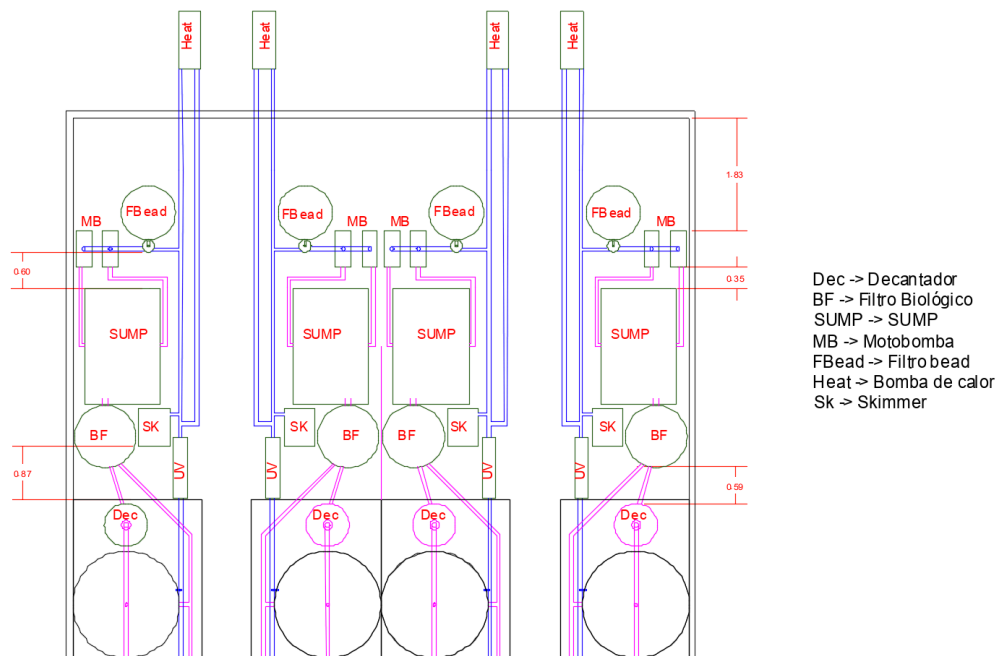
Fonte: Figura autoral.

Por se tratar de uma unidade experimental, na entrada e saída de cada elemento de tratamento existirá uma tomada de coleta de água, para que seja possível analisar não apenas os parâmetros de qualidade de água total, e sim o funcionamento de cada unidade de tratamento.

A unidades de cultivo são tanques de fibra redondos com base superior medindo 1,73 m e base inferior medindo 1,45 m, fundo cônico autolimpante, 1,05 de altura, as unidades tem dreno central em PVC de água fria 75 mm com altura nominal do tanque, juntamente com o dreno central existe uma tubulação em PVC de esgoto de 150 mm com cortes inferiores para garantir drenagem da água de fundo, o dreno central drenará cerca de 6 % do total, mandando então esse efluente rico em sólidos para o decantador. O abastecimento da unidade foi feito em PVC de água fria 60 mm com a parte final em 32 mm e fluxometro, posicionada para a direita, criando um efeito de vortex com sentido horário, devido a força de Coriolis, facilitando a drenagem das partículas solidas e a natação dos animais. Existe também saída lateral no tanque, com flange e tubulação de

60 mm de PVC de água fria, onde será capitada cerca de 94 % da vazão de troca de água, através de controle de nível, esse efluente, por ter menos sólidos, irá diretamente ao filtro biológico

Figura 23. Detalhamento da posição dos equipamentos de tratamento de água



Fonte: Figura autoral.

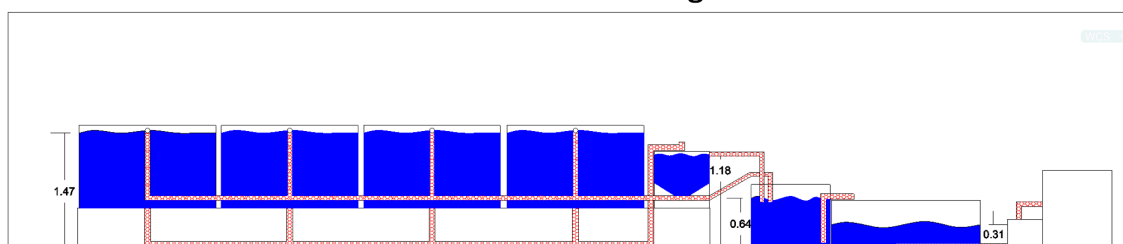
No caso do uso de decantador, a água será abastecida no centro do mesmo, e com um aparato será direcionada ao fundo do decantador, a saída de água será pela superfície, com aparato que garante a não turbulência da água na saída. Nele os sólidos maiores de 100 micra serão decantados e coletados. O decantador está posicionado em nível acima do filtro biológico, portanto a água será escoada para o filtro biológico com tubulação PVC água fria 50 mm por gravidade. No fundo do decantador haverá uma válvula para retirada dos sólidos acumulados.

