

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**CULTIVO INTEGRADO DE PEIXES,
CAMARÕES E HORTALIÇAS EM VIVEIROS
DE AQUICULTURA**

Ariel Calister Franchini

Bióloga

Jaboticabal, São Paulo

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**CULTIVO INTEGRADO DE PEIXES,
CAMARÕES E HORTALIÇAS EM VIVEIROS
DE AQUICULTURA**

Ariel Calister Franchini

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Maria Contente Moraes Valenti

**Co-orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pessoa da
Cruz**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Aquicultura do Centro de Aquicultura
da UNESP – CAUNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal, São Paulo
2019

Franchini, Ariel Calister
F816c Cultivo integrado de peixes, camarões e hortaliças em viveiros de
aquicultura / Ariel Calister Franchini. -- Jaboticabal, 2019
v, 60 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2019
Orientadora: Patrícia Maria Contente Moraes-Valenti
Banca examinadora: Hécio Luis de Almeida Marques, Marcelo
Villar Boock
Bibliografia

1. Integração aquicultura-agricultura - IAA. 2. IMTA. 3. Tambaqui,
camarão-da-amazônia e curimatá. 4. Hortaliças. I. Título. II.
Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.05



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CULTIVO INTEGRADO DE PEIXES, CAMARÕES E HORTALIÇAS EM VIVEIROS DE AQUICULTURA

AUTORA: ARIEL CALISTER FRANCHINI

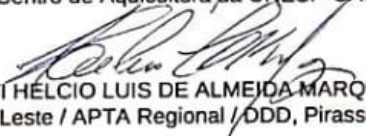
ORIENTADORA: PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI

COORIENTADORA: MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ

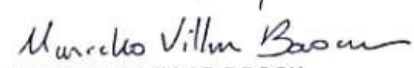
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. PATRICIA MARIA CONTENTE MORAES VALENTI
Setor de Carcinicultura / Centro de Aquicultura da UNESP-CAUNESP



Pesquisador Científico VI HÉLCIO LUIS DE ALMEIDA MARQUES
Polo Regional do Centro Leste / APTA Regional / DDD, Pirassununga-SP



Pesquisador Científico MARCELLO VILLAR BOOCK
Polo Regional do Centro Leste / APTA Regional / DDD, Pirassununga-SP

Jaboticabal, 25 de fevereiro de 2019

SUMÁRIO

Lista de figuras	iii
Lista de tabelas.....	iv
Agradecimentos	1
Ao Apoio financeiro e Institucional	2
RESUMO GERAL	3
GENERAL ABSTRACT	4
Capítulo I – Introdução Geral.....	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. REFERÊNCIAS	10
Capítulo II – Cultivo integrado de tabaqui, camarão-da-amazônia e curimatá	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
4. RESULTADOS	24
4.1. Performance produtiva	24
4.2. Qualidade da água	24
5. DISCUSSÃO	28
6. CONCLUSÕES	32
7. REFERÊNCIAS	33
Capítulo III – Produção de hortaliças em pequena escala, para aproveitamento do sedimento pós despesca dos viveiros de aquicultura	38
RESUMO.....	39

ABSTRACT	40
1. INTRODUÇÃO	41
2. OBJETIVO ESPECIFICO	44
3. MATERIAL E MÉTODOS	45
4. RESULTADOS	50
5. DISCUSSÃO	54
6. CONCLUSÃO	56
7. REFERÊNCIAS	57

CAPÍTULO II – CULTIVO INTEGRADO DE TAMBAQUI, CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA E CURIMBATÁ

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Viveiros experimentais do setor de Carcinicultura do CAUNESP.	20
Figura 2: Tratamentos TC (tambaqui e camarão) e TCCb (tambaqui, camarão e curimbatá).	21
Figura 3: Gráficos das variáveis da água entre os diferentes tratamentos, mostrando a variação entre as coletas..	27
Figura 4: Análise de componentes principais destacando os tempos. Os dois primeiros componentes capturaram 56% da variação dos dados. Cores representam os tratamentos. Vermelho = TC e Azul = TCCb. Números representam os tempos de coleta. 1 = 1 dia; 2 = 15 dias; 3 = 30 dias; 4 = 45 dias.....	28

CAPÍTULO III - PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS EM PEQUENA ESCALA, PARA APROVEITAMENTO DO SEDIMENTO PÓS-DESPESCA DOS VIVEIROS DE AQUICULTURA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do CAUNESP (A); Setor de carcinicultura (B); Viveiros experimentais (C); Canteiros preparados nos viveiros com sedimento (D); Mudanças transplantadas nos canteiros (E).....	45
Figura 2: Disposição dos blocos e parcelas nos tanques escavados.	46
Figura 3: Exemplo de distribuição das espécies no bloco e nas parcelas.	47
Figura 4: Delimitação da área útil da parcela, na qual foi feita a colheita das plantas.....	48

CAPÍTULO II PRODUÇÃO INTEGRADA DE TAMBAQUI, CAMARÃO-DA-AMAZÔNIA E CURIMBATÁ

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Performance produtiva obtidas nos diferentes tratamentos, TC = cultivo integrado de tambaqui e camarão-da-amazônia e TCCb = cultivo integrado de tambaqui, camarão-da-amazônia e curimbatá com as seguintes variáveis: S = Sobrevivência, CT = Comprimento total, CP = Comprimento padrão, MT = Massa total, GMM = Ganho de massa média, CMR = Consumo médio de ração, CAA = Conversão alimentar aparente, TCE = Taxa de crescimento específico, P = Produtividade, CAT = Conversão alimentar total e PT = Produtividade total.....	25
Tabela 2: Parâmetros limnológicos, médias \pm desvio padrão e valores mínimos e máximos dos viveiros em cada tratamento durante todo o período de cultivo.....	26
Tabela 3: Comparação de sistemas de cultivo do camarão-da-amazônia (<i>M. amazonicum</i>).....	29

Capítulo III - PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS EM PEQUENA ESCALA PARA APROVEITAMENTO DO SEDIMENTO PÓS-DESPESCA DOS VIVEIROS DE AQUICULTURA

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Faixas de teores adequados de macronutrientes em folhas de hortaliças, segundo CATI, 2018.	48
Tabela 2: Classes de interpretação segundo IAC, 2014.	49
Tabela 3: Massa média da alface (g) e produtividade total por bloco.....	50
Tabela 4: Massa média do almeirão (g) e produtividade total por bloco.	51
Tabela 5: Massa média do espinafre e produtividade total por bloco.....	51
Tabela 6: Massa média da rúcula e produtividade total por bloco.....	52
Tabela 7: Desempenho produtivo por área das hortaliças cultivadas (kg.m ⁻²).	53
Tabela 8: Médias (\pm SD) das faixas de tores de macronutrientes nas folhas de alface, almeirão, espinafre e rúcula.	53
Tabela 9: Nutrientes disponíveis no sedimento na fase inicial e final do cultivo de alface, almeirão, espinafre e rúcula.	54

"Had to have high, high hopes for a living
Shooting for the stars when I couldn't make a killing
Didn't have a dime, but I always had a vision
Always had high, high hopes

Had to have high, high hopes for a living
Didn't know how but I always had a feeling
I was gonna be that one in a million
Always had high, high hopes

Mama said: It's uphill for oddities
The stranger crusaders ain't ever wannabes
The weird and the novelties don't ever change
We wanted everything, wanted everything

Stay up on that rise, stay up on that rise
And never come down, oh
Stay up on that rise, stay up on that rise
And never come down

Mama said: Don't give up
It's a little complicated
All tied up, no more love
And I'd hate to see you waiting

They say it's all been done
But they haven't seen the best of me, eh-eh-eh
So I got one more run
And it's gonna be a sight to see, eh-eh-eh"

High Hopes - Panic! At The Disco

Agradecimentos

Ao Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) pela oportunidade de conceder recursos e espaço para a realização do trabalho.

À minha orientadora Profa. Dra. Patrícia Maria Contente Moraes-Valenti, pela paciência e incentivo durante todo o curso e, pela orientação não só na execução do trabalho, mas também na orientação da vida, mostrando o que podemos sempre progredir e melhorar o caminho para tais mudanças.

À minha co-orientadora, Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz, também por sua orientação, paciência, atenção e disponibilidade na execução do trabalho.

Ao Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti, a quem admiro pela competência e dedicação com os alunos.

Agradeço a todos meus colegas do setor de Carcinicultura, ao Caio, Balta e Rafa pelas aulas de estatística, orientações e amizade, ao Roberto por sempre estar me salvando quando mais precisava e em especial à minha grande amiga Gel pela orientação do início ao final do experimento, parceria e amizade.

À minha família, em especial aos meus pais João e Vanessa pelo apoio, carinho e por sempre acreditarem em mim, aos meus tios Luiz e Marta pelo suporte, carinho e incentivo nesses anos de trabalho e as minhas primas Ana e Gabi, por não me deixarem ficar louca. Ao meu namorado Jhonatan, pelo apoio, amor, carinho e sempre estar ao meu lado.

Ao Apoio financeiro e institucional

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

Centro de Aquicultura – UNESP - (CAUNESP).

RESUMO GERAL

O experimento inicial teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo do tambaqui, camarão-da-amazônia, e curimatã em sistema integrado. Foram avaliados os parâmetros zootécnicos e limnológicos dos sistemas de cultivo com tambaqui e camarão-da-amazônia e com tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatã. Após o período de cultivo dos animais foram feitos plantios de hortaliças no sedimento dos viveiros que é rico em nutrientes resultantes do cultivo anterior. O objetivo do segundo experimento, foi determinar o desempenho produtivo das culturas de alface, almeirão, espinafre e rúcula em sistema de integração agricultura – aquicultura (IAA), visando a produção em pequena escala. Os resultados observados no primeiro experimento não mostraram diferença entre os tratamentos, mas indicaram que o cultivo de tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatã é tecnicamente viável para a fase inicial de engorda (recria). Assim, o cultivo com três espécies favorece a produtividade e melhor eficiência do sistema de cultivo. Já nos resultados do segundo experimento, a rúcula apresentou maior produtividade entre as hortaliças cultivadas, apresentando diferença significativa entre os tratamentos realizados. Assim, os dados de produtividade mostraram a possibilidade do cultivo de hortaliças em viveiros de aquicultura utilizando o sedimento como substrato.

Palavras-chave: integração aquicultura-agricultura - IAA, IMTA, tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatã, hortaliças.

GENERAL ABSTRACT

The initial experiment had as objective to evaluate the productive performance of tambaqui, Amazon river prawn, and curimatá in an integrated system. The zootechnical and limnological parameters of the cultivation systems with tambaqui and Amazon river prawn and tambaqui, Amazon river prawn and curimatá were evaluated. After the period of cultivation of the animals were planted of vegetables in the sediment of the nurseries that is rich in nutrient resulting from the previous cultivation. The objective of the second experiment was to determine the productive performance of lettuce, endive, spinach and arugula cultures in an agriculture - aquaculture integration system (IAA), aiming at small - scale production. The results observed in the first experiment showed no difference between the treatments, but indicated that the cultivation of tambaqui, Amazon river prawn and curimatá is technically feasible for the initial fattening phase. Thus, the cultivation with three species favors the productivity and better efficiency of the cultivation system. In the results of the second experiment, to date, there were significant differences between treatments, with arugula being the most productive species. The productivity data showed the possibility of growing vegetables in aquaculture nurseries using the sediment as a substrate.

Keywords: integration aquaculture-agriculture - IAA, IMTA, tambaqui, Amazon river prawn and curimatá, vegetables.

Capítulo 1 – Introdução Geral

1. INTRODUÇÃO GERAL

A população global vem crescendo rapidamente e com isso temos um aumento na demanda de alimentos, especialmente para proteínas de alta qualidade, que tem impulsionado o desenvolvimento de vários setores do agronegócio, como a aquicultura (Pinho *et al.* 2018). Segundo dados da FAO (2018), a aquicultura mundial representou aproximadamente 47,0% da produção de pescado no ano de 2016, o equivalente a 80 milhões de toneladas e valor estimado de US\$ 232 bilhões (FAO, 2018). Dos países produtores de organismos aquáticos, destacam-se a China com mais de 60%, seguidos da Índia, Indonésia, Vietnã, Bangladesh e Egito (FAO, 2018). Embora a maior parte dessa atividade esteja destinada ao consumo humano, alguns subprodutos também podem ser destinados para fins não alimentares como a farinha de peixe para produção de ração e a quitosana, extraída da carapaça de camarões e óleos para a produção de biocombustíveis (Arantes *et al.* 2013; FAO, 2018; Muelbert *et al.* 2018).

O Brasil ocupa a 13ª posição entre os 25 principais produtores de organismos aquáticos e é um dos poucos países que podem vir atender à demanda de pescado no futuro (FAO, 2018). Atualmente, a produção aquícola brasileira tem representado cerca de R\$ 4,39 bilhões, com destaque para sistemas de monocultivos intensivamente arraçados na piscicultura (69,9%) e carcinicultura (20,6%) (IBGE, 2016). Entre os organismos mais produzidos destacam-se espécies exóticas como a tilápia (*Oreochromis spp.*) e o camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*), além de espécies nativas como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachipomus*) e seus híbridos (IBGE, 2016).

Apesar de o Brasil ser um país privilegiado por seus reservatórios de água interiores e diversidade de organismos aquáticos (Kubitza, 2016), seu potencial para a aquicultura ainda é pouco explorado. Além disso, a tecnologia mais utilizada na aquicultura brasileira consiste no uso de sistemas de baixa sustentabilidade, como monocultivo intensivamente arraçado (Valenti *et al.* 2011) e uso de espécies exóticas (Kubitza, 2016). Vale ressaltar que o Brasil possui muitas espécies nativas

(~64 espécies) com potencial para a aquicultura (Roubach *et al.* 2003), que poderiam ser melhor utilizadas.

Dentro da abordagem de aquicultura moderna, sistemas de Aquicultura Multitrófica Integrada (Integrated Multi-Trophic Aquaculture – IMTA) seriam uma boa alternativa para o aumento da sustentabilidade na aquicultura brasileira. Isso porque o IMTA combina o cultivo de espécies de diferentes níveis tróficos com funções complementares no ecossistema (Barrington *et al.* 2009; Chopin *et al.* 2013; Marques *et al.* 2016). Dos pontos positivos do policultivo integrado, pode-se concluir uma diminuição na necessidade de troca de água, estabilidade do oxigênio dissolvido, redução de predadores, redução de problemas com algas, aumento na taxa de decomposição de matéria orgânica de sedimentos bentônicos (Luong *et al.* 2017). Além disso, há um melhor aproveitamento de espaço, energia e nutrientes (Marques *et al.* 2016). O policultivo baseado nos princípios de sistema integrado é uma alternativa para maximizar o uso dos nutrientes da ração, aumentar a biomassa e reduzir o impacto ambiental (Chen *et al.*, 2016; Fonseca *et al.* 2017; Reid *et al.* 2013; Zimmermann *et al.* 2010). Assim, o resíduo de uma espécie transforma-se na fonte de alimento da outra. Como no IMTA haverá um melhor aproveitamento dos nutrientes da ração, os efluentes lançados nos corpos de água receptores serão de melhor qualidade (Barrington *et al.* 2009; Luong *et al.* 2017; Medeiros, 2017). Seguindo esse contexto, a aquicultura estaria sendo realizada de uma forma mais sustentável, procurando contemplar os três pilares da sustentabilidade que são o social, o ambiental e o econômico, para que a atividade seja perene (Valenti *et al.* 2011).

