



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Elaine Aisenberg Ferenhof

**Uso de efluentes da criação de camarões em bioflocos como solução nutritiva para a
produção de espinafre**

Florianópolis

2021

Elaine Aisenberg Ferenhof

**Uso de efluentes da criação de camarões em bioflocos como solução nutritiva para a
produção de espinafre**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Prof. Walter Quadros Seiffert, Dr.

Florianópolis

2021

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

Ferenhof, Elaine Aisenberg

Uso de efluentes da criação de camarões em bioflocos como solução nutritiva para a produção de espinafre / Elaine Aisenberg Ferenhof ; orientador, Walter Quadros Seiffert, 2021.

46 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Bioflocos. 3. Sistema Aquapônico Desacoplado. 4. Espinafre Nova Zelândia. I. Seiffert, Walter Quadros . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Elaine Aisenberg Ferenhof

**Uso de efluentes da criação de camarões em bioflocos como solução nutritiva para a
produção de espinafre**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora
composta pelos seguintes membros:

Prof. Walter Quadros Seiffert, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Jorge Barcelos, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Frank Belettini, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura

Prof. Walter Quadros Seiffert, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2021.

Este trabalho é dedicado a todos que buscam melhorar a qualidade de vida não só do ser humano, mas também dos animais de produção e do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Walter Quadros Seiffert, por suas orientações, paciência e dedicação, que para muito além desse projeto, acreditou em mim quando nem eu acreditava.

Aos colegas do grupo da aquaponia – LCM, pelas dicas e trocas nas reuniões, presenciais e on-line, vocês ajudaram bastante a me acalmar nas horas de desespero e me dar uma direção quando estava com “bloqueio de escritor”.

Ao Prof. Dr. Maurício Luiz Sens, Supervisor do Laboratório LAPOA/ENS/CTC/UFSC, que gentilmente me permitiu utilizar as dependências do Laboratório de Potabilização da Água (LAPOA), para a execução do experimento.

Ao Ailton Borges Rodrigues, mestrando do PPGEA, pelo apoio mútuo sob o desafio de realização dos experimentos em época de pandemia, não sei o que seria de mim sem você ter oferecido o espaço e o empréstimo da Núbia a “nossa” estagiária.

À Claudinha – técnica do LCM e à Aline – técnica do LIMA, pelas análises laboratoriais.

Ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e ao LCM por proporcionarem esta oportunidade, apoio e suporte necessários ao desenvolvimento desta pesquisa.

Aos familiares e amigos que torceram e comemoraram junto cada vitória e conquistas até aqui.

À todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para com a realização desta Dissertação de Mestrado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que
todo mundo vê”* **Arthur Schopenhauer** (1851, p.172)

RESUMO

A sociedade atual se depara com um enorme **desafio de ofertar comida** à população, enquanto enfrenta os impactos das **mudanças climáticas** e da **degradação ambiental**. A necessidade de criar sistemas mais intensivos e com menor descarga de efluentes se faz necessário. Portanto, a **carcinicultura intensiva** utilizando os **bioflocos** surge como uma forma de criação destes organismos marinhos. Por outro lado, ao utilizar este sistema (bioflocos) há a necessidade de diminuição de nutrientes nos efluentes gerados, para tal a **aquaponia** vem sendo utilizada como solução de reaproveitamento do excesso de nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do bioflocos seco, na forma de pó, adicionado a água como solução nutritiva para plantas halófitas. A fim de atingir este objetivo, foi realizado um experimento ao qual se avaliou o desempenho fitotécnico de mudas do espinafre *Tetragonia tetragonoides*, comparando a solução nutritiva desenvolvida nesta pesquisa com a solução de Hoagland modificada por intermédio de abordagem quantitativa. O experimento teve duração de 30 dias e ao final do estudo foram avaliados a composição de macro e micronutrientes em ambas as soluções nutritivas e nas folhas do espinafre, assim como o índice fitotécnico. Os resultados demonstram uma alta solubilidade dos nutrientes presentes no bioflocos em pó, com uma composição de quase 70% de minerais, 30% de matéria orgânica e, valores de pH superiores à solução hidropônica. A solução com bioflocos apresentou uma menor concentração de alguns elementos com uma alta solubilidade, porém não houveram diferenças significativas na composição mineral das folhas ($p = 0,1007$), tendo uma sobrevivência de 100% das mudas neste sistema. Com base nestes dados, pode-se observar que o uso da solução nutritiva advinda do bioflocos em pó demonstrou ser eficiente para nutrição do espinafre, podendo incentivar um segundo cultivo ao produtor de camarões como também a comercialização do bioflocos seco, diminuindo assim a degradação ambiental pelo reaproveitamento dos efluentes de cultivo, além de fornecer novas fontes de renda ao produtor.

Palavras-chave: Aquicultura; Bioflocos; Sistema Aquapônico Desacoplado; Espinafre Nova Zelândia.

ABSTRACT

The current society is faced with a considerable **challenge of offering food** to the population while facing the impacts of **climate change** and **environmental degradation**. The need to create more intensive systems and less discharge of effluents is necessary. Therefore, intensive shrimp farming using bioflocs arises as a form of creation of these marine organisms. On the other hand, when using this system (bioflocs), there is a need to reduce the nutrients on those effluents generated, and aquaponics has been used to reuse those nutrients in excess. Thus, the objective of this work was to evaluate whether the use of dried bioflocs' powder can be added to water as a nutrient solution for halophyte plants. In order to achieve this objective, an experiment was carried out to observe the phytotechnical performance of *Tetragonia tetragonioides* seedlings, comparing the nutrient solution developed in this research with the modified Hoagland solution through a quantitative approach. The experiment lasted 30 days, and at the end of the study, macro and micronutrient's composition were evaluated on both nutrients and spinach leaves, and also, the phytotechnical stats. The results demonstrate a high nutrients solubility present in bioflocs' powder, with a composition of almost 70% minerals, 30% of organic matter and, pH values higher than the hydroponic solution. On the other hand, the solution with bioflocs showed a lower concentration of some elements with a high solubility, but there were no significant differences in the leaves mineral composition ($p = 0.1007$), having a 100% of the seedlings survival on this system. Based on these data, it can be observed that the use of the bioflocs' powder nutrient solution has proved to be efficient for spinach nutrition and can encourage second cultivation to the shrimp producer and also the marketing of dry bioflocs thus reducing environmental degradation by the reuse of cultivation effluents and providing new sources of income to the producer.

Keywords: Aquaculture; Bioflocs; Decoupled Aquaponics System; New Zealand spinach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Suporte de garrafa PET.....	22
Figura 2 - Esquema do DWC	22
Figura 3 - Estufa semicircular semiaberta utilizada para o cultivo de espinafre Nova Zelândia, irrigada com solução hidropônica e solução BFT, durante quatro semanas.....	23
Figura 4 - Composição química da água mineral Imperatriz®	29
Figura 5 - Gráfico comparativo das concentrações de macro e micronutrientes entre as solução hidropônica e solução BFT ao início do experimento	30
Figura 6 - Parâmetros da qualidade de água, medidos diariamente, nos dois experimentos .	32
Figura 7 - Curva da variação média de temperatura medidas na estação meteorológica do Aeroporto Hercílio Luz (SBFL)	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção da aquicultura por continente, principais espécies	13
Tabela 2 - Componentes da solução hidropônica, apresentando seus respectivos pesos de acordo com o volume de solvente (água) e salinidade desejada	23
Tabela 3 - Equações utilizadas nos parâmetros fitotécnicos.....	25
Tabela 4 - Análise dos macro, micronutrientes e determinações especiais do biofoco seco em pó e sua solubilidade em água, realizados no laboratório UNITHAL.....	27
Tabela 5 - Resultado das análises de macro e micronutrientes das soluções hidropônica e BFT, no início e após 30 dias de experimento, realizados pelo laboratório UNITHAL	28
Tabela 6 - Valores de p calculados pelo GraphPad Prism 8	30
Tabela 7 - Índices fitotécnicos de produção da <i>T. tetragonioides</i> em solução hidropônica e solução BFT, cultivada por quatro semanas	34
Tabela 8 - Análise de macro e micronutrientes presentes nas folhas do espinafre, cultivados por quatro semanas, nos dois tratamentos, realizados no laboratório UNITHAL	35
Tabela 9 - Composição mineral de folhas de espinafre, segundo Thomaz <i>et al.</i> (1975).....	35
Tabela 10 - Relações entre os teores Foliares de N, P, Ca, Mg e S com os teores de K considerados adequados em hortaliças folhosas em sistemas hidropônicos	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BFT	<i>Biofloc Technology System</i> ou Sistemas de Bioflocos
CE	Condutividade Elétrica
CRA	Capacidade de retenção de água
CTC	Capacidade de troca de cátions
Rel.CTC/COrg	Relação da capacidade de troca de cátions e carbono orgânico
DWC	<i>Deep Water Culture</i> ou Cultivo em Água Profunda
AMTI	Aquicultura Multitrófica Integrada
LCM	Laboratório de Camarões Marinhos
NaCl	Cloreto de Sódio
NFT	<i>Nutrient Film Technique</i> ou Técnica do Nutriente em Filme
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
RAS	<i>Recirculating Aquaculture Systems</i> , ou Sistemas de Recirculação Aquícolas
SAD	Sistema Aquapônico Desacoplado
SST	Sólidos Suspensos Totais
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i> ou Sólidos Totais Dissolvidos
UE	Unidades Experimentais
ppt	<i>Parts per thousand</i> ou partes por mil (‰)
mg/L ⁻¹	Miligramas por litro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	16
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	ARTIGO CIENTÍFICO	18
2.1	INTRODUÇÃO.....	19
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.2.1	Espinafre	21
2.2.2	Delineamento experimental	21
2.2.2.1	<i>Solução nutritiva hidropônica.....</i>	23
2.2.2.2	<i>Solução nutritiva BFT.....</i>	24
2.2.3	Análise laboratorial dos macronutrientes e micronutrientes das soluções de cultivo, da planta e dos bioflocos em pó.	25
2.2.4	Parâmetros de qualidade de água.....	25
2.2.5	Índices fitotécnicos	25
2.2.6	Análises estatísticas	26
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
2.3.1	Composição de macro e micronutrientes do biofloco em pó.....	26
2.3.2	Composição de macro e micronutrientes da solução hidropônica e da solução aquapônica ao início e fim do experimento.....	28
2.3.3	Parâmetros de qualidade da água.....	31
2.3.4	Desempenho fitotécnico do espinafre Nova Zelândia	33
2.3.5	Composição de macro e micronutrientes das folhas ao final do experimento....	34
2.4	CONCLUSÃO.....	36
	AGRADECIMENTOS.....	37
	REFERÊNCIAS	37
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO.....	43

INTRODUÇÃO

A sociedade atual se depara com um enorme desafio de ofertar comida à uma população estimada em 9 bilhões de pessoas até a metade do século XXI, enquanto enfrenta impactos das mudanças climáticas e degradação ambiental (FAO, 2018).

