

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CENTRO DE AQUICULTURADA UNESP

**PRODUÇÃO, ANÁLISE ECONÔMICA E
SUSTENTABILIDADE DA
RIZICARCINICULTURA
NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Marcello Villar Boock
Eng^o Agrônomo

JABOTICABAL, SP
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA
CÂMPUS JABOTICABAL

**PRODUÇÃO, ANÁLISE ECONÔMICA E
SUSTENTABILIDADE DA
RIZICARCINICULTURA
NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Marcello Villar Boock

Orientador: Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti

Co-orientadora: Dra. Patrícia Maria Contente Moraes-Valenti

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor

**JABOTICABAL, SP
2012**

B724p Boock, Marcello Villar
Produção, análise econômica e sustentabilidade da
rizicarcinicultura no Estado de São Paulo / Marcello Villar Boock. --
Jaboticabal, 2012
iii, 151. f. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista - Centro de
Aquicultura, 2012

Orientador: Wagner Cotroni Valenti

Banca examinadora: Hécio Luis de Almeida Marques, Hélio
Minoru Takada, Iracy Lea Percora, Margarete Mallasen,
Bibliografia

1. Rizicarcinicultura. 2. *M. rosenbergii*. 3. *M. amazonicum*. 4. *O.*
sativa. 5. Sustentabilidade. I. Título. II. Jaboticabal - Centro de
Aquicultura da UNESP.

CDU 639.512

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço
Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticaba

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	1
APOIO FINANCEIRO.....	3
APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
CAPÍTULO 1.....	7
INTRODUÇÃO GERAL.....	7
REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO 2.....	18
EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E DO ARRAÇOAMENTO SOBRE O CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE <i>MACROBRACHIUM ROSENBERGII</i> EM SISTEMA INTEGRADO COM A CULTURA DO ARROZ.....	18
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3. RESULTADOS.....	29
3.1. VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	29
3.2. PRODUÇÃO DE CAMARÃO E ARROZ.....	32
4. DISCUSSÃO.....	40
5. REFERÊNCIAS.....	48
CAPÍTULO 3.....	53
AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO INTEGRADA CAMARÃO-DA-MALÁSIA (<i>MACROBRACHIUM ROSENBERGII</i>) E ARROZ (<i>ORYZA SATIVA</i>).....	53
RESUMO.....	54

ABSTRACT.....	55
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1. Planejamento da rizicarcinicultura e estratégia de produção.....	58
2.2. Análises realizadas.....	59
2.3 Operações de manejo.....	61
2.4. Análises econômicas.....	64
2.4.1. Análise do investimento inicial.....	64
2.4.2. Análise de custos e retornos.....	64
2.4.3. Análise do fluxo de caixa e dos indicadores financeiros.....	66
2.4.4. Análise de sensibilidade.....	67
3. RESULTADOS.....	68
4. DISCUSSÃO.....	83
5. REFERÊNCIAS.....	87
CAPÍTULO 4.....	91
ESTUDO DO CRESCIMENTO E DA SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE MACROBRACHIUM AMAZONICUM CRIADO EM SISTEMA DE RIZICARCINICULTURA.....	91
RESUMO.....	92
1. INTRODUÇÃO.....	94
2.1. Análise econômica.....	100
2.2. Sustentabilidade ambiental.....	105
2.3. Emissões de gás metano.....	107
2.4. Estimativa de excreção de nitrogênio.....	108
3. RESULTADOS.....	109
3.1. Variáveis de qualidade de água.....	109
3.2. Crescimento de <i>M. amazonicum</i> em sistema de rizicarcinicultura.....	112

3.3. Produtividade de camarão e de arroz.....	120
3.4. Análise econômica.....	122
3.5. Indicadores de sustentabilidade do sistema de rizicarcinicultura.....	135
3.6. Emissões de gás metano.....	137
3.7. Estimativa de excreção de nitrogênio.....	138
4. DISCUSSÃO.....	138
5. REFERÊNCIAS.....	145
CAPÍTULO 5.....	150
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	150

AGRADECIMENTOS

À Deus por colocar em meu caminho pessoas tão especiais e que, direta ou indiretamente, contribuíram com este trabalho e sem as quais eu não teria conseguido cumprir esta missão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti, pela disponibilidade em me orientar, pela imensa confiança, paciência e pela preocupação em sempre explicar o porquê das correções. O Sr. me fez crescer muito profissionalmente.

À minha co-orientadora, Dra. Patrícia Maria Contente Moraes-Valenti pelas informações sobre o *M. amazonicum*, pelo constante apoio, pelo carinho e amizade sinceros.

À FAPESP pelo apoio financeiro.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

À Dra. Helenice Pereira de Barros e ao Dr. Helcio Luis de Almeida Marques, membros da banca examinadora da qualificação. À Dra. Margarete Mallasen, Dra. Iracy Lea Percora, ao Dr. Helcio Luis de Almeida Marques e ao Dr. Helio Minoru Takada, membros da banca examinadora da defesa do doutorado. Muito obrigado por terem aceitado o convite e pela contribuição na melhoria desse trabalho.

A todos os amigos do Instituto de Pesca e do Pólo de Mococa, a todos meus estagiários, agradeço pela imensa ajuda no planejamento, montagem e condução dos experimentos. Nunca vou esquecer do quanto sofremos e nos divertimos juntos lá no “Varjão”.

Ao CAUNESP, sua diretoria, coordenação da pós-graduação, funcionários e professores. Obrigado pelo auxílio e suporte técnico durante a realização do trabalho.

À minha esposa, Sara Joveliano Villar Boock, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis, inclusive nas coletas de dados experimentais e manejo do experimento nos muitos plantões realizados aos finais de semana e

feriados. Sara você é meu grande amor e meu porto-seguro. Sem você eu não teria conseguido.

Aos meus pais, Oswaldo e Sandra, que tanto sacrificaram de suas vidas para que eu chegasse até aqui.

À Michéle Roberta, Roberto, Fernanda David, Alessandra Augusto, Danilo Proença, Zé Mário, Caio Gomes, Rafael, Bruninho, Fabrício e todos os demais integrantes do Setor de Carcinicultura que contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigado pelo companherismo e boa vontade em ajudar nas análises.

À minha avó Clotilde, ao tio Toni e aos meus irmãos, Alexandre e Rafael, por compreender minha ausência e pela torcida para que tudo desse certo.

À Anna S. Joveliano (*in memoriam*) pelo exemplo de vida dedicada ao BEM.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, o meu MUITO OBRIGADO!

APOIO FINANCEIRO

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agonegócios, pela infraestrutura disponibilizada em todos os anos em que a pesquisa foi realizada no Polo Nordeste Paulista, em Mococa, SP;

À FAPESP, pelo Apoio à Pesquisa, processo nº 06/56061-4;

Ao CNPq, pelo Apoio à Pesquisa, processo nº 472059/2009-2.

APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Esta Tese está apresentada na forma de cinco capítulos. O Capítulo um é composto pela Introdução Geral. No Capítulo dois avaliou-se o efeito de duas densidades de estocagem (dois e cinco camarões m^{-2}) e de diferentes manejos alimentares (com e sem ração) sobre o crescimento e produção de *Macrobrachium rosenbergii* criado em sistema integrado com a cultura do arroz (*Oryza sativa*). No Capítulo três estudou-se a viabilidade econômica da implantação do sistema integrado *M. rosenbergii* e arroz em fazendas pré-existentes de rizicultura. No capítulo quatro, aborda-se o crescimento dos camarões, a produção, a viabilidade econômica e a sustentabilidade da criação integrada de *Macrobrachium amazonicum* com a cultura do arroz. No capítulo cinco são apresentadas uma discussão e as conclusões gerais.

Resumo

Os sistemas de aquicultura integrada otimizam o uso dos recursos naturais, das instalações e da mão-de-obra, ampliando a sustentabilidade ambiental e econômica. Permitem ainda, a transformação de poluentes em biomassa de alto valor econômico. No presente estudo foram estudadas duas espécies de camarões de água doce, o camarão-da-malásia (*M. rosenbergii*) e o camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*), criados em sistema integrado simultâneo com a cultura do arroz irrigado por inundação na região nordeste do Estado de São Paulo. As variáveis de produção: comprimento, peso, produção e produtividade foram estudadas para ambas as espécies de camarão. Para o sistema de monocultivo do arroz avaliou-se a produção e a produtividade do arroz, comparando-se estas às obtidas para o sistema de rizicarcinicultura. Indicadores de viabilidade econômica foram calculados para os sistemas de monocultivo de arroz e de rizicarcinicultura. Os indicadores de sustentabilidade ambiental foram calculados para comparar a sustentabilidade dos sistemas de monocultivo de arroz e da rizicarcinicultura (com *M. amazonicum*). Medições da emissão de gás metano (CH_3^-), gás carbônico (CO_2^-), estimativas da excreção de amônia (NH_3^+) e do conteúdo de nitrogênio e fósforo nas fezes dos camarões também foram realizadas.

Palavras-chave: Sustentabilidade, *M. rosenbergii*, *M. amazonicum*, Rizicarcinicultura.

Abstract

Aquaculture integrated systems optimize the use of natural resources, facilities and manpower, expanding economical and environmental sustainability. They also allow to transform pollutants into biomass of high economic value. The present study focus on two species of freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* and *Macrobrachium amazonicum*, reared in a simultaneous integrated system with rice (*Oryza sativa*) culture irrigated by flooding, in the northeastern region of Sao Paulo State. Production variables were determined for both prawn species: length, weight, production and productivity. Production and productivity were also determined for the rice monoculture in order to compare with the production variables of the rice-prawn system. Financial feasibility indicators were determined for the rice monoculture and for the rice-prawn system. Environmental Sustainability indicators were calculated to compare the sustainability of rice monoculture system and rice-prawn (*M. amazonicum*) system. The emissions of methane gas (CH_3^-) and carbonic gas (CO_2^-) were measured; ammonium (NH_3^+) excretion, nitrogen and phosphorus contents in feces of the prawns were estimated too.

Key words: Sustainability, *M. rosenbergii*, *M. amazonicum*, Rice-prawn system.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

Valenti (2002) define consórcio na aquicultura como a produção de pelo menos um organismo aquático em associação com organismos terrestres, que podem ser animais ou vegetais. Segundo esse autor, tais sistemas otimizam o uso dos recursos naturais, das instalações e da mão-de-obra, ampliando a sustentabilidade ambiental e econômica. Permitem ainda, a transformação de poluentes em biomassa de alto valor econômico. Na Ásia, o consórcio de camarões de água doce com a cultura do arroz irrigada por inundação destaca-se por sua produção e desenvolvimento (Zimmermann e New, 2000). Entre os diversos países da Ásia onde essa forma de integração é praticada, destacam-se Bangladesh (Williams *et al.*, 2004, Kunda *et al.* 2008), a Índia (Kurup e Ranjeet, 2002, Mishra e Mohanty, 2004, Mohanty *et al.*, 2004), a Tailândia (Giap *et al.*, 2005) e o Vietnã (Duong, 2001, Hung, 2001, Lan *et al.*, 2006, Phuong *et al.*, 2006). Nesses países, a atividade é mais desenvolvida, com produções elevadas. Na região do Delta do Rio Mekong, Vietnã, o consórcio de camarões de água doce com a cultura do arroz é uma das mais importantes formas de produção de *M. rosenbergii* (Phuong *et al.* 2006). De acordo com esses autores, *M. rosenbergii* é nativo da região e, por isso, tradicionalmente pós-larvas (PL) e juvenis são coletados na natureza e utilizados no povoamento dos campos de arroz. Informam também que, tem ocorrido um aumento do número de larviculturas comerciais impulsionadas pelo desenvolvimento de novas técnicas de larvicultura e por programas de incentivo governamentais. Com isso, as formas tradicionais de rizocarcinicultura têm se intensificado e se diversificado no Vietnã.

Phuong *et al.* (2006) consideram que as duas principais formas de cultivo consorciado são o cultivo simultâneo de arroz e *M. rosenbergii* e o cultivo rotacional (alternado). Esta última forma de consórcio por sua vez, pode compreender uma única colheita de arroz e uma despesca de camarões por ano, ou duas colheitas e uma despesca anual. A adoção dessas diferentes formas de cultivo depende da região do Delta do Rio Mekong e das preferências dos fazendeiros. As produtividades são bastante variáveis em função dos diferentes tamanhos, densidades de estocagem e manejo alimentar adotados em cada sistema. Assim, no cultivo simultâneo são obtidas produtividades anuais variáveis entre 40 e 500 kg ha⁻¹ enquanto nos cultivos rotacionais, as produtividades são da ordem de 360 a 900 kg ha⁻¹ por ano. Phuong *et al.* (2006), concluem que o

sistema simultâneo é caracterizado por ser uma atividade de subsistência, que proporciona uma renda suplementar à produção de arroz, enquanto os cultivos rotacionais são mais comerciais e tem se tornado a atividade principal dos rizicultores.

Duong (2001) descreve, em termos gerais, as etapas e procedimentos usualmente recomendados e utilizados nos sistemas de integração camarão-arroz no Delta do Mekong. Segundo esse autor, na seleção da área para a atividade, são priorizadas as áreas planas com 1,5 ha em média. Os diques periféricos devem ser altos e reforçados o suficiente para permitir a altura de lâmina d'água desejada e resistir às inundações no período das enchentes; as profundidades variam de 20 a 30 cm e não pode haver problemas com salinidade e acidez do solo. No preparo da terra, são escavados refúgios nos quatro lados dos tabuleiros, com 3-4 m de largura e 1-1,2 m de profundidade. Também podem ser feitos refúgios do lado de fora dos tabuleiros, para a estocagem de pós-larvas ou adultos, se necessário; colocam-se pelo menos três comportas com 30 a 40 cm de diâmetro, sendo que duas são posicionadas cerca de 20 cm acima do nível do tabuleiro, para reter a água e uma em seu ponto mais baixo, para promover o esvaziamento dos tabuleiros na ocasião da despesca. Essas comportas são dotadas de redes ou telas para evitar o escape dos animais e a entrada de predadores aquáticos nos refúgios e tabuleiros. Após o preparo e limpeza do terreno, aplica-se cerca de 100 kg de calcário, para auxiliar a eliminar os peixes carnívoros e outros predadores. O fundo dos refúgios é seco ao sol por três dias ou até que eles se tornem sólidos para evitar que o barro obstrua as câmaras branquiais dos camarões e que a ração afunde na lama. Segundo Duong (2001), os juvenis de *M. rosenbergii* normalmente são coletados nos rios da região, usando-se 7-8 kg ha⁻¹ no povoamento, sendo que esses podem ser estocados nos refúgios suplementares (externos) ou diretamente nos definitivos. O povoamento dos tabuleiros de arroz também pode ser realizado com pós-larvas provenientes de larviculturas comerciais, usando-se densidades entre 3 a 12 PL m⁻² (Phuong *et al.*, 2006).

Duong (2001) afirma que podem ser plantadas tanto sementes pré-germinadas (com mais de 80% de germinação) de variedades de ciclo curto ou médio, quanto mudas de variedades locais. Sempre se deve observar os prazos

de 10 dias após a semeadura ou cinco dias após o transplante para a liberação dos camarões no campo, para que as mudas de arroz se fixem adequadamente no solo. Quanto à alimentação dos camarões, são utilizados vários resíduos, produtos e subprodutos da atividade agropecuária e da pesca. Como exemplos desses alimentos Duong (2001) cita a mandioca, a batata-doce, fibra de arroz, restos de peixes, caranguejos, moluscos, entre outros alimentos disponíveis na região. Esses materiais são ofertados a uma taxa de 3-5% do peso dos camarões, pelo menos duas vezes ao dia, por meio de bandejas dispostas nos refúgios. O controle de plantas invasoras é feito manualmente, com 15 e 35 dias após a semeadura ou com 15 e 30 dias após o transplante das mudas de arroz. O uso de herbicidas não é recomendado. São utilizados fertilizantes orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos e fosfatados são incorporados ao solo no plantio e os nitrogenados divididos em duas aplicações, sendo a primeira no plantio e a segunda alguns dias depois.

A água dos tabuleiros é renovada diariamente e seu nível, mantido acima de 20 cm nos tabuleiros e acima de 100 cm nos refúgios; a temperatura da água e o pH são checadas diariamente. A superfície dos refúgios deve ser mantida livre de macrófitas invasoras. Duong (2001) ainda descreve práticas semi-intensivas de manejo, como por exemplo, a realização de biometrias mensais, o acompanhamento constante dos teores de oxigênio, o controle da alimentação, de predadores e o uso de variedades de arroz mais resistentes à incidência de pragas e doenças para evitar o uso de defensivos agrícolas.

Pode-se realizar uma despesca seletiva antes da colheita do arroz transplantado (no caso das variedades locais), ou previamente ao preparo da terra para o plantio das variedades de estação seca (no caso dos cultivos rotacionais). Uma despesca parcial também pode ser realizada após 4-5 meses de crescimento. As produções de *M. rosenbergii* obtidas nos sistemas de rizocarcinicultura descritos por Duong (2001) apresentam grande variação na produtividade (entre 24 e 364 kg ha⁻¹) em função dos sistemas adotados.

Por se tratar de uma região estuarina, o Delta do Rio Mekong sofre a influência das marés. Assim, segundo Hung (2001), na estação chuvosa a planície costeira, que é sujeita a inundação nos períodos de maré alta, apresenta salinidade abaixo de 5 ‰ e, por isso, é possível praticar o cultivo consorciado de *M.*

rosenbergii e arroz. Na estação seca, porém, não é possível cultivar o arroz, pois as salinidades frequentemente ultrapassam o valor de 5. Nessa estação, normalmente faz-se a criação de camarões marinhos. Hung (2001) também descreve os principais procedimentos utilizados no consórcio arroz e camarão nas regiões costeiras do Vietnã. As dimensões dos tabuleiros de arroz variam de 1.000 a 3.000 m² e os refúgios podem representar 10-20% da área total do tabuleiro com profundidades variando de 0,8-1,0 m. Neste sistema, os tabuleiros também são povoados com juvenis, coletados no ambiente, pesando ao redor de 5 g. A densidade utilizada é de 1,2 camarões m⁻², povoados após 15 a 20 dias do transplante das mudas de arroz. O autor também ressalta que, caso a densidade de estocagem seja maior que 1 m⁻², deve ser oferecido alimento suplementar e a área do refúgio deve ser superior a 10% do total. A despesca é realizada cerca de 5-6 meses após o plantio do arroz, e os animais com peso inferior a 15g costumam ser estocados em hapas e reutilizados na engorda seguinte.

As produtividades dos sistemas de consórcio arroz e camarão de água doce são bastante variáveis em função da diversidade de modelos de produção existentes no Vietnã. As densidades e as formas de alimentação empregadas exercem forte influência sobre a produtividade nos diferentes modelos. Lan *et al.* (2006), por exemplo, estudaram as interações entre densidades de estocagem (1, 2, 3 e 4 PL⁻²) de *M. rosenbergii* e a alimentação com ração peletizada e carne de moluscos, em um sistema integrado rotacional no Distrito de Omon, também localizado no Delta do Rio Mekong. Esses autores concluíram que, embora as densidades mais baixas tenham produzido animais com maior peso, as mais altas apresentaram maior produtividade. Os menores custos operacionais e maiores lucros líquidos foram obtidos com a combinação de dieta alóctone e carne de molusco.