Com o desenvolvimento da aquicultura e a preocupação de seus efeitos no ambiente, estão sendo utilizadas técnicas em sistemas alternativos. Essas técnicas possibilitam a reciclagem de biomassa para melhoramento da qualidade da água e aproveitamento dos resíduos (Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, R. C., & Thoman, 2004). Entre essas técnicas, destaca-se Aquicultura-Agricultura Integrada (IAA). Esse sistema já era praticado na China há mais de mil anos, como uma prática produtiva e sustentável (Moriarty, 1985; Zajdbaand, 2011). O método IAA, consistia em uma rotação de culturas de peixes e vegetais, onde a produção de peixes era estimulada após o cultivo da cultura vegetal no fundo dos viveiros. Esse sistema tinha como objetivo tirar vantagem do resíduo vegetal, visando restaurar a

fertilidade do viveiro pela oxidação aeróbia da matéria orgânica (Moriarty, 1985). Essa prática também foi realizada na Europa Oriental em grandes viveiros, tendo como exemplo a Hungria, onde faziam a integração da produção do “fish duck” (*Harpadon nehereus*), seguido pela produção de arroz (Moriarty, 1985). Ainda que esse sistema fosse visto como uma boa prática de manejo, ele foi perdendo espaço para os fertilizantes químicos (Moriarty, 1985).

O IAA tem como vantagem poder aumentar a produtividade agrícola para pequenos produtores, devido à interação simultânea ou sequencial entre duas ou mais atividades, como exemplo a aquaponia, hidroponia, fertirrigação etc. (Zajdbaand, 2011). Esse sistema também pode ser considerado como uma solução prática para a insegurança alimentar contínua, desnutrição, pobreza para os pequenos produtores de países em desenvolvimento (Limbu, *et al.* 2017). A solução consiste no aproveitamento dos resíduos de produções diferentes para um aumento da sustentabilidade de ambas (Debnath *et al.* 2009; Rasowo *et al.* 2008). Desse modo, é possível alcançar melhor eficiência dos recursos hídricos para maximizar a produção da propriedade, sem aumentar o consumo de água. Além disso, a utilização de efluentes ricos em nutrientes na irrigação de cultivos também pode permitir a redução do uso de fertilizantes (MacIntosh & Fitzsimmons, 2003).

Dentro dessa abordagem integração aquicultura - agricultura, pode-se considerar o sistema IAA como uma espécie de fitorremediação. O sistema da fitorremediação consiste no uso de plantas com a finalidade de reduzir as concentrações ou toxicidade de contaminantes no ambiente (Ali *et al.* 2013). Na aquicultura, seria uma fitorremediação para tratar os resíduos que se acumulam no fundo do viveiro ou são lançados para o ambiente.

Desse modo, o uso do IAA poderia aumentar a produtividade tradicionalmente obtida, gerando dois produtos que seriam as espécies aquáticas e vegetais, em períodos distintos. Com isso, pode-se obter uma produção mais econômica e ambientalmente sustentável para os aquicultores. A oferta de dois produtos destinados a mercados diferentes aumenta a resiliência do sistema (Valenti *et al.* 2018).

Assim, utilizando o sistema IAA, esse trabalho teve como objetivo geral avaliar o desempenho produtivo do cultivo integrado do tambaqui (*Colossoma*

macropomum), camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) e o curimatá (*Prochilodus lineatus*) com plantio das hortaliças: alface (*Lactuca sativa*), almeirão (*Cichorium intybus intybus*), espinafre (*Spinacia oleracea*) e rúcula (*Eruca sativa*) após a despesca no fundo dos viveiros. A integração entre diferentes cultivos, além da produção do pescado visou aproveitar o sedimento pós-despesca dos viveiros, que são ricos em nutrientes, para o plantio de hortaliças durante o inverno, fitoestabilizando o solo e gerando uma renda extra ao produtor.

2. REFERÊNCIAS

- Ali, H., Khan, E. & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869-881.
- Arantes, M. K. (2013). Otimização de processos de obtenção de quitosana a partir de resíduo da carcinicultura para aplicações ambientais¹. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 2, 34-47.
- Barrington, K., Chopin, T. & Robinson, S. (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 529, 7-46.
- Chen, L. H., Xing, R. L., Jiang, A. L., Teng, L. & Wang, C. H. (2016). A preliminary study on the potential value of a novel integrated aquaculture system on water purification. *Aquaculture international*, 24(4), 879-892.
- Chopin, T., MacDonald, B., Robinson, S., Cross, S., Pearce, C., Knowler, D. & Burridge, L. (2013). The Canadian Integrated Multi-Trophic Aquaculture Network (CIMTAN)—a network for a new ERA of ecosystem responsible aquaculture. *Fisheries*, 38(7), 297-308.
- Debnath, B., Ananthan, P. S., Biradar, R. S. & Datta, S. K. (2009). Resource use efficiency and social profitability of an integrated aqua-farm, Tripura, India. *Aquaculture Economics & Management*, 13(4), 344-354.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Statistical Yearbook: World Food and Agriculture. FAO, Rome (Fonte: <http://www.fao.org>), (2018).
- Fonseca, T., David, F. S., Ribeiro, F. A., Wainberg, A. A. & Valenti, W. C. (2017). Technical and economic feasibility of integrating seahorse culture in shrimp/oyster farms. *Aquaculture Research*, 48(2), 655-664.
- IBGE. Produção da pecuária municipal. Instituto Brasileiro de Geografia e

- Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, (2016).
- Kubitza, F. (2016). Brazilian aquaculture: Constraints and challenges (Part 1). *Global Aquaculture Advocate* (<http://advocate.gaalliance.org>).
- Limbu, S. M., Shoko, A. P., Lamtane, H. A., Kische-Machumu, M. A., Joram, M. C., Mbonde, A. S. & Mgaya, Y. D. (2017). Fish polyculture system integrated with vegetable farming improves yield and economic benefits of small-scale farmers. *Aquaculture Research*, 48(7), 3631-3644.
- Luong, T. C., Lemonnier, H., Hochard, S., Royer, F. & Letourneur, Y. (2017). Effects of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* and goldlined rabbitfish *Siganus lineatus* in mono-and polyculture on production and environmental conditions. *Aquaculture Research*, 48(4), 1368-1379.
- Marques, H. L., New, M. B., Boock, M. V., Barros, H. P., Mallasen, M. & Valenti, W. C. (2016). Integrated freshwater prawn farming: state-of-the-art and future potential. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(3), 264-293.
- McIntosh, D. & Fitzsimmons, K. (2003). Characterization of effluent from an inland, low-salinity shrimp farm: what contribution could this water make if used for irrigation. *Aquacultural Engineering*, 27(2), 147-156.
- Medeiros, M. V. (2017). Policultivo de tambaqui e camarão-da-amazônia: características limnológicas, avaliação do impacto ambiental e tratamento do efluente.
- Moriarty, D., Pollard, P., Alongi, D. D., Wilkinson, C. C. & Gray, J. (1985, January). Bacterial productivity and trophic relationships with consumers on a coral reef (MECOR I). In *Proceedings of the 5th International Coral Reef Congress, Tahiti, 27 May-1 June 1985-pages: 3: 457-462*.
- Muelbert, B., Weingartner, M., Sado, R. Y., Ferrari, F. & Borba, M. R. (2018). Desempenho de peixes em policultivo com ração orgânica e convencional. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1).
- Pinho, S. M., Molinari, D., Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M. & Emerenciano, M. G. C. (2017). Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the

- aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecological engineering*, 103, 146-153.
- Rasowo, J., Auma, E., Ssanyu, G. & Ndunguru, M. (2008). Does African catfish (*Clarias gariepinus*) affect rice in integrated rice-fish culture in Lake Victoria Basin, Kenya?. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2(10), 336-341.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, R. C. & Thoman, E. S. (2004, September). Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. In *New Dimensions on Farmed Tilapia: Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Held September* (pp. 12-16).
- Reid, G. K., Chopin, T., Robinson, S. M. C., Azevedo, P., Quinton, M. & Belyea, E. (2013). Weight ratios of the kelps, *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima*, required to sequester dissolved inorganic nutrients and supply oxygen for Atlantic salmon, *Salmo salar*, in integrated multi-trophic aquaculture systems. *Aquaculture*, 408, 34-46.
- Roubach, R., Correia, E. S., Zaiden, S. E. R. G. I. O., Martino, R. C. & Cavalli, R. O. (2003). Aquaculture in Brazil. *World Aquaculture-Baton Rouge*, 34(1), 28-35.
- Valenti, W. C., Kimpara, J. M. & Preto, B. L. (2011). Measuring aquaculture sustainability. *World aquaculture*, 42(3), 26.
- Valenti, W. C., Kimpara, J. M., Preto, B. L. & Moraes-Valenti, P. (2018). Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*, 88, 402-413.
- Zajdband, A. D. (2011). Integrated agri-aquaculture systems. In *Genetics, Biofuels and Local Farming Systems* (pp. 87-127). Springer, Dordrecht.
- Zimmermann, S., Nair, C. M. & New, M. B. (2010). Grow-out systems—polyculture and integrated culture. *Freshwater prawns: biology and farming*, 195-217.

Capítulo 2 – Produção integrada de tabaqui, camarão-da-amazônia e curimatá.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o desempenho produtivo do cultivo do tambaqui (*C. macropomum*), camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*), e curimatá (*P. lineatus*) em sistemas integrados. O experimento teve duração de 52 dias, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos, cada um com cinco repetições, sendo TC - cultivo integrado de tambaqui e camarão-da-amazônia; TCCb - cultivo integrado de tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatá. Os juvenis de tambaqui ($3,93 \pm 1,63$ g), camarão-da-amazônia ($0,02 \pm 0,02$ g) e curimatá ($3,11 \pm 2,61$ g) foram estocados em viveiros escavados com renovação contínua de água na densidade de 1 tambaqui m^{-2} , 11 camarões-da-amazônia m^{-2} e 5 curimatás m^{-2} . O tambaqui foi alimentado duas vezes ao dia com ração comercial extrusada (32% de proteína bruta) até a saciedade. O camarão-da-amazônia e curimatá não foram alimentados no sistema integrado, comendo apenas restos de ração do tambaqui e os resíduos gerados durante o cultivo. Sobrevivência, ganho de massa, taxa de crescimento específico e conversão alimentar não diferiram entre os tratamentos. A produtividade total foi maior no tratamento TCCb (1.116 $kg \cdot ha^{-1}$) do que no tratamento TC (684 $kg \cdot ha^{-1}$). O curimatá em sistema integrado não afeta o cultivo do tambaqui e camarão-da-amazônia e, também aumentou a produtividade no tratamento TCCb. Os resultados sugerem que essa espécie (*P. lineatus*) tem um grande potencial para ser cultivada em sistemas integrados na fase de recria do tambaqui. Assim, as espécies nativas cultivadas podem ser uma excelente alternativa para uma maior sustentabilidade nos sistemas brasileiros de aquicultura.

Palavras-chave: Aquicultura Multitrófica Integrada - IMTA, Desempenho Produtivo, Espécies Brasileiras.

ABSTRACT

The aim of this work was to determine the productive performance of tambaqui (*C. macropomum*), Amazon river prawn (*M. amazonicum*), and curimatá (*P. lineatus*) in integrated systems. The experiment lasted 52 days, the experimental design was completely randomized (DIC) with two treatments and five replicates each. TP - integrated culture of tambaqui and Amazon River prawn; TPC - integrated culture of tambaqui, Amazon River prawn and curimatá. The juveniles of tambaqui (3.93 ± 1.63 g), Amazon River prawn (0.02 ± 0.02 g) and curimatá (3.11 ± 2.61 g) were stocked in earth ponds with continuous renewal of water in the density of 1 tambaqui m^{-2} , 11 Amazon River prawn m^{-2} and 5 curimatás m^{-2} . Tambaqui was fed twice a day with extruded commercial diet (32% crude protein) to satiety. The Amazon River prawn and curimatá were not fed into the integrated system. Survival, mass gain, specific growth rate and feed conversion rate did not differ between treatments. Total productivity was higher in TPC treatment ($1,116$ $kg \cdot ha^{-1}$) than in TP treatment (684 $kg \cdot ha^{-1}$). The curimatá in an integrated system doesn't affect the cultivation of tambaqui and Amazon river prawn, and also increased productivity in the TPC treatment. The results suggest that this species has a great potential to be cultivated in integrated systems in the rearing phase of tambaqui. Thus, cultivated native species can be an excellent alternative for greater sustainability in Brazilian aquaculture systems.

Key words: Integrated Multitrophic Aquaculture - IMTA, Productive Performance, Brazilian Species.

1. INTRODUÇÃO

A produção aquícola brasileira contribui com ~507,1 mil toneladas, gerando R\$ 4,39 bilhões (FAO, 2018; IBGE, 2016). Acredita-se que na próxima década haja um crescimento de 104% dessa produção (FAO, 2018). O Brasil ocupa 13ª posição (FAO, 2018) entre os 25 principais produtores de organismos aquáticos do mundo.

Na aquicultura brasileira, a piscicultura contribui com ~69,9% da produção nacional, e a carcinicultura com ~20,6%. Setores como a malacocultura, alevinagem, produção de larvas e pós-larvas de camarão e outros, contribuem com ~9,6% de pescado produzido (IBGE, 2016). As principais espécies de peixes cultivadas são a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e peixes redondos dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus*. Já na carcinicultura, destaca-se o camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*), originário do Oceano Pacífico (IBGE, 2016; Kubitzka, 2016).

Os sistemas de cultivo mais utilizados no Brasil ainda são os monocultivos de espécies exóticas intensivamente arraçoados. Esses sistemas geram grandes descargas de efluentes, que contribuem para a poluição dos corpos de água (Naylor *et al.* 2000). A introdução de espécies exóticas, podem trazer patógenos às espécies locais, além de interações agonísticas, da competição por abrigos e alimentos nos ambientes naturais em caso de escapes. Assim, esses danos podem contribuir com a diminuição e perda da biodiversidade aquática local (Ferreira *et al.* 2011).