Segundo a FAO (2020) a Iniciativa de Crescimento Azul (BGI), lançada em 2013, procura incentivar a gestão sustentável dos recursos aquáticos onde, a importância da utilização dos recursos com responsabilidade é amplamente reconhecida e priorizada. Sendo a carcinicultura o segundo maior produto da aquicultura costeira e marinha das Américas (Tabela 1), a necessidade de se buscar sistemas de criação intensivos na carcinicultura por meio do incremento na densidade de cultivo, utilizando menores volumes de água (renovação) e com uma menor descarga de efluentes ricos em nutrientes, se faz necessário.

Tabela 1 - Produção da aquicultura por continente, principais espécies

Categoria	África	Américas	Ásia (-Chipre)	Europa (+Chipre)	Oceania
	(peso vivo, mil toneladas)				
Aquicultura marinha e costeira					
1. Pescado	291	1059	3995	1892	92
2. Crustáceos	6	888	4834	0	6
3. Moluscos	6	640	15876	680	102
4. Outros animais aquáticos	0 ...		387	3	0
Subtotal	302	2587	25093	2575	200

Fonte: FAO (2020), adaptado.

Silva *et al.* (2009) destacam que, para melhorar a sustentabilidade e a biossegurança da carcinicultura, têm-se desenvolvido sistemas de criação com altas densidades de estocagem e sem renovação de água, o *Biofloc Technology System* (BFT) ou simplesmente sistema de bioflocos. Neste contexto o BFT, que são um agregado de algas, microorganismos, restos de alimento e partículas mortas, surge como um sistema de criação intensivo (AVNIMELECH *et al.*, 2014) e que vem se destacando como solução para o crescimento da carcinicultura de forma mais sustentável em relação ao cultivo tradicional (BROWDY *et al.*, 2012; SOARES NETO, 2017).

O BFT é dividido em dois tipos, o heterotrófico, onde as bactérias heterotróficas utilizam carbono orgânico como fonte de energia, assimilando o nitrogênio, consumindo o oxigênio dissolvido (OD) em uma taxa superior à da nitrificação (RAY; LOTZ, 2014; HOSTINS, 2017),

com uma proporção maior de proteína e lipídios em sua composição (MARTINEZ-PORCHAS, *et al.*, 2020). Porém essa adição constante de carbono gera um crescimento da biomassa levando a uma maior acumulação de sólidos na água (HOSTINS, 2017). O segundo sistema, o quimioautotrófico, as bactérias nitrificantes oxidam os íons amônio em nitrito e posteriormente em nitrato (forma menos tóxica do nitrogênio), consomem menos oxigênio no processo e são caracterizados por um acúmulo lento de sólidos em suspensão (RAY; LOTZ, 2014; HOSTINS, 2017). Devido ao fato deste segundo sistema ter maior presença de nitrato, ele foi adotado para o desenvolvimento deste trabalho.

O BFT apresenta diversas vantagens, pois além de reduzir estes compostos nitrogenados dissolvidos na água, podem ser suplementos na dieta dos camarões (SCHVEITZER *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016). Porém, seu excesso (efluentes com altas taxas de nutrientes e matéria orgânica) (KRUMMENAUER *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2016), pode contribuir com o aumento de nutrientes e enriquecimento orgânico nos ecossistemas aquáticos costeiros (SABRY NETO *et al.*, 2015) e, portanto, precisam ser tratados para não prejudicar os camarões cultivados (SCHVEITZER *et al.*, 2012), e o meio ambiente.

Direcionando à solução desse problema, diferentes estratégias de remoção dos nutrientes foram desenvolvidas como: tanques de sedimentação e clarificação em escala laboratorial (GAONA, 2011), construção de *wetlands* com plantas e, o estabelecimento da Aquicultura Multitrófica Integrada (AMTI) (GAONA, 2011; PINHEIRO, 2015; SOARES NETO, 2017; PALM *et al.*, 2018), onde vários organismos aquáticos de diferentes espécies são criados juntos em um mesmo cultivo.

Dentre os cultivos multitróficos, a aquaponia em águas continentais despontou como uma alternativa para a ciclagem de nutrientes, pois surgiu como um sistema integrado que liga a recirculação da aquicultura ao cultivo hidropônico, ou seja, o cultivo de plantas sem solo (DIVER; RINEHEART, 2000, RAKOCY *et al.*, 2006). Na hidroponia os nutrientes essenciais são fornecidos às plantas por meio de uma solução nutritiva balanceada que atende às suas necessidades nutricionais (REBOUÇAS *et al.*, 2013; GAIKWAD; MALLICK, 2020).

Nesta vertente, a aquaponia marinha ou mariponia aponta como um sistema que busca reutilizar os efluentes da aquicultura marinha e estuarina, visando a nutrição de plantas (FERNANDES, 2017), e mais recentemente este sistema tem sido estudado, com o intuito de reutilizar os efluentes da carcinicultura intensiva em bioflocos (PINHEIRO, 2017; SOARES NETO, 2017; PALM *et al.*, 2018).

Atualmente existem dois tipos de sistemas aquapônicos: acoplado e desacoplado. O mais tradicional ou Sistema Aquapônico Acoplado (SAA), possui seu circuito fechado e opera em um fluxo unidirecional de água (recirculação), correndo dos tanques de criação, para o cultivo hidropônico e de volta para os tanques de criação (GIBBONS, 2020). No Sistema Aquapônico Desacoplado (SAD), o fluxo de água e os nutrientes, entre a hidroponia e a criação, fornecendo um melhor controle dos nutrientes em ambos, principalmente um melhor controle do pH (KLOAS, *et al.*, 2015; GODDEK *et al.*, 2016; FIMBRES-ACEDO *et al.*, 2019; GIBBONS, 2020; PINHO *et al.*, 2021).

O principal objetivo na aquaponia é o de nutrir as espécies secundárias, no caso as plantas, com os efluentes da espécie aquícola do cultivo principal e seus produtos metabólicos (PALM *et al.*, 2018). Como o nitrogênio é o nutriente requerido pelas plantas em maior quantidade, e o nitrato a forma preferida de absorção (CARNEIRO *et al.*, 2015), as plantas aproveitam os nutrientes em excesso e os utilizam para o desenvolvimento de sua biomassa (RAKOCY *et al.*, 2006; RAKOCY, 2012; PALM *et al.*, 2018). Assim, as plantas funcionam como um filtro), absorvendo as formas nitrogenadas da água (RAKOCY *et al.*, 2006; RAKOCY, 2012; PINHEIRO, 2017; SOARES NETO, 2017; PALM *et al.*, 2018; CARNEIRO, 2019).

Portanto o bioflocos seco pode ser aplicado como fertilizante para soluções nutritivas, devido à natureza do sistema de cultivo, onde as fezes e alimentos não consumidos são convertidos em nitrito, nitrato e outros nutrientes benéficos que podem ser absorvidos por frutas e vegetais (EMERENCIANO; GAXIOLA; CUZON, 2013), fortalecendo o princípio de seu uso na aquaponia desacoplada.

Normalmente o crescimento das plantas pode ser afetado quando estão sob condições de salinidade elevadas, sendo apenas as plantas halófitas (plantas capazes de viver em ambientes salinos) ou as plantas sal-tolerantes, as melhores adaptadas para o cultivo em água salgada ou salobra (BUHMANN; PAPENBROCK, 2013, FERNANDES, 2017, BOXMAN *et al.*, 2018).

Neste cenário, para o estudo desta dissertação, optou-se em utilizar como planta resistente ao sal o espinafre da variedade Nova Zelândia (*Tetragonia tetragonioides* (Pall.) Kuntze). Esta espécie é uma halófito, membro da família Aizoaceae, amplamente distribuído nas regiões tropicais e subtropicais até as áreas temperadas (WILSON *et al.*, 2000). Possui rápido crescimento (entre 60 e 80 dias), pode ser cultivada ao longo de todo o ano, é resistente à pragas e doenças, possui adaptação à diversidade de ambientes, tais como: temperaturas elevadas e salinidade alta (WILSON *et al.*, 2000; NEVES *et al.*, 2005; YOUSIF *et al.*, 2010).

Além disso, o espinafre é utilizado como alimento, cobertura de solos, planta ornamental e erva medicinal (YOUSIF *et al.*, 2010).

Alguns trabalhos já foram realizados acerca de avaliar o desenvolvimento de plantas halófitas: cultivo aquapônico de salicórnia e camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, em BFT (PINHEIRO *et al.*, 2017); cultivo do espinafre em sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*), com seis níveis de salinidade da água, obtidas pela adição de NaCl no preparo da solução nutritiva (RAMALHO *et al.*, 2013). E outros trabalhos avaliaram o uso do bioflocos na nutrição de plantas: uso do efluente da criação de tilápias em bioflocos para a produção de alface (LENZ *et al.*, 2018); uso do bioflocos líquido e seco como fertilizante no cultivo de pimentas (RAMÍREZ-NÚÑEZ *et al.*, 2019). Entretanto, não foram encontrados na literatura, relatos sobre o cultivo do espinafre Nova Zelândia, em sistema aquapônico desacoplado, com a utilização dos efluentes da carcinicultura em bioflocos, como solução nutritiva.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Auxiliar no desenvolvimento sustentável da aquicultura, por intermédio da ciclagem de efluentes de bioflocos oriundos da carcinicultura intensiva e sua utilização como solução nutritiva.

1.1.2 Objetivos específicos

- a. Caracterizar a composição de macro e micronutrientes no bioflocos seco em pó, na solução hidropônica, na solução BFT e nas folhas do espinafre Nova Zelândia.
- b. Verificar o uso do bioflocos seco como solução nutritiva para o cultivo de plantas halófitas.
- c. Avaliar comparativamente o desempenho fitotécnico do espinafre Nova Zelândia cultivados em solução hidropônica e solução BFT.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será apresentado na forma de artigo científico de acordo com as normas da revista *Aquaculture* (ISSN 0044-8486), com fator de impacto 4.242, e percentil de 91% na base Scopus, sendo classificada pela Qualis CAPES como A2 na área de zootecnia e recursos pesqueiros.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

USO DE EFLUENTES DA CRIAÇÃO DE CAMARÕES EM BIOFLOCOS COMO SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DE ESPINAFRE

Elaine Aisenberg Ferenhof; Ailton Borges Rodrigues; Ramires Eloise Queiroz Rafael; Ramon Felipe Siqueira Carneiro; Isabela Claudiana Pinheiro; Walter Quadros Seiffert.