Em outros países do sudeste asiático também há grande variação nos modelos produtivos do consórcio arroz e camarão. Na Tailândia, por exemplo, a maioria dos sistemas integrados são extensivos e baseados no alimento natural (Giap *et al.*, 2005). Segundo esses autores, a produção pode ser incrementada com o aumento da densidade de camarões e suplementação com ração. As análises econômicas indicam que os sistemas integrados com *M. rosenbergii* são de 43 a 91% mais lucrativos do que o monocultivo de arroz.

Em Kuttanad, na Índia, Kurup e Ranjeet (2002) afirmam que os altos custos de arrendamento da terra e da mão-de-obra, bem como as perdas das safras devido às enchentes na estação das monções, têm impossibilitado a realização de duas colheitas anuais de arroz nesse período. Segundo esses autores, o cultivo do arroz em rotação com *M. rosenbergii* e carpas, tem sido uma opção viável para os agricultores locais. Kurup e Ranjeet (2002) reportam densidades de estocagem de 1,5 a 6 camarões m⁻² quando em monocultivo e densidades de 0,5 a 2 camarões m⁻² e 0,5 a 1,0 peixes m⁻² em policultivo. As produções nesse modelo de consórcio variam entre 95 a 1.297 kg ha⁻¹ de *M. rosenbergii*, em monocultivo e de 200 a 1.200 kg ha⁻¹ de peixes e 70 a 500 kg ha⁻¹ de *M. rosenbergii* em policultivo. Mishra e Mohanty (2004) também estudaram na Índia, a influência das densidades de quatro espécies de peixes (*Catla catla*, *Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Cyprinus carpio*) e *M. rosenbergii* criados em sistema integrado com arroz. O sistema foi abastecido por água de chuva, armazenada em reservatórios com áreas correspondentes a 9% dos campos de produção de arroz. Esses autores testaram, em três anos consecutivos, as densidades de 15.000, 25.000 e 35.000 peixes e camarões ha⁻¹ e concluíram que a densidade intermediária foi a que resultou na melhor produção (1.031 kg) de peixes e camarões. Após 3 ciclos de 120 dias cada, a sobrevivência média de *M. rosenbergii* foi de 50% para a densidade de 25.000 peixes e camarões.

Com o crescimento da população mundial, tem-se buscado o incremento da produção agropecuária. Entretanto, atualmente o grande desafio é produzir de maneira sustentável. Segundo Valenti (2008), a aquicultura sustentável pode ser definida como a produção lucrativa de organismos aquáticos, mantendo uma interação harmônica duradoura com os ecossistemas e as comunidades locais. Deve ser produtiva e lucrativa, mesmo incluindo as externalidades nos custos de produção; deve ainda, usar racionalmente os recursos naturais sem degradar os ecossistemas no qual se insere e gerar empregos ou auto-empregos para a comunidade local, elevando sua qualidade de vida e respeitando sua cultura. Nesse sentido, os sistemas integrados otimizam o uso dos recursos naturais, das instalações e da mão-de-obra, ampliando a sustentabilidade ambiental e econômica. Permitem ainda, a transformação de poluentes em biomassa de alto valor econômico (Valenti, 2002).

Embora os sistemas integrados, teoricamente, sejam menos impactantes do ponto de vista ambiental em relação às monoculturas, sua implantação precisa ser criteriosa e obedecer aos preceitos de sustentabilidade, o que inclui a manutenção da biodiversidade, pois caso contrário, esses sistemas também podem causar desequilíbrios. Um exemplo de desequilíbrio causado pela integração arroz e camarões ou peixes, é o caso apresentado por Williams *et al.* (2004), na região sudoeste de Bangladesh. Nesse país há mais de 100.000 pequenos produtores rurais envolvidos com a rizicarcinicultura e a rizipiscicultura, conduzidas em sistema de agricultura familiar. De acordo com esses autores, esse sistema é encontrado principalmente na região sudoeste do país e é conhecido localmente por “gher”. Os autores informam que, com o sucesso obtido pelos “ghers”, houve aumento e intensificação da produção de *M. rosenbergii* nesse sistema, o que vem ocasionando sérios problemas ambientais. Entre esses problemas, cita a diminuição da disponibilidade de locais destinados à pesca, o bloqueio das migrações de peixes e problemas de drenagem. Além disso, devido à baixa disponibilidade de larviculturas comerciais, tem ocorrido uma contínua prática de pesca predatória de pós-larvas e juvenis de *M. rosenbergii* no ambiente natural, o que tem ocasionado uma redução na biodiversidade da região, pois a operação de coleta ocasiona a morte de formas jovens de várias outras espécies nativas. Há ainda o problema da coleta de moluscos da espécie *Pila globosa* para serem utilizados na alimentação do *M. rosenbergii* (preferencialmente ao uso de dieta alóctone), diminuindo consideravelmente a população do molusco.

Williams *et al.* (2004) informam que, para minimizar esses impactos, dois projetos apoiados por ONGs e por órgãos governamentais de Bangladesh foram implementados, focando a melhora dos resultados econômicos e a diversificação da produção. Foram incentivados o uso de técnicas de manejo integrado de pragas do arroz, o uso de pós-larvas de *M. rosenbergii* provenientes de larviculturas comerciais e a formulação de dietas artesanais. Foi constatado haver maiores taxas de sobrevivência nos cultivos abastecidos com pós-larvas de larviculturas em comparação aos que utilizaram animais coletados na natureza. O aumento da produção das larviculturas, por sua vez, ocasionou uma diminuição de cerca de 38% do preço das pós-larvas no primeiro ano dos projetos, o que incentivou ainda mais os produtores a não coletar pós-larvas e juvenis de *M.*

rosenbergii no ambiente. O uso de rações artesanais também diminuiu a demanda pela coleta de moluscos na natureza. Segundo Williams *et al.* (2004), a produtividade e o lucro obtidos com os sistemas integrados arroz e camarões ou peixes são maiores que os obtidos nas monoculturas convencionais e reduzem a vulnerabilidade dos pequenos agricultores da região.

Em Bangladesh, também é adotado o sistema de rotação da cultura do arroz com *M. rosenbergii* e pequenas espécies de peixes nativos, conforme descrito por Kunda *et al.* (2008). Nesse caso, além da receita extra com a comercialização dos camarões, os peixes de pequeno porte proporcionam uma fonte de proteína para as famílias dos agricultores. Este sistema otimiza o aproveitamento do espaço disponível, já que camarões e peixes consomem diferentes alimentos naturais e ocupam diferentes estratos da coluna d'água. Além disso, nesses sistemas, a excreção e o revolvimento proporcionados pelos peixes e camarões mantém a terra limpa, fertilizada e pronta para o plantio ou transplante do arroz da próxima safra (Kurup e Ranjeet, 2002). Mohanty *et al.* (2004), afirmam que os peixes/camarões revolvem e fertilizam o solo com suas fezes, disponibilizando nutrientes dos sedimentos e aumentando a quantidade de oxigênio na região das raízes do arroz, devido a sua movimentação. Além disso, controlam insetos e organismos planctônicos que competem por nutrientes e energia com o arroz. Segundo esses autores, esses fatores associados podem aumentar a produção de arroz.

O incremento da produção de arroz, complemento de renda com a venda de peixes e (ou) camarões, ganhos ambientais e sociais acima descritos, tem estimulado o aumento dos cultivos consorciados na Ásia. Entretanto, sabe-se que a expansão das áreas cultiváveis na Ásia é restrita desde o início deste século, pois os recursos de terra e água são limitados (Cabral, 2002). Esse autor considera que o crescimento da população Asiática, que consome cerca de 90% de todo o arroz produzido no mundo, elevará o consumo de arroz nos próximos anos. Com isso, países que possuem vastas áreas disponíveis como o Brasil, têm grande potencial para se tornarem exportadores desse cereal. A importância do arroz como alimento destaca-se principalmente em países em desenvolvimento, desempenhando papel estratégico em níveis econômico e social (Walter, 2009). O Brasil encontra-se entre os dez maiores produtores mundiais de arroz, com

produção destinada principalmente ao mercado interno (FAO, 2011). A safra 2009/2010 foi de 11,7 milhões de toneladas e em 2010/2011, poderá atingir uma produção de 13,7 milhões de toneladas, ou seja, 16,7% maior que anterior (CONAB, 2011a). A implantação do sistema de rizicarcinicultura em áreas atualmente destinadas ao monocultivo de arroz pode ser uma opção para pequenos e médios agricultores agregarem valor à sua produção, com a venda de um produto nobre e de alto valor de mercado, como os camarões de água doce.

Desta forma, os sistemas consorciados arroz e camarão têm um grande potencial de crescimento, sobretudo em países como o Brasil, que possuem extensas áreas onde a rizicultura está consolidada, bem como novas áreas que apresentam características adequadas a esta atividade. Portanto, a avaliação da viabilidade técnica e econômica, bem como da sustentabilidade deste sistema é imprescindível para que a atividade se estabeleça de maneira eficiente e duradoura. Assim, nesse trabalho, foi realizado um estudo da rizicarcinicultura no Estado de São Paulo, usando duas espécies de camarões de água doce: o camarão-da-malásia, *Macrobrachium rosenbergii* e o camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*. Foram realizados estudos do desenvolvimento dos camarões em tabuleiros de arroz, bem como da produtividade, custos de produção, indicadores de viabilidade econômica e de sustentabilidade.

Referências

- Cabral, D.B. 2002. Futuro do arroz. Revista Cultivar Grandes Culturas 36: 26. (obtido via internet, <http://www.grupocultivar.com.br/artigo.asp?id=764>).
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2011. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2010/2011 (obtido via internet, <http://www.conab.gov.br/conabweb>).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Statistical databases. (obtido via internet, <http://www.fao.org/corp/statistics/en/>).
- Duong, L.T. 2001. Rice-prawn culture in the Mekong Delta of Viet Nam. In: FAO Fisheries Technical Paper nº 407, Integrated Agriculture-Aquaculture – A

- Primer. FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), Roma. (obtido via internet, <http://www.fao.org/docrep/005/Y1187E/y1187e22.htm#z>).
- Giap, D.H., Yi,Y., Lin, C.K. 2005. Effects of different fertilization and feeding regimes on the production of integrated farming of rice and prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Aquaculture Research*, 36: 292-299.
- Hung, L.T. 2001. Rice-prawn and rice-shrimp culture in coastal areas of Viet Nam. In: FAO Fisheries Technical Paper no 407, Integrated Agriculture-Aquaculture – A Primer. FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), Roma. (obtido via internet, <http://www.fao.org/docrep/005/Y1187E/y1187e23.htm#aa>).
- Kunda, M., Azim, M.E., Wahab, A.M., Dewan, S., Roos, N., Thilsted, S.H. 2008. Potential of mixed culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and self-recruiting small species mola (*Amblypharyngodon mola*) in rotational rice/fish/prawn culture systems in Bangladesh. *Aquaculture Research*, 1-12.
- Kurup, B.M. and Ranjeet, K. 2002. Integration of freshwater prawn culture with rice farming in Kuttanad, India, *Naga World Fish Center Quarterly*, 25: 3 - 4.
- Lan, M.L., Long, D.N., Micha, J.C. 2006. The effects of densities and feed types on the production of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in the rotational rice–prawn system. *Aquaculture Research*, 37: 1297-1304.
- Mishra, A. and Mohanty, R.K. 2004. Productivity enhancement through rice–fish farming using a two-stage rainwater conservation technique. *Agricultural Water Management*, 67: 119–131.
- Mohanty, R.K., Verma, H.N. and Brahmanand, P.S. 2004. Performance evaluation of rice–fish integration system in rainfed medium land ecosystem. *Aquaculture*, 230: 125–135.
- Phuong, N.T., Hai, T.N., Hien, T.T.T., Bui, T.V., Huong, D.T.T., Son, V.N., Morooka, Y., Fukuda, Y. and Wilder, M. 2006. Current status of freshwater prawn culture in Vietnam and the development and transfer of seedproduction technology. *Fisheries Science*, 72: 1–12.

- Valenti, W.C. 2002. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões-de-água-doce. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 12^o, Goiânia, Anais... p. 99-106.
- Valenti, W.C. 2008. A aqüicultura Brasileira é sustentável? Palestra apresentada durante o IV Seminário Internacional de Aqüicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair 2008. Florianópolis, 13-15 de maio de 2008. p. 1-11.
- Walter, M. 2009. Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS. Tese de Doutorado. 119 p.
- Williams, D., Reshad, A. and Francisco N. 2004. Integrated rice/fish/prawn system in Bangladesh. Paper presented at the international Conference on “Sustainable Aquatic Resources are more than Managing Fish” The Ecosystem Approach in Inland Fisheries and Role of intra-country linkages. Penang, Malaysia, January 12-16, 2004. (obtido via internet, <http://ec.org/pdf>)
- Zimmermann, S. and New, M.B. 2000. Grow-out systems - Polyculture and integrated culture. In: New, M.B. and Valenti, W.C. (Ed.) Freshwater Prawn Culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science. p. 187-202.

CAPÍTULO 2

**EFEITO DA DENSIDADE DE ESTOCAGEM E
DO ARRAÇOAMENTO SOBRE O
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE
Macrobrachium rosenbergii
EM SISTEMA INTEGRADO COM
A CULTURA DO ARROZ.**

Resumo

Avaliou-se o efeito de duas densidades de estocagem (2 e 5 camarões m^{-2}) e de dois manejos alimentares, com (CR) e sem ração (SR) sobre o crescimento e produção de *M. rosenbergii* em sistema integrado simultâneo com a cultura do arroz. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, com um controle (somente arroz), dois tratamentos e quatro réplicas de cada tratamento. Nos tratamentos com ração, a partir do segundo mês de cultivo, os animais foram alimentados uma vez ao dia com dieta alóctone peletizada (35% de proteína bruta), utilizando-se taxas de arraçoamento decrescentes de 5%, 3% e 1% das biomassas estimadas nos meses seguintes. A sobrevivência foi significativamente maior na densidade de 2 camarões m^{-2} , sendo que as demais variáveis não diferiram estatisticamente entre os tratamentos ($P > 0,05$). As sobrevivências foram $17,2 \pm 9,3$ % (5CR), $22,2 \pm 5,8$ % (5SR), $29,6 \pm 13,6$ % (2SR) e de $39,2 \pm 14,9$ % (2CR). Os comprimentos médios dos animais foram de $12,4 \pm 0,4$ cm (2SR), $12,4 \pm 0,8$ cm (5CR), $12,8 \pm 0,5$ cm (5SR) e $13,4 \pm 1,0$ cm (2CR) e os pesos médios, de $20,3 \pm 2,2$ g (2SR), $20,3 \pm 3,5$ g (5CR), $21,1 \pm 1,7$ g (5SR) e $25,7 \pm 5,9$ g (2CR). As produtividades de camarão foram de 118 ± 58 kg ha^{-1} (2SR), 176 ± 98 kg ha^{-1} (5CR), 184 ± 32 kg ha^{-1} (2CR) e 224 ± 46 kg ha^{-1} (5SR). Não foram detectadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos para a produtividade do arroz, que foi de 4.608 ± 1.225 kg ha^{-1} (2CR), 4.611 ± 619 kg ha^{-1} (5SR), 4.720 ± 636 kg ha^{-1} (5CR), 5.197 ± 299 kg ha^{-1} (2SR) e 5.620 ± 1.202 kg ha^{-1} (C). Os resultados indicam que a rizicarcinicultura no Estado de São Paulo é tecnicamente viável e independente de arraçoamento. Estudos econômicos devem ser realizados para avaliar sua viabilidade econômica e a densidade de estocagem de camarões mais adequada.

Abstract

The effects of two stocking densities (2 and 5 prawns m^{-2}) and two different feeding managements (with and without artificial feed) on the growth and production rates of *M. rosenbergii* reared in integrated rice-prawn system were evaluated. The experimental design was completely randomized in a 2 x 2 factorial, with a control (only rice), two treatments, and four replicates of each treatment. From the second month after stocking, prawns of the artificial feeding treatments were fed once a day, with pelleted feed (35% crude protein) at the following decreasing rates 5%, 3% and 1% of the estimated biomass. No significant interactions ($P > 0.05$) were observed between feeding management and stocking density for the following variables: production, productivity and mean weight. Survival rate was significantly higher ($P < 0.05$) for the 2 prawns m^{-2} stocking density, while the other variables did not vary significantly between treatments. Survival rates were 17.2 ± 9.3 % (5CR), 22.2 ± 5.8 % (5SR), 29.6 ± 13.6 % (2SR) and 39.2 ± 14.9 % (2CR). Mean length measurements were 12.4 ± 0.4 cm (2SR), 12.4 ± 0.8 cm (5CR), 12.8 ± 0.5 cm (5SR) and 13.4 ± 1.0 cm (2CR). Mean weights were 20.3 ± 2.2 g (2SR), 20.3 ± 3.5 g (5CR), 21.1 ± 1.7 g (5SR) and 25.7 ± 5.85 g (2CR). Prawn productivity rates were 118 ± 58 kg ha^{-1} (2SR), 176 ± 98 kg ha^{-1} (5CR), 184 ± 32 kg ha^{-1} (2CR) and 224 ± 46 kg ha^{-1} (5SR). Rice yields were not statistically different ($P > 0.05$) among treatments and were as follows: $4,608 \pm 1,225$ kg ha^{-1} (2CR), $4,611 \pm 619$ kg ha^{-1} (5SR), $4,720 \pm 636$ kg ha^{-1} (5CR), $5,197 \pm 299$ kg ha^{-1} (2SR) and $5,620 \pm 1,202$ kg ha^{-1} (C). The results indicate that integrated rice-prawn system is technically feasible in the northeast of São Paulo State and that there is no need for artificial feeding. On other hand, the water temperature was very unstable and the system was vulnerable to predation, which caused the prawn productivity rates to vary widely. Further feasibility studies should be conducted to assess economical feasibility and optimal stocking density.

1. Introdução

A produção integrada de camarões de água doce com arroz (*Oryza sativae*) é uma atividade que vem sendo realizada na Ásia com bons resultados (Valenti, 2002, Zimmermann *et al.*, 2010). Entre os diversos países da Ásia onde essa forma de integração é praticada, destacam-se Bangladesh (Williams *et al.*, 2004, Kunda *et al.* 2008), Índia (Kurup e Ranjeet, 2002, Mishra e Mohanty, 2004, Mohanty *et al.*, 2004), Tailândia (Giap *et al.*, 2005) e Vietnam (Duong, 2001, Hung, 2001, Lan *et al.*, 2006, Phuong *et al.*, 2006). Nesses países, a atividade é mais desenvolvida e com produções elevadas.

Por se tratar de um sistema multiespacial, proporciona um melhor aproveitamento da água e do solo utilizados na rizicultura. Segundo Valenti (2002), tais sistemas otimizam o uso dos recursos naturais, das instalações e da mão-de-obra, ampliando a sustentabilidade ambiental e econômica. Permitem ainda, a transformação de poluentes em biomassa de alto valor econômico. Além disto, existe a possibilidade de controle de pragas do arroz pelos camarões e da fertilização da cultura pelos excretas, fezes e sobras de ração. Com isso, os gastos do agricultor com defensivos e fertilizantes podem ser reduzidos. Socialmente, o sistema pode gerar aumento da renda familiar dos rizicultores e oportunidades de trabalho em pequenas propriedades rurais e comunidades locais. Todos esses fatores tendem a tornar a produção desses sistemas mais sustentável do ponto de vista econômico, ambiental e social.