A aquicultura moderna precisa ser realizada contemplando a sustentabilidade social, ambiental e econômica (Valenti *et al.* 2011). Uma técnica milenar que vem sendo usada novamente é a “aquicultura multitrófica integrada” (Integrated Multi-trophic Aquaculture - IMTA). Essa técnica está retornando para solucionar os problemas ambientais, econômicos e sociais da aquicultura moderna. O IMTA consiste no cultivo de espécies de diferentes níveis tróficos com funções complementares no ecossistema (Marques *et al.* 2016). Essa forma de cultivo permite alimentação de uma das espécies com resíduos, nutrientes e por subprodutos gerados por outra espécie presente no mesmo ambiente (Chopin *et al.* 2013). Esses subprodutos gerados pelo cultivo de uma espécie são reciclados

para se transformarem em insumos (i.e. fertilizantes, alimentos e energia) para outras espécies, aproveitando assim, as interações sinérgicas das mesmas (Barrington *et al.* 2009; Chopin *et al.* 2013).

A combinação de espécies com diferentes hábitos alimentares (policultivo multitrófico) e distribuição espacial (multiespacial) pode resultar na diminuição dos custos operacionais e melhoria dos aspectos da ecologia de viveiros, principalmente na qualidade de água (Zimmermann *et al.* 2010). No Brasil, o policultivo multitrófico e multiespacial já vêm sendo realizado com espécies como o camarão-da-malásia, carpas e tilápias (Marques & Moraes-Valenti, 2012; Santos & Valenti, 2002; Souza *et al.* 2009).

A maioria da aquicultura nacional é feita com espécies exóticas, assim há grande necessidade de estudos de sistemas IMTA, usando combinações de espécies nativas brasileiras. Das principais espécies nativas produzidas no Brasil, destaca-se o tambaqui (*C. macropomum*), que contribui com ~43,7% da piscicultura brasileira (Peixe BR Anuário da Piscicultura, 2018). A Região Norte é a principal produtora, com destaque para o Estado de Rondônia (IBGE, 2016). A espécie *C. macropomum* possui alta taxa de crescimento, fácil adaptação em sistemas intensivos e filé de ótima qualidade (Guimarães & Martins, 2015). O tambaqui é uma das principais fontes de proteína das comunidades de baixa renda, na região norte do Brasil (Ituassú *et al.*, 2004). Além do tambaqui, várias pesquisas têm demonstrado o grande potencial do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) para o cultivo comercial, tanto para sistemas de monocultivo, como sistemas integrados e consorciados (Maciel & Valenti, 2009; Marques & Moraes-Valenti, 2012; Moraes-Valenti & Valenti., 2010).

Outra espécie nativa já produzida e ainda pouco estudada é o curimatá (*P. lineatus*). Essa espécie é iliófaga que ocorre nas regiões sul e sudeste do Brasil. O curimatá tem grande importância tanto para a pesca comercial, quanto para a pesca artesanal (Doria *et al.* 2012). Segundo os dados do IBGE (2016), a produção de *Prochilodus spp.* representou ~0,5% da piscicultura brasileira, produzindo em torno de 2,5 mil toneladas no ano de 2015. Seu cultivo apresenta grandes vantagens, devido a sua rusticidade e elevada taxa de crescimento (Doria *et al.* 2012; Espínola *et al.* 2010). Dados de Reidel *et al.* (1988) mostraram que um

curimbatá de 250 g apresentou rendimento de carcaça (corpo limpo) de 69%, de filé com pele 59%, de filé sem pele 50,2% e uma porcentagem de cabeça de 13,7%. Isso mostrou que o curimbatá é uma espécie muito boa para aquicultura.

Pesquisas com as espécies nativas como *C. macropomum* e *M. amazonicum* têm mostrado elevado potencial em sistemas de cultivos integrados. O tambaqui é o segundo peixe mais cultivado no Brasil e possui um alto valor comercial (IBGE, 2016; Peixe BR Anuário da Piscicultura, 2018). Já o camarão-da-amazônia é a terceira espécie de camarão de água doce mais estudada no mundo, é bastante apreciado no mercado consumidor e já possui tecnologia de cultivo dominada (Moraes-Riodades & Valenti, 2001; Moraes-Valenti & Valenti, 2010).

Conforme foi demonstrado em estudos anteriores de cultivo integrado com tambaqui e camarão-da-amazônia, a maior parte dos nutrientes contidos na ração, fornecida somente ao tambaqui, ficou acumulada no sedimento dos viveiros (Costa, 2017). Parte desses nutrientes foi aproveitada pelo camarão-da-amazônia, que é onívoro-detritívoro. Porém, a maior parte ficou acumulada na forma de detritos. Esses resíduos poderiam ser consumidos pelo curimbatá, já que é iliófago, melhorando assim o aproveitamento dos nutrientes. Assim, estudos de cultivo integrado com essas três espécies poderiam ser uma boa alternativa para melhoria da sustentabilidade ambiental, econômica e social no cenário atual da aquicultura brasileira.

2. OBJETIVOS

Avaliar o efeito da inclusão do curimbatá (*P. lineatus*) no cultivo integrado do tambaqui (*C. macropomum*) e camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*).

Neste estudo foram testadas as seguintes hipóteses:

- O curimbatá não influencia o desenvolvimento do tambaqui e do camarão-da-amazônia;
- A inclusão do curimbatá aumenta a biomassa total produzida, sem aumento no gasto de dieta;
- A inclusão do curimbatá melhora a qualidade da água;
- A dieta inerte será melhor aproveitada no cultivo integrado com as três espécies.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Jaboticabal, São Paulo (21° 15'17"S, 48° 19'20"W). O experimento durou 53 dias e foi conduzido durante a primeira etapa de engorda do tambaqui (recria). Foram utilizados 10 viveiros experimentais de fundo natural, com área aproximada de 0,01 ha e profundidade média de 1m.



Fonte: Google Imagens

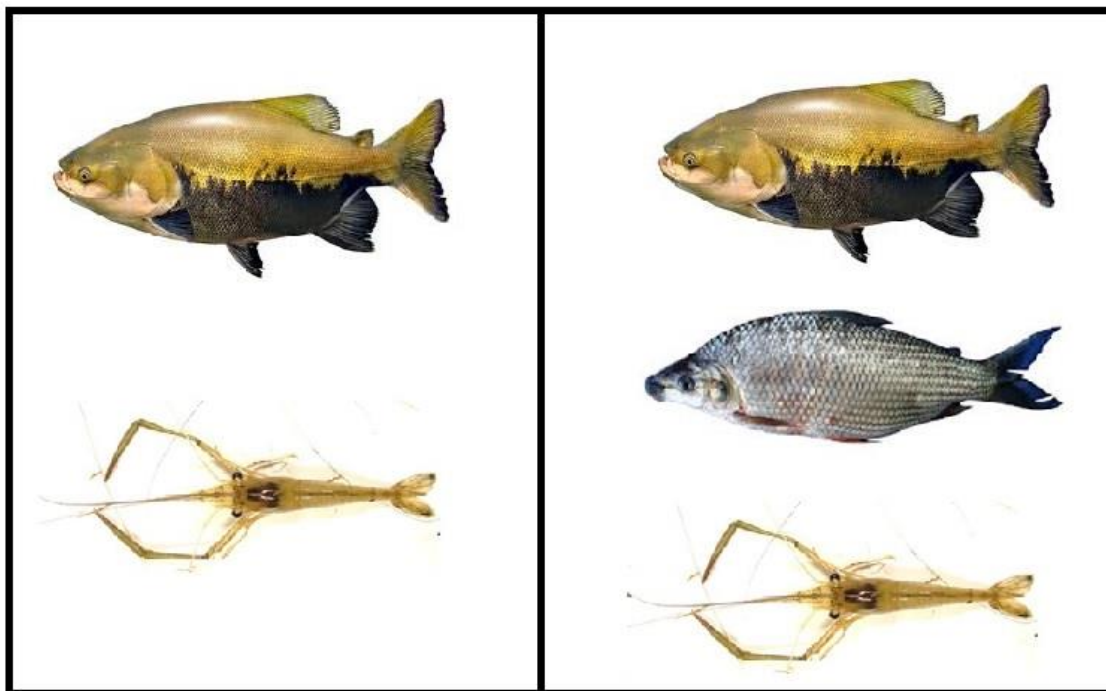
Figura 1: Viveiros experimentais do setor de Carcinicultura do CAUNESP.

Os viveiros foram abastecidos com água hipereutrófica, provenientes de duas represas que recebem efluentes de outros sistemas de aquicultura (Kimpara *et al.* 2011). Deste modo, a água de abastecimento foi submetida previamente à filtragem mecânica e os sistemas de cultivo foram ausentes de fertilização e apresentaram fluxo contínuo. Para minimizar a entrada de predadores e competidores, foram colocadas telas com malha de 1 mm e 5 cm, que foram colocadas na parte interna e externa do canal de entrada de água dos viveiros experimentais.

O fator testado foi, a introdução do curimatá (*P. lineatus*) no sistema integrado de cultivo do tambaqui e do camarão-da-amazônia para verificar se ele interferiu no desempenho do tambaqui e do camarão-da-amazônia em sistema integrado. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e cinco repetições que consistiram em:

TC = Policultivo integrado com tambaqui e camarão-da-amazônia livres, com estocagem de 1 tambaqui m^{-2} + 11 camarões m^{-2} ;

TCCb = Policultivo integrado com tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatá livres, com estocagem de 1 tambaqui m^{-2} + 11 camarões m^{-2} + 5 curimatás m^{-2} .



Fonte: Google Imagens

Figura 2: Tratamentos TC (tambaqui e camarão) e TCCb (tambaqui, camarão e curimatá).

Os juvenis de tambaqui (*C. macropomum*) e curimatá (*P. lineatus*), com idade de 60 dias foram obtidos em viveiros estoque do Laboratório de Reprodução de Peixes do CAUNESP. Já as pós-larvas de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) com idade de 15 dias foram provenientes do galpão de berçário do Setor de Carcinicultura do CAUNESP. No início do experimento, as pós-larvas de camarões foram povoadas na semana anterior ao povoamento dos peixes. Neste período, os camarões receberam dieta comercial extrusada da marca Guabi Potimar 35 Mais, com teor proteico de 35%. O arraçoamento foi de 2,5 $g.m^{-2}$ e divididos em duas porções diárias. Após o povoamento dos peixes, esse arraçoamento foi suspenso, tendo em vista que o camarão-da-amazônia e a curimatá como espécies cocultivadas, por sua vez, se alimentaram do material

orgânico gerado pelo cultivo do tambaqui e alimento natural (fitoplâncton e zooplâncton) presentes nos viveiros de cultivo.

No cultivo do tambaqui, que consistiu na fase de recria (i.e. cultivo de juvenis), os peixes receberam dieta comercial extrusada da marca Fri-Aqua Juvenil, com teor proteico de 32%. O arraçoamento foi realizado em duas vezes ao dia até a saciedade. A primeira porção foi fornecida às 10h00 enquanto a segunda foi fornecida às 17h00.

Para avaliar a qualidade de água nos sistemas de cultivo, foram mensuradas as principais variáveis de interesse para a aquicultura. Diariamente foi mensurada a temperatura (°C), oxigênio dissolvido – OD (mg/L e porcentagem de saturação), condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-2}$) com auxílio de Sonda YSI Pro 2030 e pH com peagômetro EcoSense pH 100 A. Nos viveiros experimentais foi selecionado um ponto de coleta e a cada quinze dias, uma amostra de água foi coletada para determinar as concentrações de clorofila-a e compostos nitrogenados como: amônia (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Para as análises de nitrogênio (NT) e fósforo total (PT), as amostras de água, peixes e camarões foram coletadas apenas no início e final do experimento. Todas as variáveis foram determinadas de acordo com metodologia estabelecida pela American Public Health Association (APHA, 2005).

Após 53 dias de produção, os viveiros foram drenados, e uma amostra aleatória de 50 indivíduos (10% da biomassa) de cada espécie foi coletada nos viveiros para as aferições de massa total (MT; g), comprimento total (CT; cm) e comprimento padrão (CP; cm). Somente nos camarões o CP não foi aferido. Para a MT, os peixes foram pesados em balança analítica da marca Marte®, modelo AS 2000 C, com precisão de 0,01 g. Já a MT dos camarões foi aferida em uma balança analítica da marca Metler Toledo®, modelo AB104-S, com precisão de 0,01 mg.

Para os peixes, o CT e CP, foram medidos por meio de ictiômetro de madeira, com precisão de 0,1 cm. O CT correspondente à distância do focinho até a extremidade do lobo mais comprido da nadadeira caudal, enquanto o CP refere-se à distância do focinho até a extremidade do pedúnculo caudal (Holden & Raitt, 1974). Em camarões, a aferição de CT foi por meio de paquímetro digital da marca Mitutoyo, modelo CD-6"CS. O CT correspondente à distância entre a margem distal do rostro até a extremidade distal do telson (Moraes-Riodades & Valenti, 2002).

Para avaliar o desempenho zootécnico das espécies cultivadas, foram realizadas duas biometrias: inicial e final. A partir dos dados biométricos obtidos, foram calculados os seguintes índices:

Sobrevivência: Porcentagem de indivíduos que sobreviveram até o final do cultivo dado pela equação:

$$S(\%) = \frac{\text{Número final de indivíduos}}{\text{Número inicial de indivíduos}} * 100$$

Ganho de massa média: GMM (g) = Massa média final de cada parcela – massa média inicial de cada parcela.

$$\text{GMM (g)} = \text{Massa média final} - \text{Massa média inicial}$$

Conversão alimentar aparente: Proporção entre o CMR e GPM em cada viveiro, dado pela equação:

$$\text{CAA} = \frac{\text{Quantidade de ração fornecida}}{\text{Ganho de massa}}$$

Densidade final: Correspondente ao número de indivíduos por m² ao final do experimento dado pela equação:

$$\text{DF (indivíduos/m}^{-2}\text{)} = \frac{\text{Número final de indivíduos por viveiro}}{\text{Área do viveiro}}$$

Produtividade: Foi estimado pela biomassa total dos indivíduos e o resultado foi convertido em kg.ha⁻¹.

Os resultados encontrados neste estudo referente ao desempenho zootécnico dos diferentes sistemas foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade por Bartlett. Sendo atendidas essas pressuposições, os dados foram submetidos à estatística paramétrica pelo teste T-Student, com nível de significância de 5% ($P \leq \alpha = 0,05$). Já para os resultados referentes à qualidade de água, foram submetidos à estatística multivariada pela análise de componentes principais (PCA). Todas as análises foram realizadas pelo Software R versão 3.4.3 e os resultados foram expressos em média e desvio padrão (SD).

4. RESULTADOS

4.1. Performance Produtiva

O curimatá não influenciou o crescimento e produção do tabaqui, mas afetou a produção do camarão-da-amazônia (Tabela 1). A sobrevivência do tabaqui e camarão-da-amazônia não diferiram entre os tratamentos. Desse modo o valor médio da sobrevivência de todos os viveiros foi $42,4 \pm 0,3\%$ para o tabaqui, $87,7 \pm 0,1\%$ para o camarão-da-amazônia e $81,6 \pm 0,1\%$ para o curimatá. A produtividade do tabaqui também não apresentou variação entre tratamentos. A produtividade do camarão-da-amazônia mostrou-se superior para o tratamento TC ($P = 0,01$). Entretanto, o tratamento TCCb apresentou maior produtividade total em relação ao tratamento TC ($P = 0,04$).