RESUMO

A sociedade atual se depara com um enorme **desafio de ofertar comida** à população, enquanto enfrenta os impactos das **mudanças climáticas** e da **degradação ambiental**. A necessidade de criar sistemas mais intensivos e com menor descarga de efluentes se faz necessário. Portanto, a carcinicultura intensiva utilizando os bioflocos surge como uma forma de criação destes organismos marinhos. Por outro lado, ao utilizar este sistema (bioflocos) há a necessidade de diminuição de nutrientes nos efluentes gerados, para tal a aquaponia vem sendo utilizada como solução de reaproveitamento do excesso de nutrientes. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do bioflocos seco, na forma de pó, adicionado à água como solução nutritiva para plantas halófitas. A fim de atingir este objetivo, foi realizado um experimento ao qual se avaliou o desempenho fitotécnico de mudas do espinafre *Tetragonia tetragonioides*, comparando a solução nutritiva desenvolvida nesta pesquisa com a solução de Hoagland modificada por intermédio de abordagem quantitativa. O experimento teve duração de 30 dias e ao final do estudo foram avaliados a composição de macro e micronutrientes em ambas as soluções nutritivas e nas folhas do espinafre, assim como o índice fitotécnico. Os resultados demonstram uma alta solubilidade dos nutrientes presentes no bioflocos em pó, com uma composição de quase 70% de minerais, 30% de matéria orgânica e, valores de pH superiores à solução hidropônica. A solução com bioflocos apresentou uma menor concentração de alguns elementos com uma alta solubilidade, porém não houveram diferenças significativas na composição mineral das folhas ($p = 0,1007$), tendo uma sobrevivência de 100% das mudas neste sistema. Com base nestes dados, pode-se observar que o uso da solução nutritiva advinda do bioflocos em pó demonstrou ser eficiente para nutrição do espinafre, podendo incentivar um segundo cultivo ao produtor de camarões como também a comercialização do bioflocos seco, diminuindo assim a degradação ambiental pelo reaproveitamento dos efluentes de cultivo, além de fornecer novas fontes de renda ao produtor.

Palavras-chave: Aquicultura; Bioflocos; Sistema Aquapônico Desacoplado; Espinafre Nova Zelândia.

ABSTRACT

The current society is faced with a considerable challenge of offering food to the population while facing the impacts of climate change and environmental degradation. The need to create more intensive systems and less discharge of effluents is necessary. Therefore, intensive shrimp farming using bioflocs arises as a form of creation of these marine organisms. On the other

hand, when using this system (bioflocs), there is a need to reduce the effluents generated, and aquaponics has been used to reuse those nutrients in excess. Thus, the objective of this work was to evaluate the use of dried bioflocs' powder added to water as a nutrient solution for halophyte plants. In order to achieve this objective, an experiment was carried out to observe the phytotechnical performance of *Tetragonia tetragonioides* seedlings, comparing the nutrient solution developed in this research with the modified Hoagland solution through a quantitative approach. The experiment lasted 30 days, and at the end of the study, macro and micro nutrient's composition was evaluated on both nutrients and spinach leaves, and also, the phytotechnical stats. The results demonstrate a high nutrients solubility present in bioflocs' powder, with a composition of almost 70% minerals, 30% of organic matter and, pH values higher than the hydroponic solution. On the other hand, the solution with bioflocs showed a lower concentration of some elements with a high solubility, but there were no significant differences in the leaves mineral composition ($p = 0.1007$), having a 100% of the seedlings survival on this system. Based on these data, it can be observed that the use of the bioflocs' powder nutrient solution has proved to be efficient for spinach nutrition and can encourage second cultivation to the shrimp producer and also the marketing of dry bioflocs thus reducing environmental degradation by the reuse of cultivation effluents and providing new sources of income to the producer.

Keywords: Aquaculture; Bioflocs; Decoupled Aquaponics System; New Zealand spinach.

2.1 INTRODUÇÃO

A recente procura na aquicultura por cultivos mais sustentáveis, com menor consumo de água, em espaços menores e maior produtividade (de um ou mais produtos) com menor produção de efluentes (Assad e Bursztyn, 2000), impelem as pesquisas ao estudo mais aprofundado sobre as criações intensivas e cultivos multitróficos.

Nesta vertente, a aquaponia tradicional em águas continentais, surgiu como um sistema que liga a recirculação da aquicultura ao cultivo hidropônico, que é o cultivo de plantas sem solo em água contendo nutrientes dissolvidos (Diver e Rineheart, 2000). Dessa forma os nutrientes essenciais são fornecidos às plantas por meio de uma solução nutritiva balanceada que atende às suas necessidades nutricionais (Rebouças *et al.*, 2013; Gaikwad e Mallick, 2020).

A aquaponia marinha ou mariponia é uma área relativamente nova no cenário da aquicultura mundial e, dentre os cultivos multitróficos, o sistema aquapônico tem sido estudado mais recentemente, com o intuito de reutilizar os efluentes da carcinicultura intensiva em bioflocos para a nutrição de plantas (Pinheiro *et al.*, 2017; Soares Neto, 2017; Palm *et al.*, 2018).

Atualmente existem dois tipos de sistemas aquapônicos: *tradicional ou sistema aquapônico acoplado (SAA)*, possui seu circuito fechado e opera em um fluxo unidirecional de água (recirculação - RAS), correndo dos tanques de criação, para o cultivo hidropônico e de

volta para os tanques de criação (Gibbons, 2020). No *sistema aquapônico desacoplado (SAD)*, os fluxos de água e nutrientes são separados entre a hidroponia e a criação, fornecendo um melhor controle químico em ambos (nutrientes), principalmente melhor controle do pH (Kloas, *et al.*, 2015; Goddek *et al.*, 2016; Fimbres-Acedo *et al.*, 2019; Gibbons, 2020; Pinho *et al.*, 2021).

O principal objetivo na aquaponia é o de nutrir as espécies secundárias, no caso as plantas, com os efluentes da espécie aquícola do cultivo principal e seus produtos metabólicos (Palm *et al.*, 2018). Como o nitrogênio é o nutriente requerido pelas plantas em maior quantidade, e o nitrato a forma preferida de absorção (Carneiro *et al.*, 2015), as plantas aproveitam os nutrientes em excesso e os utilizam para o desenvolvimento de sua biomassa (Rakocy *et al.*, 2006; Rakocy, 2012; Palm *et al.*, 2018). Assim, as plantas funcionam como um filtro, absorvendo as formas nitrogenadas da água (Rakocy *et al.*, 2006; Rakocy, 2012; Pinheiro, 2017; Soares Neto, 2017; Palm *et al.*, 2018; Carneiro, 2019).

Segundo Carneiro (2019), as soluções nutritivas oriundas da aquaponia podem ser comparadas à solução hidropônica convencional. Portanto o uso de efluentes pode ser aplicado como fertilizante ou solução nutritiva, devido à natureza do sistema de cultivo, onde as fezes e alimentos não consumidos são convertidos em nitrito e outros nutrientes benéficos que podem ser absorvidos por frutas e vegetais (Emerenciano, Gaxiola e Cuzon, 2013), fortalecendo o princípio de seu uso na aquaponia desacoplada.

Normalmente o crescimento das plantas pode ser afetado quando estão sob condições de salinidade elevadas, sendo apenas as plantas halófitas (plantas capazes de viver em ambientes salinos) ou as plantas sal-tolerantes, as melhores adaptadas para o cultivo em água salgada ou salobra (Buhmann e Papenbrock, 2013, Fernandes, 2017, Boxman *et al.*, 2018).

Neste cenário, optou-se em utilizar como planta halófito o espinafre da variedade Nova Zelândia (*Tetragonia tetragonioides* (Pall.) Kuntze). Esta espécie é uma halófito, membro da família Aizoaceae, amplamente distribuído nas regiões tropicais e subtropicais até as áreas temperadas (Wilson *et al.*, 2000).

Possui rápido crescimento (entre 60 e 80 dias), pode ser cultivada ao longo de todo o ano, é resistente à pragas e doenças, possui adaptação à diversidade de ambientes, tais como: temperaturas elevadas e salinidade alta (Wilson *et al.*, 2000; Neves *et al.*, 2005; Yousif *et al.*, 2010), considerando assim como critérios de escolha: o valor econômico, por ser uma hortaliça de fácil aceitação no mercado e de grande consumo; a produtividade, por ser uma planta vigorosa, altamente produtiva e de fácil rebrote; e conveniência, devido a facilidade e disponibilidade da aquisição das sementes.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Espinafre

Dezesseis mudas do espinafre Nova Zelândia (*T. tetragonioides*) foram selecionadas de uma bandeja com 200 mudas, adquiridas de um produtor rural local. Essas mudas apresentavam comprimento de raiz de 5 cm, peso de 14 ± 1 g, quantidade de folhas de 4 folhas verdadeiras (idade de transplante), comprimento do talo (altura) de $5,5 \pm 0,4$ cm e coloração semelhantes.

2.2.2 Delineamento experimental

Para avaliar o crescimento do espinafre nos tratamentos com solução hidropônica (Hidro) e solução de bioflocos (BFT), foram utilizadas duas unidades experimentais que consistiam em uma caixa de poliestireno expandido (EPS) retangular (352 x 242 x 295 mm – Comprimento x Largura x Altura), com um volume útil de 12 L (Styrobox®). Oito mudas de espinafre foram distribuídas aleatoriamente em cada uma das unidades experimentais, segundo a densidade mínima estabelecida para plantas de porte médio, descrita por Furlani *et al.* (1999).

Cada unidade experimental apresentava sistema de aeração composto por pedras porosas e ar comprimido (compressor de ar BOYU®, modelo ACO-003, vazão $0,065 \text{ m}^3/\text{min}$), que operou continuamente durante as quatro semanas de experimento. Este processo tem como objetivo manter os níveis de oxigênio dissolvido na água acima de 6 mg.L^{-1} , assim como exigido em padrões de qualidade de água conforme resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005).

As caixas foram dispostas lado a lado a uma distância de 10 centímetros entre as mesmas. Os suportes para as plantas foram construídos utilizando a parte superior de garrafas PET de refrigerante de 200 mL com suas tampas cortadas para a passagem das raízes até o contato com as soluções (Figura 1). Estes suportes foram distribuídos nas tampas das caixas contendo as soluções, onde foram feitos oito furos de aproximadamente cinco centímetros de diâmetro, utilizando-se uma serra-copo de 44 mm para o perfeito encaixe dos suportes, seguindo a distribuição das plantas proposta por Kulkarni *et al.* (2016).