O filtro biológico é de tipo reator de leito móvel com biofilme, o recipiente é de material plástico e forma cilíndrica com 1 metro de diâmetro, 1,35 m de altura e volume útil de 1 m<sup>3</sup>, as mídias biológicas serão de polipropileno, com flutuabilidade e área de superfície total igual a 680 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, dentro do filtro ainda haverá forte aeração através de pratos difusores e mangueiras microperfuradas. A água chegará por gravidade no filtro biológico, e fluirá do fundo para o SUMP. O filtro biológico foi afundado cerca de 1 metro, para que o efeito da gravidade fosse acentuado e assim aumentasse o fluxo de água, ficando com altura de coluna água entre o decantador e o SUMP.

Para o SUMP foi utilizada uma caixa de água de fibra em formato de “oito”, com volume útil de 1 m<sup>3</sup>, a caixa será abastecida por gravidade pelo filtro biológico e pelos reservatórios, para repor a água perdida. O bombeamento para o resto do sistema será por sucção do SUMP, por duas motobombas que poderão trabalhar em conjunto ou em trabalho intermitente. No SUMP também serão diluídos os reagentes caso necessário.

Figura 24. Cota Hidráulica dos sistemas de drenagem lateral e central

### Cota hidráulica Drenagem



Fonte: Figura autoral.

No SUMP existe tubulação de sucção até as motobombas, cada motobomba tem potência de 2 cv, e altura manométrica nominal de 10 m e vazão nominal de 27 m<sup>3</sup>/h, o recalque da bomba foi feito em tubulação PVC de água fria 60 mm.

Em seguida a bomba, existe filtro bead modelo altamar 21A com vazão máxima de 21 m<sup>3</sup>/h, dentro do filtro será usado mídia de polietileno de alta densidade – PEAD – da marca Braskem S.A. Ficarão retidos os sólidos maiores que 50 micrometros entre as mídias de polietileno de alta densidade. O filtro conta com função retro lavagem, facilitando a limpeza do mesmo e diminuindo a colmatação, o filtro tem diâmetro de 0,81 cm.

Saindo do filtro bead, a água pressurizada seguirá três caminhos. Uma parte – cerca de 5 m<sup>3</sup>/h - seguirá para a bomba de calor através de tubulação de PVC água fria 60 mm, a bomba de calor, modelo Astral Pool TOP+14, com potência de 13,18 Kw ou 45.000 BTUs, ficará posicionada fora da estufa. O *gap* de temperatura ficará ajustado em 2 °C, de 26 °C até 28 °C. Após o aquecimento, a água voltará para o sistema logo anteriormente ao filtro UV. Em outro caminho a água sairá pressurizada do filtro bead e irá passar cerca de 5 %, 491 l/h, pelo skimmer. Por fim, a última opção é da água saindo pressurizada do filtro bead e juntando-se á água aquecida anteriormente ao filtro UV.

De 5 % a 10 % da vazão, ou seja, de 491 l/h até 982 l/h, seguirão para o skimmer, modelo Altamar 350A, com vazão máxima de 4.000 l/h com 120 s de contato, em tubulação de PVC de água fria 32 mm. O skimmer Altamar 350A tem dimensões de 600 mm x 500 m, e ficará posicionado em nível acima do filtro biológico, porque após a flotação no skimmer, a água será direcionada ao filtro biológico por gravidade, onde

tornará ao ciclo. No equipamento serão retiradas as menores partículas, surfactantes, coloides e outros materiais dissolvidos.