4.2. Qualidade da Água

A temperatura, OD, saturação, condutividade, pH, amônia, nitrito, nitrato, clorofila-a, NT e PT de todos os viveiros mantiveram-se adequados durante o cultivo (Tabela 2 e Figura 3). O diagrama de PCA mostra uma distribuição aleatória dos viveiros nos dois tratamentos (cores representando os tratamentos: vermelho= TC e azul= TCCb, números representando as coletas: 1= 1 dia; 2= 15 dias; 3= 30 dias; 4= 45 dias), indicando que não houve efeito destes. Por outro lado, observa-se uma concentração dos números 1, 2 e 3, nos quadrantes II e III, e do número 4 no quadrante I, indicando que a qualidade de água teve variação entre as coletas (Figura 4). Observou-se que ao final do cultivo as concentrações de NT e PT foram maiores do que nas coletas iniciais.

Tabela 1: Performance produtiva obtidas nos diferentes tratamentos, TC = cultivo integrado de tambaqui e camarão-da-amazônia e TCCb = cultivo integrado de tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatã com as seguintes variáveis: S = Sobrevivência, C_T = Comprimento total, M_T = Massa total, GMM = Ganho de massa média, P = Produtividade, CAA = Conversão alimentar aparente, CAT = Conversão alimentar total e PT = Produtividade total.

Variáveis	TC		TCCb		
	Tambaqui	Camarão	Inicial		
			Tambaqui	Camarão	Curimatã
C _T (cm)	5,99	1,47	5,99	1,47	5,95
M _T (g)	3,93	0,02	3,93	0,02	3,11
			Final		
S (%)	24,6 ± 20,0	92,9 ± 3,7	29,8 ± 24,6	82,4 ± 10,1	81,6 ± 7,3
C _T (cm)	13,01 ± 2,13	6,72 ± 0,33	12,49 ± 2,52	6,30 ± 0,29	7,46 ± 1,49
M _T (g)	50,02 ± 19,97	2,14 ± 0,32	39,04 ± 23,00	1,74 ± 0,25	8,15 ± 5,52
GMM (g)	46,09 ± 19,97	2,12 ± 0,32	35,11 ± 23,00	1,72 ± 0,25	5,05 ± 1,35
P (kg.ha ⁻¹)	465,34 ± 335,60	218,22 ± 27,04 ^a	499,18 ± 81,15	171,50 ± 14,83 ^b	399,62 ± 119,04
CAA	0,63 ± 0,30	NA	0,60 ± 0,11	NA	NA
CAT		0,41 ± 0,13 ^b		0,27 ± 0,04 ^a	
PT (kg.ha ⁻¹)		683,54 ± 338,40 ^b		1116,38 ± 143,81 ^a	

*Média ± SD. Diferentes letras entre as linhas indicam diferenças entre os tratamentos pelo teste T-Student ($P \leq 0,05$).

*NA = Não avaliado

Tabela 2: Variáveis limnológicas (médias \pm desvio padrão) e valores mínimos e máximos entre parênteses dos viveiros em cada tratamento durante todo o período de cultivo.

Váriaveis	TC	TCCb
Temperatura (°C)	27,98 \pm 0,11 (25,70 - 29,80)	27,88 \pm 0,22 (25,60 - 30,00)
OD (mg L⁻¹)	7,70 \pm 0,34 (5,85 - 11,21)	7,30 \pm 0,33 (5,20 - 9,46)
OD saturação (%)	99,17 \pm 4,28 (48,50 - 116,70)	93,38 \pm 5,57 (57,80 - 115,70)
Condutividade (μS cm⁻¹)	99,22 \pm 4,28 (82,50 - 107,80)	93,74 \pm 11,52 (64,00 - 107,90)
pH	8,27 \pm 0,20 (7,42 - 9,57)	8,13 \pm 0,12 (7,57 - 9,11)
N-Amônia (mg L⁻¹)	0,018 \pm 0,010 (0,004 - 0,039)	0,017 \pm 0,010 (0,005 - 0,040)
N-Nitrito (mg L⁻¹)	0,007 \pm 0,005 (0,000 - 0,017)	0,006 \pm 0,005 (0,000 - 0,017)
N-Nitrato (mg L⁻¹)	0,064 \pm 0,022 (0,026 - 0,104)	0,082 \pm 0,054 (0,000 - 0,200)
Nitrogênio Total (mg L⁻¹)	0,249 \pm 0,137 (0,112 - 0,560)	0,305 \pm 0,152 (0,112 - 0,672)
Fóforo Total (mg L⁻¹)	0,044 \pm 0,009 (0,031 - 0,071)	0,045 \pm 0,019 (0,032 - 0,122)
Clorofila-a (mg L⁻¹)	0,008 \pm 0,004 (0,002 - 0,017)	0,009 \pm 0,006 (0,002 - 0,030)

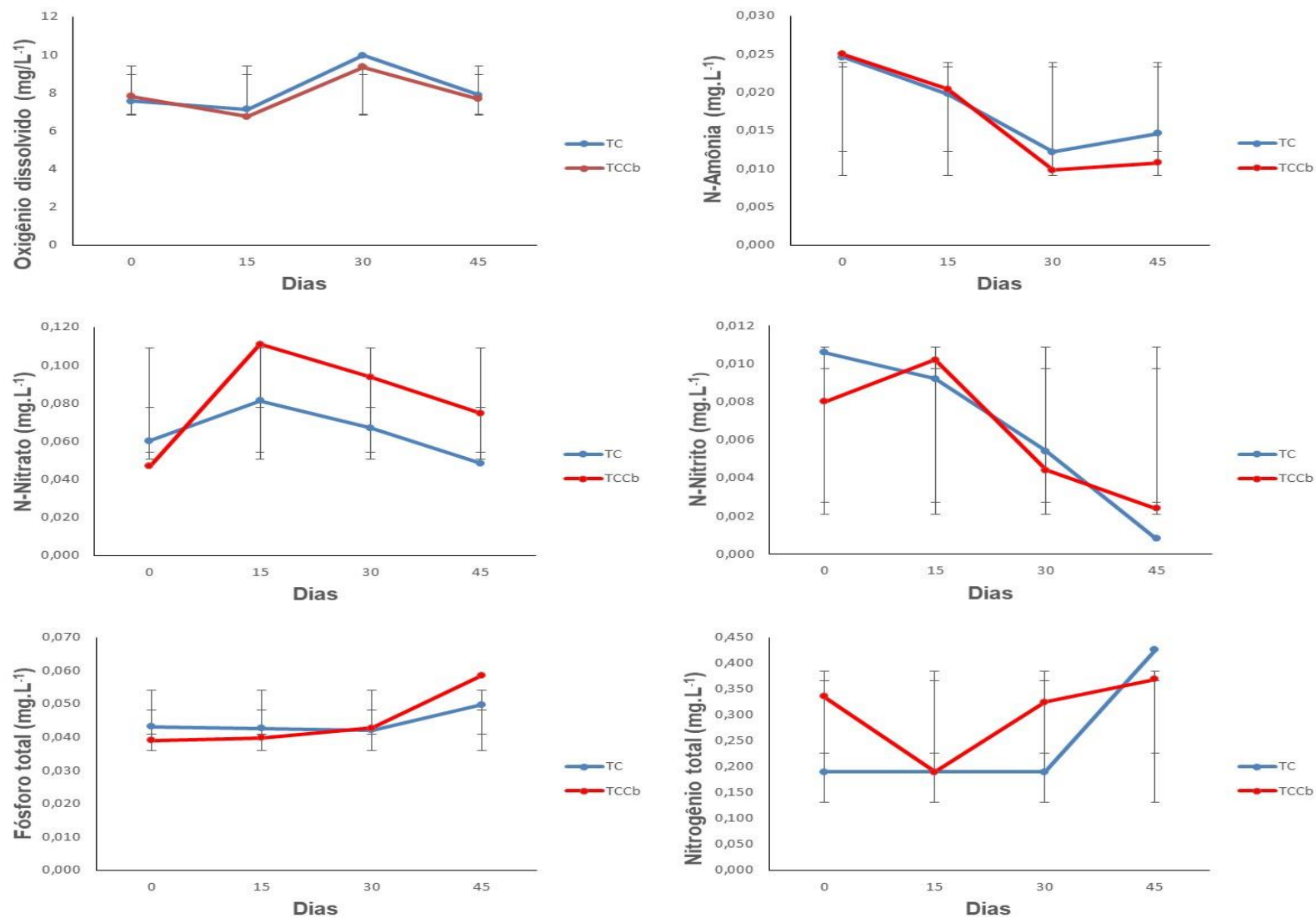


Figura 3: Gráficos das variáveis da água entre os diferentes tratamentos, mostrando a variação entre as coletas.

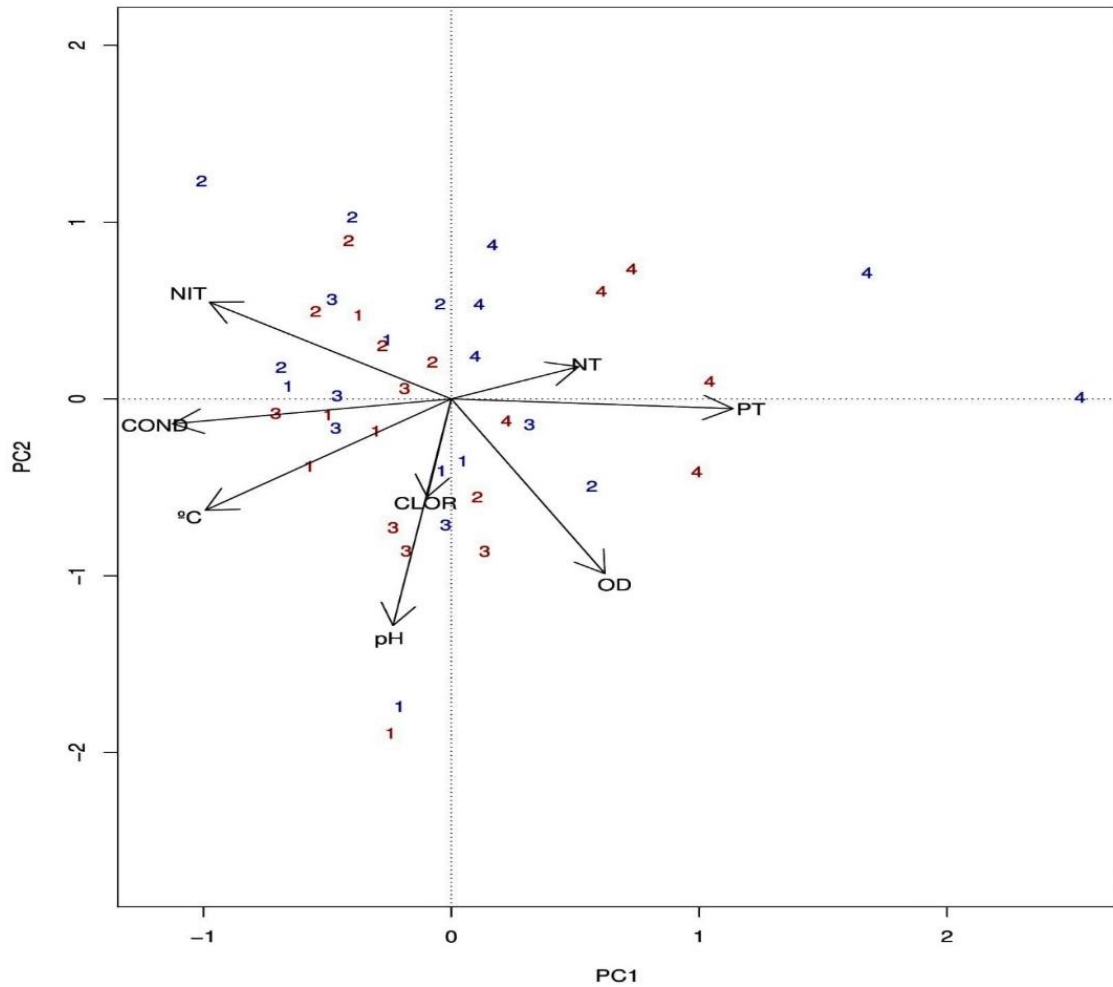


Figura 4: Análise de componentes principais destacando os tempos das seguintes variáveis: nitrogênio total (NT); fósforo total (PT); oxigênio dissolvido (OD); pH; clorofila-a (CLOR); temperatura (°C); condutividade (COND) e nitrogênio inorgânico total (NIT). Os dois primeiros componentes capturaram 56% da variação dos dados. Cores representam os tratamentos. Vermelho = TC e Azul = TCCb. Números representam os tempos de coleta. 1 = 1 dia; 2 = 15 dias; 3 = 30 dias; 4 = 45 dias.

5. DISCUSSÃO

A elevada mortalidade de tambaqui ocorreu no povoamento. Isso pode ser decorrente do uso de juvenis fracos devido a problemas no período de berçário, transporte ou manejo inadequado no povoamento, causando choque térmico ou de pH. Assim, o experimento transcorreu praticamente com densidade aproximada de 0,3 tambaquis.m⁻². Essa mortalidade inicial, não prejudicou o objetivo do

experimento porque os dados obtidos deixam claro que os curimatás não afetaram o desenvolvimento tambaqui, mas afetaram a produção de camarões. Houve um aumento substancial na biomassa total produzida e melhor aproveitamento da dieta comercial usada no cultivo com a adição dos curimatás e não houve efeito sobre as variáveis da água.

Os resultados sugerem que o tambaqui não competiu por espaço e alimento com as outras duas espécies cultivadas nesse período de cultivo. Entretanto, a baixa sobrevivência do tambaqui pode ter favorecido o ganho de massa dos camarões e curimatás, resultante da baixa densidade e alta disponibilidade de alimento pelo arraçoamento. O tambaqui na natureza é uma espécie onívora e filtra zooplâncton durante toda a sua vida (Araújo-Lima & Goulding 1998). Gomes & Silva (2009) reportaram que na aquicultura, mesmo com o fornecimento de uma dieta balanceada, a biota natural tem importante contribuição para seu ganho de biomassa.

Tabela 3: Comparação de sistemas de cultivo do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*).