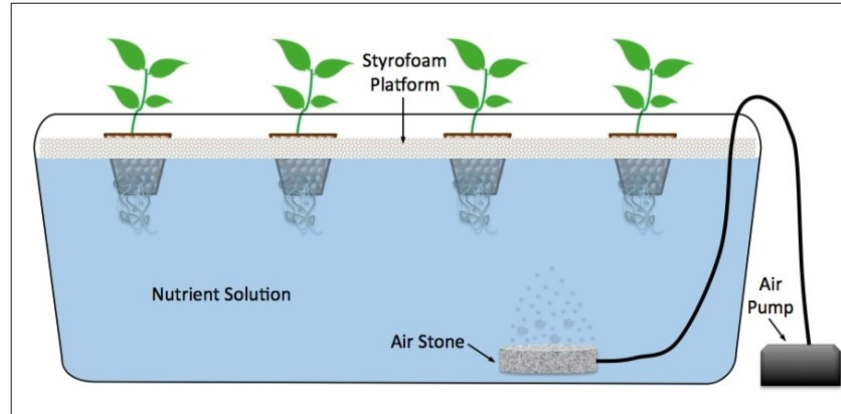
Figura 1 - Suporte de garrafa PET



Fonte: Foto da autora.

O sistema de cultivo utilizado, tanto para a solução hidropônica, quanto para a solução BFT foi o *Deep Water Culture* (DWC - Imagem 2), também conhecido como *Deep Film Technique* (DFT) ou *floating* (Lennard e Leonard, 2006; Roberts, 2019) que consiste em volumes de solução nutritiva, com aeração, ofertando um ambiente estável para alguns padrões como: temperatura, concentração de nutrientes e pH, em comparação ao sistema NFT que é o mais comumente utilizado (Roberts, 2019).

Figura 2 - Esquema do DWC



Fonte: Smartgardenguide (2020).

O experimento foi realizado em uma estufa semicircular semiaberta, coberto com filme plástico e tela de sombreamento Chromatinet®, vermelha 35% da Polysack® que modifica o espectro de luz solar pela maior quantidade de luz vermelha, com o intuito de estimular o crescimento das mudas (Henrique *et al.*, 2011). A estufa foi montada em pátio aberto no Centro Tecnológico (CTC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em Florianópolis, no período de 26 de abril a 27 de maio de 2021, conforme Figura 3.

Figura 3 - Estufa semicircular semiaberta utilizada para o cultivo de espinafre Nova Zelândia, irrigada com solução hidropônica e solução BFT, durante quatro semanas



Fonte: Foto da autora.

2.2.2.1 Solução nutritiva hidropônica

A solução hidropônica elaborada foi baseada na solução de Hoagland e Arnon (1950) modificada para a água salgada de acordo com Carneiro, 2019. Os fertilizantes necessários para o preparo da solução hidropônica foram dissolvidos em 12 L de uma mistura de água mineral da marca Imperatriz® e água do mar previamente filtrada (Tabela 2), clorada e declorada, na diluição de 12 ppt. Foi então medido os sólidos totais dissolvidos (12 ppt), a salinidade (13,8 ppt) e a condutividade elétrica (CE) ($24,10 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) na solução, com o medidor de condutividade portátil - AK8306 (AKSO®).

Tabela 2 - Componentes da solução hidropônica, apresentando seus respectivos pesos de acordo com o volume de solvente (água) e salinidade desejada

Hoagland e Arnon (1950) modificada	13 ppt
Solvente (L)	12 L
MAP (g)	0,58
Nitrato de potássio (K) (g)	0,33
Sulfato de potássio (S) (g)	0
Nitrato de magnésio (MAG) (g)	0
Nitrato de sódio (g)	4,22
Nitrato de amônia (g)	0,78
Sulfato de amônia (g)	0
Van Iperen (Fe 6% EDDHA) (g)	0,15
Sulfato de manganês (g)	0,005
Sulfato de cobre (g)	0,002

O volume da solução nutritiva seguiu os procedimentos do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), que recomenda o uso de 0,5 L a 1,0 L de solução por planta para o cultivo de espinafre (Furlani *et al.*, 1999). Não houve substituição da solução hidropônica no período do experimento (Carneiro, 2019), sendo repostado apenas do volume retirado para as análises laboratoriais, com água mineral.

2.2.2.2 Solução nutritiva BFT

Os efluentes foram fornecidos pelo Laboratório de Camarões Marinhos - LCM, oriundos de um tanque de criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema intensivo de bioflocos, com a densidade de 350 camarões por m² e em estágio final de engorda (época da despesca). Este sistema apresentava um estado de nitrificação estabelecido (quimioautotrófico), portanto com os bioflocos maduros. Os parâmetros de qualidade da água do cultivo no momento da coleta eram os seguintes: concentração de sólidos suspensos totais (SST) = 624 mg L⁻¹; nitrito de 0,13 mg N-NO₂ L⁻¹, alcalinidade = 182 mg CaCO₃ L⁻¹ e salinidade = 36,6 ppt.

Esse efluente foi filtrado através de filtro tipo bag (BEKINGS®), depositados em bandejas de alumínio e seco em estufa a 40 °C por 3 dias, segundo a metodologia de Baird *et al.* (2017), triturado em processador de alimentos doméstico, até virar um pó e peneirado com peneira para análise granulométrica (BERTEL®, ASTM 18, MESH 16) de 1,00 mm de abertura.

A CE foi utilizada como medida padrão para determinar a quantidade de adição do biofoco em pó à água mineral para a realização do experimento, pois ela é utilizada tanto na hidroponia quanto na aquaponia como indicador do conteúdo mineral da água porque uma solução muito forte pode queimar as raízes e causa osmose reversa (Jana *et al.*, 2018). Então o efluente em pó foi dissolvido em água mineral, sendo utilizados 387 g do biofoco em pó para 12 L de água, atingindo a eletrocondutividade (24,10 mS.cm⁻¹) e salinidade (13,9 ppt) próximas às da solução hidropônica preparada anteriormente.

Devido à natureza da observação do comportamento do biofoco seco em relação a utilização como solução nutritiva, não foram feitas as correções no pH ao longo do experimento. Também não houve renovação da solução BFT, sendo somente repostado, com água mineral, apenas o volume retirado para análises laboratoriais.

2.2.3 Análise laboratorial dos macronutrientes e micronutrientes das soluções de cultivo, da planta e dos bioflocos em pó.

As análises da composição de macro e micronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre zinco, boro, sódio, cobalto e níquel) foram realizadas no início e fim do experimento, para a avaliação de alterações entre a solução inicial e após contato com as raízes das mudas, nos dois tratamentos.

Amostras de 200 mL da solução hidropônica e da solução BFT (inicial e final), 100 g das plantas frescas e 300 g do biofoco em pó foram encaminhadas ao laboratório da UNITHAL - TECN. E COM. PROD. AGROP. LTDA, localizado em Campinas/SP, acondicionadas conforme a solicitação técnica do laboratório.

2.2.4 Parâmetros de qualidade de água

Durante o experimento, foram medidos diariamente os sólidos totais dissolvidos (TDS), condutividade elétrica (CE), salinidade e temperatura (medidor de condutividade portátil - AK8306, AKSO®), oxigênio dissolvido (OD) e pH (Medidor Multi-parâmetros HQ40D, HACH®).

2.2.5 Índices fitotécnicos

Para avaliar o desenvolvimento das plantas, foram considerados a sobrevivência (%), peso da matéria fresca (g), crescimento de raiz (cm), crescimento do talo (altura - cm) e número de folhas por planta (Tabela 3).

Tabela 3 - Equações utilizadas nos parâmetros fitotécnicos

Parâmetros	Equações
Sobrevivência (%)	$(\text{número final de mudas} / \text{número inicial de mudas}) * 100$
Peso da matéria fresca (g)	$\text{peso final} - \text{peso inicial}$
Crescimento de raiz (cm)	$\text{comprimento final} - \text{comprimento inicial}$
Crescimento do talo - Altura (cm)	$\text{altura final} - \text{altura inicial}$

2.2.6 Análises estatísticas

Foi verificada a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. Os dados de desempenho fitotécnico foram comparados por meio do teste *t* independente e, quando as amostras não seguiram a curva gaussiana, foi utilizado o teste *u* de Mann-Whitney nas amostras independentes e o teste de Wilcoxon nas amostras pareadas. Todos os testes foram realizados no software GraphPad Prism8, ao nível de significância de 5%.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Composição de macro e micronutrientes do biofloco em pó

De acordo com Brandão Filho *et al.* (2018), a solubilidade dos fertilizantes em água demonstra o quanto os elementos estão disponíveis às plantas para absorção imediata, porém são mais susceptíveis a perdas por volatilização (nitrogenados) ou por insolubilização (fosfatados). Os bioflocos naturalmente apresentaram uma alta capacidade de retenção de água (CRA), e um índice salino alto (Tabela 4).

Observa-se que a concentração de sal aumenta no processo de secagem, o que era esperado neste tipo de procedimento. A capacidade de troca catiônica (CTC) mede a disponibilidade de nutrientes na amostra, por meio da quantidade de cargas presentes, isso torna a CTC uma característica importante: quanto maior a CTC do solo, maior é a quantidade de matéria orgânica e maior o número de cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e Al^{3+}) e maior sua capacidade de tamponamento (Ronquim, 2010). Portanto o bioflocos em pó, por ser uma amostra rica em matéria orgânica, apresenta um CTC alto e alta relação do CTC com o carbono orgânico (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise dos macro, micronutrientes e determinações especiais do biofloco seco em pó e sua solubilidade em água, realizados no laboratório UNITHAL

Macro Nutrientes	Tratamento	
	Bioflocos em pó	Solub. em H ₂ O
N (%)	2,8	0,2
P - P ₂₀₅ (%)	6,8	0,1
K (%)	1,2	0,9
Ca (%)	8,2	0,7
Mg (%)	2,3	1,9
S (%)	1,6	1,0
Micro Nutrientes		
Fe (%) (ppm)	0,2	65,0
Zn (ppm)	354,0	12,0
Cu (ppm)	31,0	4,0
Mn (ppm)	215,0	18,0
Mo (ppm) (%)	5,0	ALD
B (ppm)	178,0	100,0
Cl (%)	23,0	1,0
Ni (ppm)	11,0	0,4
Determinações Especiais		
Na (%)	6,1	5,4
Co (ppm)	40,0	18,0
Al (ppm) (%)	240,0	58,0
pH	7,9	8,1
Carbono orgânico (%)	10,9	-
Matéria orgânica (%)	30,4	-
Cinzas (%)	69,6	-
Umidade (%)	18,6	-
Relação C/N	3 / 1	-
Densidade aparente (g.cm ⁻³)	0,8	-
CRA (%)	298,0	-
C.E a 25°C (mS.cm ⁻¹)	51,4	-
CTC (mmol.kg ⁻¹)	280,0	-
Relação CTC/C Org	25,6	-
Índice Salino (%)	49,5	-

Nota: ALD = Abaixo do limite detectável; - = exames não realizáveis em água; Relação C/N= proporção de quantidades de carbono para nitrogênio; CRA = Capacidade de retenção de água; CTC = capacidade de troca de cátions; Rel. CTC/C Org = Relação da capacidade de troca de cátions e carbono orgânico.