Os aparelhos de desinfecção UV, posicionados no solo, receberão uma carga de 30 mWs/cm<sup>2</sup>, desinfecção capaz de inativar os três tipos de bactérias mais comuns na aquicultura segundo Lekang (2013). Seguindo então para as unidades de cultivo, em tubulação PVC água fria de 60 mm. Após o registro de cada tanque há um fluxômetro para controlar a vazão de cada tanque.

A aeração será feita através de sistema central com dois compressores de ar de 2 cv cada, os pontos de aeração serão dentro das unidades de cultivo, através de mangueira microperfurada com 1 polegada de diâmetro na parte inferior mais radialmente possível nos tanques, e também no filtro biológico, através de pratos de aeração. Os compressores ficarão no exterior da estufa, devido ao barulho.

A parte elétrica será capaz de suportar todo o sistema, será feita em sistema bifásico e trifásico, haverá painel de controle elétrico dos equipamentos, com disjuntores, no interior na estufa e todos os cabos elétricos correrão pela parte de cima da estufa, devidamente isolados.

O descarte de efluentes será feita em 4 pontos, no filtro bead, após a retro lavagem, no skimmer será coletado a água residual, no fundo do decantaor ou diretamente dos tanques antes do primeiro processo de tratamento, todo esse efluente será direcionado para uma calha de coleta e então devidamente tratado e descartado.

#### 4.6. Memorial de Cálculo

Todos os cálculos foram realizados com base nas seguintes literaturas.

- LEKANG, Odd-ivar. **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Norway: Wiley-blackwell, 2013. 433 p.
- DAVISON, Andy. **Recirculating Aquaculture Systems: A guide to farm design and operations**. Seattle: Farmfish, 2018. 204 p.
- TIMMONS, M B; EBELING, J M. **Recirculating aquaculture**. 2. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2010. 489 p.

Já os índices técnicos foram todos retirados de literatura científica listada de acordo com as normas na sessão de referências.

Os componentes do sistema foram calculados por linha de tratamento, com exceção da aeração, consumo elétrico e do backup elétrico. Foram dimensionadas 4 linhas com 8 unidade produtivas de 2 m<sup>3</sup> cada, porém no primeiro momento foram executadas apenas 2 linhas.

Tabela 3. Índices produtivos

<b>Índice Produtivo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>	<b>Tipo do dado</b>
Volume útil	8	m <sup>3</sup>	Entrada
Peso final	0,08	kg	Entrada
Sobrevivência	90	%	Entrada
Peixes povoamento	1.778	Peixes	Saída
Peixes despesca	1.600	Peixes	Entrada
Densidade inicial	1	kg/m <sup>3</sup>	Saída
Densidade final	16	kg/m <sup>3</sup>	Entrada
Biomassa final	128	kg	Saída
Taxa de alimentação	4	% ao dia	Entrada
Arraçamento	5,12	kg/dia	Saída
Proteína bruta ração	40	%	Entrada
Tempo de detenção hídrica	48	Minutos	Saída
Recirculação	9,81	m <sup>3</sup> /h	Saída

Fonte: Tabela autoral.

Segundo Timmons & Ebeling (2010), 1 Kg de ração consome 0,5 Kg de O<sub>2</sub>, gera 0,0368 Kg de amônia e 0,25 Kg de sólidos totais. Todo o dimensionamento a seguir utiliza esses índices, com um arraçamento diário de 5,12 Kg.

Tabela 4. Índices de produção de sólidos

<b>Sólidos</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Sólidos totais (SST)	1,28	kg	Saída
Sólidos sedimentáveis	0,64	kg	Saída
Sólidos em suspensão (SS)	0,64	kg	Saída
Sólidos dissolvidos	0,32	kg	Saída

Fonte: Adaptado de TIMMONS; EBELING, 2010

Para o decantador, devido a seu pequeno volume, foi necessário utilizar o limite inferior dos índices indicados, utilizando um tempo de detenção hídrica de 15 minutos para 6,27 % da vazão total, ou seja, 615 litros.

Tabela 5. Índices decantador

<b>Decantador</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Tempo de detenção hídrica	15	Minutos	Entrada
Porcentagem vazão dreno central	6	%	Entrada
Vazão decantador	0,59	m <sup>3</sup> /h	Saída
Volume do decantador	0,15	m <sup>3</sup>	Saída
Altura	0,4	m	Entrada
Área sedimentável	0,37	m <sup>2</sup>	Saída
Diâmetro	70	cm	Saída

Fonte: Tabela autoral.