Sistemas avaliados	Sobrevivência	Produtividade	Densidade	Autores
Integrado	92,90%	218,22 kg.ha ⁻¹	11.m ⁻²	Este trabalho
	75,10%	660,00 kg.ha ⁻¹	30.m ⁻²	Dantas, 2017
	76,00%	489,00 kg.ha ⁻¹	20.m ⁻²	Rodrigues <i>et al.</i> , 2018
Monocultivo	72,80%	875,00 kg.ha ⁻¹	20.m ⁻²	Moraes-Valenti & Valenti 2007
Rizicarcinicultura (Sistema intensivo)	38,00%	18.800 un.ha ⁻¹ * ciclo	5.m ⁻²	Book <i>et al.</i> , 2013
Aquaponia	76,00%	1049,00 kg.ha ⁻¹	80.m ⁻²	De Farias Lima <i>et al.</i> , 2019

Comparando os resultados de sobrevivência e produtividade do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) desse trabalho, com outros sistemas de cultivo (Tabela 3) podemos avaliar seu desempenho nos diferentes sistemas. O camarão-da-amazônia apresentou elevada sobrevivência quando comparada com outros trabalhos de sistemas integrados. No presente estudo, foi utilizada densidade de estocagem mais baixa (11.m⁻²) quando comparados aos demais trabalhos, provavelmente afetando positivamente a sobrevivência. Por outro lado, a baixa densidade originou menor produtividade. Esta também foi decorrente do curto tempo de cultivo, assim como pode ter sido influenciada pela presença dos curimatás. Aparentemente houve algum tipo de competição entre os camarões e os curimatás, por possuírem os mesmos hábitos alimentares. Embora a

sobrevivência e o ganho de massa não tenham apresentado diferença significativa com e sem a presença do curimatá, a produção do camarão foi maior no cultivo integrado apenas com o tambaqui. Essa pequena redução foi compensada pela grande biomassa de curimatás produzida.

Os resíduos de dieta não consumida e a fração não digerida pelos tambaquis, juntamente com o alimento natural presente no sistema (fitoplâncton e zooplâncton) serviram como fonte de alimento para as duas espécies cocultivadas. Isso pode ser observado pela alta sobrevivência e ganho de massa do camarão-da-amazônia (TC e TCCb) e curimatá (TCC). Esse resultado corrobora as observações de Pereira *et al.*, (2018) no cultivo integrado de truta arco-íris e jundiá (*Rhamdia quelen*), no qual os jundiás apresentaram bom desenvolvimento comendo apenas os resíduos da truta.

A excelente conversão alimentar dos tambaquis sugere elevado aproveitamento da biota natural por essa espécie nessa fase do desenvolvimento, conforme demonstrado por Costa (2017). O resultado de conversão alimentar do tambaqui cultivado nos sistemas integrados foi inferior aos valores da literatura, mostrando maior eficiência no presente experimento. A conversão alimentar pode ter sido baixa devido ao crescimento mais rápido dos peixes na fase inicial de engorda (recria) (Silva *et al.* 2007). Outro fator está relacionado ao melhor aproveitamento pela biota natural, pois nesta etapa de cultivo, o tambaqui apresenta maior preferência por zooplâncton (Sipaúba-Tavares 1993, 2013). Costa (2017) reportou a conversão alimentar para juvenis de tambaqui em sistemas integrados com camarão-da-amazônia e monocultivo sendo $1,02 \pm 0,04$ e $1,09 \pm 0,05$, respectivamente. Outros autores reportaram que a conversão alimentar de juvenis de tambaqui em monocultivo varia de 0,92 e 1,27 para sistemas de tanques rede, 1,35 para viveiros escavados e 1,80 para canais de igarapé (Arbeláez-Rojas *et al.* 2002; Chagas & Val 2003; Brandão *et al.* 2004). A excelente conversão alimentar total (TC= 0,41; TCCb = 0,27) das espécies cultivadas era esperada devido ao uso de espécies com nichos alimentares complementares nos diferentes sistemas de cultivo (TC e TCCb).

A produtividade do tambaqui foi afetada pela sua baixa sobrevivência, pois apresentou valores inferiores a literatura. Dantas (2017) reportou produtividade de tambaqui em sistemas integrados com camarão-da-amazônia de $4.300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e sobrevivência de 96,2%. Além disso, a autora reportou a produtividade total do

cultivo integrado de tambaqui e camarão-da-amazônia não diferiu para o tambaqui cultivado em monocultivo. Entretanto, no presente estudo, a adição do curimatã em sistema integrado de tambaqui e camarão-da-amazônia aumentou a produtividade total do sistema de cultivo. Esse aumento corrobora com os resultados obtidos por Nunes *et al.* (2006), para o cultivo integrado de tambaqui, carpa comum (*Cyprinus carpio*) e curimatã pacu (*Prochilodus argenteus*). Desse modo, este estudo demonstrou que o cultivo para três espécies em sistema integrado é realmente vantajoso

A adição de mais uma espécie detritívora (TCCb), curimatã não alterou as variáveis da água. Apesar da presença de três espécies e do aumento da biomassa nos viveiros, a água continuou adequada para o cultivo. Por outro lado, o tempo de cultivo parece ter causado um efeito maior do que a variação nas espécies. O componente 1 obtido na análise de componentes principais mostra correlação positiva com o fósforo e nitrogênio total e com o oxigênio dissolvido e negativo com o nitrogênio inorgânico, condutividade e temperatura. Isso sugere que esse componente represente o processo da fotossíntese. O componente 2 apresenta correlação positiva com o nitrogênio inorgânico e negativa com o pH, oxigênio dissolvido, temperatura e clorofila. Isso sugere que esse componente pode estar relacionado ao processo de decomposição. Assim, sendo, o digrama sugere um predomínio da decomposição no início do cultivo e da produção primária a partir de 45 dias.

No presente estudo, o abastecimento de água rica em nutrientes e fluxo contínuo pode ter mascarado as características limnológicas dos viveiros. O aumento gradativo das concentrações de NT e PT durante o experimento também foi reportado por Medeiros (2017) em cultivo integrado de tambaqui e camarão-da-amazônia. O aumento de NT e PT ao longo do cultivo parece não ter afetado o desempenho zootécnico das três espécies estudadas.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que o cultivo integrado de tabaqui com o camarão-da-amazônia e curimatá é tecnicamente viável para a fase inicial de engorda (recria). A introdução do camarão-da-amazônia e curimatá como espécies cocultivadas, favoreceram o aumento da produtividade total e otimização do alimento fornecido, promovendo melhor eficiência do cultivo. Pesquisas futuras devem ser realizadas para desenvolver o cultivo integrado dessas espécies na segunda fase de engorda do tabaqui.

7. REFERÊNCIAS

- Araújo-Lima, C. A. R. M. & Goulding, M. (1998). Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. *Tefé: Sociedade Civil Mamirauá*.
- Arbeláez-Rojas, G. A., Fracalossi, D. M. & Fim, J. D. I. (2002). Body composition of tambaqui, *Colossoma macropomum*, and matrinxã, *Brycon cephalus*, when raised in intensive (igarape channel) and semi-intensive (pond) culture systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3), 1059-1069.
- APHA (American Public Health Association). (2005). Standard methods for the examination of water and waste water. APHA, Washington, DC, USA.
- Barrington, K., Chopin, T. & Robinson, S. (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 529, 7-46.
- Boock, M. V., Marques, H. L. A., Barros, H. P., Mallasen, M., Santos, M. R. & Moraes-Valenti, P. (2013). Growing amazon river prawns in rice fields in Brazil. *World Aquaculture*, 44(2): 32–25.
- Brandão, F. R., Gomes, L. D. C., Chagas, E. C. & de Araújo, L. D. (2004). Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. *Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Costa, G. A. (2017). Determinação das fontes de alimento no cultivo de camarão-da-amazônia e tambaqui, utilizando isótopos estáveis. Centro de Aquicultura da UNESP.
- Chopin, T., MacDonald, B., Robinson, S., Cross, S., Pearce, C., Knowler, D. & Burrige, L. (2013). The Canadian Integrated Multi-Trophic Aquaculture Network (CIMTAN)—a network for a new ERA of ecosystem responsible aquaculture. *Fisheries*, 38(7), 297-308.

- Chagas, E. C. & Val, A. L. (2003). Effect of vitamin C on weight and hematology of tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(3), 397-402.
- Dantas, D.P. (2017). Viabilidade técnica, econômica e sustentabilidade da produção de camarão-da-amazônia e tambaqui em monocultivo e em sistema multitrófico-multiespacial. Universidade Estadual Paulista.
- Doria, C. R. D. C.; Ruffino, M. L., Hijazi, N. C. & Cruz, R. L. D. (2012). A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. *Acta amaz*, 42(1), 29-40.
- Espínola, L. A., Pinheiro dos Santos, E. A., Marques Domingues, W. & Benedito, E. (2010). Conteúdo calórico de músculos de *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) no reservatório de manso, Brasil. *Interciencia*, 35(6).
- FAO, (2018). (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Statistical Yearbook: World Food and Agriculture. FAO, Rome (Fonte: <http://www.fao.org>).
- Ferreira, J. G., Andersen, J. H., Borja, A., Bricker, S. B., Camp, J., da Silva, M. C. & Lancelot, C. (2011). Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(2), 117-131.
- Gomes, L. C. & Silva, C. R. (2009). Impact of pond management on tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier), production during growth-out phase. *Aquaculture research*, 40(7), 825-832.
- Guimarães, I. G. & Martins, G. P. (2015). Nutritional requirement of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): a mini review. *Journal of applied ichthyology*, 31, 57-66.
- Holden, M. J. & Raitt, D. F. S. (1974). Manual of fisheries science. Part 2-Methods of resource investigation and their application. *Documents Techniques FAO sur les Peches (FAO)-Documentos Tecnicos de la FAO sobre la Pesca (FAO)*.

- IBGE. (2016). Produção da pecuária municipal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro.
- Ituassú, D. R., Santos, G. R. S., Roubach, R. & Pereira-Filho, M. (2004). Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(12), 1199-1203.
- Kimpara, J. M., Zajdband, A. D. & Valenti, W. C. (2010). Medindo a sustentabilidade na aquicultura.
- Kubitza, F. (2016). Brazilian aquaculture: Constraints and challenges (Part 1). *Global Aquaculture Advocate* (<http://advocate.gaalliance.org>).
- Lima, J. F., Duarte, S., Bastos, A. M. & Carvalho, T. (2019). Performance of an aquaponics system using constructed semi-dry wetland with lettuce (*Lactuca sativa* L.) on treating wastewater of culture of Amazon River shrimp (*Macrobrachium amazonicum*). *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.
- Maciel, C. R. & Valenti, W. C. (2009). Biology, fisheries, and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. *Nauplius*, 17(2), 61-79.
- Marques, H.L. A. & Moraes-Valenti, P. (2012). Current status and prospects of farming the giant river prawn. *Macrobrachium rosenbergii*, p. 984-992.
- Marques, H. L., New, M. B., Boock, M. V., Barros, H. P., Mallasen, M. & Valenti, W. C. (2016). Integrated freshwater prawn farming: state-of-the-art and future potential. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(3), 264-293.
- Medeiros, M. V. (2017). Policultivo de tambaqui e camarão-da-amazônia: características limnológicas, avaliação do impacto ambiental e tratamento do efluente.
- Moraes-Riodades, P.M.C. & Valenti, W.C. (2001). Freshwater prawn farming in Brazilian Amazonia shows potential for economic social development. *Glob. Aquac. Advocate* 4, 73.
- Moraes-Riodades, P. M. C. & Valenti, W. C. (2002). Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea,

- Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1181-1214.
- Moraes-Valenti, P.M. C. & Valenti, W.C. 2007. Effect of intensification on grow-out of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38:516–526.
- Moraes-Valenti, P. & Valenti, W.C. (2010). Culture of Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*, in: New, M.B., Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D’Abramo, L.R., Kutty, M.N. (Eds.), *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Blackwell Publishing, pp. 485–497.
- Naylor, R. L., Goldberg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J. & Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017.
- Nunes, Z. M. P., Lazzaro, X. & Carvalho-Peret, A. (2006). Influência da biomassa inicial sobre o crescimento e a produtividade de peixes em sistema de policultivo. *Ciênc. Agrotec*, 30(6), 1083-1090.
- Peixe BR Associação Brasileira Da Piscicultura. Peixe BR anuário da piscicultura. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/>>. Acesso em: 17 jan. 2019, (2018).
- Pereira, F. A., Ha, N., Gonçalves, A. F. N., Antunes, H., Valenti, W. C. & Fabregat, T. E. H. P. (2018). Can the polyculture with South American catfish improve the feeding efficiency of rainbow trout culture?. *Aquaculture international*, 26(2), 487-493.
- Reidel, A., Oliveira, L.G., Piana, P.A., Lemainski, D., Bombardelli, R.A. & Boscolo, W.R. (1988). Evaluation of yield and morphometric characteristics of curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836), and piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988) males and females. *Rev. Varia Sci.* 4, 71–78.
- Rodrigues, C. G., Garcia, B. F., Verdegem, M., Santos, M. R., Amorim, R. V. & Valenti, W. C. (2019). Integrated culture of Nile tilapia and Amazon river prawn in stagnant ponds, using nutrient-rich water and substrates. *Aquaculture*, 503, 111-117.

- Santos, M. J. D. & Valenti, W. C. (2002). Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(3), 369-376.
- Silva, A. M. D. D., Gomes, L. D. C. & Roubach, R. (2007). Growth, yield, water and effluent quality in ponds with different management during tambaqui juvenile production. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(5), 733-740.
- Sipaúba-Tavares, L. H. (1993). Análise da seletividade alimentar em larvas de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tambacu (híbrido, pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macropomum*) sobre os organismos zooplancônicos. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 6(1), 114-132.
- Sipaúba-Tavares, L.H. (2013). Uso racional da água em aquicultura. Jaboticabal, (2013).
- Souza, B.E., Stringuetta, L.L., Bodignon, A.C., Bohnenberger, L., Boscolo, W.R. & Feiden, A. (2009). Polyculture of fresh water shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feeding with ration pelleted and mashed. *Semin. Agrar.* 30, 225–231. doi:10.5433/1679-0359.2009v30n1p225.
- Valenti, W. C., Kimpara, J. M. & Preto, B. L. (2011). Measuring aquaculture sustainability. *World aquaculture*, 42(3), 26.
- Zimmermann, S., Mohanakumaran Nair, C. & NEW, M. (2010). *Chapter 11 - Grow-Out Systems – Polyculture and Integrated Culture. Freshwater Prawns: Biology and Farming.* doi:10.1002/9781444314649.ch11.

Capítulo 3 – Produção de hortaliças em pequena escala para aproveitamento do sedimento pós-despesca dos viveiros de aquicultura.

Resumo

O objetivo com este trabalho foi avaliar a viabilidade técnica do plantio das culturas de alface (*Lactuca sativa*), almeirão (*Cichorium intybus intybus*), espinafre (*Spinacia oleracea*) e rúcula (*Eruca sativa*), cultivadas em sedimento de viveiros de aquicultura; avaliar a qualidade nutricional das hortaliças e sedimento dos viveiros de cultivo. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições. As mudas das hortaliças foram transplantadas em canteiros com dimensões de 1,2 m x 6,0 m, nos seus devidos espaçamentos de 0,2 m x 0,3 m para alface, almeirão e espinafre e 0,2 m x 0,1 m para rúcula. Todas as hortaliças foram irrigadas duas vezes ao dia atendendo suas necessidades hídricas. Foi feita a colheita somente da parte aérea das plantas após o período de 52 dias (junho a agosto). Em seguida, as plantas foram pesadas para cálculo da produtividade. Os resultados apontaram que a rúcula foi a espécie de melhor desempenho produtivo quando comparada com a alface, além de ter obtido uma maior concentração de N entre as demais hortaliças.