É possível verificar que quase 70% da composição do bioflocos são minerais, e 30% é matéria orgânica, sendo que desta cerca de 10% é carbono orgânico. O teor de cinzas alto

também era esperado pois indica uma quantidade de matéria inorgânica presente na amostra, ou seja, dos minerais remineralizados.

2.3.2 Composição de macro e micronutrientes da solução hidropônica e da solução aquapônica ao início e fim do experimento

Não foram encontradas diferenças significativas ($p = 0,4506$, Tabela 6) entre as concentrações de macronutrientes e micronutrientes na solução hidropônica inicial e final (Tabela 5). O aumento das concentrações finais de Ca, Fe, Mg, Zn, Cu, na solução hidropônica (Tabela 5), foi devido à reposição do volume evaporado com água mineral, uma vez que a água utilizada é rica nesses elementos (Figura 4). Entretanto, no tratamento com solução de bioflocos, houve variação de nutrientes entre o início e o fim do experimento ($p = 0,0067$, Tabela 6), demonstrado pela figura 5.

Tabela 5 - Resultado das análises de macro e micronutrientes das soluções hidropônica e BFT, no início e após 30 dias de experimento, realizados pelo laboratório UNITHAL

Macro Nutrientes	Tratamento Início		Tratamento após 30 dias	
	Solução Hidrop.	Solução BFT	Solução Hidrop.	Solução BFT
N (%)	0,2	0,2	0,1	0,2
P (ppm)	24,0	5,0	21,0	4,0
K (ppm)	222,0	91,0	186,0	45,0
Ca (ppm)	213,0	84,0	219,0	67,0
Mg (ppm)	280,0	211,0	615,0	172,0
S (ppm)	70,0	29,0	67,0	32,0
Micro Nutrientes				
Fe (ppm)	5,7	2,6	6,5	1,2
Zn (ppm)	0,5	0,2	0,7	0,1
Cu (ppm)	0,2	ALD	0,5	0,1
Mn (ppm)	0,9	0,4	0,3	0,2
Mo (ppm)	ALD	ALD	ALD	ALD
B (ppm)	0,5	0,3	0,4	0,2
Cl (%)	0,9	1,0	0,8	0,6
Ni (ppm)	0,4	0,4	0,5	0,3
Determinações Especiais				
Na (%)	1,0	0,9	0,8	0,7
Co (ppm)	0,3	0,3	0,4	0,2
Al (ppm)	60,0	58,0	3,0	3,0
pH	6,6	7,6	6,5	7,8

Nota: ALD = Abaixo do limite detectável

Figura 4 - Composição química da água mineral Imperatriz®



Fonte: Imperatriz (2021)

Para uma melhor compreensão dos dados apresentados na tabela 5, optou-se pela comparação da variação percentual, sendo esta uma forma de apresentar a relação entre dois números na forma percentual, e é calculada por meio da razão entre o valor final e o valor inicial, menos um, multiplicado por 100 (LIRA, 2018).

$$\text{Variação percentual} = (VF/VI-1) * 100 \quad (1)$$

Ao se comparar as variações percentuais na solução hidropônica, entre o 1º e o 30º dias, pode-se observar que houve aumento percentual dos elementos: cálcio, 2,8%; magnésio, 119,6%; ferro, 14%; zinco, 40%; cobre, 150%; níquel, 25%; cobalto, 33,3%. Também pode-se perceber diminuição percentual nos elementos: nitrogênio, 60%; fósforo, 12,5%; potássio 16,2%; enxofre, 4,3%, manganês, 66,7%; boro 20%; cloro, 14%; sódio, 16,3% e alumínio 95%. Ademais, a solução hidropônica também apresentou diminuição percentual no pH de 1,5% e de 59% na condutividade elétrica.

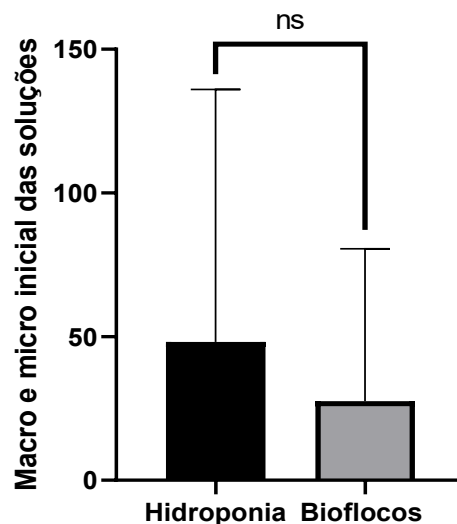
No tocante da solução BFT, não houve variação percentual dos valores do elemento nitrogênio, após 30 dias de experimento. Houveram variações percentuais de absorção nos elementos: fósforo, 20%; potássio, 50,5%; cálcio, 20,2%; magnésio, 18,5%; ferro, 53,8%; zinco, 50%; manganês, 50%; boro, 33,3%; cloro, 43,1%; níquel, 25%; sódio, 24,1%; cobalto, 33,3% e alumínio, 94,8%, por sua vez houve aumento na variação percentual do enxofre de 10,3% e aumento percentual de 2,6 no pH com uma diminuição percentual de 71% na condutividade elétrica.

Tabela 6 - Valores de p calculados pelo GraphPad Prism 8

Análise	p-valor	Teste estatístico
Macro e micro Sol. Hidro	0,4506	Wilcoxon
Macro e micro Sol. BFT	0,0067	Wilcoxon
Macro e micro Folhas	0,1007	Wilcoxon
Macro e micro Sol. Hidro x BFT Inicial	0,5977	Mann-Whitney
Macro e micro Sol. Hidro x BFT Final	0,3501	Mann-Whitney

Essa diferença significativa na solução BFT pode ser explicada pela composição e solubilidade de certos nutrientes presentes no bioflocos e sua rápida absorção (Medeiros *et al.*, 2011). Ao compararmos as duas soluções ao início do experimento pudemos constatar que não há diferenças significativas entre as duas soluções ($p = 0,5977$, Tabela 6), conforme figura 5.

Figura 5 - Gráfico comparativo das concentrações de macro e micronutrientes entre as solução hidropônica e solução BFT ao início do experimento



Segundo Lenz (2019), as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio apresentam valores menores (3 vezes, 10 vezes e 45 vezes) na solução aquapônica em relação a hidropônica o que difere do encontrado neste estudo que foram valores iguais de nitrogênio e menores nos outros elementos.

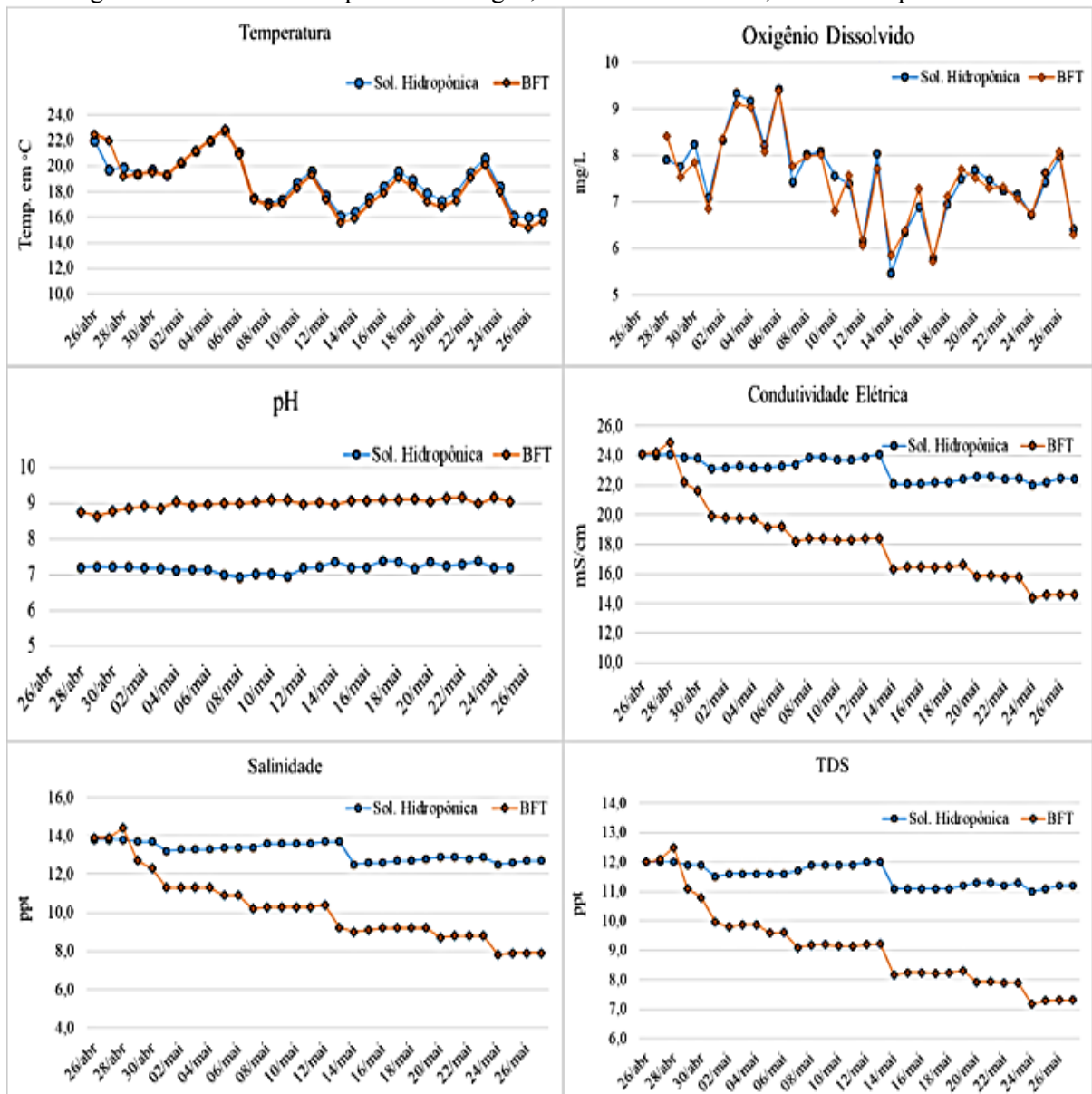
2.3.3 Parâmetros de qualidade da água

O tratamento com bioflocos secos oriundos da carcinicultura, após diluição em água mineral, apresentou valor de pH superior ao encontrado na solução hidropônica e se manteve alto em todo o período do experimento, pois não houve a correção do pH para este experimento (Figura 6). De acordo com Prado (2021), alguns grupamentos minerais são melhores absorvidos em meio mais ácido como o Fe, P e K, enquanto outros elementos têm preferência por meio mais alcalino como o Cl, Mo, Zn. Entretanto na faixa de pH entre 6,0 e 7,0 a disponibilidade de macronutrientes é máxima, e em situações de alcalinidade superior a 8,0 há deficiência de alguns nutrientes como o ferro e o fósforo. (Silva *et al.*, 2015b). O baixo rendimento no tratamento com a solução de bioflocos em relação à solução hidropônica salina é justificado pela variação de pH observada entre os tratamentos.