O dimensionamento do filtro biológico foi feito com o objetivo de utilizar o equipamento já comprado de 1 m<sup>3</sup>, no estilo *MBBR*, e a vazão do sistema foi decidida através da vazão necessária para o filtro biológico.

Tabela 6. Índices filtro biológico

<b>Filtro Biológico</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Gera	188,42	g de amônia/dia	Entrada
Consome	0,4	g de amônia/dia	Entrada
Necessidade	471	m <sup>2</sup> /dia	Saída
ASE Mídia	680	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Entrada
Volume mídia necessária	0,69	m <sup>3</sup>	Saída
Fração vazia	30	%	Entrada
Volume total	0,99	m <sup>3</sup>	Saída
Eficiência	40	%	Entrada
Vazão filtro biológico	9,81	m <sup>3</sup> /h	Saída

Fonte: Tabela autoral.

A aeração foi dimensionada já para ser uma tubulação central apenas com divisórias nos pontos finais, excluindo assim a necessidade de dimensionamento para cada linha, ou seja, o dimensionamento a seguir engloba as duas linhas já construídas em conjunto com as duas futuras linhas.

Tabela 7. Índices aeração

<b>Aeração</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Eficiência	0,2	kg O <sub>2</sub> /kWh	Entrada
Consumo mínimo	0,11	kg O <sub>2</sub> /h	Saída
Taxa de folga	25	%	Entrada
Consumo adotado	0,13	kg O <sub>2</sub> /h	Saída
Consumo <i>blower</i> /linha	0,67	kWh	Saída
Consumo <i>blower</i> total	2,67	kWh	Saída
Potência mínima <i>blower</i>	3,63	Cv	Saída

Fonte: Tabela autoral.

Para o dimensionamento de skimmer foi utilizada a regra de ouro do livro *Recirculating Aquaculture Systems: A guide to farm design and operations*, 2018 escrito por Andy Davison. Utilizando-se uma vazão paralela de 5 % da vazão total, o skimmer já se torna eficiente tanto na remoção de sólidos finos como economicamente. Como o sistema terá uma vazão total de 9,81 m<sup>3</sup>/h, é necessário um skimmer com capacidade mínima de 491 l/h.

Tabela 8. Índices aquecimento

<b>Aquecimento</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Fluxo água salgada	2,73	l/s	Saída
Calor específico água salgada	4	Kj/kg	Entrada
Diferença de temperatura	1	°C	Entrada
Potência necessária	10,90 e 37.225	kW e BTU	Saída
Consumo elétrico	10,90	kWh	Saída

Fonte: Tabela autoral.

Para dimensionamento do sistema de desinfecção foi decidido utilizar a dose de desinfecção de 30 mWs/cm<sup>2</sup>.

Tabela 9. Índices de desinfecção

<b>Desinfecção</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Dose de desinfecção	30	mWs/cm <sup>2</sup>	Entrada
Tempo de contato	25	S	Saída
Área de superfície	2,5	cm <sup>2</sup>	Entrada
Coefficiente transparência	0,59	Log	Entrada
Potência lâmpada	40	W	Saída

Fonte: Tabela autoral.

O consumo elétrico foi estimado para o sistema completo, todas as 4 linhas, 100 % operantes, nota-se que ainda assim foram estimadas apenas 4 motobombas funcionando, isso se deve pelo fato de que apesar de haver duas motobombas em cada linha, elas funcionaram de maneira intermitente, visto que a vazão máxima da motobomba é quase 3 vezes maior que a do sistema. O aquecedor foi dimensionado funcionando 50 % do tempo, porém esse dado é muito relativo, visto que no inverno deve trabalhar mais e no verão menos.



Tabela 10. Estimativa consumo elétrico

<b>Consumo elétrico total</b>						
Equipamento	Potência	Qtdd	H/mês	Consumo mensal	Custo kWh	Custo mensal
Motobomba	1,47 kW	4	720	4.236,5 kWh		R\$ 1.948,78
Compressor	2,94 kW	2	720	4.233,6 kWh		R\$ 1.947,46
Aquecedor	13,18 kW	4	360	37.958,4 kWh	R\$0,46	R\$ 17.460,86
Skimmer	0,18 kW	4	720	529,34 kWh		R\$ 243,50
Filtro UV	0,04 kW	4	720	115,2 kWh		R\$ 52,99
<b>Total</b>	<b>17,8 kW</b>			<b>47.073 kWh</b>		<b>R\$ 21.653,59</b>

Fonte: Tabela autoral.