O uso de dietas alóctones pode aumentar expressivamente a produção de camarões de água doce (Valenti *et al.*, 2010). No Sudeste Asiático, onde os sistemas integrados arroz e camarões de água doce são bastante difundidos, alguns autores tem reportado aumento de produção de *M. rosenbergii*, quando empregadas dietas artificiais e (ou) subprodutos de origem animal ou vegetal (Giap *et al.* , 2005, Phuong *et al.*, 2006). Devido aos altos preços das dietas comerciais para aquicultura, fazem-se necessários estudos, para avaliar se seu uso na rizicultura realmente pode proporcionar aumento de produção que compense a elevação de custo. No Brasil, ainda não há tais estudos.

Nos últimos anos, o Brasil voltou a importar quantidades significativas de arroz, fato que é apontado pelas organizações de defesa dos interesses dos produtores como prejudicial ao agronegócio nacional (Wander, 2006). Por se tratar de um alimento considerado estratégico devido ao hábito de consumo regular no Brasil, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que agreguem valor à cultura do arroz e fixem os pequenos rizicultores no campo. Embora a rizipiscicultura seja um sistema utilizado há algum tempo no Brasil, principalmente em Santa Catarina, há poucos trabalhos científicos sobre esse assunto, como os de Ribeiro (2001) e Golombieski *et al.* (2005). Em relação à rizicarcinicultura, ainda não há estudos publicados no País.

Em face do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes densidades de estocagem e do uso da ração sobre o crescimento e a produção de *M. rosenbergii* em sistema integrado com a cultura do arroz, tendo em vista a geração de conhecimento para a implantação sustentável deste sistema no Brasil.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido de dezembro de 2009 a abril de 2010, na sede do Pólo de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Nordeste Paulista, no Município de Mococa, SP, a uma altitude de 665 m, latitude 21° 28' Sul e longitude 47° 01' Oeste. A água utilizada durante o cultivo era proveniente de nascentes localizadas em matas nativas remanescentes da estação experimental e situadas em cotas superiores a do local do experimento, o que possibilitou o seu abastecimento por gravidade. Um filtro de telas foi instalado no canal de abastecimento, com o objetivo de diminuir a entrada de animais aquáticos. As canaletas de abastecimento e drenagem possuíam comportas que permitiram regular o nível e a vazão independentemente em cada parcela.

Foram utilizadas 20 parcelas de 30 m² cada, denominadas tabuleiros. Esses tabuleiros possuíam fundo de terra e foram divididos por muretas de alvenaria, com 50 cm de altura, permitindo assim, que o nível da água fosse

mantido com aproximadamente com 35 cm de profundidade. Telas de diferentes malhas (de acordo com a fase de cultivo e do tamanho dos camarões) foram colocadas nas saídas de cada tabuleiro, para evitar a entrada de predadores aquáticos e o escape de camarões. Essas telas foram limpas duas vezes ao dia para evitar o seu entupimento e o conseqüente transbordamento. Em todos os tabuleiros foram escavados, próximos à saída de água, canais de despesca com aproximadamente 50 cm de profundidade e ocupando cerca de 17% da área total. Nas Figuras 1 e 2 são apresentados um esquema geral da área experimental e a representação de um corte em um tabuleiro de rizicultura adaptado para a rizicarcinicultura.

ESQUEMA DA ÁREA EXPERIMENTAL

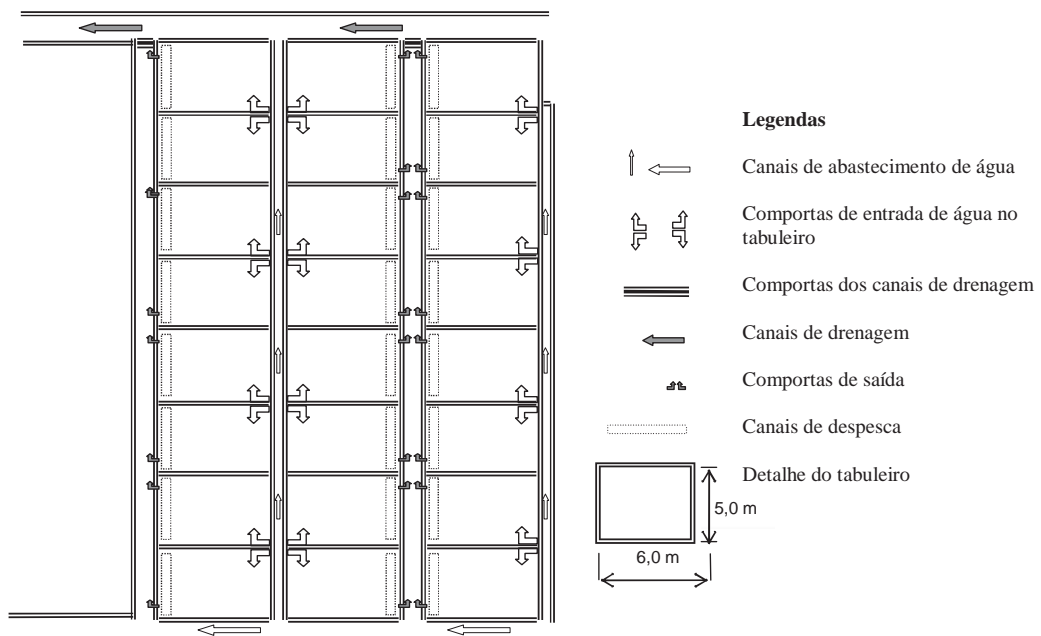


Fig. 1. Esquema geral da área experimental. As setas indicam a direção do fluxo de água.

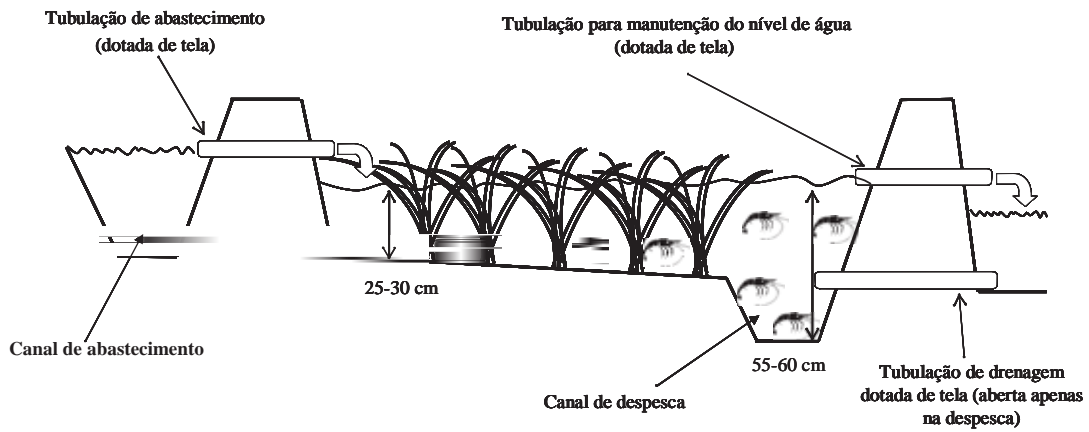


Fig. 2. Corte de um tabuleiro de arroz adaptado para a rizicarcinicultura.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2x2), com quatro repetições e um tratamento controle. Os fatores testados foram: densidade de camarões, em dois níveis (dois e cinco camarões m⁻²) e arraçoamento em dois níveis (sem fornecimento e com fornecimento de ração). Portanto, foram utilizados os seguintes tratamentos: Controle – somente arroz (C); densidade de 2 camarões m⁻² sem ração (2SR); densidade de 2 camarões m⁻² com ração (2CR); densidade de 5 camarões m⁻² sem ração (5SR) e densidade de 5 camarões m⁻² com ração (5CR).

A variedade de arroz utilizada foi a IAC 106, devido ao seu ciclo, ao seu porte compatíveis com a rizicarcinicultura e à boa performance apresentada em experimentos anteriores. A fim de promover a sua pré-germinação, as sementes destinadas ao plantio foram umedecidas e acondicionadas em um saco de algodão durante três dias, antes de serem plantadas no canteiro de mudas. A terra utilizada no canteiro foi peneirada, tendo o pH corrigido com calcário e, posteriormente, fertilizada com adubo NPK na formulação 8-28-16. Após este procedimento, as sementes pré-germinadas foram plantadas no canteiro. As plântulas de arroz foram irrigadas continuamente durante 21 dias, até atingirem o porte adequado para o transplante para os tabuleiros (de 8 a 10 cm de altura).

Para o preparo do solo dos tabuleiros, aplicou-se 64,83 kg de calcário (1.000 kg ha⁻¹) e, com o solo umedecido, realizou-se uma adubação de plantio com NPK 8-28-16, na proporção de 360 kg ha⁻¹. O transplante das mudas foi realizado manualmente e em linha, com espaçamento de 10 cm entre mudas e de 20 cm entre linhas. Quinze dias após o transplante, realizou-se uma adubação nitrogenada de cobertura com uréia, na proporção de 65 kg de nitrogênio ha⁻¹ e essa operação foi repetida quinze dias depois.

Os juvenis de *M. rosenbergii*, com aproximadamente 45 dias após a metamorfose (comprimento médio de 2,5 ± 0,4 cm e peso médio de 0,13 ± 0,07 g), foram provenientes do Laboratório de Larvicultura do Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP de Jaboticabal (CAUNESP). Após a aclimação, os camarões foram contados e liberados nos tabuleiros de acordo

com os tratamentos. Esta operação foi realizada 40 dias após o transplante das mudas para os tabuleiros, quando as plantas de arroz apresentavam cerca de 40 cm de altura, permitindo que a lâmina d'água nos tabuleiros fosse mantida com 25 cm de profundidade média.

Diariamente, As temperaturas máximas e mínimas diárias foram registradas em três termômetros de máxima e mínima (Incoterm), posicionados nos canais de despesca de três tabuleiros selecionados aleatoriamente. Entre as 07h00 e 08h00 da manhã, as variáveis, oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação de oxigênio e pH da água dos tabuleiros foram medidas diariamente com um oxímetro e um peagômetro, ambos da marca Hanna Instruments. Quinzenalmente, foram coletadas amostras de água do canal de abastecimento (água distribuída para todas as parcelas experimentais), do canal de drenagem (água que recebeu os efluentes provenientes de todos os tabuleiros) e de todos os tabuleiros (água coletada nos canais de despesca) para a determinação de nitrogênio amoniacal total (TAN), N-nitrito (N- NO_2^-), N-nitrato (N- NO_3^-), nitrogênio Kjeldal (N) e fósforo (P) total de acordo com APHA (2005). Para o cálculo do N total, foram somados os valores do N Kjeldal com o N- NO_2^- e com o N- NO_3^- .

A partir do segundo mês de cultivo, nos tabuleiros dos tratamentos 2CR e 5CR, foi fornecida dieta comercial peletizada para camarões peneídeos com 35% de proteína bruta (PB) uma vez ao dia, entre 16h00 e 17h00. As quantidades utilizadas foram determinadas após as biometrias, utilizando-se taxas decrescentes de 5, 3 e 1%, da biomassa dos camarões, estimada para cada tratamento. A ração foi distribuída a lanço, nos canais de despesca e nas entrelinhas do arroz, para permitir que a maior parte dos camarões tivesse acesso à ração.

Mensalmente, foram realizadas biometrias em amostras de 5 a 10% da população de camarões de cada tabuleiro para o acompanhamento do crescimento dos animais e ajuste da quantidade de ração fornecida. Para a realização desse procedimento, os tabuleiros eram parcialmente esvaziados e os camarões coletados dos canais de despesca com o auxílio de puçás. Os animais foram medidos e pesados em uma balança digital (Marte Balanças

Ltda.) com precisão de 0,01 g. Após a biometria, os animais eram rapidamente devolvidos aos respectivos tabuleiros para evitar mortalidade por estresse.

Ao atingir o ponto de maturação (82 dias após o transplante), o arroz foi colhido manualmente, separado por parcelas e acondicionado em sacos de algodão. Durante a colheita, foram utilizadas pranchas de madeira apoiadas sobre as muretas que dividiam os tabuleiros. Essas pranchas permitiam que os trabalhadores transitassem sobre elas, sem que o fundo dos tabuleiros fosse pisoteado, evitando causar estresse nos camarões, que permaneceram por mais 40 dias nos tabuleiros com o objetivo de atingir o tamanho correto para o abate. As amostras de arroz foram pesadas após secagem ao sol, até atingir a umidade de 13%, que é o teor adequado para comercialização e armazenamento. Para efeito de cálculo das produtividades por hectare, a área ocupada pelos canais de despesca (17% do total dos tabuleiros) não foi considerada no Tratamento Controle.

Após 122 dias de criação, os tabuleiros foram totalmente esgotados e os camarões coletados com puçás e com uma rede colocada no canal de despesca. Todos os animais foram mortos por choque térmico em água com gelo, contados, pesados e medidos um a um. Os animais também foram sexados e identificados em relação aos morfotipos e ao estágio de maturação sexual das fêmeas, para o estudo da estrutura social.

Os dados de produção do arroz, crescimento e produção dos camarões foram submetidos aos testes de Shapiro–Wilk e Bartlett para a verificação da normalidade e da homocedasticidade, respectivamente. Uma vez cumpridas essas premissas, os dados foram submetidos a análises de variância (ANOVA) pelo teste F com duas classificações (Zar, 1999). Os valores expressos em porcentagem foram transformados pelo arco seno da raiz quadrada antes das análises, porém, para melhor visualização os dados originais foram apresentados.

3. Resultados

3.1. Variáveis de qualidade de água

As temperaturas máximas e mínimas variaram, respectivamente, entre 33,2° C no mês de fevereiro de 2009 e 17, 4° C em abril de 2010. As diferenças entre as amplitudes mensais das temperaturas máximas e mínimas foram altas, variando entre 9 e 13° C (Fig. 3). No mês de março de 2010, em um mesmo dia foram observadas variações na temperatura da água de 22 a 33° C (11° C de diferença). O menor valor de oxigênio dissolvido observado durante todo o cultivo foi de 2,1 mg L⁻¹ e os valores de pH permaneceram próximos da neutralidade, com valores mínimos e máximos de 6,3 e 7,3, respectivamente. Para as variáveis amônia, nitrito e nitrato, as médias dos tratamentos foram semelhantes (Tabela 1). Entretanto, os valores dessas variáveis no canal de drenagem, foram menores do que os obtidos no canal de abastecimento (Fig. 4, A, B e C). O fósforo total foi superior no canal de drenagem em relação ao de abastecimento, com exceção do mês de fevereiro (Fig. 5A). Os valores de nitrogênio total, por sua vez, foram maiores na entrada em relação à saída de água, durante todos os meses de cultivo (Fig. 5B).

Tabela 1. Médias gerais (\pm desvios padrão) e amplitudes (entre parênteses) das variáveis de qualidade de água nos sistemas de rizicultura e de rizicarcinicultura. Tratamentos: C (Controle - somente arroz); 2SR (densidade de 2 camarões m^{-2} sem ração); 2CR (densidade de 2 camarões m^{-2} com ração); 5SR (densidade de 5 camarões m^{-2} sem ração) e 5CR (densidade de 5 camarões m^{-2} com ração).

Variáveis	Tratamentos				
	C	2SR	2CR	5SR	5CR
Oxigênio dissolvido ($mg L^{-1}$)	$3,7 \pm 0,4$ (2,2-5,3)	$3,9 \pm 0,6$ (2,2-5,4)	$3,7 \pm 0,4$ (2,2-5,2)	$3,6 \pm 0,5$ (2,1-4,1)	$4,1 \pm 0,5$ (3,3-4,6)
pH	$7,0 \pm 0,2$ (6,4-7,4)	$7,0 \pm 0,2$ (6,5-7,3)	$6,9 \pm 0,2$ (6,5-7,2)	$6,9 \pm 0,2$ (6,5-7,3)	$7,0 \pm 0,3$ (6,3-7,3)
N-NH ₃ +N-NH ₄ ⁺ ($\mu g L^{-1}$)	$55,6 \pm 10,9$ (20,6-108,9)	$52,5 \pm 12,7$ (34,3-103,4)	$52,5 \pm 16,0$ (35,6-92,3)	$59,9 \pm 19,9$ (37,8-76,7)	$50,3 \pm 23,5$ (33,1-92,5)
N-NO ₂ ⁻ ($\mu g L^{-1}$)	$19,0 \pm 2,6$ (4,7-30,3)	$20,9 \pm 2,5$ (5,2-36,3)	$22,1 \pm 2,7$ (5,5-36,6)	$23,8 \pm 2,9$ (5,2-36,5)	$23,5 \pm 3,3$ (4,8-35,9)
N-NO ₃ ⁻ ($\mu g L^{-1}$)	$78,0 \pm 20,9$ (51,6-104,1)	$74,8 \pm 14,0$ (25,4-133,3)	$78,4 \pm 12,2$ (16,8-126,9)	$91,4 \pm 19,4$ (21,1-160,4)	$71,8 \pm 15,5$ (9,6-144,5)
P total ($\mu g L^{-1}$)	$105,2 \pm 4,7$ (100,6-111,7)	$192,2 \pm 99,8$ (58,1-488,3)	$185,2 \pm 198,7$ (55,0-480,8)	$261,4 \pm 222,3$ (68,5-527,0)	$208,9 \pm 208,8$ (80,0-520,0)
N total ($\mu g L^{-1}$)	$149,3 \pm 75,9$ (66,2-264,4)	$33,3$ (40,6-219,7)	$139,6 \pm 56,0$ (32,4-263,5)	$147,2 \pm 40,8$ (46,3-256,9)	$140,7 \pm 59,7$ (14,4-280,4)

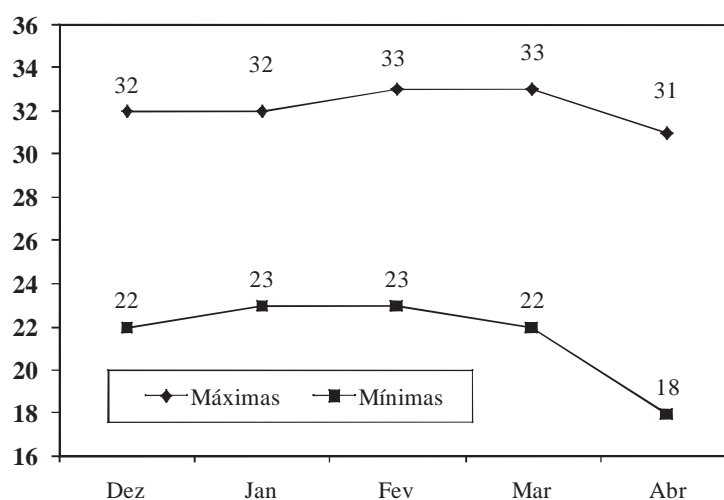


Fig. 3. Amplitudes das temperaturas ($^{\circ}C$) mínimas e máximas mensais da água dos tabuleiros.