A resposta das plantas à salinidade é bastante complexa, podendo variar devido às condições ambientais, estado nutricional, fase em que se encontra e, até mesmo podendo variar entre cultivares de uma mesma espécie (Ramalho *et al.*, 2013). A principal estratégia de tolerância ao sal, no espinafre Nova Zelândia, é o ajuste osmótico pelo acúmulo de sódio nas folhas (Yousif, *et al.*, 2010). A diminuição da salinidade ao longo do período experimental no tratamento com solução BFT (Figura 6) interferiu no ajuste osmótico instalado nas mudas ao início do experimento.

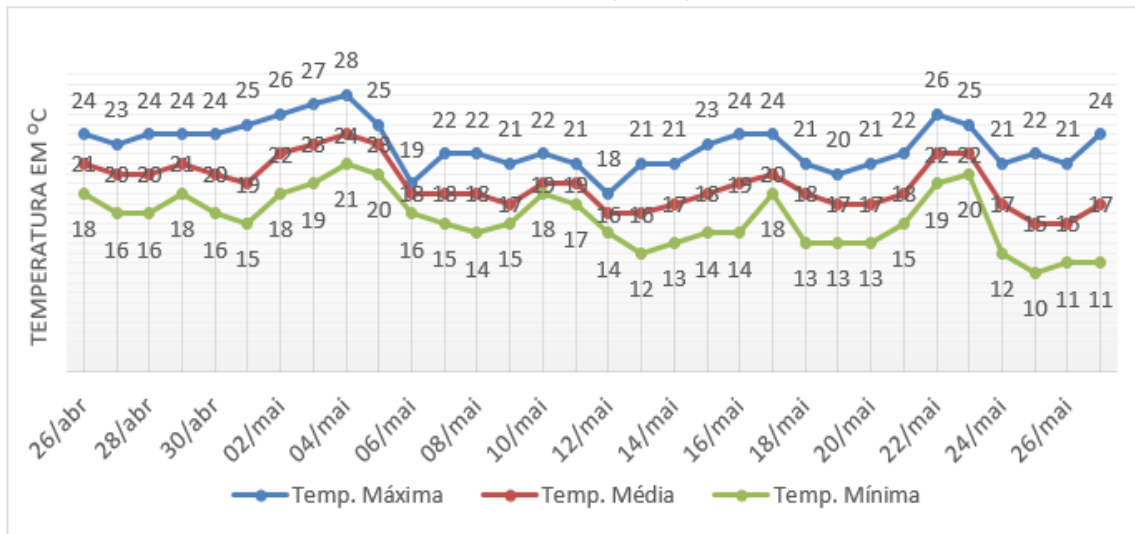
A diminuição da CE e do TDS em ambas as soluções são indicativos de absorção dos nutrientes. Segundo Furlani *et al.* (2009), a adição de água nos cultivos com uma CE entre 0,02 a 0,4 mS/cm indica que há sais presentes dissolvidos nesta água, e sua adição nas reposições gera uma diminuição gradativa da CE efetiva dos nutrientes. Foram repostos volumes de água mineral da marca comercial Imperatriz®, com condutividade elétrica de 32.2 μ S/cm, corroborando assim com uma diminuição gradativa na CE de ambos os tratamentos.

Figura 6 - Parâmetros da qualidade de água, medidos diariamente, nos dois experimentos



A temperatura média durante o período experimental foi de 18,7 °C, acompanhando a variação climática da época do estudo (Figura 7). Em ambos os tratamentos, a absorção de nutrientes pode também ter sido influenciada pela temperatura, pois segundo Carrijo e Makashima (2000), temperaturas inferiores a 15°C e superiores a 30°C são indesejáveis, por causarem problemas nas raízes das plantas, interferindo com a absorção de nutrientes pela espécie, o mesmo relatado por Silva *et al.* (2016).

Figura 7 - Curva da variação média de temperatura medidas na estação meteorológica do Aeroporto Hercílio Luz (SBFL)



Fonte: MeteoRed (2021), adaptado.

2.3.4 Desempenho fitotécnico do espinafre Nova Zelândia

Em média, o número de folhas contados ao final do experimento no tratamento com solução hidropônica, foi superior ao número de folhas final contados no tratamento com solução BFT [$t(14) = 5,207$; $p < 0,05$], o mesmo acontecendo para a altura [$t(14) = 5,477$, $p < 0,05$], para o comprimento de raiz [$u = 0$, $p = 0,0002$], e peso final das plantas [$u = 3$, $p = 0,0009$] (Tabela 7).

A salinidade tem reflexo negativo no desenvolvimento das plantas, em especial na redução do sistema radicular e da área foliar (Yousif *et al.*, 2010), o que pode ser explicado devido a altos níveis de sódio e cloro, que podem provocar a inibição da absorção dos íons potássio e cálcio pelas raízes (Neves, *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2015a; Silva *et al.*, 2015b; Prado, 2021), o que pode ser verificado na tabela 8.

Tabela 7 - Índices fitotécnicos de produção da *T. tetragonioides* em solução hidropônica e solução BFT, cultivada por quatro semanas

Parâmetros	Tratamento		p-valor
	Solução Hidrop.	Solução BFT	
Peso final (g)	32,3±9,3	20,9 ± 2,6	0,0009
Número total de folhas	126,4 ± 26,4	73,3 ± 11,4	< 0,001
Comprimento de raiz (cm)	22,4 ± 4,7	7,7 ± 2,2	0,0002
Comp. do talo (altura - cm)	11,0± 1,3	7,8 ± 0,9	< 0,0001
Sobrevivência (%)	100	100	

2.3.5 Composição de macro e micronutrientes das folhas ao final do experimento

As folhas no tratamento com solução hidropônica no presente estudo, não apresentaram sintomas de deficiência devido à alta disponibilidade de nutrientes, pois segundo Biscaro *et al.* (2011), a utilização de um fertilizante líquido com macro e micronutrientes balanceados, apresenta melhores resultados para o desenvolvimento das mudas de espinafre, sendo que a maior disponibilidade de água e nutrientes no sistema de cultivo hidropônico minimizam os efeitos severos da salinidade sobre as plantas (Silva *et al.*, 2015b). A solução BFT, apresentou uma menor concentração de alguns elementos e uma alta solubilidade (Tabela 8), porém não houve diferenças significativas entre os dois tratamentos em relação à composição mineral das folhas ($p = 0,1007$, Tabela 5).

Não há uma formulação ideal de nutrientes elaborada especificamente para o cultivo de espinafre. Segundo Silva *et al.* (2015b) as recomendações de adubação para espinafre, são feitas baseando-se nas informações existentes para outras hortaliças folhosas. Um dos primeiros relatos da composição de macro nutrientes das folhas do espinafre Nova Zelândia, foi listado por Thomaz *et al.* (1975), onde eram ofertados às plantas a solução completa de Hoagland e, a solução de macro e micronutrientes com a supressão de um dos macroelementos por vez, apresentando os valores nas folhas, conforme tabela 9.

Tabela 8 - Análise de macro e micronutrientes presentes nas folhas do espinafre, cultivados por quatro semanas, nos dois tratamentos, realizados no laboratório UNITHAL

Macro Nutrientes	Tratamento	
	Solução Hidrop.	Solução BFT
N (%)	3,6	2,9
P (%)	0,5	0,6
K (%)	3,2	1,8
Ca (%)	0,6	0,7
Mg (%)	0,9	0,9
S (%)	0,3	0,3
Micro Nutrientes		
Fe (ppm)	81,0	47,0
Zn (ppm)	59,0	64,0
Cu (ppm)	21,0	16,0
Mn (ppm)	99,0	144,0
Mo (ppm)	1,0	ALD
B (ppm)	5,1	7,8
Cl (%)	14,0	12,7
Ni (ppm)	9,0	7,0
Determinações especiais		
Na (%)	7,0	5,0
Co (ppm)	3,0	1,0
Al (ppm)	364,0	189,0
Proteína Bruta (%)	22,3	18,3

Nota: ALD = Abaixo do limite detectável

Tabela 9 - Composição mineral de folhas de espinafre, segundo Thomaz *et al.*(1975)

Macro Nutrientes	Folhas sem deficiência	Folhas com deficiência
N (%)	3,30 - 5,65	1,35 - 1,78
P (%)	0,34 - 0,68	0,09 - 0,15
K (%)	4,90 - 6,03	0,85 - 1,32
Ca (%)	2,68 - 3,81	0,84 - 1,24
Mg (%)	1,08 - 1,17	0,38 - 0,56
S (%)	0,46 - 0,70	0,29 - 0,33
Micro Nutrientes		
B (ppm)	150 - 208	50 - 91

Fonte: Thomaz *et al.* (1975), adaptado.

Correlacionando as nossas análises com as de Tomaz *et al.*, encontramos na composição das folhas do presente trabalho, valores ideais de nitrogênio presentes na solução hidropônica, e insuficientes na solução BFT (redução de 20,4%). Também averiguamos,

valores insuficientes em ambos os tratamentos para cálcio, enxofre e boro: redução nas folhas de 81,5%, 48,3% e 97,2% respectivamente destes elementos cultivados na solução hidropônica e uma redução de 78,4%, 48,3% e 95,6% de cálcio, enxofre e boro, cultivados na solução BFT. Encontramos um valor superior do elemento fósforo presente nas folhas, de 17,6% cultivado na solução BFT e uma redução de 2,0% do mesmo elemento nas folhas, cultivadas na solução hidropônica. Entretanto se compararmos com os valores elencados por Furlani *et al.* (2009) (Tabela 10), todos os elementos encontram-se em quantidades ideais nas folhas cultivadas, tanto na solução hidropônica quanto na solução BFT.

Tabela 10 - Relações entre os teores Foliare de N, P, Ca, Mg e S com os teores de K considerados adequados em hortaliças folhosas em sistemas hidropônicos

Hortaliças Folhosas	K	N	P	Ca	Mg	S
Agrião	1,00	0,83	0,17	0,25	0,07	0,05
Alface	1,00	0,62	0,09	0,31	0,08	0,03
Almeirão	1,00	0,65	0,11	0,12	0,03	-
Cebolinha	1,00	0,75	0,08	0,50	0,10	0,16
Chicória	1,00	0,82	0,11	0,36	0,07	-
Couve	1,00	1,20	0,16	0,62	0,14	-
Espinafre	1,00	1,00	0,11	0,78	0,18	0,20
Repolho	1,00	1,00	0,15	0,63	0,15	0,13
Rúcula	1,00	0,78	0,09	0,84	0,07	-
Salsa	1,00	1,14	0,17	0,43	0,11	-

Fonte: Furlani *et al.* (2009), adaptado.