Ao se dimensionar um gerador, é necessário levar em conta os equipamentos de caráter indutivo, ou seja, com motor, pois os mesmos necessitam de um dimensionamento de pico, visto que quando o equipamento é ligado, o mesmo consome cerca de 3 vezes sua potência, por um curto período de tempo. Desta forma, o gerador foi dimensionado utilizando a potência de pico dos equipamentos indutivos.

Tabela 11. Índices gerador

<b>Gerador</b>			
Equipamento	Quantidade	Potência total (W)	Potência Pico
Motobomba	4	5.884,00	17.652,00 w
Compressor	2	5.880,00	17.640,00 w
Aquecedor	4	52.720,00	Não se aplica
Skimmer	4	735,20	2.205,60 w
Filtro UV	4	160,00	Não se aplica
Potência Necessária	-	90.377,60	90,3 Kva

Fonte: Tabela autoral.

Como não se deve trabalhar com a potência calculada do gerador, utiliza-se uma folga de 30 % sobre a potência máxima – leia-se em pico – portanto deverá ser utilizado um gerador de pelo menos 130 Kva para manter todos os equipamentos funcionando.

Para o diâmetro da tubulação trabalhou-se com a velocidade máxima do fluido dentro do tubo de 1,5 m/s, e foi calculado de acordo com a vazão máxima do sistema,

porém ao executar o sistemas foi-se decidido aplicar uma folga a esse valor, caso fosse trabalhar com uma vazão maior no futuro, eliminando a necessidade de trocar a tubulação.

Tabela 12. Dimensionamento diâmetro mínimo necessário para a tubulação

<b>Tubulação</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Vazão	0,0027	m <sup>3</sup> /s	Saída
Velocidade máxima água	1,5	m/s	Entrada
Área do tubo	0,0018	m <sup>2</sup>	Saída
Diâmetro mínimo	48,11	Mm	Saída
Diâmetro nominal	50	mm	Saída

*Fonte: Tabela autoral.*

Para o cálculo da perda de carga linear foi utilizado o valor de 0,035 para o coeficiente de rugosidade do PVC, utilizando-se a equação de Darcy-Weisbach.

Tabela 13. Índices bombeamento

<b>Bombeamento</b>			
Índice	Valor	Unidade	Tipo do dado
Perda de carga linear	3,16	m	Saída
Perda de carga pontual	4,78	m	Saída
Altura manométrica real	1,3	m	Entrada
Altura manométrica total	9,24	m	Saída
Vazão	9,81	m <sup>3</sup> /h	Saída

*Fonte: Tabela autoral.*

#### 4.7.Execução

Os pallets de madeira já haviam sido construídos anteriormente, com medida de 2,60 m de largura, porém com essas medidas não seria possível montar 4 linhas de tratamento, pois a estuda tem 10,0 m de largura, portanto o primeiro trabalho de montagem do sistema foi redimensionar os pallets para que ficassem com 2,1 m de largura, cabendo assim, futuramente as 4 linhas de tratamento.

Figura 25. Estufa no primeiro dia



Fonte: Fotografia autoral.

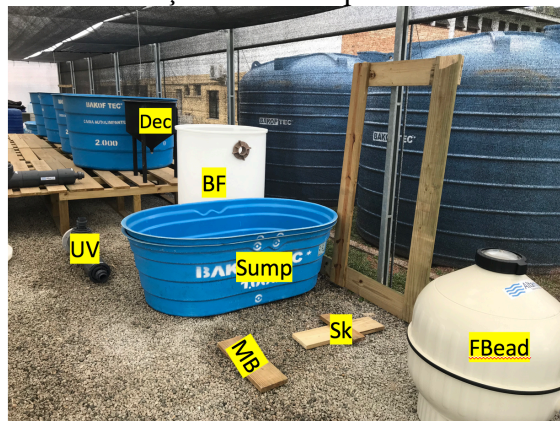
Figura 26. Posição dos pallets pós adaptação



Fonte: Fotografia autoral.

O próximo passo foi a distribuição espacial dos equipamentos de tratamento de água no fundo da estufa, buscando sempre boa acessibilidade e bom aproveitamento do espaço.