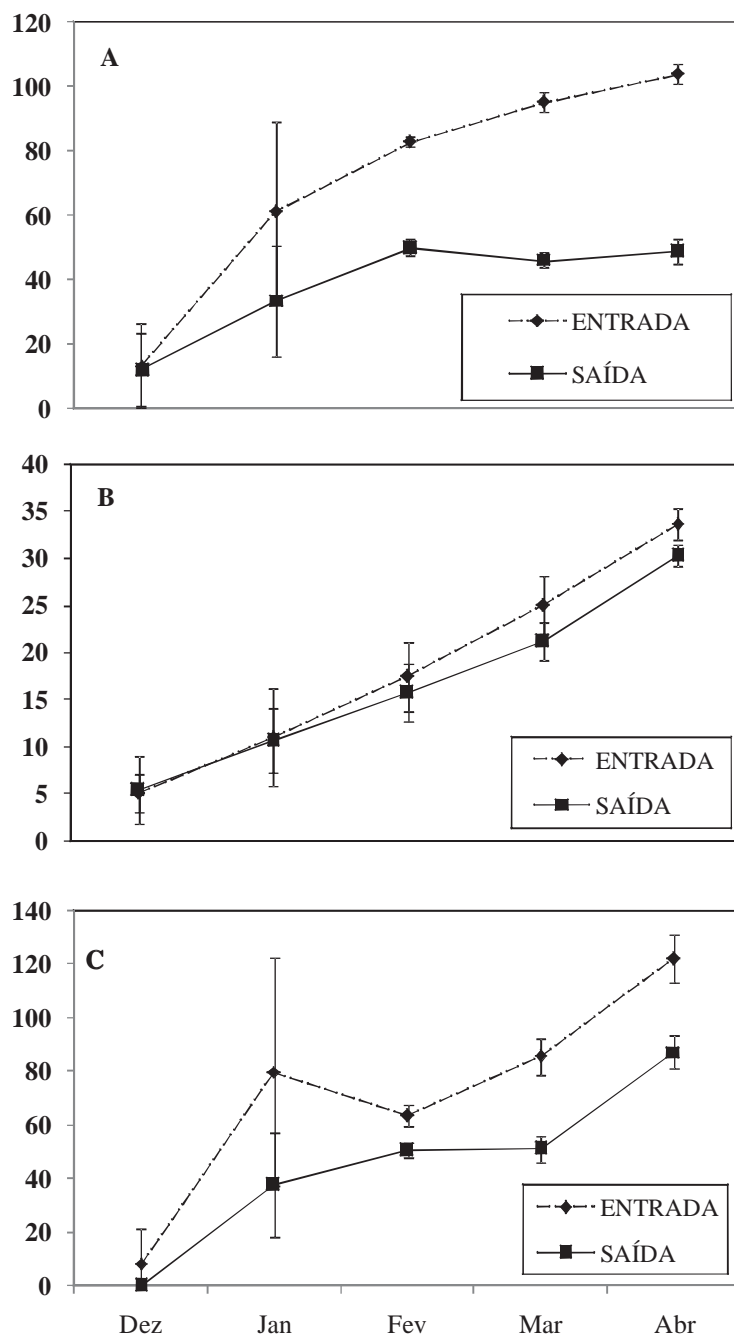


Fig. 4. Médias mensais e desvios-padrão das variáveis amônia (A), nitrito (B) e nitrato (C), registradas mensalmente nos canais de abastecimento (entrada) e de drenagem (saída).

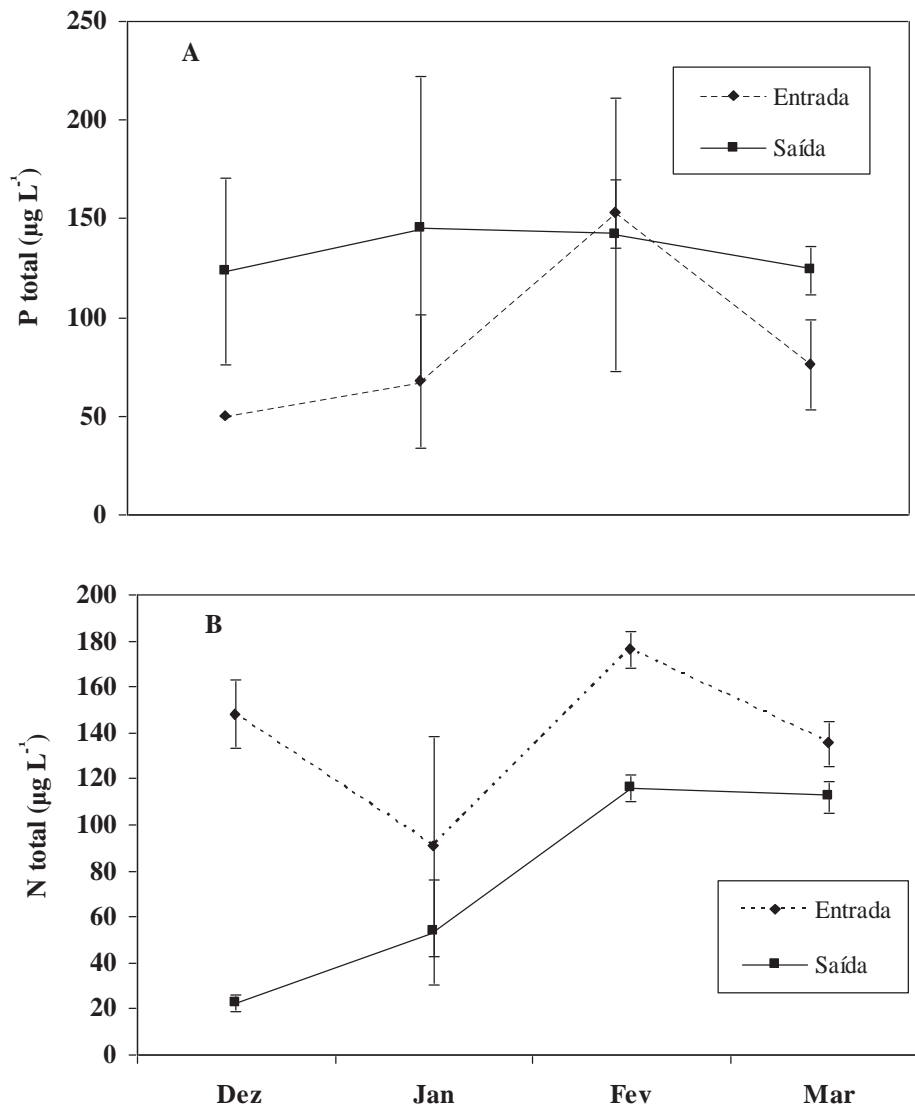


Fig. 5. Médias mensais e desvios-padrão das variáveis fósforo total (A) e nitrogênio total (B) registradas mensalmente nos canais de abastecimento (entrada) e de drenagem (saída). A água do canal de abastecimento foi distribuída para todas as parcelas experimentais e o canal de drenagem recebeu os efluentes provenientes de todos os tabuleiros.

3.2. Produção de camarão e arroz

De acordo com os dados das biometrias mensais, o comprimento médio foi uniforme entre os tratamentos, aumentando em escala exponencial a partir do segundo mês de cultivo (Fig. 6A). Na despesca, os animais atingiram

comprimentos médios entre $12,4 \pm 0,4$ cm (2SR) e $13,4 \pm 1,0$ cm (2CR). Pode-se observar um padrão semelhante para o peso médio, sendo que graficamente o tratamento 2CR se destacou dos demais (Fig. 6B), embora esta tendência não tenha sido detectada estatisticamente.

Foi verificada influência da densidade sobre a sobrevivência e não foram observadas interações significativas entre os fatores testados (Tabela 2). A sobrevivência média dos tratamentos variou de $17,2 \pm 9,3\%$ (5CR) a $39,2 \pm 14,9\%$ (2CR). O peso médio variou de $20,3 \pm 2,2$ g (2SR) a $25,7 \pm 5,9$ g (2CR). Não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis comprimento e peso. As médias de produção de camarões por tratamento variaram de 363 ± 179 g (2SR) a 692 ± 142 g (5SR) por tabuleiro. As produtividades médias obtidas por tratamento foram variáveis entre 118 ± 58 kg ha⁻¹ (2SR) e 224 ± 46 kg ha⁻¹ (5SR). Também não foram obtidas diferenças estatísticas para as médias de produção e produtividade entre os tratamentos.

A produção média de arroz por tratamento variou entre $16,7 \pm 4,4$ e $19,7 \pm 1,4$ kg por tabuleiro. As produtividades de arroz foram de 5.552 ± 1.476 kg ha⁻¹; 5.555 ± 746 kg ha⁻¹; 5.686 ± 767 kg ha⁻¹; 6.261 ± 361 kg ha⁻¹ e 6.575 ± 1.406 kg ha⁻¹ para os tratamentos 2CR, 5SR, C (controle), 5CR, e 2SR, respectivamente. A produtividade de arroz não foi significativamente afetada pela presença dos camarões nem pelos fatores testados (Tabela 2).

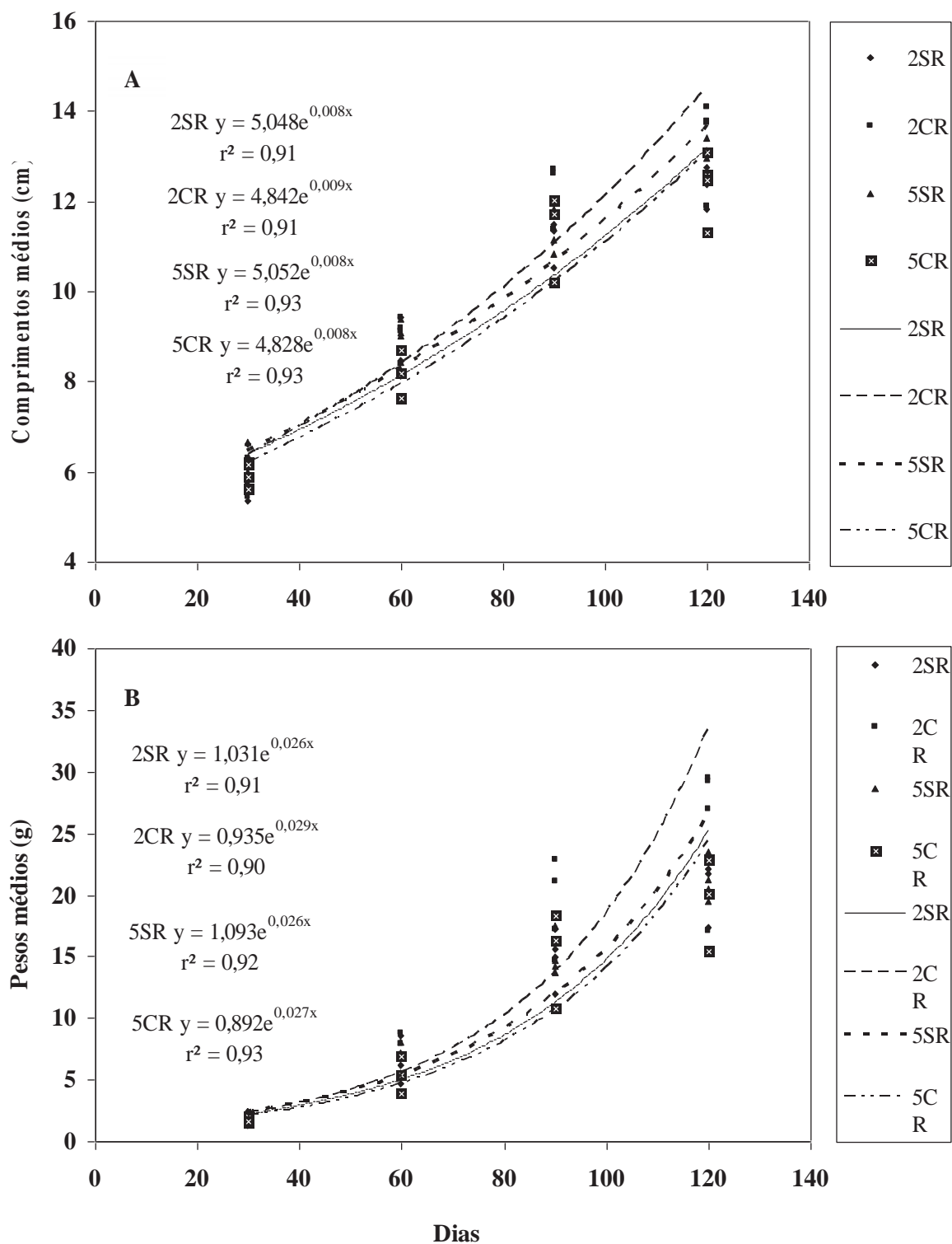


Fig. 6. Comprimentos médios (A) e pesos médios (B) registrados em biometrias mensais de *M. rosenbergii*, em sistema de rizocarcinicultura. Tratamentos: 2SR - densidade de 2 camarões m^{-2} sem ração; 2CR - densidade de 2 camarões m^{-2} com ração; 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} sem ração; 5CR - densidade de 5 camarões m^{-2} com ração.

Tabela 2. Efeito da densidade e do arraçoamento na sobrevivência, peso médio, produção de camarão por parcela (tabuleiro de 30 m²), produção de arroz por parcela e produtividade de *M. rosenbergii* e da presença de camarões, densidade e arraçoamento na produção de arroz em sistema de rizicultura. Cálculos feitos através de two-way ANOVA. (n = 4). Tratamentos: 2SR - densidade de 2 camarões m⁻² sem ração (5A); 2CR - densidade de 2 camarões m⁻² com ração (5B); 5SR - densidade de 5 camarões m⁻² sem ração (5C); 5CR - densidade de 5 camarões m⁻² com ração (5D).

Tratamentos	Sobrevivência (%)	Peso médio camarões (g)	Produção de camarões (g)	Produção de arroz (kg) †	Produtividade dos camarões (kg ha ⁻¹)	Produtividade do arroz (kg ha ⁻¹) †
C	-	-	-	16,9 ± 3,6‡	-	5.620,0 ± 1.201,6‡
2SR	29,6 ± 13,6	20,3 ± 2,2	363,0 ± 178,6	14,0 ± 7,1	117,6 ± 57,9	5.196,8 ± 299,2
2CR	39,2 ± 14,9	25,7 ± 5,9	567,1 ± 100,0	15,6 ± 8,0	183,7 ± 32,4	4.607,7 ± 1.225,2
5SR	22,2 ± 5,8	21,1 ± 1,7	691,6 ± 142,4	13,8 ± 7,0	224,0 ± 46,1	4.610,7 ± 619,5
5CR	17,2 ± 9,3	20,3 ± 3,5	543,7 ± 302,6	13,8 ± 7,1	176,1 ± 98,0	4719,6 ± 636,3
Médias agrupadas para densidades						
2 m ⁻²	33,7 ^a	21,7	465,1	14,9	155,0	4.902,3
5 m ⁻²	19,0 ^b	20,7	617,6	14,3	205,9	4.665,2
Médias agrupadas para arraçoamento						
Sem ração	30,2	20,6	527,3	14,9	175,77	4.903,8
Com ração	31,2	21,7	555,4	14,3	185,13	4.663,7
Médias agrupadas para controle (somente arroz)						
	-	-	-	14,3	-	4.663,7
ANOVA (interações)						
Densidade	*	ns	ns	ns	ns	ns
Arraçoamento	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Densidade x Arraçoamento.	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Controle x Fator	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes indicam diferença significativa. (*P<0,05; ns = não significativa);

† Calculada descontando-se a produção referente à área do canal de despesca (17% da área total) da produtividade obtida no tratamento; ‡ Calculada sem descontar a área referente ao canal de despesca

A relação peso/comprimento foi muito semelhante entre todos os tratamentos (Fig. 7), o que pode significar que, aparentemente, estes não produziram mudanças na forma e peso específico dos animais. Apenas no tratamento 5SR todos os comprimentos foram superiores a 8,0 cm e todos os pesos superiores a 5,0 g (Fig. 7).

O tratamento 5SR foi o que apresentou o conjunto de classes de peso mais próximo da distribuição normal (Fig. 8), com a menor frequência de animais com peso inferior ao peso comercial de 15 g (8%) e também a maior porcentagem de animais com pesos acima de 15 g (92%). Os demais tratamentos, aparentemente, não apresentaram um padrão de distribuição definido.

A estrutura populacional dos machos e as classes de fêmeas observadas na despesca foi semelhante entre os quatro tratamentos. Os maiores percentuais corresponderam às Fêmeas Imaturas (FI) e aos machos do morfotipo SM (Small Male), com $43,0 \pm 4,0\%$ e $28,0 \pm 6,3\%$, respectivamente. A menor porcentagem foi a de Fêmeas Ovígeras (FO) com $1,0 \pm 0,9\%$ (Fig. 9).

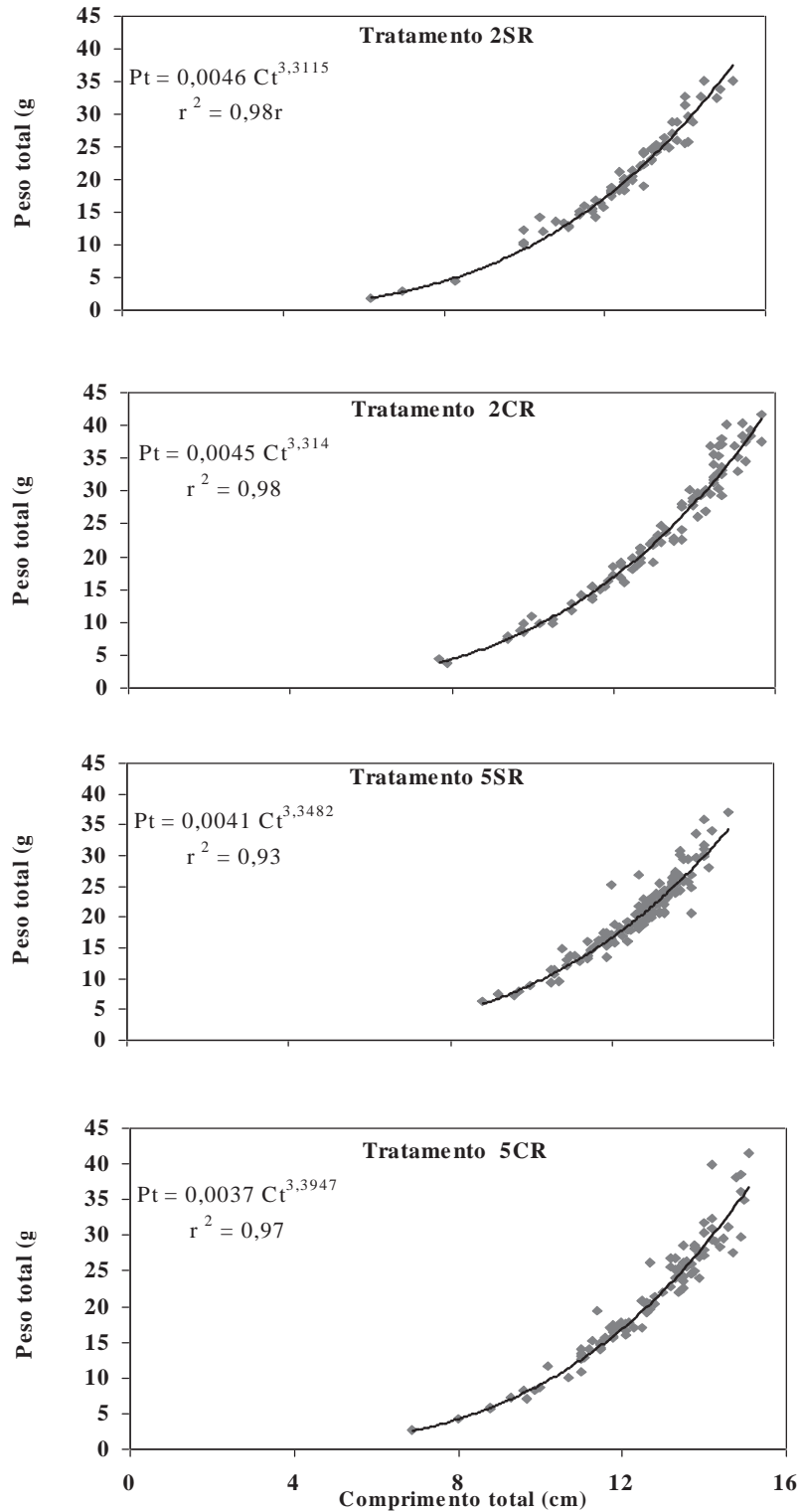


Fig. 7. Relação peso (g) / comprimento (cm) entre os animais nos tratamentos: 2SR - densidade de 2 camarões m^{-2} sem ração; 2CR - densidade de 2 camarões m^{-2} com ração; 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} sem ração; 5CR - densidade de 5 camarões m^{-2} com ração. Pt – Peso total; Ct – Comprimento total.