Em relação aos valores de proteína bruta no espinafre, Fernandes 2017 relata que encontrou cerca de 1g de proteína por 100g de planta. Neste estudo encontramos 22,3% na solução hidropônica e 18,3% na solução BFT, percentagens maiores do que os relatados por este autor.

2.4 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram uma alta solubilidade dos nutrientes presentes no bioflocos em pó, com uma composição de quase 70% de minerais e 30% de matéria orgânica, demonstrando assim uma capacidade de rápida absorção desses minerais uma vez que os mesmos estando dissolvidos em água são mais facilmente absorvidos pelas plantas.

Conforme observado, as variações percentuais na solução BFT, entre o 1º e o 30º dias apresentaram aumento percentual no enxofre de 10,3% e uma variação percentual de

absorção nos elementos: fósforo, 20%; potássio, 50,5%; cálcio, 20,2%; magnésio, 18,5%; ferro, 53,8%; zinco, 50%; manganês, 50%; boro, 33,3%; cloro, 43,1%; níquel, 25%; sódio, 24,1%; cobalto, 33,3% e alumínio, 94,8%, bem como aumento percentual de 2,6% no pH com diminuição percentual de 71% na condutividade elétrica.

Com base nestes dados pode-se concluir que a solução BFT utilizada nesta pesquisa apresentou valores de pH superiores à solução hidropônica, conseqüentemente alguns grupamentos minerais foram melhor absorvidos por terem preferência por meio mais alcalino. Por outro lado, os elementos que possuem melhor absorção em meio mais ácido como o ferro, fósforo e potássio, também foram bem absorvidos. Sendo assim para esta solução BFT o fato do meio ser alcalino não influenciou aparentemente na absorção dos elementos com preferência de absorção em meio ácido. Ademais, devido a diminuição de mais de 70% da condutividade elétrica, pode-se inferir que há a necessidade de reposição, pelo menos uma vez no período de 30 dias, da solução BFT.

Outro ponto importante a se destacar é que não houve diferenças significativas na composição mineral nas folhas cultivadas na solução BFT em comparação à solução hidropônica, apresentando uma sobrevivência de 100% das mudas neste sistema.

Finalmente, pode-se observar que o uso da solução nutritiva advinda do bioflocos em pó demonstrou ser eficiente para nutrição do espinafre, podendo incentivar um segundo cultivo ao produtor de camarões, como também a comercialização do bioflocos seco, auxiliando assim no desenvolvimento sustentável da aquicultura por intermédio da ciclagem de nutrientes e diminuição dos efluentes de cultivo, além de fornecer novas fontes de renda ao produtor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/Brasil), que apoiou este trabalho. Ainda, ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura/UFSC, ao Laboratório de Camarões Marinhos/UFSC e ao SINOVA-UFSC pela oportunidade de o objeto deste estudo resultar no depósito de 2 patentes.

REFERÊNCIAS

Assad, Luís Tadeu & Bursztyn, Marcel (2000) Aquicultura sustentável. *In: AQUICULTURA no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia. p. 33-72.

Baird, Rodger B.; Rice, Eugene W. & Posavec, Steven (2017) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 23rd ed. American Public Health Association, Washington.

Biscaro, G. A., Marques, R. J. R., Batista, C. M., Monaco, K. D. A., Ensinas, S. C., & Rezende, R. K. S. (2011). Efeito de diferentes níveis de fertirrigação nas características morfofisiológicas de espinafre. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33, 487-493.

Boxman, S. E., Nystrom, M., Ergas, S. J., Main, K. L., & Trotz, M. A. (2018). Evaluation of water treatment capacity, nutrient cycling, and biomass production in a marine aquaponic system. *Ecological Engineering*, 120, 299-310.

Brandão Filho, J. U. T., de Freitas, P. S. L., Berian, L. O. S., & Goto, R. (Eds.). (2018). *Hortaliças-fruto*. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM.

Brasil (2005). Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. *Conselho Nacional de Meio Ambiente*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

Buhmann, A., & Pappenbrock, J. (2013). Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 122-133.

Carneiro, P. C. F., Morais, C. A. R. S., Nunes, M. U. C., Maria, A. N., & Fujimoto, R. Y. (2015). Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. *Embrapa Tabuleiros Costeiros-Docmentos-Aracaju*.

Carneiro, R. F. S. (2019). *Produção da halófito Sarcocornia ambigua em hidroponia e aquaponia com Litopenaeus vannamei*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 60 p. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/teses/PAQI0551-D.pdf>. Acesso em: 15 jan, 2020.

Carrijo, O.A. e Makishima, N. (2000). Princípios da hidroponia. *Embrapa Hortaliças*. Circular Técnica 22. 27 p.

Diver, S., & Rinehart, L. (2000). *Aquaponics-Integration of hydroponics with aquaculture* (pp. 1-16). Attra.

Emerenciano, M., Gaxiola, G., & Cuzon, G. (2013). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass now-cultivation and utilization*, 301-328.

Fernandes, C. F. M. (2017). *Estudo da mariponia como sistema de produção hortícola e aquícola* (Doctoral dissertation). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Instituto Politécnico de Leiria, Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, Leiria.

Fimbres-Acedo, Y. E., Servín-Villegas, R., Garza-Torres, R., Endo, M., Fitzsimmons, K. M., Emerenciano, M. G., ... & Magallón-Barajas, F. J. (2020). Hydroponic horticulture using residual waters from *Oreochromis niloticus* aquaculture with biofloc technology in

- photoautotrophic conditions with *Chlorella* microalgae. *Aquaculture Research*, 51(10), 4340-4360.
- Furlani, P. R., Silveira, L. C. P., Bolonhezi, D., & Faquin, V. (1999). *Cultivo hidropônico de plantas* (Vol. 180). Campinas: Instituto Agronômico.
- Furlani, P. R., Silveira, L. C. P., Bolonhezi, D., & Faquin, V. (2009). Cultivo hidropônico de plantas: parte 2-Solução Nutritiva. 2009. *Artigo em Hypertexto*. Disponível em: < http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm >. Acesso em: 21/5/2021
- Gaikwad, D. J., & Mallick, S. P. B. (2020). Effects of different hydroponic systems and growing media on physiological parameters of Spinach. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 1409-1414.
- Gibbons, G. M. (2020). *An Economic Comparison of Two Leading Aquaponic Technologies Using Cost Benefit Analysis* (Doctoral dissertation, Utah State University).
- Goddek, S., Espinal, C. A., Delaide, B., Jijakli, M. H., Schmutz, Z., Wuertz, S., & Keesman, K. J. (2016). Navigating towards decoupled aquaponic systems: a system dynamics design approach. *Water*, 8(7), 303.
- Henrique, P. D. C., Alves, J. D., Deuner, S., Goulart, P. D. F. P., & Livramento, D. E. D. (2011). Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 458-465.
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California agricultural experiment station*, 347(2nd edit).
- Imperatriz (2021). **Composição química da água**. Disponível em: <https://www.aguaminalimperatriz.com.br/>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- Jana, B. B., Mandal, R. N., & Jayasankar, P. (Eds.). (2018). *Wastewater management through aquaculture*. Springer.
- Kloas, W., Groß, R., Baganz, D., Graupner, J., Monsees, H., Schmidt, U., ... & Rennert, B. (2015). A new concept for aquaponic systems to improve sustainability, increase productivity, and reduce environmental impacts. *Aquaculture Environment Interactions*, 7(2), 179-192.
- Kulkarni, S., Abraham, P. S., Mohanty, N., Kadam, N. N., & Thakur, M. (2016, December). Sustainable raft based hydroponic system for growing spinach and coriander. In *Techno-Societal 2016, International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications* (pp. 117-125). Springer, Cham.
- Lennard, W. A. & Leonard, B. V. (2006). A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an aquaponic test system. *Aquaculture International*, 14(6), 539-550.
- Lenz, G. L. (2019). Cultivo de alface e almeirão em sistema aquapônico e no solo adubado com lodo da aquaponia (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil)

- LIRA, Alex. (2018). *Exponencial concursos: macete para calcular variação percentual*. Macete para calcular variação percentual. Exponencial concursos. Disponível em: <https://www.exponencialconcursos.com.br/macete-para-calcular-variacao-percentual>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- Medeiros, J. F. de, Sousa, V. F. de, Maia, C. E., Coelho, E. F., & Marouelli, W. A. (2011). Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação. *Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE)*.
- Meteored (2021). Histórico da previsão do tempo para Florianópolis - SC: aeroporto hercílio luz (sbfl). Aeroporto Hercílio Luz (SBFL). *MeteoRed*. Disponível em: <https://www.tempo.com/florianopolis-sactual.htm>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- Neves, M. A., Miguel, M. G., Marques, C., & Beltrao, J. (2005, September). Salt removing species—an environmentally safe and clean technique to control salinity. In *6th International Conference of European Water Resources Association* (pp. 7-10).
- Neves, A., Miguel, M. G., Marques, C., Panagopoulos, T., & Beltrão, J. (2008). The combined effects of salts and calcium on growth and mineral accumulation of *Tetragonia tetragonioides*—a salt removing species. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 4(1), 1-5.
- Palm, H. W., Knaus, U., Appelbaum, S., Goddek, S., Strauch, S. M., Vermeulen, T., ... & Kotzen, B. (2018). Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture international*, 26(3), 813-842
- Pinheiro, I., Arantes, R., do Espírito Santo, C. M., do Nascimento Vieira, F., Lapa, K. R., Gonzaga, L. V., ... & Seiffert, W. Q. (2017). Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. *Ecological engineering*, 100, 261-267.
- Pinho, S. M., Lima, J. P., David, L. H., Oliveira, M. S., Goddek, S., Carneiro, D. J., ... & Portella, M. C. (2021). Decoupled FLOCponics systems as an alternative approach to reduce the protein level of tilapia juveniles' diet in integrated agri-aquaculture production. *Aquaculture*, 543, 736932.
- Prado, R. M (2021). *Nutrição de plantas*. 2ª. ed. Editora Unesp.
- Rakocy, James E., Masser, Michael P., & Losordo, Thomas M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture *SRAC publication*, v. 454, p. 1-16.
- Rakocy, James E. (2012) Aquaponics-integrating fish and plant culture. *Aquaculture production systems*, v. 1, p. 343-386.
- Ramalho, H., Soares, Ê. F. D. F., & Silva, A. N. D. S. (2013) Efeitos da salinidade no crescimento de raízes de espinafre em cultivo hidropônico NFT. In: *XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*. Recife: UFRPE.

Rebouças, J. R. L., Neto, M. F., da Silva Dias, N., de Souza Neto, O. N., Diniz, A. A., & de Lira, R. B. (2013). Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. *Irriga*, 18(4), 624-634.