Figura 27. Simulação inicial de posicionamento dos equipamentos



LEGENDA  
 Dec: Decantador;  
 BF: Filtro Biológico;  
 Sump: SUMP;  
 Sk: Skimmer;  
 FBead: Filtro Bead;  
 MB: Motobomba  
 UV: Desinfecção UV.

Fonte: Fotografia autoral.

Foram então construídas as plataformas moveis de trabalho, aumentando o espaço para manejo, porém sem comprometer a parte de baixo dos pallets, no caso de eventual manutenção na parte inferior.

Figura 28. Montagem das plataformas de manejo



Fonte: Fotografia autoral.

O próximo passo foi nivelar os pallets, para que não houvesse desnível dentro dos tanques. Após nivelar os pallets, os tanques foram posicionados em seus devidos locais.

Figura 29. Posicionamento dos tanques



Fonte: Fotografia autoral.

Foi então feita a tubulação de drenagem, com tubulação de 75 mm PVC de água fria.

Figura 30. Tubulação de drenagem inferior



Fonte: Fotografia autoral.

Foi necessário adaptar o decantador, feito a partir de incubadoras. A altura foi diminuída, cortando-se 30 cm das pernas, a saída foi feita com flange de 50 mm para conexão da tubulação que levará ao filtro biológico e os aparatos para evitar turbulência foram feitos.

Figura 31. Adequação incubadora para decantador



Incubadora

Decantador  
Visão externa

Decantador  
Visão interna

Fonte: Fotografia autoral.

A água fluirá por gravidade do decantador para o filtro biológico, porém como as “pernas” do decantador foram cortadas, o mesmo ficou com nível de coluna de água abaixo do filtro biológico, portanto fez-se necessário, cavar um buraco para posicionar o filtro biológico cerca de 1,00 m mais baixo, para que houvesse diferença de altura entre os dois equipamentos.

Figura 32. Nivelamento filtro biológico



Fonte: Fotografia autoral.

Foi feita então a tubulação de sucção do SUMP para as motobombas, uma de cada lado do mesmo, e então das motobombas para o filtro BEAD, a tubulação foi feita com registros para que fosse possível trabalhar com apenas 1 ou as duas motobombas por vez.

Figura 33. Posicionamento SUMP, motobombas e filtro BEAD



Fonte: Fotografia autoral.

Para o filtro UV foi construída uma tubulação com by-pass para que quando seja necessário trocar a lâmpada, não seja necessário parar o sistema, e logo após o mesmo já foi feita a tubulação de abastecimento, com registros e fluxometro em cada tanque. A tubulação foi ainda fixada no chão e nos tanques com braçadeiras.

Figura 34. Desinfecção UV com by-pass



Fonte: Fotografia autoral.

Figura 35. Detalhe abastecimento individual tanques



Fonte: Fotografia autoral.

Foram feitas então as saídas laterais por onde se escoarão 94 % do fluxo de água, medimos a altura necessária acima do dreno central e então fizemos a furação, a tubulação foi feita com PVC de água fria 60 mm, indo diretamente para o filtro biológico, visto apresentar teoricamente poucos sólidos suspensos. A tubulação ficou a 10 cm do tablado, apoiada em toras de madeira.

Figura 36. Detalhe saída lateral e entrada no filtro biológico



Fonte: Fotografia autoral.

Durante o período de estágio foi possível a execução até o último ponto citado nesse documento, portanto ficaram pendentes a linha de aeração, fiação elétrica dentro da

estufa, a montagem dos skimmers e o posicionamento dos trocadores de calor no exterior da estufa. Pela EPAGRI se tratar de um órgão público a compra de materiais é bastante burocrática e os equipamentos faltantes, como também o material elétrico, diga-se painéis elétricos, ainda não foram comprados, ficando assim pendentes.

## 5.Recomendações Técnicas

Algumas recomendações técnicas são cabíveis para uma próxima execução de projeto semelhante, ou apenas para constatação.

Em primeiro lugar, seria interessante posicionar mais um decantador do mesmo volume no sistema, pois o volume de água que está passando pelo mesmo é de apenas 6 % praticamente o mínimo recomendável, posicionando mais um ao lado já se pula para 12 %, numero mais interessante, além de que o custo e o trabalho necessários para acoplar mais um decantador no sistema são mínimos.