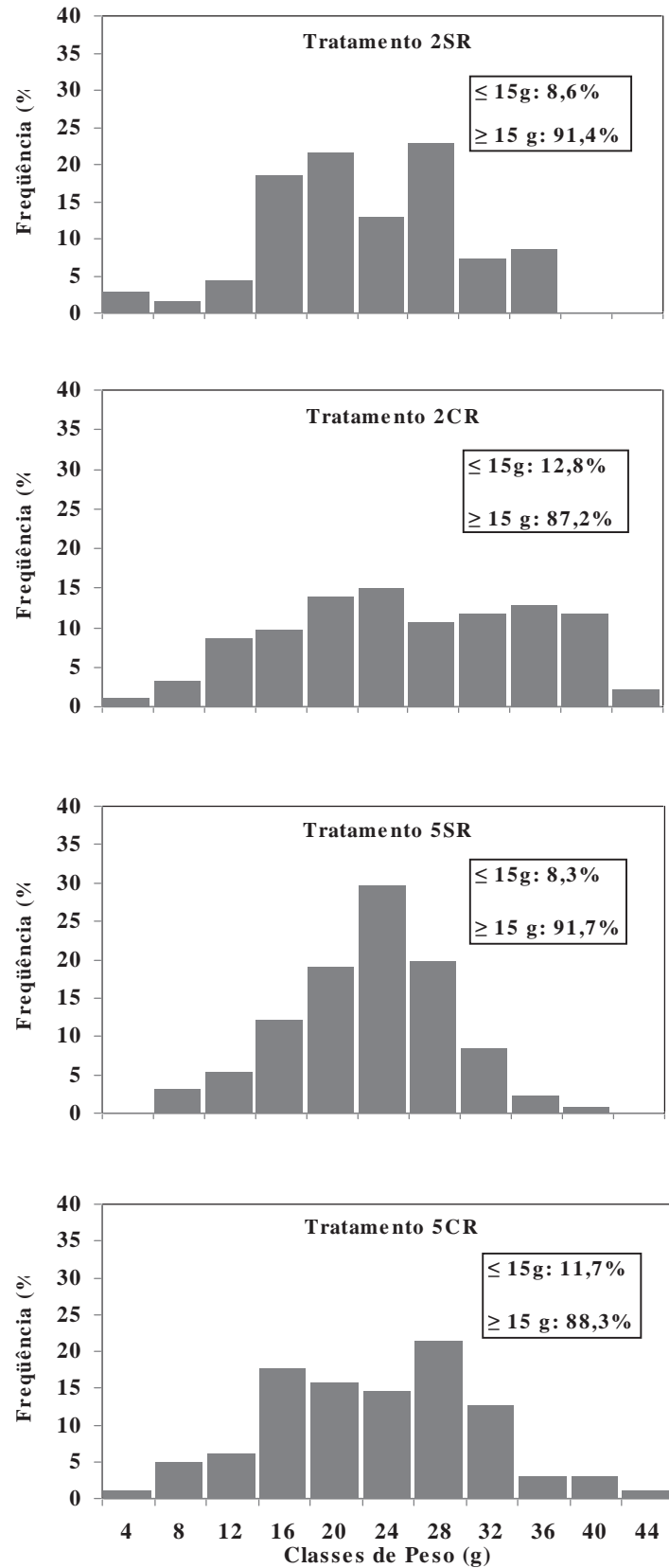


Fig. 8. Classes de pesos de *M. rosenbergii* criado em sistema de rizocarcinicultura. Tratamentos: 2SR - densidade de 2 camarões m^{-2} sem ração; 2CR - densidade de 2 camarões m^{-2} com ração; 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} sem ração; 5CR - densidade de 5 camarões m^{-2} com ração.

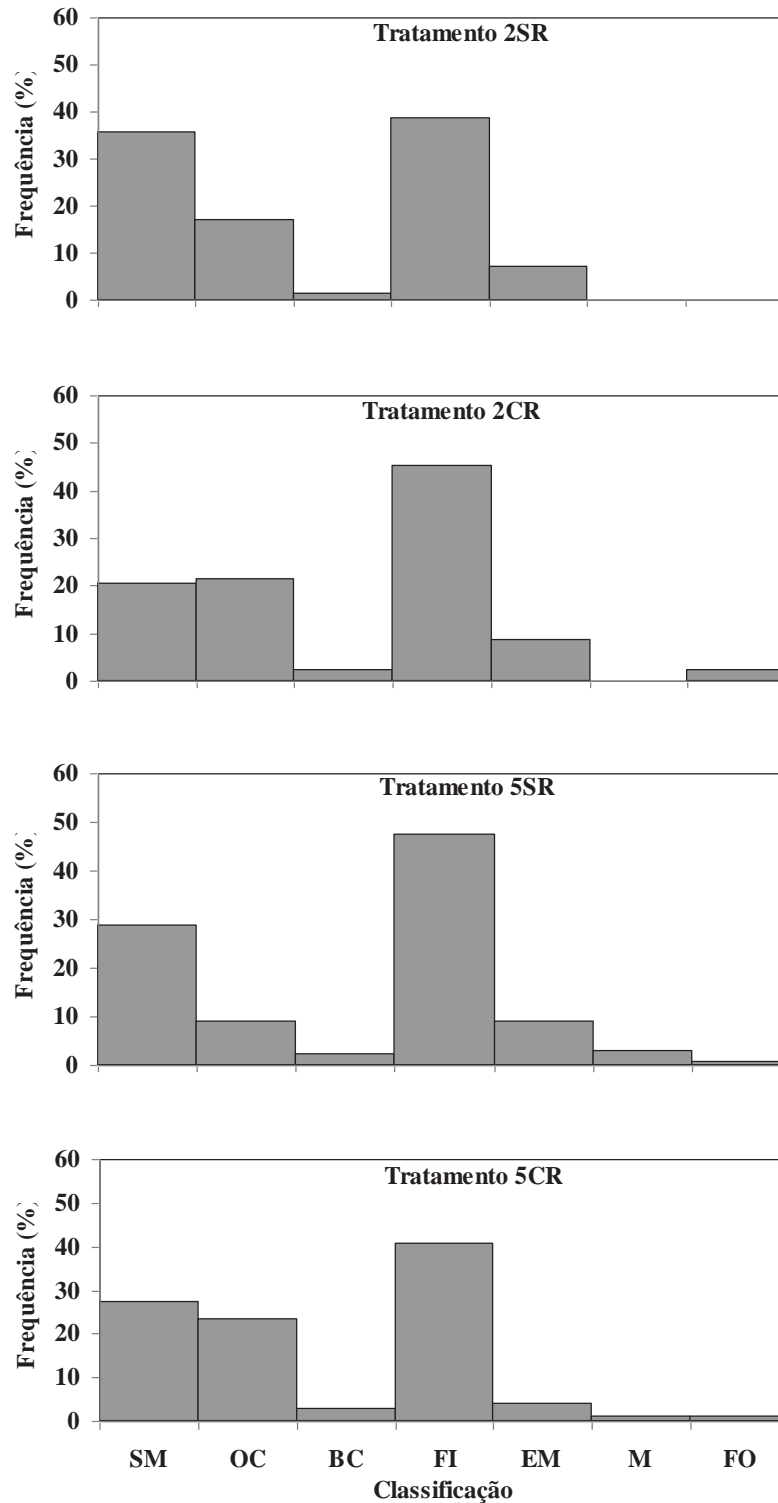


Fig. 9. Estrutura populacional de machos e classes de fêmeas de *M. rosenbergii* criado em sistema de rizocarcinicultura, para os tratamentos 2SR - densidade de 2 camarões m^{-2} sem ração; 2CR - densidade de 2 camarões m^{-2} com ração; 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} sem ração; 5CR - densidade de 5 camarões m^{-2} com ração. SM - Small Male; OC - Orange Claw; BC - Blue Claw; FI - Fêmeas Imaturas; EM - fêmeas Em Maturação; M - fêmeas Maduras, FO - fêmeas Ovigeras.

4. Discussão

Os resultados obtidos sugerem que os camarões não afetaram o desenvolvimento do arroz, mas estão sujeitos a ação de predadores e o sistema de rizicarcinicultura apresenta elevada instabilidade térmica. Isso gera baixa sobrevivência e grande variação na produtividade dos camarões. Por outro lado, o sistema garante alimento natural suficiente para o crescimento dos camarões, quando cultivados em baixas densidades (até 5 m⁻²), dispensando qualquer tipo de arraçamento e gera efluente dentro dos padrões aceitáveis para aquicultura, podendo ocorrer, inclusive redução nos teores dos compostos nitrogenados.

Devido à reduzida altura da lâmina d'água utilizada nesses sistemas (de 20 a 40 cm), as variações entre as temperaturas máximas e mínimas diárias obtidas foram de 6,7 e 12° C, sendo, portanto, mais altas em relação às normalmente observadas em viveiros escavados com maior profundidade. Essa oscilação pode ter exercido influência negativa no crescimento e sobrevivência dos camarões. Na região nordeste de São Paulo, o período para a realização da rizicarcinicultura se restringe aos meses de novembro a março, que apresentam temperaturas mais elevadas. Em outras regiões brasileiras, esse período pode variar em função das condições climáticas e, por isso, a implantação de projetos comerciais, devem ser precedidos do levantamento das temperaturas máximas e mínimas locais. Quanto menor a variação de temperatura no período diário, mais adequada é a região para a rizicarcinicultura. Embora esse fator seja de difícil controle, futuros estudos sobre estratégias de manejo e adaptações nas estruturas dos tabuleiros de arroz devem ser realizados para reduzir as oscilações térmicas desse sistema de produção. Entre essas alternativas, pode-se citar o aumento da profundidade e a colocação de coberturas para sombreamento dos canais de despesca, o que exigiria, entretanto, estudos sobre a viabilidade técnica e econômica dessas adaptações.

As demais variáveis de qualidade de água ficaram dentro do intervalo adequado para a criação de camarões de água doce preconizados por Boyd e Zimmermann (2010). Aparentemente, nem o arraçamento nem a densidade de camarões influenciaram nas variáveis medidas. Apesar da média de N-NO₃⁻ ser mais alta no tratamento 5SR, ainda assim, essa variável situou-se em um patamar

muito abaixo dos valores obtidos por Keppeler e Valenti (2006) em monocultivo de *M. amazonicum* ($1.239 \pm 1.696 \mu\text{g L}^{-1}$). O mesmo ocorreu para as médias de $\text{N-NH}_3+\text{NH}_4^+$ e N-NO_2^- cujos valores, foram inferiores às médias observadas por Keppeler e Valenti (2006), que foram de $208 \pm 99 \mu\text{g L}^{-1}$ e de $54 \pm 18 \mu\text{g L}^{-1}$ para as variáveis nitrogênio amoniacal e nitrito, respectivamente. Isto pode indicar que os compostos nitrogenados presentes na água de abastecimento e os produzidos pelo cultivo dos camarões são absorvidos pelas plantas de arroz.

Giap *et al.* (2005) estudaram a influência de diferentes regimes de fertilização e manejo alimentar (com e sem ração) e reportaram o declínio dos teores de oxigênio no decorrer do cultivo de *M. rosenbergii* em sistema integrado com o arroz, concluindo que o oxigênio dissolvido na água foi inversamente proporcional ao aumento da biomassa de camarões devido ao crescimento. Segundo esses autores, os teores médios de oxigênio dissolvido na água foram de cerca de $4,0 \text{ mg L}^{-1}$, no início do cultivo e atingiram valores inferiores ao nível crítico de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ no final do experimento. Ao contrário dessas observações, no presente estudo os teores de oxigênio dissolvido (de $3,6$ a $4,1 \text{ mg L}^{-1}$) mantiveram-se praticamente constantes, em um nível considerado satisfatório para a espécie estudada (Boyd e Ziemmermann, 2010). Técnicas simples como o acompanhamento diário dos teores de oxigênio, a manutenção do fluxo contínuo de água nos tabuleiros, a utilização de densidades de estocagem adequadas e o uso racional de dietas artificiais, também podem ser adotadas pelos rizicultores para manter o oxigênio dissolvido em níveis adequados.

No presente estudo, os teores dos compostos nitrogenados amônia, nitrito e nitrato, foram mais altos no canal de abastecimento em relação ao canal de drenagem. Esse fato pode ser devido à capacidade das plantas de arroz e do perifíton aderido às hastes submersas destas, absorverem esses compostos, funcionando como *wetlands*. Nos sistemas de *wetlands* construídos, os principais processos biológicos que regulam as remoções de nitrogênio e fósforo do efluente são a absorção direta pela macrófita, a mineralização microbiológica e as transformações como desnitrificação e amonificação (USEPA, 2000).

Observou-se um aumento dos teores de nitrogênio na água de abastecimento no decorrer do cultivo. Isto provavelmente ocorreu devido ao livre trânsito do gado bovino no córrego que abastecia o experimento, enriquecendo

assim a água com urina e fezes ou mesmo revolvendo o fundo, liberando assim nutrientes, principalmente o nitrogênio. A segunda razão provável e que pode ter ocorrido concomitantemente à primeira, foi que a limpeza do córrego realizada antes do experimento não foi eficiente e a massa vegetal remanescente, com o passar do tempo, começou a entrar em decomposição, enriquecendo a água com nutrientes.

Atualmente, um dos grandes desafios enfrentados pela aquicultura é redução do impacto dos efluentes sobre os corpos d'água receptores (Costa-Pierce, 2010). Assim, a legislação ambiental de diversos países, inclusive do Brasil, exige o tratamento dos efluentes de aquicultura para a legalização dos projetos. As variáveis fósforo e nitrogênio totais obtidas neste experimento estão dentro dos padrões aceitáveis para efluentes de aquicultura, segundo a normatização do CONAMA (2005) e foram inferiores às obtidas por Henares *et al.*, 2011 (0,67 mg L⁻¹ de nitrogênio total e 0,235 mg L⁻¹ de fósforo total), que estudaram o impacto da manutenção de reprodutores de *M. rosenbergii* na qualidade da água de viveiros experimentais. As médias dos teores de fósforo total do presente estudo foram relativamente baixas, quando comparadas às relatadas por Boyd e Ziemmermann (2010), em monocultivos de *M. rosenbergii*, na região Sul do Brasil (de 0,01 a 4,4 mg L⁻¹) e por Kunda *et al.*, 2008 (de 0,1 a 1,2 mg L⁻¹) em sistemas integrados camarões e arroz. Esse fato reforça a hipótese de que a produção de camarões em sistema integrado é mais sustentável do ponto de vista ambiental, produzindo efluentes com menores teores de fósforo e nitrogênio do que os monocultivos.

Nos países do Sudeste Asiático, nos quais os cultivos integrados arroz e camarões são bem difundidos, basicamente pode-se dividir esses sistemas em duas modalidades principais: os sistemas rotacionais e os simultâneos (Phuong *et al.*, 2006). Na região nordeste do Estado de São Paulo, o regime hídrico e temperatura para a realização da rizicarcinicultura, compreendem 5 meses, coincidindo com o ciclo do arroz. Com isso, nessa região, assim como em boa parte o Estado de São Paulo, a única modalidade passível de ser implantada é a simultânea. Devido ao curto ciclo de engorda desse sistema, as produtividades obtidas em todo o mundo variam de 40 e 500 kg ha⁻¹ (Phuong *et al.*, 2006), sendo

menores do que as dos sistemas rotacionais, que variam de 360 a 900 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Phuong *et al.*, 2006).

No presente estudo os animais apresentaram um crescimento similar durante todo o cultivo, independentemente dos tratamentos. Segundo Sampaio e Valenti (1996), que estudaram o crescimento em comprimento e peso de *M. rosenbergii* criados em viveiros escavados na densidade inicial de 1,5 animais m⁻², a influência do aumento da densidade populacional se manifesta por meio do aumento da competição intraespecífica por alimento, espaço e outras formas de interação entre os animais, mesmo em baixas densidades. Quando o alimento e/ou o espaço se tornam limitantes, o crescimento é reduzido devido ao maior gasto energético causado pela competição. Tal influência da densidade sobre as variáveis comprimento e peso não foi observada no presente estudo. A grande variabilidade observada nos dados de sobrevivência e de produção sugere que a ação das variáveis não consideradas (variáveis ambientais, predadores e competidores) pode ter sido maior que a dos próprios tratamentos.

Após quatro meses de cultivo, o crescimento dos animais neste experimento foi similar ao relatado por Giap *et al.* (2005) que obteve pesos médios de 14,7 ± 1,6 g a 23,8 ± 0,9 g para o sistema simultâneo, porém foi inferior ao relatado por Rohul Amin e Salauddin (2008) e Kunda *et al.* (2008), que estudaram os sistemas de policultivos rotacionais e informam pesos médios variando de 34,74 ± 0,59 g a 55,24 ± 4,23 g e de 49,83 ± 2,38 g a 57,35 ± 3,40 g, respectivamente. Segundo Phuong *et al.* (2006), no Vietnam, o sistema simultâneo é caracterizado por ser uma atividade de subsistência, que proporciona uma renda suplementar à produção de arroz, enquanto os cultivos rotacionais são mais comerciais e tem se tornado a atividade principal dos rizicultores. Pode-se inferir, portanto, que em outras regiões do Brasil que apresentem períodos chuvosos mais longos e temperaturas mínimas mais altas, seria possível implantar os sistemas rotacionais e, conseqüentemente, obter-se maiores produções do que as relatadas no presente estudo.

Houve influência significativa ($P < 0,05$) da densidade sobre a sobrevivência e os tratamentos com densidade mais baixa (2SR e 2CR) apresentaram maiores taxas de sobrevivência. Essa pode ser uma indicação de que, para esse tipo de sistema integrado, os tabuleiros de arroz não suportem

altas densidades de estocagem de *M. rosenbergii* mesmo considerando-se as características edafoclimáticas de diferentes regiões. Essa hipótese é reforçada por resultados semelhantes, obtidos por Kunda *et al.* (2008) e Lan *et al.* (2006), que estudando sistemas integrados arroz e *M. rosenbergii*, obtiveram as melhores sobrevivências (49 e 57%, respectivamente) para os tratamentos com densidade de 1 camarão m⁻². Entretanto, Lan *et al.* (2006) também observaram que os melhores resultados econômicos foram obtidos para os tratamentos de densidade de 3 camarões m⁻² que receberam ração e carne de moluscos como alimentação suplementar.