Palavras-chave: Integração aquicultura – agricultura - IAA, produtividade, sustentabilidade.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the technical viability of planting lettuce (*Lactuca sativa*), almeirão (*Cichorium intybus intybus*), spinach (*Spinacia oleracea*) and arugula (*Eruca sativa*) cultivated in sediments of aquaculture ponds; to evaluate the nutritional quality of the vegetables and sediment of the ponds. The experimental design was in a randomized block with four treatments with five replicates each. The seedlings of the vegetables were transplanted in beds with dimensions of 1.2 m x 6.0 m, in their proper spacings of 0.2 m x 0.3 m for lettuce, endive and spinach and 0.2 m x 0.1 m for arugula. All vegetables were irrigated twice a day according to their water needs. Only the aerial part of the plants were harvested after the period of 52 days (June to August). The plants were weighed to calculate yield. The results suggested that the arugula was the species of better productive performance when compared to the lettuce, moreover obtained a higher concentration of N among the other vegetables.

Keywords: Integration aquaculture-agriculture - IAA, yield, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Entre as produções agropecuárias brasileira, a produção e consumo de hortaliças vêm se expandido nos últimos anos. Segundo o IBGE, (2017), ~20 milhões de toneladas de uma variedade de 18 tipos de hortaliças são produzidas no Brasil, sendo 50% do total dessa produção representada pelo tomate, cebola e o alface. Para melhor compreensão do potencial do mercado de hortaliças no país, o valor de produção do tomate e da alface juntos, corresponde ao valor de produção do arroz, considerado este o item mais presente na mesa do brasileiro. O valor de produção do arroz tem sido ao redor de R\$ 4,5 bilhões de acordo com os dados de Montezano *et al.* (2006) e IBGE (2017). Para a produção nacional de tomate e alface, a área ocupada é de apenas 5% da área destinada ao arroz (IBGE, 2017; EBC, 2018).

A atividade agropecuária exige uma grande demanda por espaço para plantio e utilização de agrotóxicos para prevenção de doenças e pragas. Além disso, também exige grande demanda por recursos hídricos para irrigação das lavouras (Silva, 2000; Bandeira *et al.* 2018; Gonçalves *et al.* 2018). Isso pode acabar ocasionando alguns problemas ambientais e esgotamento dos recursos naturais, tais como água e solo (Gasques *et al.* 2018). Desta forma, os sistemas integrados de produção vêm sendo uma boa alternativa para maximizar o uso de espaço, visando a preservação dos recursos naturais. Os sistemas integrados possibilitam a produção de mais de uma cultura na mesma unidade de espaço. Entre os sistemas integrados mais utilizados, podemos listar os sistemas consorciados, a rotação de culturas, integração lavoura e pecuária (ILP), integração aquicultura - agricultura (IAA), entre outros (Balbinot *et al.* 2009; Cordeiro *et al.* 2017). Atualmente na aquicultura, ressurgiu o milenar sistema multitrófico integrado de aquicultura, “Integrated Multitrophic Aquaculture – IMTA” (Barrington *et al.* 2009; Chopin *et al.* 2013; Marques *et al.* 2016). Esse sistema consiste no cultivo de espécies de diferentes níveis tróficos com funções complementares no ecossistema (Marques *et al.* 2016). Assim, essa forma de cultivo permite alimentação de uma das espécies com resíduos, nutrientes e por subprodutos gerados por outra espécie presente no mesmo ambiente (Chopin *et al.* 2013).

Dos sistemas integrados, o método Integração aquicultura - agricultura (IAA) consiste em aumentar a produtividade agropecuária para pequenos produtores, devido a interação simultânea ou sequencial entre duas ou mais atividades, como por exemplo a aquaponia, hidroponia, fertirrigação etc. (Medeiros & Taffarel., 2017; Sousa *et al.* 2018). O sistema IAA é bastante utilizado por alguns países asiáticos como China, Índia e Bangladesh que são os maiores produtores aquícolas do mundo. Esses países, utilizam o sistema IAA nas atividades da rizicarcinicultura e rizipiscicultura (Oliveira *et al.* 2018; Valenti *et al.* 2018). Países mais pobres da África, como a Tanzânia, utilizam a água do cultivo integrado de duas espécies de peixes, bagre africano (*Clarias gariepinus*) e tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) para a irrigação da couve-chinesa (Limbu, *et al.* 2018). Na Europa Oriental, existe também o exemplo da Hungria, onde essa prática também foi realizada em grandes viveiros. Nesse país, os produtores faziam a integração da produção do *fish duck* (*Harpadon nehereus*), seguido pela produção de arroz (Moriarty, 1985). Além dessa cultura, o próprio viveiro de cultivo também poderia ser utilizado para a produção de agrião após a despesca dos animais (Moriarty, 1985; Medeiros & Taffarel., 2017). Ainda que esse sistema fosse visto como uma boa prática de manejo, ele foi perdendo espaço para os fertilizantes químicos (Moriarty, 1985).

A maior parte da aquicultura, tanto mundial quanto no Brasil, é realizada em sistemas de monocultivo intensivamente arraçoados. Nesses sistemas, são utilizadas grandes quantidades de ração comercial, mas somente 30% dessa dieta é incorporada na biomassa animal (Boyd & Tucker, 1998; Jegatheesan & Visvanathan., 2011). O restante do alimento não incorporado à biomassa acaba sendo perdido no efluente do cultivo ou depositado no sedimento pós-despesca dos viveiros. (Tucker, 1998; Jegatheesan & Visvanathan., 2011).

Pensando no aproveitamento desses nutrientes não incorporados na biomassa dos animais, no Brasil, o policultivo multitrófico e multiespacial já vêm sendo realizado com espécies exóticas como o camarão-da-malásia, carpas e tilápias (Marques & Moraes-Valenti, 2012; Rodrigues, 1995; Santos & Valenti, 2002; Souza *et al.* 2009). Como a maioria dos cultivos existentes é com espécies exóticas, há uma grande necessidade de estudos de sistemas IMTA, usando combinações de espécies nativas brasileiras. O uso de espécies exóticas pode trazer consequências para diversidade biológica, no caso da liberação acidental no

ambiente. Pensando nisso, foram realizados estudos de cultivo integrado com duas espécies nativas do Brasil, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*). Nesse estudo foi observado que a maior parte dos nutrientes contidos na ração, fornecida somente ao tambaqui, ficou acumulada no sedimento dos viveiros (Costa, 2017). Parte desses nutrientes foi aproveitada pelo camarão-da-amazônia, que é onívoro-detritívoro. Porém, a maior parte ficou acumulada na forma de detritos.

Pensando nesses detritos, que não foram totalmente aproveitados pelo camarão-da-amazônia, que é um animal bentônico onívoro-detritívoro, foi realizado um outro estudo novamente com tambaqui e camarão-da-amazônia. Dessa vez, além dessas duas espécies foi introduzido o curimatã (*Prochilodus lineatus*) para ajudar no aproveitamento dos resíduos da ração não consumida pelo e camarão-da-amazônia. Essa terceira espécie possui o hábito alimentar iliófago e já é usada na aquicultura (vide capítulo 2). Mesmo assim, ainda restou uma grande quantidade de material rico em nutrientes.

A maioria dos resíduos que não foram incorporados na biomassa dos animais aquáticos contém grande quantidade de N e P. Estudos de David *et al.* (2017a e 2017b), em cultivo integrado de tilápia-do-nilo com camarão-da-amazônia, reportaram a concentração de 197 kg.ha de N no sedimento dos viveiros ao final do cultivo. Costa (2017), Flickinger (2017) e Medeiros (2017) também encontraram uma grande quantidade de N e P no sedimento pós-despesca de um cultivo integrado de tambaqui com camarão-da-amazônia. Pensando em aproveitar o sedimento do sistema integrado com as três espécies, ou seja, tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatã, seria interessante o plantio de hortaliças nesse sedimento. Assim, seria estabelecido um sistema Integrado aquicultura - agricultura (IAA).

A aquicultura em regiões com limitações climáticas do Brasil (sul e sudeste), geralmente é interrompida no período do inverno. As despesas são realizadas no final da estação quente pois as baixas temperaturas limitam o crescimento de várias espécies aquáticas. Geralmente, durante o inverno os viveiros ficam vazios, aguardando o início da estação quente para reiniciar os cultivos aquáticos. Assim, o cultivo de vegetais nesse período de frio, aproveitaria os nutrientes do sedimento e utilizaria o espaço ocioso.

Desse modo, utilizando o sistema IAA, esse trabalho teve como objetivo geral avaliar a viabilidade técnica do plantio de hortaliças, resistentes à baixas temperaturas, no sedimento dos viveiros pós-despesca, que é rico em vários nutrientes, principalmente em N e P, resultante do cultivo anterior durante o inverno. As espécies de hortaliças cultivadas foram: alface (*Lactuca sativa*), almeirão (*Cichorium intybus intybus*), espinafre (*Spinacia oleracea*) e rúcula (*Eruca sativa*), consideradas hortaliças de inverno, são rústicas e de grande importância econômica (IBGE, 2017; CATI, 2018). O plantio dessas hortaliças, também poderá auxiliar na fitoestabilização do solo e ainda gerar uma renda extra ao produtor.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a viabilidade técnica do plantio das culturas de alface (*Lactuca sativa*), almeirão (*Cichorium intybus intybus*), espinafre (*Spinacia oleracea*) e rúcula (*Eruca sativa*), cultivados no sedimento pós-despesca como substrato;
- Avaliar a qualidade nutricional das hortaliças neste tipo de sistema integrado;
- Avaliar o aproveitamento dos nutrientes do sedimento dos viveiros de cultivo, com o plantio de hortaliças, como forma de manejo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Jaboticabal, São Paulo (21° 15'17"S, 48° 19'20"W). O experimento foi conduzido durante o inverno de 2018, no período de junho a agosto, com duração total de 52 dias. Foram utilizados dois viveiros experimentais de fundo natural, com área aproximada de 0,01 ha⁻¹ e profundidade média de 1m. Na figura 1 observa-se a localização e imagens dos viveiros antes e após a despesca com os canteiros erguidos e as mudas recém-transplantadas.



Fonte: Google Imagens

Figura 1 – (A) Localização do CAUNESP; (B) Setor de carcinicultura; (C) Viveiros experimentais; (D) Canteiros preparados nos viveiros com sedimento pós-despesca do cultivo anterior com três espécies aquáticas tambaqui, camarão-da-amazônia e curimatã; (E) Mudanças de alface (*Lactuca sativa*), almeirão (*Cichorium intybus intybus*), espinafre (*Spinacia oleracea*) e rúcula (*Eruca sativa*), transplantadas nos canteiros.

Após a despesca os viveiros foram deixados secar naturalmente para depois serem feitos os canteiros com o sedimento. O sedimento foi amostrado para caracterização química, determinando-se o valor de pH, os teores de matéria orgânica, P, K, Ca e Mg, e a acidez total (H+Al). Por cálculo foram obtidos os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e índice de saturação por bases (V%). Na caracterização foram usados os métodos descritos em Raij & Quaggio., (2001).

Foram erguidos 5 canteiros com 1,2 m x 6,0 m (Figura 2). Cada canteiro foi dividido em 4 parcelas de 1,2 m x 1,5 m, totalizando 1,8 m⁻² (Figura 3), nas quais

foram transplantadas mudas de alface, almeirão, espinafre e rúcula, com massas iniciais médias, em g/muda, de 13,63, 5,60, 2,42 e 2,40, respectivamente. Os espaçamentos adotados foram de 0,2 m x 0,3 m para alface, almeirão e espinafre e 0,2 m x 0,1 m para rúcula (Figura 3). Deste modo, em cada parcela havia 6 linhas de plantas.

Durante a condução do experimento as plantas foram irrigadas com uma mangueira, atendendo a necessidade hídrica de cada espécie. A água de irrigação foi proveniente de duas represas que recebem efluentes de outros sistemas de aquicultura.

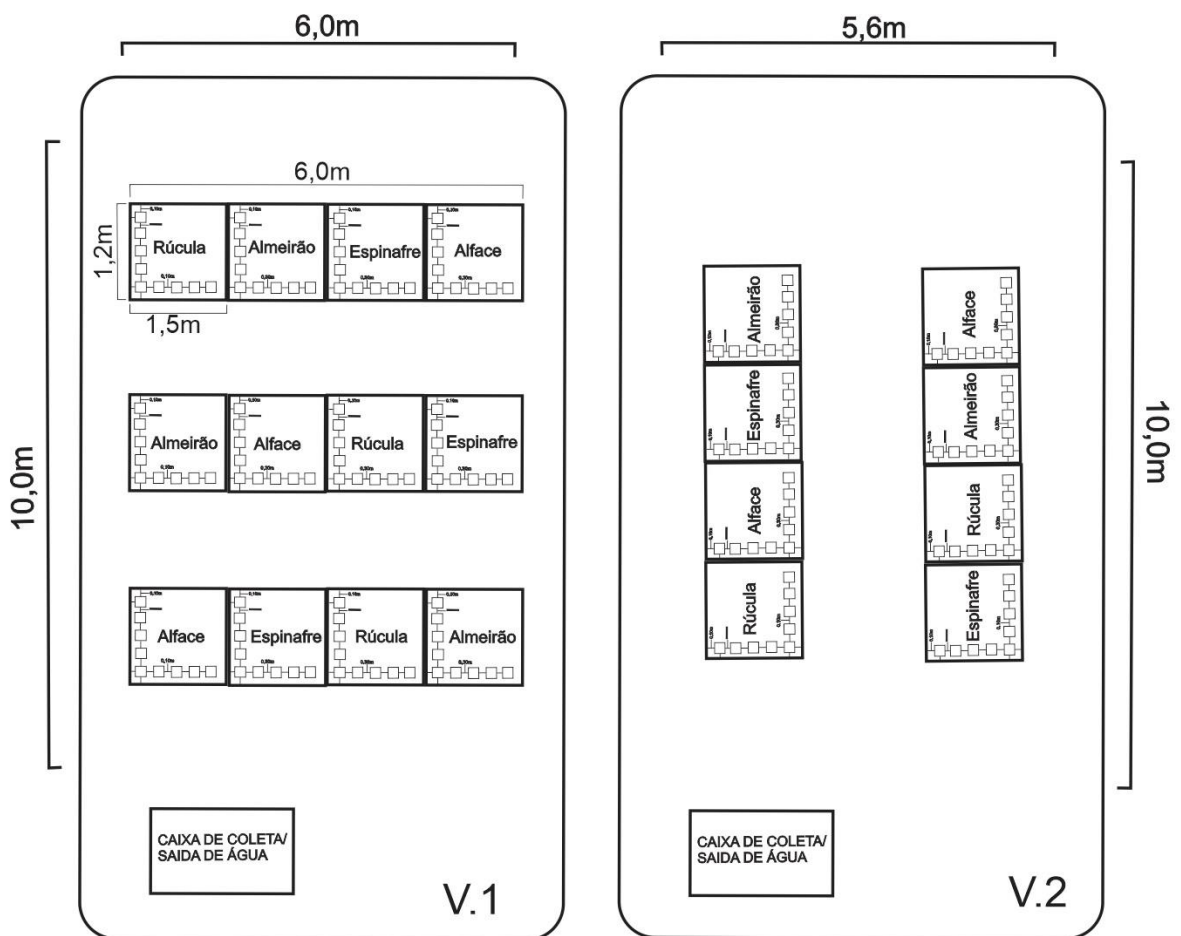


Figura 2: Disposição dos blocos e parcelas nos tanques escavados.