Outro aspecto importante seria o aumento do volume útil do filtro biológico, que no caso é o componente que está limitando a produção, todos os outros componentes aguentam cerca do dobro de produção, segundo os cálculos teóricos, portanto, dobrar o volume do filtro biológico para 2 m<sup>3</sup>, já seria suficiente para dobrar a produção, podendo-se chegar a densidade de 32 kg/m<sup>3</sup> com alimentação diária de 4 % do peso vivo e ração 40 % proteína bruta.

O SUMP sofre do mesmo dilema, atualmente tem volume útil de apenas 1 m<sup>3</sup>, para diluição de compostos, reposição de água no sistema não existe problema, o problema existe nos momentos de despesca, quando o bombeamento dos tanques for desligado e o nível baixar para a despesca, toda a água dos tanques correrá por gravidade para o SUMP, que por sua vez transbordará, perdendo-se cerca de 8 m<sup>3</sup> de água que poderia ser reutilizada, dessa maneira se faz necessário a abertura da tubulação para descarte dessa água. Além disso, por se tratar de um grande volume, o sistema de tratamento de expurgo terá que considerar esse afluente, muito mais volumoso que a necessidade diária do sistema. O ideal seria um SUMP com no mínimo o volume dos tanques + tubulação que sofrem com efeito da gravidade, cerca de 9 m<sup>3</sup>, para que não houvesse o problema da perda de água nas despescas.

Foram utilizadas antigas incubadoras como decantador, prática muito utilizada em laboratórios de pesquisa, as incubadoras utilizadas tinham o diâmetro correto para o dimensionamento de 6,27 % do volume de vazão com 15 minutos de tempo de detenção hídrica. Porém três fatores, diminuem a eficiência do decantador, o primeiro é a altura do



cone que é muito pequena, fazendo assim com que os sólidos se acumulem perto da parte cilíndrica e assim possam ser revolvidos com o fluxo de água. Outro fator é a inclinação da parte cônica, que também é pouca, fazendo com que os sólidos não se acumulem totalmente no fundo do cone e sim por toda sua extensão, fazendo com que o expurgo seja mais volumoso no momento de drenagem, visto que o mesmo não estará tão concentrado. O terceiro é que o “ladrão” do decantador é em apenas um local, toma-se como interessante a captação de água do decantador por todo o perímetro do mesmo, tornando-se a drenagem mais homogênea. Portanto seria interessante, modificar a altura do cilindro, cerca de 50 cm, aumentar a curvatura do cone e construir uma calha dentada nas bordas para a captação de toda a água radial do decantador, trabalho que pode ser facilmente executado por profissional com conhecimento de trabalho com fibra de vidro.

## 6.Considerações finais

Após esse projeto posso destacar a importância da parte prática na formação estudantil, dimensionar projetos com todos os ensinamentos recebidos é algo que de certa forma estamos acostumados durante a graduação, porém ter a oportunidade de botar em prática foi algo que agregou de forma inenarrável para mim e poder perceber que nada é perfeito como narrado em livros, imagino que seja um ponto importante na vida de um engenheiro.

Acredito que a verdadeira função de um engenheiro seja resolver problemas, durante esses três meses me deparei com diversos problemas, dos mais simples desde posicionamento espacial de pallets, até problemas físico-matemáticos mais complexos, como fazer a divisão da porcentagem de vazão dos drenos dos tanques por exemplo, resolve-los nem sempre foi fácil, porém pude perceber que o *background* concebido pela universidade nos dá capacidade para ir atrás do conhecimento específico e resolver problemas que fujam do padrão estudado em sala de aula, mas presentes no ambiente de trabalho.

Minha percepção sobre o futuro da aquicultura é que deve-se investir nos sistemas intensivos, com baixo índice de uso de água e ambientes controlados, sistemas como o RAS e a aquicultura multitrófica integrada – IMTA – necessitam ser estudados a fundo e crescer no cenário nacional principalmente, é necessário que sejamos mais conscientes com nossos modelos de produção, cuidar melhor do nosso meio ambiente e fornecer alimento para todos. A produção de peixes marinhos, em RAS principalmente, tem muito a crescer no Brasil, com grande aceitação de peixes marinhos pela população e a baixa produção dos mesmos, é um mercado muito grande a ser explorado.