Não foram verificadas diferenças significativas para as produtividades nos tratamentos com e sem ração. Isso indica que o sistema produz alimento natural suficiente para a produção de camarões pelo menos em densidades baixas. Como a alimentação é um dos principais custos de produção na aquicultura, isso pode compensar a baixa sobrevivência verificada na rizicultura. A produtividades médias de 151 e 200 kg ha⁻¹ foram obtidas para as densidades de 2 e 5 camarões m⁻², respectivamente. A elevada variabilidade observada na produção provavelmente impediu que fosse observada diferença significativa por ANOVA. Embora a produção do tratamento de maior densidade possa ser maior, são necessários estudos de viabilidade econômica para verificar se os maiores gastos com aquisição de juvenis de *M. rosenbergii* são compensados pela maior produção.

Aparentemente, neste trabalho, as principais causas de mortalidade foram a predação e a oscilação térmica da água. Verificou-se uma grande ocorrência de competidores e predadores aquáticos, na sua grande maioria peixes das espécies *Astyanax altiparanae* (lambari) e *Hoplias malabaricus* (traíra), devido à ineficiência do sistema de filtragem de água utilizado no experimento (observação pessoal). A presença desses peixes nos tabuleiros de arroz pode ter afetado negativamente as sobrevivências obtidas, tanto pela predação como pela competição por alimento e espaço. Observou-se também a presença de algumas aves predadoras, na sua maioria garças e socós. Embora neste experimento a sua quantidade tenha sido pouco expressiva, em algumas regiões essas podem causar perdas consideráveis na rizicultura.

As sobrevivências obtidas no presente trabalho podem ser consideradas baixas quando comparadas aos monocultivos semi-intensivos e intensivos de *M. rosenbergii*, entretanto, são compatíveis com outros sistemas integrados camarões e arroz. Os valores de $17,2 \pm 9,3\%$ a $39,2 \pm 14,9\%$, foram semelhantes aos relatados por Kurup e Ranjeet (2002), que analisaram aspectos técnicos e econômicos de diversas propriedades que utilizavam os sistemas integrados em Kuttanad, na Índia e relatam sobrevivências variando de 25 a 38%. Vale ressaltar que, a utilização de sistemas eficientes de filtragem no canal de abastecimento, pode reduzir consideravelmente a entrada de peixes nos tabuleiros de arroz e, conseqüentemente, aumentar a sobrevivência dos camarões nos sistemas integrados. Também devem ser tomadas medidas para evitar o escape dos camarões, tanto pelos locais de entrada como de saída de água dos tabuleiros. Neste experimento, foram observados alguns camarões nos canais de abastecimento e de drenagem. Por esse motivo, a altura das entradas de água teve que ser aumentada em cerca de 3,0 cm e as telas das comportas de saída dos tabuleiros foram constantemente verificadas e limpas, minimizando os escapes por fendas ou transbordamentos. Esse tipo de manutenção também deve ser realizado constantemente pelo produtor.

As produtividades de *M. rosenbergii* obtidas neste experimento foram inferiores às observadas em Bangladesh por Asaduzzaman *et al.* (2006), que estudaram os sistemas rotacionais ou alternados em monocultivo de *M. rosenbergii* (412 kg ha^{-1}) e em policultivo de *M. rosenbergii* com carpas (390 kg ha^{-1}). Porém, as produtividades médias aqui obtidas, foram semelhantes às normalmente observadas nos sistemas integrados simultâneos de outros países asiáticos, como por exemplo, as reportadas por Giap *et al.* (2005) na Tailândia (de $234 \pm 30 \text{ kg ha}^{-1}$ a $347 \pm 13 \text{ kg ha}^{-1}$), por Ahmed (2006) em Bangladesh (de 220 - 650, kg ha^{-1}); Lan *et al.*, 2006 (194 ± 82 a $373 \pm 32 \text{ kg ha}^{-1}$) e Phuong *et al.*, 2006, no Vietnam (de 40 a 500 kg ha^{-1}) e Wahab *et al.* (2008) em Bangladesh (222 a 388 kg ha^{-1}). Provavelmente, produções superiores às obtidas no presente estudo poderão futuramente ser obtidas, por meio de um controle mais eficiente da entrada de predadores nos tabuleiros, ou pela redução das variações térmicas da água do sistema.

Diversos autores têm reportado os benefícios mútuos da integração da rizicultura com peixes ou camarões, como por exemplo, o controle de pragas e o aumento da produtividade do arroz, resultando no aumento da renda dos agricultores que adotam esses sistemas (Li, 1998; Halwart e Gupta, 2004; Frei e Becker, 2005). Em sistemas integrados, New (1995) afirma que a produção de arroz frequentemente é superior à dos monocultivos de arroz, em função da fertilização e do controle de pragas exercidos pelos peixes ou camarões. Segundo Kurup e Ranjeet (2002), nesses sistemas, a excreção e o revolvimento proporcionados pelos peixes e camarões mantém a terra limpa, fertilizada e pronta para o plantio ou transplante do arroz da próxima safra. Mohanty *et al.* (2004), também afirmam que em sistemas de policultivos integrados, os peixes e camarões revolvem e fertilizam o solo com suas fezes, disponibilizando nutrientes dos sedimentos e aumentando a quantidade de oxigênio na região das raízes do arroz, por meio de sua movimentação. Além disso, controlam insetos e organismos planctônicos que competem por nutrientes e energia com o arroz. Segundo esses autores, a combinação desses efeitos pode aumentar expressivamente a produção de arroz.

No sistema de monocultivo de arroz em média e grande escala, normalmente são utilizadas consideráveis doses de herbicidas, fungicidas e inseticidas. O presente estudo foi conduzido totalmente sem a aplicação desses pesticidas, o que não implicou em produção inferior à média nacional da cultura, estimada pela CONAB (safra 2010 -2011), em 4.805 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011). Apesar de ter sido realizado em pequena escala, considera-se que esses bons resultados, obtidos por meio de práticas culturais simples, como o controle manual de plantas invasoras e o uso de variedades resistentes a doenças e pragas, também são aplicáveis a um módulo de produção maior. Assim, a produção de arroz isento de defensivos agrícolas utilizada neste sistema, pode vir a ser uma estratégia de *marketing* adotada por pequenos agricultores, interessados em obter melhores preços em um mercado diferenciado. Futuros estudos, verificando a viabilidade da substituição total dos fertilizantes químicos por adubos orgânicos, podem facilitar a obtenção de selos de certificação orgânica, agregando ainda mais valor a esse sistema de produção integrada.

O tratamento 2CR foi o que apresentou uma maior frequência de animais entre 20g e 24g e também uma alta porcentagem de animais com pesos acima de 32 g em relação aos demais tratamentos. Em monocultivos de *M. rosenbergii*, essas porcentagens são diferentes, pois o tempo de cultivo normalmente é mais longo e, conseqüentemente, o peso final é maior. Porém, nos sistemas integrados, as distribuições das classes de peso observadas neste experimento são semelhantes às apresentadas por Hai *et al.* (2001), Giap *et al.* (2005) e Lan *et al.* (2006).

M. rosenbergii apresenta diferentes morfotipos de machos, que são observados após a maturação sexual (Ra'anani e Cohen, 1982). No presente estudo, a distribuição dos morfotipos foi semelhante entre todos os tratamentos, indicando que não houve influência das densidades e manejo alimentar estudados sobre a estrutura populacional. As maiores porcentagens de fêmeas imaturas, poucas fêmeas ovígeras e poucos machos dominantes (BC), são uma indicação de que o ciclo de cultivo curto, característico dos sistemas integrados simultâneos, não possibilitou a maturação sexual completa de toda a população estudada. Como boa parte da população atingiu uma classe de tamanho adequada para a comercialização (acima de 15 g), considera-se que esse curto período de engorda foi vantajoso, uma vez que os camarões, não dispensaram muita energia com atividades relacionadas à reprodução.

Concluindo, a rizicarcinicultura no nordeste de São Paulo é tecnicamente viável e independente de arraçamento, mas o sistema apresenta vulnerabilidade à predação e à variação térmica, gerando elevada instabilidade na produtividade dos camarões. Estudos devem ser realizados para avaliar sua viabilidade econômica e definir a densidade de estocagem de camarões mais adequada.

5. Referências

- Ahmed, N. 2001. Socio-economic aspects of freshwater prawn culture development in Bangladesh. Institute of Aquaculture University of Stirling Scotland, UK. PhD Thesis. 320 p.
- APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, DC, 20th ed.
- Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Yi, Y. and Diana J.S. 2006. Bangladesh prawn-farming survey reports industry evolution. *Global Aquaculture Advocate*, 9: 41-43.
- Boyd, C. and Zimmermann, S. (2010). Grow-out Systems - Water Quality and Soil Management. *In: NEW, M.B., Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R. and Kutty, M.N. (Eds.). Freshwater prawns: biology and farming.* pp. 239-254. Wiley-Blackwell, Oxford, England.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2011. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2010/2011 (obtido via internet, <http://www.conab.gov.br/conabweb>).
- CONAMA. Resolução N° 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília DF, 18 Mar. 2005. Seção Resoluções, p.19.
- Costa-Pierce, B.A. 2010. Sustainable Ecological Aquaculture Systems: The Need for a New Social Contract for Aquaculture Development. *Marine Technology Society Journal*, 44 (3): 88-112.
- Duong, L.T. 2001. Rice-prawn culture in the Mekong Delta of Viet Nam. *In: FAO Fisheries Technical Paper n° 407, Integrated Agriculture-Aquaculture – A Primer.* FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), Roma. (obtido via internet, <http://www.fao.org/docrep/005/Y1187E/y1187e22.htm#z>).

- Frei, M. and Becker, K., 2005. A greenhouse experiment on growth and yield effects in integrated rice–fish culture. *Aquaculture*, 244: 119–128.
- Giap, D.H, Yi, Y. and Lin, C.K. 2005. Effects of different fertilization and feeding regimes on the production of integrated farming of rice and prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Aquaculture Research*, 36: 292-299.
- Golombieski, I.J., Marchezan, E., Monti, M.B. Storck, L., Rabaioli E. Camargo e Santos, F.M. 2005. Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. *Ciência Rural*, 35(6): 1263-1268.
- Hai, T.N., Hien, T.T.T., Tam, D.H, Toan V.T., Phuong, N. T. and Wider M.N. 2001. Culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in rice-fields using hatchery-reared postlarvae in Tam Binh district, Vinh Long province, Vietnam. In: *Proceedings of the 2001 annual workshop of JIRCASMekong Delta project*, pp. 159-166.
- Henares, M.N.P., Camargo, A. F. M. e Biúdes, J. F. 2011. Impacto da manutenção de reprodutores de *Macrobrachium rosenbergii* na qualidade da água. *Bol. Inst. Pesca*, 37(2): 183–190.
- Halwart, M. and Gupta, M.V. (2004) Culture of Fish in Rice Fields. FAO and World Fish Center.
- Hung, L.T. 2001. Rice-prawn and rice-shrimp culture in coastal areas of Viet Nam. In: FAO Fisheries Technical Paper n° 407, Integrated Agriculture-Aquaculture – A Primer. FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), Roma. (obtido via internet, <http://www.fao.org/docrep/005/Y1187E/y1187e23.htm#aa>).
- Keppeler, E.C., Valenti, W.C., 2006. Effects of selective harvest of the Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum* on pond water, sediment and effluent. *Acta Limnol. Bras*, 18 (2): 109–119.
- Kunda, M., Azim, M.E., Wahab, A.M., Dewan, S., Roos, N. and Thilsted, S.H. 2008. Potential of mixed culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and self-recruiting small species mola (*Amblypharyngodon mola*)

- in rotational rice–fish/prawn culture systems in Bangladesh. *Aquaculture Research*, 1-12.
- Kurup, B.M. and Ranjeet, K. 2002. Integration of freshwater prawn culture with rice farming in Kuttanad, India, *Naga World Fish Center Quarterly*, 25: 3 - 4.
- Lan, M.L., Long, D.N. and Micha, J.C. 2006. The effects of densities and feed types on the production of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in the rotational rice–prawn system. *Aquaculture Research*. 37: 1297-1304.
- Li, K., 1988. Rice–fish culture in China: a review. *Aquaculture*, 71, 173– 186.
- Mishra, A. and Mohanty, R.K. 2004. Productivity enhancement through rice–fish farming using a two-stage rainwater conservation technique. *Agricultural Water Management*, 67: 119–131
- Mohanty, R.K., Verma, H.N. and Brahmanand, P.S. 2004. Performance evaluation of rice–fish integration system in rainfed medium land ecosystem. *Aquaculture*, 230: 125–135.
- New, M.B. 2010. History and global status of freshwater prawn farming. In: NEW, M. B.; Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D’Abramo, L.R. and Kutty, M.N. (Eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford, England. 560 pp.
- Phuong, N.T., Hai, T.N., Hien, T.T.T., Bui, T.V., Huong, D.T.T.; Son, V.N., Morooka, Y., Fukuda, Y. and Wilder, M. 2006. Current status of freshwater prawn culture in Vietnam and the development and transfer of seedproduction technology. *Fisheries Science*, 72: 1–12.
- Rahul Amin, A.K.M. and Salauddin, M. 2008. Effect of Inclusion of Prawn and Mola on Water Quality and Rice Production in Prawn-Fish-Rice Culture System. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 8: 15-23.
- Ribeiro, P.M.E. 2001. Rizipiscicultura: lucro para o agricultor, ganho para o meio ambiente. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Dissertação de Mestrado. 190 p.

- Ra'Anan, Z. and Cohen, D. 1982. Production of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in Israel. Winter activities 1980/81. *Bamidgeh*, 34: 47-58.
- Sampaio, C.M.S. and Valenti, W.C. 1996. Growth curves for *Macrobrachium rosenbergii* in semi-intensive culture in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27: 353-358.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. 2000. Manual for Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. EPA/625/R-99/010, Cincinnati, 166p.
- Valenti, W.C. 2000. Aquaculture for sustainable development. In: Valenti, W.C.; Poli, C.R.; Pereira, J.A.; Borghetti, J.R. (eds.) *Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília, CNPq/MCT. p. 17-24.
- Valenti, W.C. 2002. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões-de-água-doce. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 12º, Goiânia, Anais... p. 99-106.
- Valenti, W.C. 2008. A aqüicultura Brasileira é sustentável? Palestra apresentada durante o IV Seminário Internacional de Aqüicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair 2008. Florianópolis, 13-15 de maio de 2008. p. 1-11.
- Wahab, M.A., Kunda, M., Azim, M.E., Dewan, S. and Thilsted, S.H., 2008. Evaluation of freshwater prawn-small fish culture concurrently with rice in Bangladesh. *Aquaculture Research*, 39: 1524-1532.
- Wander, A.E. 2006. A competitividade do agronegócio brasileiro de arroz. Custos e @gronegócio on line, v 2, n. 1, p. 2-15 Disponível em: www.custoseagronegocioonline.com.br.
- Williams, D., Reshad A. and Francisco N. 2004. Integrated rice/fish/prawn system in Bangladesh. Paper presented at the international Conference on "Sustainable Aquatic Resources are more than Managing Fish" The Ecosystem Approach in Inland Fisheries and Role of intra-country linkages. Penang, Malaysia, January 12-16, 2004 . (obtido em: <http://www.gnaec.org/pdf>).

Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Zimmermann, S., Nair, C.M. and New, M.B. 2010. Grow-out systems - Polyculture and integrated culture. In: New, M.B., Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R. and Kutty, M.N. (Eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford, England. p. 195-217.

CAPÍTULO 3

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO SISTEMA DE
PRODUÇÃO INTEGRADA CAMARÃO-DA-MALÁSIA
(*Macrobrachium rosenbergii*)
E ARROZ (*Oryza sativa*).**

Resumo

Foram realizadas análises de custo-retorno, fluxo de caixa e cálculo de indicadores de viabilidade financeira de sistemas simulados de produção integrada de arroz e camarões de água doce da espécie *Macrobrachium rosenbergii* (rizicarcinicultura). Inicialmente, estudou-se a implantação da rizicarcinicultura em riziculturas previamente instaladas, considerando a estocagem de 2 e 5 camarões m^{-2} . A análise do balanço parcial mostrou que a densidade de 2 camarões m^{-2} gera lucro de R\$ 502,36 ha^{-1} ao ano, com taxa interna de retorno de 6,4 % ao ano e relação benefício/custo de R\$2,46 para cada R\$1,00 investido. Como a densidade de 5 camarões m^{-2} não foi lucrativa, comparou-se o desempenho econômico do monocultivo do arroz (R) com a rizicarcinicultura (RC), estocando-se 2 camarões m^{-2} . Os custos totais de produção foram de R\$ 3.625,56 (R) e de R\$ 7.341,68 (RC) e as receitas brutas obtidas foram de R\$ 3.203,40 e R\$ 7.421,88 para R e RC, respectivamente. Portanto, o monocultivo do arroz mostrou-se deficitário, necessitando de subsídios governamentais para manter o produtor na atividade, enquanto que a rizicarcinicultura cobriu o déficit para a produção do arroz e ainda produziu um lucro R\$ 80,20 por hectare por ciclo. A Taxa Interna de Retorno foi superior a 6,9 % e o Período de Retorno do Capital foi inferior a seis anos. Para viabilizar o monocultivo do arroz seria necessário um aumento de 30% no preço de venda ou na produtividade. Portanto, a rizicarcinicultura mostrou-se uma alternativa adequada para viabilizar a produção de arroz em pequenas propriedades, mesmo sem subsídios governamentais.

Abstract

Cost-benefit and cash flow analysis were performed, and economical feasibility indicators were determined for simulated integrated rice (*Oryza sativa*) - prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) systems. Initially, we studied the implementation of rice-prawn integrated system on a previously installed rice culture, at the stocking densities of 2 and 5 prawns m^{-2} . The partial budget analysis showed that 2 prawns m^{-2} stocking density generates a profit of R\$ 502.36 per year, with internal return rate of 6.4% per year, cost/benefit ratio of 2.46% and return on invested capital of 15.1 years. The 5 prawns m^{-2} stocking density was not profitable. Then, we compared the economic performance of rice monoculture (R) with rice-prawn (RP), at stocking density of 2 prawn m^{-2} . Total production costs were R\$ 3,625.56 (R) and R\$ 7,341.68 (RP) and gross revenue values were R\$ 3,203.40 and R\$7,421.88 for R and RP cultures, respectively. The economical study showed that the rice monoculture was not profitable, thus requiring government subsidies to keep the producer in activity. On the other hand, integrated rice-prawn system was able to cover the deficit of the rice production and still turn up a profit of R\$ 80.20 per hectare per cycle. The internal rate of return was higher than 6.9% and payback period was less than six years. In order to make rice monoculture profitable, either rice sale price or productivity should increase 30%. Therefore, the integrated rice-prawn system is an adequate alternative to make the rice production economically feasible on small farms without government subsidies.