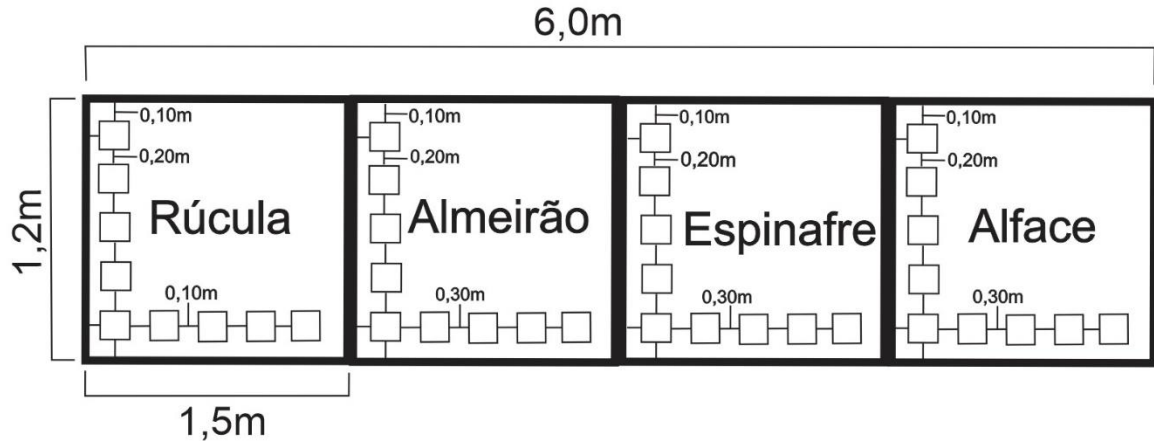


Figura 3: Exemplo de distribuição das espécies no bloco e nas parcelas.

Nos estágios iniciais de crescimento das plantas, houve ataque de formigas. Estas foram controladas com isca comercial Mirex – SD, Atta-kill (princípio ativo: Sulfluramida), aplicada em área externa aos tanques. A aplicação foi realizada em dias alternados, ao final da tarde, por uma semana.

Na colheita, as plantas das quatro linhas centrais, desprezando uma planta em cada extremo das linhas, foram cortadas rente ao solo (Figura 4). A rúcula foi colhida com 37 dias de cultivo, a alface com 44 dias, o almeirão com 48 dias e o espinafre com 52 dias. Depois da colheita, cada hortaliça foi pesada em balança analítica da marca Mettler Toledo®, modelo AB104-S, com precisão de 0,01 g, para cálculo de produtividade. Para avaliar as concentrações de nutrientes das hortaliças, as plantas foram lavadas, secas em estufa a 65-70° C, moídas e amostras foram usadas para as análises de nitrogênio, fósforo, enxofre, cálcio, magnésio e potássio (APHA, 2005). Ao final do experimento, foi realizada uma nova coleta de sedimento para caracterização química segundo Raij & Quaggio., (2001).

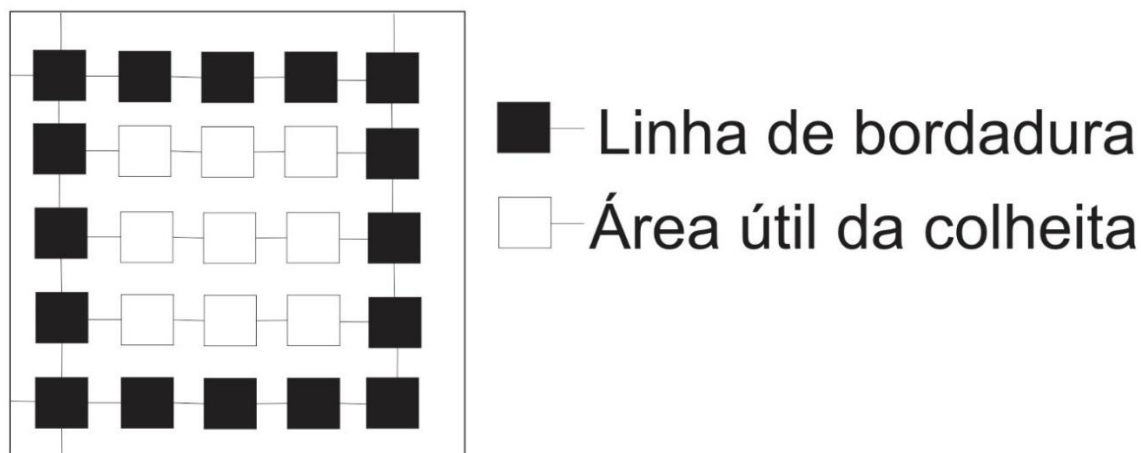


Figura 4: Delimitação da área útil da parcela, na qual foi feita a colheita das plantas.

Os resultados encontrados neste estudo foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade por Barlett. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, sendo considerado nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas pelo Software R versão 3.5.0 e os resultados foram expressos em médias e desvio padrão (SD). Para interpretar as concentrações de nutrientes nas hortaliças e as características químicas do sedimento foram usados os critérios apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1

: Faixas de teores adequados de macronutrientes em folhas de hortaliças, segundo CATI, 2018.

Variáveis:	N	P	K	Ca	Mg	S
g.kg⁻¹						
Alface	30,0 - 50,0	3,0 - 7,0	50,0 - 80,0	15,0 - 25,0	4,0 - 6,0	2,0 - 4,0
Almeirão	30,0 - 40,5	4,0 - 8,0	30,0 - 50,0	10,0 - 20,0	3,0 - 8,0	2,0 - 4,0
Espinafre	40,0 - 60,0	4,0 - 8,0	30,0 - 50,0	14,0 - 40,0	4,0 - 8,0	3,0 - 10,0
Rúcula	40,0 - 50,0	3,0 - 8,0	30,0 - 70,0	20,0 - 40,0	4,0 - 7,0	4,0 - 9,0

Variáveis: N= nitrogênio total; P= fósforo total; K= potássio; Ca= cálcio; Mg= magnésio; S= enxofre.

Tabela 2: Classes de interpretação de teores de nutrientes e de valores de atributos químicos de solo, segundo IAC (2014).

Classes de interpretação segundo IAC, 2014.									
Interpretação	P resina				K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V	Acidez (pH)
	anuais	florestais	perenes	hortaliças					
	-----mg.dm ⁻³ -----				-----mmol _c .dm ⁻³ -----			%	
Muito baixo	0 - 6	0 - 2	0 - 5	0 - 10	0 - 0,7			0 - 25	>6,0
Baixo	7 - 15	3 - 5	6 - 12	11 - 25	0,8 - 1,5	0 - 3	0 - 4	26 - 50	5,6 - 6,0
Médio	16 - 40	6 - 8	13 - 30	26 - 60	1,6 - 3,0	3 - 7	5 - 8	51 - 70	5,1 - 5,5
Alto	41 - 80	9 - 16	31 - 60	61 - 120	3,1 - 6,0	>7	>8	71 - 90	4,4 - 5,0
Muito alto	>80	>16	>60	>120	>6,0			>90	Até 4,3

Variáveis: **P resina** = fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons; **pH** em CaCl₂ = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ = potássio, cálcio e magnésio; H+Al = acidez potencial; **SB** = soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + k+); **CTC** = capacidade de troca de cátions = SB + (H+Al); **V** = índice de saturação por bases = 100SB/CTC.

4. RESULTADOS

Os dados brutos de massa fresca por bloco, obtidos das hortaliças avaliadas, estão representados nas Tabelas 3 a 6.

Tabela 3: Massa média da alface (*L. sativa*) (g), produtividade total por bloco e média geral.

Plantas	B1	Plantas	B2	Plantas	B3	Plantas	B4	Plantas	B5
1	204,65	1	280,34	1	137,89	1	102,44	1	34,00
2	103,21	2	210,08	2	166,50	2	178,92	2	39,68
3	193,77	3	218,47	3	14,50	3	170,36	3	115,37
4	126,73	4	199,13	4	48,88	4	183,41	4	79,74
5	147,30	5	105,52	5	65,25	5	185,55	5	89,68
6	185,08	6	193,31	6	33,06	6	131,60	6	118,57
7	199,66	7	246,05	7	107,97	7	172,77	7	103,60
8	183,15	8	256,55	8	61,12	8	100,18	8	112,53
9	243,68	9	210,08	9	53,84	9	182,43	9	91,05
Total (g)	1587,23		1919,53		689,01		1407,66		784,22
Média (total/un)	176,36		213,28		76,56		156,41		87,14

Tabela 4: Massa média do almeirão (*C. intybus intybus*) (g), produtividade total por bloco e média geral.

Plantas	B1	Plantas	B2	Plantas	B3	Plantas	B4	Plantas	B5
1	266,77	1	184,70	1	122,53	1	202,07	1	187,45
2	344,62	2	332,77	2	240,82	2	288,09	2	118,10
3	268,80	3	309,82	3	178,55	3	319,25	3	81,17
4	300,10	4	152,92	4	178,13	4	182,14	4	169,83
5	295,75	5	316,20	5	316,30	5	263,88	5	199,06
6	174,88	6	219,05	6	112,40	6	312,09	6	149,42
7	160,06	7	258,20	7	132,95	7	199,82	7	198,78
8	179,62	8	246,15	8	251,47	8	170,19	8	144,74
9	436,22	9	210,94	9	183,20	9	153,35	9	143,15
Total (g)	2426,82		2230,75		1716,35		2090,88		1391,7
Média (total/un)	269,65		247,86		190,71		232,32		154,63

Tabela 5: Massa média do espinafre (*S. oleracea*) (g), produtividade total por bloco e média geral.

Plantas	B1	Plantas	B2	Plantas	B3	Plantas	B4	Plantas	B5
1	192,62	1	128,15	1	182,52	1	157,70	1	105,11
2	114,80	2	118,09	2	186,85	2	155,56	2	289,00
3	208,58	3	159,93	3	72,80	3	375,85	3	339,92
4	138,64	4	198,10	4	85,65	4	193,09	4	164,07
5	225,45	5	202,34	5	125,58	5	185,10	5	224,23
6	250,81	6	205,51	6	119,74	6	131,50	6	135,14
7	118,97	7	277,16	7	295,18	7	85,05	7	174,87
8	218,60	8	202,23	8	303,45	8	175,56	8	214,24
9	281,71	9	158,38	9	317,50	9	281,17	9	381,13
Total (g)	1750,18		1649,89		1689,27		1740,58		2027,71
Média (total/un)	194,46		183,32		187,70		193,40		225,30

Tabela 6: Massa média da rúcula (*E. sativa*) (g), produtividade total por bloco e média geral.

Plantas	B1	Plantas	B2	Plantas	B3	Plantas	B4	Plantas	B5
1	79,65	1	75,98	1	39,03	1	60,23	1	51,80
2	80,04	2	57,27	2	38,24	2	69,55	2	48,91
3	83,98	3	71,03	3	45,02	3	64,82	3	44,35
4	85,14	4	79,21	4	33,51	4	70,03	4	47,15
5	75,12	5	70,43	5	38,75	5	66,91	5	46,80
6	79,65	6	83,52	6	37,99	6	59,86	6	45,29
7	88,83	7	76,87	7	30,11	7	68,78	7	53,30
8	77,42	8	83,16	8	55,04	8	63,25	8	41,12
9	80,10	9	76,35	9	39,06	9	69,97	9	49,83
10	79,29	10	77,88	10	37,87	10	62,89	10	43,20
11	78,44	11	79,65	11	31,09	11	67,46	11	40,99
12	74,51	12	73,36	12	37,75	12	59,93	12	46,22
13	82,30	13	72,59	13	31,31	13	71,38	13	46,98
14	77,53	14	74,07	14	44,22	14	68,19	14	47,80
15	80,09	15	81,15	15	36,33	15	61,59	15	51,03
16	85,65	16	73,25	16	38,85	16	66,94	16	42,24
17	79,68	17	82,03	17	48,14	17	67,60	17	45,41
18	84,05	18	71,42	18	37,55	18	66,16	18	48,43
19	80,52	19	80,66	19	46,56	19	64,80	19	46,19
20	73,83	20	83,15	20	30,11	20	61,69	20	49,21
21	71,85	21	70,14	21	36,10	21	69,82	21	43,33
22	74,65	22	79,85	22	38,71	22	63,33	22	45,44
23		23	55,52	23	35,98	23	68,46	23	50,51
24		24	80,09	24	38,49	24	66,90	24	41,53
25		25	75,83	25	43,21	25	65,64	25	46,51
26		26	80,33	26	34,48	26	70,10	26	43,44
27		27	80,54	27	37,84	27	68,75	27	40,98
28		28	76,89	28	39,29	28	66,41	28	46,81
29		29	80,19	29	37,81	29	63,41	29	44,25
30		30	71,03	30	42,20	30	67,89	30	53,32
31		31	78,09	31	37,85	31	65,69	31	49,89
32		32	72,05	32	36,97	32	67,91	32	47,88
33		33	73,10	33	38,65	33	62,60	33	49,25
34		34	71,53	34	40,15	34	66,93	34	50,05
35		35	71,92	35	35,41	35	69,03	35	50,01
36		36	75,30	36	38,30	36	70,86	36	47,56
37		37	73,64	37	42,25	37	64,80	37	49,90
38		38	81,06	38	39,97	38	71,94	38	48,10
39		39	74,72	39	38,86	39	71,23	39	51,00
40		40	76,04	40	37,99	40	63,97	40	47,81
41		41	80,45	41	45,15	41	61,74	41	41,19
42		42	72,09	42	38,46	42	72,24	42	44,77
43		43	77,91	43	39,89	43	74,47	43	49,31
44		44	73,30	44	35,75	44	75,26	44	45,92
45		45	79,39	45	37,60	45	69,79	45	41,00
Total (g)	1752,32		3404,03		1743,89		3011,20		2106,01
Média (total/un)	79,65		75,65		38,75		66,92		46,80

O ataque de formigas, durante parte do cultivo, pode ter influenciado na baixa produtividade de algumas parcelas das hortaliças cultivadas de alguns dos tratamentos. Segundo a análise de variância ANOVA, o desempenho produtivo da

rúcula foi maior somente quando comparado com o desempenho da alface. Já o desempenho produtivo do almeirão e do espinafre, foram similares ao desempenho da alface (Tabela 7).