## 7.Referencias

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Coping with water scarcity**. Rome: Fao, 2012. 78 p.

PAIVA, Mel Pinto; MOTTA, Paulo Cesar Silva da. Cardumes da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner), em águas costeiras do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 17, n. 2, p.339-346, jan. 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fishery and Aquaculture statistics**. Roma: Fao, 2018. 108 p.

CERGOLE, Maria Cristina; DIAS NETO, José. **Plano de Gestão para o uso sustentável de Sardinha-Verdadeira, *Sardinella Brasiliensis*, no Brasil**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama, 2011. 181 p.

JABLONSKI, Silvio. The Brazilian sardine. Is there any room for modelling? **Pan American Journal Of Aquatic Sciences**. Rio de Janeiro, p. 86-93. jun. 2007.

CERGOLE, M. C.. Stock assessment of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, of the south-eastern Coast of Brazil. **Scientia Marina**, Barcelona, v. 59, n. 3-4, p.597-610, jan. 1995.

KURTZ, F. W.; MATSUURA, Y.. Food and feeding ecology of Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis* larvae from the Southeasterns Brazilian Bight. **Revista Brasil Oceanografía**, São Paulo, v. 49, n. 1/2, p.61-74, jan. 2001.

SCHNEIDER, F.; SCHWINGEL, P. R.. **Estudo preliminar da ecologia trófica da *Sardinella brasiliensis* na costa sudeste do Brasil**. Itajaí: Notas Técnicas Facimar, 1999. 6 p.

GOITEIN, R.. ***Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879): estudos sobre alimentação nas regiões de Ubatuba (23º 26'S) e Santos (24º 02'S)**. 1978. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

CERGOLE, M. C.; VALENTINI, H.. Growth and mortality estimates of *Sardinella brasiliensis* in the southeastern Brazilian bight. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 42, n. 1/2, p.113-127, fev. 1994.

REIS, Luiz Augusto Silva. **CRESCIMENTO DE JUVENIS, MATURAÇÃO SEXUAL, REPRODUÇÃO E LARVICULTURA DA SARDINHA- VERDADEIRA (*Sardinella brasiliensis*) EM CATIVEIRO**. 2013. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

BALOI, Ma Fa. **Manejo alimentar de juvenis de sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879)**. 2017. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

LADICK, Ja. **Efeito de diferentes dietas no desempenho zootécnico de juvenis de sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, criados em tanque-rede**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

LEKANG, Odd-ivar. **Aquaculture Engineering**. 2. ed. Noruega: Wiley-blackwell, 2013. 433 p.

DAVISON, Andy. **Recirculating Aquaculture Systems: A guide to farm design and operations**. Seattle: Farmfish, 2018. 204 p.

VASCONCELLOS, M. **Ecosystem impacts of fishing forage fishes: an analysis of harvest strategies for the Brazilian sardine**. 2000. 190 f. Tese (Doutorado) - University Of British Columbia, Vancouver, 2000.

JABLOSKI, S. **Modelos Não Paramétricos e Sistemas Especialistas na Avaliação da Influência de Fatores Ambientais sobre Recursos Pesqueiros: o caso da Sardinha-Verdadeira *Sardinella brasiliensis***. 2003. 152 f. Tese (Doutorado) - Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

JABLONSKI, S.; LEGEY, L F L. Environmental effects on the recruitment of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis* (1977-1993). **Scientia Marina**. Barcelona, p. 385-398. jan. 2004.

TIMMONS, M B; EBELING, J M. **Recirculating aquaculture**. 2. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2010. 489 p.

ANDREOTTOLA, G. et al. Experimental comparison between MBBR and activated sludge system for the treatment of municipal wastewater. **Water Science And Technology**, Trento, v. 41, n. 4-5, p.375-382, jan. 2000.

DAVIDSON, John; SUMMERFELT, Steven T.. Solids removal from a coldwater recirculating system—comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. **Aquacultural Engineering**, Shepherdstown, v. 33, n. 1, p.47-61, jan. 2005.

KASAI, Hisar; YOSHIMIZU, Mamoru; EZURA, Yoshio. **Disinfection of water for aquaculture**. Hokkaido: Fisheries Science, 2002. 4 p.

HOLMER, Marianne. Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs. **Aquaculture Environment Interactions**. Odense, p. 57-70. ago. 2010.