1. Introdução

O camarão-da-Malásia, *M. rosenbergii*, é uma espécie amplamente cultivada em vários países. Técnicas de cultivo têm sido estudadas e desenvolvidas por todo o mundo (New e Valenti, 2000; Valenti e Tidwell, 2006; New, 2010), gerando avanços na tecnologia disponível aos produtores. No Brasil, *M. rosenbergii* é uma espécie exótica sendo, porém, a única utilizada atualmente em cultivos comerciais de camarões de água doce.

A criação integrada de camarões de água doce com arroz (*O. sativa*) é uma atividade que vem sendo realizada com sucesso na Ásia (Zimmermann e New, 2000; Valenti, 2002). Por se tratar de um sistema multiespacial, proporciona um melhor aproveitamento da água e do solo utilizados na rizicultura. Segundo Valenti (2002), tais sistemas otimizam o uso dos recursos naturais, das instalações e da mão de obra, ampliando a sustentabilidade ambiental e econômica dos empreendimentos e ainda permitindo a transformação de poluentes em biomassa de alto valor econômico. Além disto, existe a possibilidade de controle de pragas do arroz pelos camarões e da fertilização da cultura pela sua excreção e sobras de ração. Com isso, os gastos do agricultor com defensivos e fertilizantes podem vir a ser reduzidos. O sistema gera aumento da renda familiar dos rizicultores, com oportunidades de trabalho em pequenas propriedades rurais e comunidades locais. Todos esses fatores tendem a tornar a produção nesses sistemas mais sustentável do ponto de vista econômico, ambiental e social.

Atualmente, o Brasil encontra-se entre os dez maiores produtores mundiais de arroz, com produção destinada principalmente ao mercado interno (FAO, 2011). A safra 2009/2010 foi de 11.660,9 mil toneladas e em 2010/2011, poderá atingir uma produção de 13.613,1 mil toneladas, ou seja, 16,7% maior que a anterior (CONAB, 2011a). Nesse contexto, o presente estudo partiu da premissa que no Brasil existem extensas áreas destinadas ao monocultivo de arroz que, por meio de simples adaptações estruturais e de manejo, podem produzir um produto de alto valor de mercado como o *M. rosenbergii*, proporcionando uma fonte de renda extra aos produtores. Por isso, neste trabalho, foram estudadas as

estruturas de custos, as receitas, a liquidez e os indicadores de viabilidade financeira da implantação do sistema de rizicarcinicultura em estruturas pré-existentes de produção de arroz no sistema de monocultivo convencional.

A utilização da densidade adequada é benéfica comercialmente, pois a utilização das estruturas de cultivo, da água e dos recursos econômicos é maximizada (Fairchild e Howell, 2001). Por outro lado, baixas densidades acarretam subutilização das instalações e recursos de mão-de-obra, elevando os custos de produção. Fatores relacionados à densidade, tais como, alimentação, competição intra-específica e canibalismo influenciam o desempenho dos organismos de uma população e podem levar à redução da sobrevivência, crescimento e/ou reprodução de pelo menos alguns dos indivíduos competidores envolvidos (Begon *et al.*, 2007). Pesquisas indicam existir uma relação inversa entre a densidade e o desempenho de camarões de água doce (D'Abramo *et al.*, 1989, Valenti *et al.*, 1993, Sampaio e Valenti, 1996, Tidwell *et al.*, 1999, Moraes-Riodades, 2005, Moraes-Valenti *et al.* 2010).

Segundo Valenti (2000), a sustentabilidade da aquicultura está embasada em três pilares: a produção lucrativa, a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. Os três componentes são essenciais e indissociáveis para que se possa ter uma atividade perene. Assim, pode-se considerar que a análise de viabilidade econômica é uma ferramenta essencial para a inclusão de qualquer projeto de aquicultura dentro dos preceitos atuais de sustentabilidade.

As análises econômicas mais utilizadas em aquicultura são a análise de custo-retorno, a análise de fluxo de caixa e a análise financeira de viabilidade do investimento (Shang, 1990). A primeira avalia todos os custos de produção e as receitas, geralmente em base anual, considerando os preços correntes. A segunda mostra basicamente a liquidez do projeto, ou seja, o balanço positivo ou negativo do projeto ao longo do tempo. A terceira analisa a vida do projeto (horizonte), com desconto dos valores no tempo, mostrando a viabilidade do investimento. Os principais indicadores de rentabilidade financeira são o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), a Relação Benefício Custo (RBC) e o Período de Retorno do Capital (PRC) (Shang, 1990).

A realização de análises econômicas requer o estudo de fazendas de produção que apresentam as características que se pretende avaliar ou a realização de simulações. O estudo de fazendas reais é bastante complexo e impreciso porque dificilmente se encontram fazendas semelhantes, que variem apenas nas características de interesse. Além disso, geralmente é difícil obter dados reais dos proprietários. No caso da rizicarcinicultura, essa análise é impossível porque ainda não existe no Brasil nenhuma fazenda instalada operando nesse sistema. Assim, no presente estudo, optou-se pelo uso da simulação. Com base na análise econômica das duas densidades estudadas no Capítulo II, foi possível avaliar qual o sistema que proporciona menores custos operacionais e maior viabilidade econômica, elevando a rentabilidade do rizicultor que deseja implantar o sistema de rizicarcinicultura em sua propriedade.

Neste trabalho, o objetivo foi analisar, por simulação, os custos, a liquidez, a rentabilidade e os indicadores de viabilidade econômica da implantação do sistema de rizicarcinicultura com a espécie *M. rosenbergii* e em fazendas pré-existentes de cultivo do arroz *Oryza sativa*, cultivar IAC 106.

2. Material e Métodos

2.1. Planejamento da rizicarcinicultura e estratégia de produção

O modelo de estudo utilizado foi a rizicultura no nordeste do Estado de São Paulo. As características econômicas, edafoclimáticas e fundiárias observadas nessa região podem ser representativas do que ocorre com a rizicultura no restante do Estado. De acordo com essas características, considerou-se, hipoteticamente, propriedades rurais já implantadas e operando plenamente, com área de um hectare destinado à produção de arroz irrigado por inundação, em monocultivo. Foi estabelecido que cada fazenda hipotética apresenta dois tabuleiros de 0,5 ha cada, o que facilita o manejo pelo produtor. O abastecimento de água utilizada durante o cultivo é proveniente de nascentes localizadas em matas nativas remanescentes da propriedade, localizadas em cotas superiores à área de plantio, o que permite a irrigação por gravidade, sem a necessidade de bombeamento. Os taludes ou taipas dos tabuleiros têm altura média de 50 cm, permitindo uma profundidade mínima de 35 cm de lâmina d'água. Os tabuleiros

possuem entradas e saídas de água próprias, para possibilitar a regulação do nível d'água de forma independente, facilitando assim, os procedimentos de despesas escalonadas. Um filtro de brita construído no canal de abastecimento, anteriormente aos tabuleiros, tem a função de minimizar a entrada de animais aquáticos. Todas as saídas de água dos tabuleiros são dotadas de telas, para evitar a fuga dos camarões e a entrada de predadores aquáticos.

No Capítulo 2 desta Tese, verificou-se que houve influência da densidade de estocagem sobre a sobrevivência de *M. rosenbergii* e que o uso de dieta alóctone é dispensável. Por esse motivo, nas análises econômicas, optou-se por considerar apenas as densidades de 2 e 5 camarões m^{-2} , sem levar em conta a dieta. Dessa forma, os tratamentos utilizados neste capítulo foram: rizicultura com 2 camarões m^{-2} (RC2) e rizicultura com 5 camarões m^{-2} (RC5).

2.2. Análises realizadas

Foram realizadas análises de custo-retorno, fluxo de caixa e calculados indicadores de viabilidade financeira de acordo com Shang (1990) e Jolly e Clonts (1993). Foram consideradas as médias das variáveis de produção, obtidas experimentalmente (Capítulo 2) que são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros da produção da rizicultura (R) e rizicultura (RC) usados na análise econômica. RC2 = densidade de 2 camarões m^{-2} e RC5 = densidade de 5 camarões m^{-2} .

Parâmetro	RC2*	RC5**	R
Sobrevivência (%)	34	20	-
Peso médio (g)	23	21	-
Produtividade dos camarões ($kg\ ha^{-1}$)	151	220	-
Produtividade do arroz ($kg\ ha^{-1}$)	4.902	4.665	5.620

* Médias dos tratamentos 2SR e 2CR obtidos no experimento apresentado no cap. 2;

** Médias dos tratamentos 5SR e 5CR obtidos no experimento apresentado no cap. 2;

Os custos necessários para a implantação do sistema integrado de produção com *Macrobrachium rosenbergii* (rizicarcinicultura) foram determinados nas riziculturas hipotéticas, consideradas como previamente existentes e as receitas e despesas operacionais decorrentes dessa mudança, usando o método de análise do balanço parcial (Shang, 1990). Para isso, foram computadas as despesas e as receitas decorrentes da introdução dos camarões no sistema para configurar a rizicarcinicultura e não foram contabilizados os gastos e receitas referentes ao arroz. A seguir, usando a densidade que deu melhores resultados (2 camarões m⁻²), realizou-se uma comparação entre a rizicultura tradicional (R) e a rizicarcinicultura (RC), nesse caso, considerando todas as despesas operacionais e receitas com o arroz e os investimentos, despesas operacionais e receitas com os camarões; portanto, não foram computados os custos de implantação da rizicultura porque assumiu-se a pré-existência das fazendas de cultivo de arroz.

Para a implantação do sistema de rizicarcinicultura em uma infra-estrutura de monocultivo de arroz já existente, são escavados canais de despesca com 50 cm de profundidade, ocupando cerca de 17% da área total. O custo de escavação desses canais foi calculado com base no valor de construção por hectare de viveiros na região, mas levando-se em conta a menor profundidade (aproximadamente 50 cm). Além disso, faz-se necessária a aquisição de materiais e equipamentos que não são normalmente utilizados em monocultivos de arroz, tais como balança, termômetros de máxima e mínima, telas, rede de despesca, puçás, caixa plástica para o abate dos camarões e caixas de isopor, que podem variar de acordo com os sistemas de produção.

A implantação do sistema de rizicarcinicultura implica na aquisição de juvenis de camarões e no pagamento de mão-de-obra adicional, principalmente nas operações de povoamento e despesca. Há maior gasto com capinas manuais para evitar o uso de herbicidas que possam causar a mortalidade dos camarões. Para facilitar as atividades de limpeza dos tabuleiros e dos canais de irrigação, considerou-se ainda, a aquisição de uma roçadeira costal à gasolina. A presença dos camarões também impossibilita a utilização de inseticidas e fungicidas.

As despesas com mão-de-obra eventual representam grande parte dos custos operacionais do sistema, podendo variar de acordo com os salários pagos na região do projeto e com o rendimento dos trabalhadores contratados. No caso

de pequenas propriedades, como as consideradas no presente estudo, um empregado fixo teria algum tempo disponível diariamente e nesta simulação, considerou-se que esse poderia auxiliar o proprietário na maioria das atividades de rotina relacionadas aos camarões. A remuneração do proprietário, por sua vez, será o lucro obtido com a renda extra produzida pela venda dos camarões ao final do ciclo.

2.3 Operações de manejo

A variedade de arroz considerada foi a IAC 106, devido ao seu porte e ciclo adequados à rizicultura; o preço médio das sementes é de R\$ 1,25 kg⁻¹. A fim de promover a sua pré-germinação, as sementes destinadas ao plantio são umedecidas e acondicionadas em sacos de algodão durante três dias, antes de serem plantadas no canteiro de mudas. A terra utilizada nesses canteiros deve ser peneirada, sendo o pH corrigido com calcário (650 kg ha⁻¹) e, posteriormente, fertilizada com adubo NPK na formulação 8-28-16, na proporção de 600 kg ha⁻¹. Após este procedimento, as sementes pré-germinadas são plantadas no canteiro. As plântulas de arroz são então irrigadas continuamente até atingirem o porte adequado para o transplante para os tabuleiros.

Para o preparo do solo dos tabuleiros, aplica-se 1t ha⁻¹ de calcário e, com o solo umedecido, realiza-se uma adubação de plantio com NPK 8-28-16, na proporção de 360 kg ha⁻¹. O transplante das mudas é realizado manualmente e em linha, com espaçamento de 10 cm entre mudas por 20 cm entre linhas. Ressalta-se que o sistema de plantio de mudas em linhas, apesar de implicar em maiores gastos com mão-de-obra, apresenta maiores produtividades devido a uma menor perda de plantas em relação ao plantio de sementes pré-germinadas. Esse sistema de plantio também facilita a coleta dos camarões nas entrelinhas durante a despesca. Quinze dias após o transplante, realiza-se uma adubação nitrogenada de cobertura com uréia, na proporção de 65 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Essa operação é repetida quinze dias depois, para que as plantas atinjam uma altura mínima de 40 cm e a lâmina d'água nos tabuleiros possa ser mantida a 25 cm de altura na ocasião do povoamento com os camarões.

Os juvenis de *M. rosenbergii* com aproximadamente 45 dias após a metamorfose, são adquiridos a um preço de R\$ 95,00 o milheiro, de um laboratório comercial de larvicultura, localizado no Município de Piedade, SP, distante cerca de 300 km da propriedade e são transportadas até o local do empreendimento em sacos plásticos. Após um período de aclimação à água de cultivo por aproximadamente 30 minutos, os animais são liberados nos tabuleiros de arroz. Diariamente, durante todo o cultivo, as temperaturas máximas e mínimas devem ser verificadas por meio de termômetros adequados, posicionados nos canais de despesca de cada tabuleiro. Caso a temperatura máxima da água fique muito elevada por períodos prolongados, deve-se aumentar a vazão como medida emergencial para diminuir a temperatura.

Neste estudo, a despesca dos camarões foi realizada após 122 dias de cultivo, mas o ideal é obedecer à data limite da última semana de março para essa região. Assim, reduz-se o risco de mortalidade maciça de camarões devido às quedas bruscas de temperatura. Os tabuleiros são esvaziados completamente e a maior parte dos camarões é coletada nos canais de despesca, com uma rede de malha de 8 mm, colocada previamente nesses canais. Parte dos camarões que não consegue chegar aos canais de despesca é recolhida nas entrelinhas do arroz com puçás. Os camarões são então lavados com água limpa, desinfetados com cloro (1 ppm), abatidos em gelo fundente em uma caixa d'água de poliuretano e armazenados em caixas de isopor com gelo até serem vendidos em um prazo máximo de um dia. Para a área considerada, as operações de despesca, abate e pré-processamento dos camarões duram quatro dias. Essas atividades são realizadas pelo proprietário e pelo empregado fixo, com o auxílio de quatro diaristas, pagos de acordo com o valor de R\$ 2,56 a hora-homem (valor informado pelo sindicato rural de São José do Rio Pardo).

A estratégia de comercialização do camarão consiste na venda ao consumidor final, diretamente na propriedade. Essa estratégia é bastante viável para pequenas produções e pode proporcionar bons lucros ao produtor, evitando intermediários. O preço de venda de um kg de camarão (peso médio 20 g) resfriado em gelo e comercializado na propriedade, diretamente ao consumidor final, foi estabelecido em R\$ 28,00 kg⁻¹. Esse preço foi estipulado, levando-se em conta os preços médios para espécie *M. rosenbergii*, com pesos médios de 20 a

25 g, praticados nos meses de novembro de 2010 a agosto de 2011, pelos principais produtores desta espécie nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo.

A colheita do arroz é executada quando os grãos atingem o ponto correto de maturação. Na região nordeste de São Paulo, isso ocorreu em 110 dias após o transplante das mudas. Esse período também pode variar em função das condições climáticas, principalmente temperatura e fotoperíodo. A colheita e o pré-processamento do arroz em pequenas propriedades geralmente são feitos de forma manual. Neste estudo, para a realização dessas atividades, foram consideradas a contratação de mão-de-obra eventual (21 horas-homem) mais a dedicação integral de um empregado fixo e do proprietário por cinco dias.

No tratamento R (somente arroz), são descritos os custos de insumos, materiais e equipamentos utilizados na operação de um sistema convencional de produção de arroz irrigado por inundação em pequenas propriedades não mecanizadas, uma vez que se considerou na análise econômica que as instalações para a produção de arroz já estão implantadas. São consideradas as despesas da contratação de um empregado fixo durante seis meses, sendo esse funcionário responsável, juntamente com o proprietário, pela execução das principais atividades de rotina diária da rizicultura, como o manejo da irrigação, limpeza de canais, capina, além do auxílio nas operações que exigem maior número de pessoas para serem realizadas, como o plantio, adubação e colheita do arroz. Além da mão-de-obra fixa, também foram levantados os custos de contratação de mão-de-obra eventual, necessária principalmente nas operações de preparo da terra dos tabuleiros, adubação, plantio, capina e colheita do arroz. Visando simular um monocultivo de tradicional de arroz, foram contabilizados os custos de aquisição de herbicidas para o controle de plantas invasoras e a compra da roçadeira costal não foi considerada. A comercialização do arroz em casca é realizada para cooperativas e entrepostos comerciais existentes em um raio de 100 km da propriedade. O preço de venda da saca de 50 kg do arroz em casca do tipo 1, considerado neste trabalho, foi de R\$ 28,50, conforme cotação realizada no site da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (www.conab.gov.br) em outubro de 2011.

2.4. Análises econômicas

2.4.1. Análise do investimento inicial

O investimento inicial simulado para a implantação da rizicarcinicultura incluiu a aquisição de uma balança, rede para despesca e demais equipamentos necessários para o manejo e despesca dos camarões, os gastos com a escavação dos canais de despesca (17% da área dos tabuleiros), a aquisição de uma roçadeira costal à gasolina, utilizada nas operações de controle do mato nos canais de irrigação e nos tabuleiros antes do plantio, a construção de um filtro de brita, a confecção e instalação de telas nas comportas de saída dos tabuleiros e os gastos com o projeto técnico (5% do investimento inicial). O tratamento que simulou o monocultivo de arroz (R) foi considerado como já implantado e em plena operação, não sendo, portanto computados investimentos iniciais.

2.4.2. Análise de custos e retornos

Na avaliação dos custos e retornos em que se analisou a viabilidade de investimento para a instalação de rizicarcinicultura em propriedades produtoras de arroz, não foram incluídos os valores relativos ao cultivo do arroz. Desta forma, pode-se verificar a viabilidade econômica desses investimentos e pode-se comparar os tratamentos estudados (RC2 e RC5).

Após a seleção da densidade mais eficiente, foram realizadas novas análises de custos e retornos para o monocultivo de arroz (R) e para a rizicarcinicultura (RC), porém levando-se em conta também os gastos operacionais e receitas relativas ao arroz deste tratamento. Essa análise teve por objetivo verificar se a implantação do sistema integrado com os camarões teria a capacidade de gerar lucro, mesmo com o atual panorama econômico desfavorável. Como nesta análise foram consideradas riziculturas pré-existentes, os custos de implantação da rizicultura não foram contabilizados.

Foram consideradas duas estruturas de custo de produção nos sistemas estudados. Na primeira, descrita por Shang (1990), o custo total (CT) foi dividido em custo fixo e custo variável. O custo fixo (CF) é definido como aquele que não varia com a produção, incluindo os gastos com a mão-de-obra fixa, os custos de

oportunidade da terra, do capital e do empresário, a manutenção de equipamentos e benfeitorias, e a depreciação dos itens do investimento.