Tabela 7: Desempenho produtivo por área das hortaliças cultivadas (kg.m⁻²).

Tratamentos	Produtividade (kg.m ⁻²)
Alface	0,71 ± 0,29 ^b
Almeirão	1,09 ± 0,23 ^{ab}
Espinafre	0,98 ± 0,08 ^{ab}
Rúcula	1,33 ± 0,42 ^a

Médias ± SD: Diferentes letras entre colunas indicam diferenças entre os tratamentos pela análise de variância Tukey (P≤0,05).

Quanto aos teores de nutrientes nas hortaliças (Tabela 8), a rúcula foi a hortaliça que apresentou uma alta concentração de nitrogênio em suas folhas, 70,2 g.kg⁻¹, mantendo-se na média nos demais macronutrientes. A alface, em relação ao fósforo e ao potássio, apresentou concentrações baixas de 41,8 e 13,0 g.kg⁻¹. Em relação aos demais macronutrientes, as concentrações obtidas mantiveram-se na média.

Tabela 8: Médias (±SD) das faixas de tores de macronutrientes nas folhas de alface, almeirão, espinafre e rúcula.

Amostras	N	P	K	Ca	Mg	S
g.kg ⁻¹						
Alface	40,8 ± 1,3	5,3 ± 0,1	41,8 ± 4,9	13,0 ± 1,1	5,7 ± 0,6	4,0 ± 0,9
Almeirão	40,4 ± 1,0	3,6 ± 0,4	39,8 ± 5,9	15,4 ± 2,1	4,6 ± 0,4	4,0 ± 1,0
Espinafre	40,9 ± 1,4	4,1 ± 0,7	41,3 ± 8,1	14,9 ± 2,1	5,2 ± 0,4	3,5 ± 1,0
Rúcula	70,2 ± 2,1	3,9 ± 0,8	40,2 ± 5,8	20,6 ± 4,8	4,9 ± 0,6	3,9 ± 0,6

Variáveis: N= nitrogênio total; P= fósforo total; K= potássio; Ca= cálcio; Mg= magnésio; S= enxofre.

Analisando os nutrientes disponíveis no sedimento (Tabela 9), observa-se que havia teores de P, Ca e Mg altos, acidez e índice de saturação por bases médios (Tabelas 2 e 9). Na caracterização pós-colheita (Tabela 9) apenas o P

variou de classe e diminuiu para teores médios (Tabela 2). A concentração de fósforo disponível antes do plantio foi de 72 mg.dm^{-3} e ao final a concentração foi de 49 mg.dm^{-3} . No entanto, a diferença não significa exportação de 23 mg.dm^{-3} de P do sedimento nos produtos colhidos, uma vez que o P passa por processos de indisponibilização por adsorção, muitas vezes irreversível, a coloides do solo como óxidos de ferro e alumínio, abundantes em solos de zonas tropicais. Como o extrator de P usado é específico para formas minerais disponíveis, a transformação do P para formas não disponíveis resulta em diminuição nas quantidades extraídas.

Tabela 9: Nutrientes disponíveis no sedimento na fase inicial e final do cultivo de alface, almeirão, espinafre e rúcula.

Amostras	P resina mg.dm^{-3}	MO g.dm^{-3}	pH CaCl ₂	-----mmol _c .dm ⁻³ -----						V %
				K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	
Inicial	72	30	5,5	2,2	68	13	36	83	119	70
Final	49	32	5,5	1,5	65	12	36	79	115	69

Variáveis: **P resina** = fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons; **MO** = matéria orgânica; **pH em CaCl₂** = pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; **K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺** = potássio, cálcio e magnésio; **H+Al** = acidez potencial; **SB** = soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + k⁺); **CTC** = capacidade de troca de cátions = SB + (H+Al); **V** = índice de saturação por bases = $100\text{SB}/\text{CTC}$.

5. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostram que a produção de hortaliças em viveiros escavados pós-despesca, utilizando o sedimento como substrato, (Tabela 7) pode ser uma alternativa para aquiculturas de pequena escala. Independentemente da hortaliça avaliada, os resultados foram similares ou melhores, se comparados aos resultados obtidos em outros sistemas integrados (cultivo de peixes mais hortaliças) e em sistemas convencionais. Limbu *et al.* (2017), avaliaram a produtividade da couve-chinesa (*Brassica rapa chinensis*) em sistema integrado com o bagre-africano (*Clarias gariepinus*) e tilápia no Nilo (*Oreochromis niloticus*). Nesse sistema, foi utilizada a água do cultivo dos peixes

para irrigação e também em sistema convencional, observando produtividades de 0,91 kg.m⁻² e 0,52 kg.m⁻², respectivamente. De modo semelhante, Pinho *et al.* (2017), avaliaram sistemas de aquaponia, com três variedades de alface, crespa vermelha, manteiga e crespa. Nesses sistemas, as produtividades médias obtidas foram de 0,95 kg.m⁻².

Comparando às faixas de teores adequados (CATI, 2018), os resultados das análises nutricionais das hortaliças estão quase todos nas médias indicadas na literatura. A rúcula apresentou concentração de nitrogênio maior, uma vez que a faixa adequada é de 40,0 – 50,0 g.kg⁻¹ (Tabela 1) e foram determinados 70,2 g.kg⁻¹ na parte aérea da planta (Tabela 8). Os demais macronutrientes, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) se mantiveram dentro das faixas adequadas. O espinafre, apresentou concentrações de todos os macronutrientes adequadas. Porém, nos casos da alface e do almeirão, houve concentração menor de alguns macronutrientes. A alface apresentou menor concentração de K e Ca, e no almeirão, a menor concentração foi de P. A concentração de K na alface normalmente é de 50,0 – 80,0 g.kg⁻¹, cálcio é de 15,0 – 25,0 g.kg⁻¹ e P é de 4,0 – 8,0 g.kg⁻¹. Neste experimento a concentração foi de 41,8 g.kg⁻¹ para K, 13,0 g.kg⁻¹ para Ca e 3,6 g.kg⁻¹ para P.

No balanço de nitrogênio do cultivo integrado de tilápia-do-nylo e camarão-da-amazônia, nos mesmos viveiros de aquicultura deste experimento, David *et al.* (2017), reportaram concentração de 197 kg.ha⁻¹ de N no sedimento dos viveiros ao final do cultivo. Essa alta concentração de nitrogênio provavelmente contribuiu com a alta concentração de N da rúcula. Esse resultado, corrobora com Purqueiro *et al.* (2007), que avaliaram o efeito da adubação nitrogenada no cultivo de rúcula, e reportaram, na colheita, que com o aumento das doses de N na adubação houve aumento na produtividade.

Os dados das análises de sedimento apontaram uma grande variação na quantidade de P disponível (Tabela 9), em que a quantidade inicial foi de 72 mg.dm⁻³ e a final foi de 49 mg.dm⁻³. Segundo o IAC (2014), esse teor de P para cultivo de hortaliças (Tabela 2) é alto, indicativo que a adubação com P pode ser dispensada ou a dose aplicada em um ambiente em que se faz uso de adubação pode ser pequena. Esse dado, sugere apenas a manutenção das condições de fertilidade existente. Ao final do experimento, essa concentração foi média. Contudo, apenas

parte da diminuição deve ter sido causada pela exportação nos produtos colhidos. O P passa por processos de reação com componentes da fase sólida do solo, particularmente óxidos de ferro e alumínio, que causam diminuição na disponibilidade em função do tempo e, conseqüentemente, diminuição na quantidade extraída.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a produção de hortaliças no fundo dos viveiros de aquicultura, no período de inverno, utilizando o sedimento pós-despesca como substrato é tecnicamente viável. A qualidade nutricional do sedimento é ótima para o cultivo dessas hortaliças devido à alta concentração de P disponível. Entretanto, sugere-se para uma próxima etapa, uma análise dos indicadores de sustentabilidade para aquicultura, avaliando os indicadores econômicos, ambientais e sociais para incrementar os dados dos estudos nesse sistema IAA.

7. REFERÊNCIAS

- APHA. (2005). (American Public Health Association). Standard methods for the examination of water and waste water. APHA, Washington, DC, USA.
- Balbinot, A. A., Moraes, A., Veiga, M., Pelissari, A. & Dieckow, J. (2009). Crop-livestock system: intensified use of agricultural lands/Integracao lavoura-pecuaria: intensificacao de uso de areas agricolas. *Ciência Rural*, 39(6), 1925-1934.
- Bandeira, M. N. & Campos, F. I. (2018). Bioma Cerrado: Relevância No Cenário Hídrico Brasileiro. *CIPEEX*, 399-409.
- Barrington, K., Chopin, T. & Robinson, S. (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. *Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 529, 7-46.
- Boyd, C. E. & Tucker, C. S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management Kluwer Academic Publishers. *Boston, MA*, 700.
- CATI, (2018). **Hortaliças**: Recomendações de calagem e adubação para o estado de são paulo. 251 ed. São Paulo: CATI, 9-25 p.
- Cordeiro, L. A. M., Vilela, L., Marchão, R. L., Kluthcouski, J. & Júnior, G. B. M. (2017). Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 32(1/2), 15-53.
- Chopin, T., MacDonald, B., Robinson, S., Cross, S., Pearce, C., Knowler, D. & Burridge, L. (2013). The Canadian Integrated Multi-Trophic Aquaculture Network (CIMTAN)—a network for a new ERA of ecosystem responsible aquaculture. *Fisheries*, 38(7), 297-308.
- Costa, G. A. (2017). Determinação das fontes de alimento no cultivo de camarão-da-amazônia e tambaqui, utilizando isótopos estáveis. Centro de Aquicultura da UNESP.
- David, F. S., Proença, D. C. & Valenti, W. C. (2017). Nitrogen budget in integrated aquaculture systems with Nile tilapia and Amazon river prawn. *Aquaculture*

International, 25(5), 1733-1746.

EBC - AGENCIA BRASIL. Pesquisa mostra que 80% dos brasileiros buscam alimentação saudável. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2018-05/pesquisa-mostra-que-80-dos-brasileiros-buscam-alimentacao-saudavel>>. Acesso em: 12 dez. 2018, (2018).

Flickinger, D.L. (2017). The budget of carbon, nitrogen, phosphorous and energy in the culture of the Amazon river prawn and tambaqui farmed in monoculture and in integrated multitrophic systems. Centro de Aquicultura da UNESP.

Gasques, J. G., Bacchi, M. R. P. & Bastos, E. T. (2018). Crescimento e produtividade da agricultura brasileira de 1975 a 2016.

Gonçalves, F. N. & Back, Á. J. (2018). Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(3), 11-20.

IBGE. **Censo agropecuário**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

Jegatheesan, V., Shu, L. & Visvanathan, C. (2011). Aquaculture effluent: impacts and remedies for protecting the environment and human health. *Encyclopedia of environmental health*, 123-135.

Limbu, S. M., Shoko, A. P., Lamtane, H. A., Kische-Machumu, M. A., Joram, M. C., Mbonde, A. S. & Mgaya, Y. D. (2017). Fish polyculture system integrated with vegetable farming improves yield and economic benefits of small-scale farmers. *Aquaculture Research*, 48(7), 3631-3644.

Marques, H. L. A. & Moraes-Valenti, P. (2012). Current status and prospects of farming the Giant River Prawn (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879)) and the Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862)) in Brazil. *Aquac. Res.* doi:10.1111/j.1365-2109.2011.03032.x.

Marques, H. L., New, M. B., Boock, M. V., Barros, H. P., Mallasen, M. & Valenti, W. C. (2016). Integrated freshwater prawn farming: state-of-the-art and future potential. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(3), 264-293.

- Medeiros, D., Kautzmann, R. M. & Taffarel, S. R. (2017). Aquaponia: integração entre o manejo intensivo de peixes e o cultivo de vegetais sem solo em um projeto de aplicação domiciliar no estado do Rio Grande do Sul. *SEFIC 2016*.
- Medeiros, M.V. (2017). Policultivo de tabaqui e camarão-da-amazônia: características limnológicas, avaliação de impacto ambiental e tratamento de efluente. Universidade Estadual Paulista.
- Montezano, E. M. & Peil, R. M. N. (2006). Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. *Current Agricultural Science and Technology*, 12(2).
- Moriarty, D., Pollard, P., Alongi, D. D., Wilkinson, C. C. & Gray, J. (1985, January). Bacterial productivity and trophic relationships with consumers on a coral reef (MECOR I). In *Proceedings of the 5th International Coral Reef Congress, Tahiti, 27 May-1 June 1985-pages: 3: 457-462*.
- Oliveira, P. E. M. D. (2018). Inovações no Setor Aquícola em Parintins/Am.
- Pinho, S. M., Molinari, D., Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M. & Emerenciano, M. G. C. (2017). Effluent from a biofloc technology (BFT) tilapia culture on the aquaponics production of different lettuce varieties. *Ecological engineering*, 103, 146-153.
- Purquerio, L. F. V., Demant, L. A. R., Goto, R. & Villas Boas, R. L. (2007). Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. *Horticultura Brasileira*, 464-470.
- Raij, B. V. & Quaggio, J. A. (2001). Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*, 189-199.
- Rodrigues, J.B.R. (1995). Manual de policultivo peixe e camarão de água doce. Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, Florianópolis.
- Santos, M. J. D. & Valenti, W. C. (2002). Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(3), 369-376.
- Sousa, D. N., Niederle, P. A., Charão-Marques, F. & de Freitas, A. A. (2018). Inovação e inclusão produtiva na agricultura familiar do Tocantins. *Revista*

Grifos, 27(45), 204-224.

- Souza, B.E., Stringuetta, L.L., Bodignon, A.C., Bohnenberger, L., Boscolo, W.R. & Feiden, A. (2009). Polyculture of fresh water shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feeding with ration pelleted and mashed. *Semin. Agrar.* 30, 225–231. doi:10.5433/1679-0359.2009v30n1p225.
- Silva, M. P. D., Mauro, R., Mourao, G. & Coutinho, M. (2000). Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. *Revista brasileira de Botânica*, 23(2), 143-152.
- Trani, P. E. (2014). Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido. *Instituto Agrônomo, Centro de Horticultura, Campinas.*
- Tucker, C. S. (1998). Characterization and management of effluents from aquaculture ponds in the southeastern United States. *SRAC Publ.* 470 6 pp.
- Valenti, W. C., Kimpara, J. M., Preto, B. L. & Moraes-Valenti, P. (2018). Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*, 88, 402-413.