Roberts, O. (2019). Food safety handbook for hydroponic lettuce production in a deep water culture.

Ronquim, C. C. (2010). Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. *Embrapa Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

Silva, M. A. *et al.* (2015a). Crescimento e produtividade do espinafre em cultivo hidropônico NFT utilizando águas salobras. In: *Anais do III Inovagri International Meeting*. Fortaleza: Inovagri/Inct-Ei, p. 3418-3425. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301405924_CRESCIMENTO_E_PRODUTIVIDADE_DO_ESPINAFRE_EM_CULTIVO_HIDROPONICO_NFT_UTILIZANDO_AGUAS_SALOBRAS. Acesso em: 31 jul. 2021.

Silva, M. A. *et al.* (2015b). Teores foliares de macronutrientes em plantas de espinafre cultivadas hidroponicamente com águas salobras. In: *Anais do III Inovagri International Meeting*. Fortaleza: Inovagri/Inct-Ei, p. 2405-2414. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301377471_TEORES_FOLIARES_DE_MACRONUTRIENTES_EM_PLANTAS_DE_ESPINAFRE_CULTIVADAS_HIDROPONICAMENTE_COM_AGUAS_SALOBRAS. Acesso em: 31 jul. 2021.

Silva, G. F., Mapeli, N. C., Cremon, C., Camilo, I. C. V. S., & da Silva, A. N. (2016). Influência de diferentes fontes de adubos no desenvolvimento e no teor de betacaroteno em espinafre. *Cadernos de Agroecologia*, 10(3).

Smartgardenguide (2018). *Ilustração*. Disponível em: <<https://smartgardenguide.com/wp-content/uploads/2018/07/deep-water-culture-hydroponics-system-diagram-768x384.jpg>>. Acesso em: 17 set, 2020.

Soares Neto, J. D. R. (2017). Cultivo de *Sarcoconia ambigua* em aquaponia com *Litopenaeus vanmei* em bioflocos com diferentes áreas de bancada hidropônica (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil)

Thomaz, M., Haag, H. P., de Oliveira, G. D., & Sarruge, J. R. (1975). Nutrição mineral de hortaliças: XXV-deficiência de macronutrientes e de boro em espinafre (*Tetragonia expansa* Murr.). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 32, 205-231.

Wilson, C., Lesch, S. M., & Grieve, C. M. (2000). Growth stage modulates salinity tolerance of New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*, Pall.) and red orach (*Atriplex hortensis* L.). *Annals of Botany*, 85(4), 501-509.

Yousif, B. S., Liu, L. Y., Nguyen, N. T., Masaoka, Y., & Saneoka, H. (2010). Comparative studies in salinity tolerance between new zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and chard (*Beta vulgaris*) to salt stress. *Agricultural Journal*, 5(1), 19-24.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há a necessidade de maiores estudos quanto à correção do pH para valores ideais às plantas desde o preparo inicial, além de um tempo maior de cultivo pois o ciclo do espinafre gera em torno de 60 a 80 dias e reposição da solução BFT durante o tempo de cultivo devido à alta solubilidade.

Conhecer a adubação e nutrição ideal do espinafre Nova Zelândia em soluções salinas é um fator essencial para ganhos futuros na qualidade produtiva e sugere-se estudos complementares acerca da necessidade ou não de complementação de certos nutrientes específicos para o crescimento desta variedade de espinafre em condições salinas, além de estudos comparativos dos bioflocos oriundos de sistemas heterotróficos ou de criações integradas de camarões e peixes.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

AVNIMELECH, Yoram *et al.* **Biofloc technology: a practical guide book**, 3rd ed. World Aquaculture Society, 2014.

BOXMAN, Suzanne E. *et al.* Evaluation of water treatment capacity, nutrient cycling, and biomass production in a marine aquaponic system. **Ecological Engineering**, v. 120, p. 299-310, 2018.

BROWDY, Craig L. *et al.* Biofloc-based Aquaculture Systems. **Aquaculture Production Systems**, p. 278-307, 2012.

BUHMANN, A.; PAPENBROCK, J. Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 122-133, 2013.

CARNEIRO, Paulo César Falanghe *et al.* Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Docmentos (INFOTECA-E)**, 2015.

CARNEIRO, Ramon Felipe Siqueira. **Produção da halófito *Sarcocornia ambigua* em hidroponia e aquaponia com *Litopenaeus vannamei***. 2019. 60 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2019. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/teses/PAQI0551-D.pdf>. Acesso em: 15 jan, 2020.

DIVER, Steve; RINEHART, Lee. **Aquaponics-Integration of hydroponics with aquaculture**. Attra, 2000.

EMERENCIANO, Maurício; GAXIOLA, Gabriela; CUZON, Gerard. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: **Biomass Now-Cultivation and Utilization**. IntechOpen, p.301-327, 2013.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) - Meeting the sustainable development goals**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries Department. Rome. 2018.
FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) – Sustainability in action**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fisheries Department. Rome. 2020.

FERNANDES, Cátia Filipa Marques. **Estudo da mariponia como sistema de produção hortícola e aquícola**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Instituto Politécnico de Leiria, Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, Leiria, 2017.

FIMBRES-ACEDO, Yenitze E. *et al.* Hydroponic horticulture using residual waters from *Oreochromis niloticus* aquaculture with biofloc technology in photoautotrophic conditions with *Chlorella* microalgae. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 10, p. 4340-4360, 2020.

GAIKWAD, Dinkar J.; MALLICK, Srija Priyadarsiniand Biswajit. Effects of Different Hydroponics Systems and Growing Media on Physiological Parameters of Spinach. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 9, n. 5, p. 1409-1414, 2020.

GAONA, Carlos Augusto Prata. **Efeito da remoção de sólidos suspensos totais e desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema superintensivo com bioflocos**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2011.

GIBBONS, Grace M. **An economic comparison of two leading aquaponic technologies using cost benefit analysis: The coupled and decoupled systems**. Dissertação (Mestrado) - Applied Economics, Utah State University. Logan, Utah, 2020.

GODDEK, Simon *et al.* Navigating towards decoupled aquaponic systems: A system dynamics design approach. **Water**, v. 8, n. 7, p.303, 2016.

HOSTINS, Bárbara Linhares. **Aplicação de probióticos como uma ferramenta de manejo da comunidade microbiana e do cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2017.

KLOAS, Werner *et al.* A new concept for aquaponic systems to improve sustainability, increase productivity, and reduce environmental impacts. **Aquaculture Environment Interactions**, v. 7, n. 2, p. 179-192, 2015.

KRUMMENAUER, Dariano *et al.* Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. **Atlantica**, Rio Grande, 34(2) 103-111, 2012.

LENZ, Guilherme Luis *et al.* Produção de alface (*Lactuca sativa*) em efluentes de um cultivo de tilápias mantidas em sistema BFT em baixa salinidade. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 4, p. 614-630, 2018.

MARTINEZ-PORCHAS, Marcel *et al.* Effect of supplementing heterotrophic and photoautotrophic biofloc, on the production response, physiological condition and post-harvest quality of the whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Reports**, v. 16, 100257, 2020.

NEVES, M. A. *et al.* Salt removing species—an environmetally safe and clean technique to control salinity. In: **6th International Conference of European Water Resources Association**. 2005. p. 7-10.

PALM, Harry W. *et al.* Towards commercial aquaponics: A review of systems, designs, scales and nomenclature. **Aquaculture International**, v. 26, n. 3, p. 813-842, 2018.

PINHEIRO, Isabela Claudiana. **Produção da halófito *Sarcocornia ambigua* e *Litopenaeus vannamei* em sistema de aquaponia com bioflocos**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

PINHEIRO, Isabela *et al.* Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology, **Ecological Engineering**, v. 100, p. 261-267, 2017.

PINHO, Sara M. *et al.* Decoupled FLOCponics systems as an alternative approach to reduce the protein level of tilapia juveniles' diet in integrated agri-aquaculture production. **Aquaculture**, v. 543, p. 736932, 2021.

RAKOCY, James E.; MASSER, Michael P.; LOSORDO, Thomas M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture. **SRAC publication**, v. 454, p. 1-16, 2006.

RAKOCY, James E. Aquaponics-integrating fish and plant culture. **Aquaculture production systems**, v. 1, p. 343-386, 2012.

RAMALHO, Hammady *et al.* Efeitos da salinidade no crescimento de raízes de espinafre em cultivo hidropônico NFT. In: **XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Recife: UFRPE, 2013.

RAMÍREZ-NÚÑEZ, J. Biofloc excess as raw material for flakes production to ornamental fish and their use as organic fertilizer (Liquid or dry) for plants, **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 7, n. 6, p. 31-38, 2019.

RAY, Andrew J.; LOTZ, Jeffrey M. Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. **Aquacultural Engineering**, v. 63, p. 54-61, 2014.

REBOUÇAS, Jonatas Rafael Lacerda; *et al.* Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.

SABRY NETO, Hassan; SANTAELLA, Sandra Tédde; NUNES, Alberto Jorge Pinto. Bioavailability of crude protein and lipid from biofloc meals produced in an activated sludge system for white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 8, p. 269-275, 2015.

SCHVEITZER, Rodrigo *et al.* **Efeito dos sólidos suspensos totais na água e dos substratos artificiais sobre o cultivo superintensivo de *Litopenaeus vannamei* com bioflocos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

SILVA, Ugo Lima *et al.* Efeito da adição do melaço na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.

SILVA, M. A. *et al.* Crescimento e produtividade do espinafre em cultivo hidropônico NFT utilizando águas salobras. In: **Anais do III Inovagri International Meeting**. Fortaleza: Inovagri/Inct-Ei, p. 3418-3425, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301405924_CRESCIMENTO_E_PRODUTIVIDADE_DO_ESPINAFRE_EM_CULTIVO_HIDROPONICO_NFT_UTILIZANDO_AGUAS_SALOBRAS. Acesso em: 31 jul. 2021.

SILVA, Hortência Ventura da *et al.* **Efeito do estresse hídrico na produção de compostos bioativos de *Sarcocornia ambigua* em sistema aquapônico com *Litopenaeus vannamei*.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

SOARES NETO, Joaquim da Rocha. **Cultivo de *Sarcocornia ambigua* em aquaponia com *Litopenaeus vannamei* em bioflocos com diferentes áreas de bancada hidropônica.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

WILSON, Clyde; LESCH, Scott M.; GRIEVE, Catherine M. Growth stage modulates salinity tolerance of New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*, Pall.) and Red Orach (*Atriplex hortensis* L.). **Annals of Botany**, v. 85, n. 4, p. 501-509, 2000.

YOUSIF, B. S., LIU, L. Y., NGUYEN, N. T., MASAOKA, Y., & SANEOKA, H. Comparative studies in salinity tolerance between new zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and chard (*Beta vulgaris*) to salt stress. **Agricultural Journal**, v. 5, n. 1, p. 19-24, 2010.