Estes itens foram calculados como:

- Mão-de-obra fixa: um trabalhador rural, com um salário mínimo (SM) mais 43% de encargos sociais (SM = R\$ 545,00; fevereiro/2011), contratado por meio período durante seis meses. Este item foi computado nos custos do arroz;
- Custos de oportunidade:
 - Terra: por se tratar de solo sujeito a encharcamento, não é possível o arrendamento para outra cultura que não seja o arroz, portanto, o custo de oportunidade é zero;
 - Capital fixo: remuneração de 6,9% ao ano (correspondendo aos juros da poupança) sobre o valor do capital médio investido;
 - Empresário: foi considerado zero, sendo o lucro obtido ao final do ciclo de produção a remuneração recebida pelo empresário;
- Manutenção: manutenção de equipamentos e benfeitorias (2% do valor de compra ao ano);
- Depreciação: depreciação dos itens do investimento, calculado pelo método linear, de acordo com a vida útil de cada item;

O custo variável (CV) compreende todos os custos que são influenciados pela produção. Foram considerados como custos variáveis: os insumos (sementes de arroz e fertilizantes), a mão-de-obra eventual, a contribuição previdenciária rural (2,85% a.a. da receita bruta) e os juros (6,9 % a.a sobre a metade do capital circulante, que corresponde ao custo variável somado à mão-de-obra fixa e manutenção de equipamentos e benfeitorias). As receitas brutas (RB) foram calculadas, considerando-se a produção anual e o preço de venda dos camarões ou do arroz, conforme o respectivo tratamento. Da mesma forma, os lucros foram calculados separadamente para cada um dos tratamentos, considerando-se a RB menos o CT.

Na segunda estrutura de análise de custo, descrita por Matsunaga *et al.* (1976) e Martins e Borba (2006), foi definido o custo operacional efetivo (COE) e o

custo operacional total (COT). São considerados COE os gastos com insumos, mão-de-obra fixa e eventual, manutenção de equipamentos e benfeitorias, despesas com máquinas, impostos, embalagens, energia elétrica e telefone. O COT inclui o COE mais a depreciação. Este tipo de custo considera o que realmente é gasto em dinheiro com a produção, e não remunera todos os fatores de produção, como os custos oportunidade, sendo, portanto, um bom indicador apenas para análises de curto prazo (Scorvo Filho *et al.*, 2004). A receita líquida foi calculada considerando a RB menos o COT.

2.4.3. Análise do fluxo de caixa e dos indicadores financeiros

O fluxo líquido de caixa foi calculado pela diferença entre as entradas e as saídas em um horizonte de 20 anos. Nas entradas, foram considerados a receita bruta e o capital de giro. Nas saídas foram incluídos, no momento zero do fluxo de caixa, o investimento inicial e o capital de giro e, ao longo do horizonte do projeto, as despesas operacionais e os reinvestimentos periódicos de equipamentos e materiais com vida útil inferior a 20 anos. Nas despesas operacionais, foram considerados somente os gastos operacionais em dinheiro, excluindo, portanto, os juros sobre o capital investido e circulante, o arrendamento de terra, a depreciação e a remuneração do empresário.

Os indicadores de viabilidade considerados foram: o valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), período de retorno do capital (PRC) e relação benefício/custo (RBC). Estes foram calculados de acordo com Jolly e Clonts (1993), considerando um horizonte do projeto de 20 anos e uma taxa de desconto de 6,9% ao ano, segundo as equações:

- Valor Presente Líquido (VPL):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FLC_t}{(1+i)^t} - FLC_0$$

- Taxa Interna de Retorno (TIR):

$$\sum_{t=1}^n \frac{FLC_t}{(1+TIR)^t} - FLC_0 = 0$$

- Período de Retorno do Capital (PRC):

$$\sum_{t=0}^n FLC_t = 0$$

- Relação Benefício-Custo (RBC):

$$RBC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FLC_t}{(1+i)^t}}{FLC_0}$$

Sendo que:

FLC = fluxo líquido de caixa;

FLC₀ = fluxo líquido de caixa no momento zero (inclui o investimento inicial
+ capital de giro);

i = taxa de desconto;

n = número de anos em operação (0, 1, 2,...n);

t = ano.

A taxa de atratividade foi considerada como 6,9% ao ano, que corresponde ao valor da remuneração da poupança. Este é o investimento alternativo que o produtor teria para usar o seu dinheiro, se decidisse não investir na carcinicultura.

2.4.4. Análise de sensibilidade

Análises de sensibilidade foram realizadas para compreender como o empreendimento irá se comportar quando houver mudanças no cenário econômico e/ou nos parâmetros de produção. Essa análise foi realizada apenas para a rizicarcinicultura (Tratamento RC, rizicarcinicultura com 2 camarões por m²). Os cenários foram definidos com base na variação do fator que apresenta o maior impacto nos custos da rizicarcinicultura do camarão-da-malásia, ou seja, o custo do milheiro de juvenis de *M. rosenbergii*, de daqueles fatores que interferem diretamente na receita bruta: a produção e o preço de venda dos camarões. As análises foram comparadas com o cenário base, a partir da TIR, do VPL, do PRC e da RBC.

Desta forma, as análises de sensibilidade realizadas foram:

- Variação de 10% e 20%, para mais e para menos, do custo de milheiros de juvenis/ano (valor base: R\$95,00 o milheiros/ano);
- Variação de 10% e 20%, para mais e para menos, na quantidade de camarões produzidos/ano (valor base: 183 kg ha⁻¹);
- Variação de 10% e 20%, para mais e para menos, no preço de venda de camarões produzidos (valor base: R\$ 28,00/kg).

Devido às frequentes oscilações dos preços do arroz, foi realizada uma análise de sensibilidade sobre o preço de venda da saca de 50 kg do arroz tipo 1 em casca, visando-se verificar, nas condições deste estudo, qual o valor que viabiliza economicamente essa atividade. Também foram realizadas análises semelhantes para as variações de produtividades do arroz que podem ocorrer em função das condições climáticas e ataque de doenças e pragas que podem ocorrer a cada ano. Foram ainda realizadas análises de sensibilidade, simulando-se crescentes taxas de sobrevivências de *M. rosenbergii*, com o objetivo de verificar qual a sobrevivência mínima necessária para se viabilizar o sistema, mantendo-se o atual valor pago pela saca de 50 kg de arroz (R\$ 28,50).

3. Resultados

Para as simulações de implantação dos sistemas de rizicarcinicultura (tratamentos RC2 e RC5), o investimento inicial não variou, sendo de R\$ 4.487,21 ha⁻¹ (Tabela 2). Os itens que mais contribuíram para esses custos foram a escavação dos canais de despesca (48%), a aquisição de uma roçadeira costal à gasolina (11%), de uma balança para a pesagem dos camarões (10%), de uma rede de despesca (6%) e o custo do projeto (5%). Todos os demais investimentos apresentaram participações inferiores a 5%.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas dos custos variáveis para os tratamentos RC2 e RC5, sendo que nesse levantamento, não foram contabilizados os custos do arroz. Os principais gastos foram referentes à aquisição de juvenis, o que correspondeu a 68 e 79% para os tratamentos RC2 e RC5, respectivamente. Os gastos com mão-de-obra eventual também foram altos, principalmente na atividade de despesca, correspondendo a 10 e 5%, para os

tratamentos RC2 e RC5, respectivamente. O Custo Variável Total (CVT) do Tratamento RC5 (R\$ 5.997,66) foi praticamente o dobro do obtido para o Tratamento RC2 (R\$ 2.805,94).

Tabela 2 - Investimentos para a implantação e porcentagem de participação dos itens referentes aos tratamentos RC2 (densidade de 2 camarões m⁻²) e RC5 (densidade de 5 camarões m⁻²) a partir de monocultivos de arroz já estabelecidos. Valores em reais (R\$). Os valores apresentados correspondem somente aos referentes à implantação do sistema de rizicarcinicultura, não sendo considerados os do arroz.

Itens	RC2 e RC5	
	R\$	%
Roçadeira costal à gasolina	499,00	11,1
Balança 25 Kg	462,33	10,3
Rede despesca 8 mm	266,75	5,9
Puçá malha 5 mm	145,83	3,2
Caixas vazadas de polipropileno	44,00	1,0
Caixas plástica 500 L	116,53	2,6
Baldes 10L	4,00	0,1
Baldes 20L	14,50	0,3
Termômetros de máxima e mínima	200,00	4,5
Caixas de isopor 100L	95,67	2,1
Caixas de isopor 50L	87,88	2,0
Diversos	15,04	0,3
Canais de despesca	2.142,00	47,7
Filtro (entrada)	120,00	2,7
Comportas com tela	60,00	1,3
Custo do projeto	213,68	4,8
TOTAL	4.487,21	100,0

Tabela 3 – Custos Variáveis Totais e participação dos itens para os tratamentos RC2 (densidade de 2 camarões m⁻²) e RC5 (densidade de 5 camarões m⁻²). Valores em reais (R\$). Os valores apresentados correspondem somente aos referentes à operação do sistema de rizicultura, não sendo considerados os do arroz.

Itens	RC2		RC5	
	R\$	%	R\$	%
1. Insumos e materiais				
Juvenis	1.900,00	67,7	4.750,00	79,2
Gelo (kg)	150,66	5,4	200,05	3,3
Cloro (kg)	0,45	0,0	0,60	0,0
Combustível (L)	42,50	1,5	42,50	0,7
Embalagens plásticas (camarões)	4,52	0,2	6,00	0,1
2. Mão-de-obra eventual				
Despesa	277,33	9,9	277,33	4,6
Pré-processamento	86,19	3,1	86,19	1,4
3. CESSR (2,7% sobre vendas)	113,90	4,1	151,24	2,5
4. Despesas gerais (5% demais Custos variáveis)	128,78	4,6	275,70	4,6
5. Juros sobre capital circulante (6,9% a.a.)	101,61	3,6	208,06	3,5
CUSTO VARIÁVEL TOTAL	2.805,94	100,00	5.997,66	100,00

A análise dos custos de produção é apresentada na Tabela 4. O Custo Total de Produção obtido para o tratamento RC2 foi de R\$ 3.716,12, correspondendo a praticamente a metade do valor calculado para o Tratamento RC5, que foi de R\$ 6.907,84; os Custos Totais Médios referentes à produção do camarão foram de R\$ 18,62 e R\$ 29,98 kg⁻¹, respectivamente. O Lucro foi positivo apenas no tratamento RC2 (R\$ 502,36), uma vez que o Custo Total de produção (CT) do tratamento RC5 foi inferior à respectiva Receita Bruta (RB).

Na Tabela 5 são apresentados os Custos Operacionais Efetivos, os Custos Operacionais Totais e os Retornos da produção de camarões. Os COE foram de R\$ 2.945,33 para o Tratamento RC2 e de R\$ 6.030,61 para o RC5. O COT do tratamento RC2 foi menor que o do RC5, correspondendo a R\$ 3.397,58. Para o tratamento RC2, o COT foi de R\$ 3.459,70 e para o RC5 foi de R\$ 6.544,97. Também, neste caso, o lucro foi positivo somente para o tratamento RC2 (R\$ 758,78).

Tabela 4 - Custos e retornos anuais para os tratamentos RC2 (densidade de 2 camarões m⁻²) e RC5 (densidade de 5 camarões m⁻²). Os custos e retornos correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizicultura, não sendo considerados os custos com o cultivo do arroz.

Itens	RC2	RC5
A. Custos		
Custo Variável Total	2.805,94	5.997,66
Custo Fixo Total	910,18	910,18
Custo Total de Produção (CT)	3.716,12	6.907,84
Custo Variável Médio (R\$/kg)	18,62	29,98
Custo Fixo Médio (R\$/kg)	6,04	4,55
Custo Total Médio (R\$/kg)	24,67	34,53
B. Retornos		
Receita Bruta (RB)*	4.218,48	5.601,40
Lucro (RB – CT)*	502,36	-1.306,44

* Valores calculados com base no preço de venda do camarão: R\$ 28,00/kg.

Nota: Cálculos efetuados segundo metodologia descrita por Shang (1990).

Tabela 5 - Custos operacionais e retornos anuais para os tratamentos RC2 (densidade de 2 camarões m⁻²) e RC5 (densidade de 5 camarões m⁻²). Nos tratamentos RC2 e RC5 os custos e retornos correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizicultura, não sendo considerados os custos com o cultivo do arroz.

Itens	RC2	RC5
A. Custos		
Custo Operacional Efetivo (COE)	2.945,33	6.030,61
Depreciação anual	514,37	514,37
Custo Operacional Total (COT)	3.459,70	6.544,97
COE médio (R\$/kg)	19,55	30,15
COT médio (R\$/kg)	24,67	34,53
B. Retornos		
Receita Bruta (RB)*	4.218,48	5.601,40
Receita Líquida (RB - COT)*	758,78	-943,57

* Valores calculados com base no preço de venda do camarão: R\$ 28,00/kg.

Nota: Cálculos efetuados segundo metodologias descritas por Matsunaga *et al.* (1976) e Martins e Borba (2006).

Para o Tratamento RC2, o Fluxo Líquido Acumulado foi negativo apenas até o ano 7, quando passou a R\$ 370,35 (Tabela 6). No Tratamento RC5, o Fluxo Líquido Acumulado foi negativo por todo o horizonte do projeto (Tabela 7).

Tabela 6 – Fluxo de caixa do sistema de rizarcinicultura para o tratamento RC2. Valores em reais (R\$). FL (Fluxo Líquido); FLA (Fluxo Líquido Acumulado). Os valores correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizarcinicultura, não sendo considerados os custos com o cultivo do arroz.

Ano	Tratamento RC2						Valor Residual
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	
0	0,00	-4.487,21	-3.239,86	-7.727,07	-7.727,07	-7.727,07	0,00
1	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	-6.453,92	0,00
2	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	-5.180,77	0,00
3	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	-3.907,62	0,00
4	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	-2.634,47	0,00
5	4.218,48	-814,63	0,00	-3.759,96	458,52	-2.175,95	0,00
6	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	-902,80	0,00
7	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	370,35	0,00
8	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	1.643,50	0,00
9	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	2.916,65	0,00
10	4.218,48	-1.951,53	0,00	-4.896,86	-678,38	2.238,27	0,00
11	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	3.511,42	0,00
12	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	4.784,57	0,00
13	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	6.057,72	0,00
14	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	7.330,87	0,00
15	4.218,48	-814,63	0,00	-3.759,96	458,52	7.789,39	0,00
16	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	9.062,54	0,00
17	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	10.335,69	0,00
18	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	11.608,84	0,00
19	4.218,48	0,00	0,00	-2.945,33	1.273,15	12.881,99	0,00
20	5.379,48***	0,00	0,00	-4.896,86	-678,38	12.203,61	1.161,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = Investimentos + Despesas Operacionais + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Tabela 7 – Fluxo de caixa do sistema de rizarcinicultura para o tratamento RC5. Valores em reais (R\$). FL (Fluxo Líquido); FLA (Fluxo Líquido Acumulado). Os valores correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizarcinicultura, não sendo considerados os custos com o cultivo do arroz.

Ano	Tratamento RC5						
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	Valor Residual
0	0,00	-4.487,21	-6.633,67	-11.120,88	-11.120,88	-11.120,88	0,00
1	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-11.550,08	0,00
2	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-11.979,29	0,00
3	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-12.408,50	0,00
4	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-12.837,70	0,00
5	5.601,40	-814,63	0,00	-6.845,24	-1.243,84	-14.081,54	0,00
6	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-14.510,75	0,00
7	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-14.939,95	0,00
8	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-15.369,16	0,00
9	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-15.798,36	0,00
10	5.601,40	-1.951,53	0,00	-7.982,14	-2.380,74	-18.179,10	0,00
11	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-18.608,31	0,00
12	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-19.037,52	0,00
13	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-19.466,72	0,00
14	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-19.895,93	0,00
15	5.601,40	-814,63	0,00	-6.845,24	-1.243,84	-21.139,77	0,00
16	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-21.568,97	0,00
17	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-21.998,18	0,00
18	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-22.427,39	0,00
19	5.601,40	0,00	0,00	-6.030,61	-429,21	-22.856,59	0,00
20	6.762,40***	-1.951,53	0,00	-7.982,14	-6.204,46	-25.237,33	1.161,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = Investimentos + Despesas Operacionais + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Os indicadores de rentabilidade calculados para compreender o comportamento econômico da rizicarcinicultura na densidade de 2 camarões m^{-2} (Tratamento RC2) são apresentados na Tabela 8. A TIR foi superior a TMA e a taxa de desconto consideradas (6,9% ao ano); O VPL foi positivo (R\$ 4.834,86); a RBC foi de R\$ 2,80 ganhos por Real aplicado na produção e o PRC foi inferior a sete anos; Como o tratamento RC5 resultou em receita líquida negativa, não há sentido em calcular os indicadores para este tratamento.

Tabela 8 – Indicadores econômicos para os tratamentos RC2: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Indicadores	Tratamento
	RC2
TIR (%)	13,7
VPL (R\$)	4.834,86
RBC (R\$)	2,80
PRC (anos)	6,7

Os investimentos para a implantação da rizicarcinicultura (RC) são os mesmos para o tratamento RC2, apresentados na Tabela 2. Na Tabela 9, são apresentados os custos variáveis para os tratamentos R (somente arroz) e RC (rizicarcinicultura com densidade de 2 camarões m^{-2}). Os valores apresentados para o tratamento RC foram calculados levando-se em consideração os gastos e receitas do arroz produzido neste tratamento. Os principais custos variáveis para o tratamento R foram os insumos (61%) e mão-de-obra eventual (8%), sendo que este último item está relacionado, principalmente, às atividades de que devem ser realizadas rapidamente e, por isso, exigem o auxílio de diaristas. O número de horas-homem por hectare levantado para essas atividades foi: entaipamento - 8,3 (0,9%), capinas - 15,3 (2,1%), preparo da terra e adubação – 16,7 (1,7%), plantio – 13,9 (1,4%) e colheita do arroz - 20,8 (2,1%).

Tabela 9 – Custos Variáveis Totais (CVT) e participação dos itens para os tratamentos R (rizicultura) e RC (rizicarcinicultura com densidade de 2 camarões m⁻²). Valores em reais (R\$). Nos valores apresentados para o tratamento RC foram considerados os custos referentes ao cultivo do arroz.

Itens	R		RC	
	R\$	%	R\$	%
1. Insumos e materiais				
Ferramentas (enxadas, enxadões e foices)	360,00	14,5	360,00	7,0
Calcário e fertilizantes dos canteiros de mudas	69,30	2,8	69,30	1,3
Calcário dos tabuleiros	208,00	8,4	208,00	4,0
Fertilizantes dos tabuleiros	540,00	21,7	540,00	10,5
Sementes	200,00	8,0	200,00	3,9
Primeira adubação de cobertura - tabuleiros	121,50	4,9	121,50	2,4
Segunda adubação de cobertura - tabuleiros	121,50	4,9	121,50	2,4
Sacarias para armazenamento do arroz	121,80	4,9	121,80	2,4
Herbicidas	145,00	5,8	–	–
Juvenis	–	–	1.900,00	36,9
Gelo (kg)	–	–	150,66	2,9
Cloro (kg)	–	–	0,45	0,0
Combustível (L)	76,00	3,1	118,50	2,3
Embalagens plásticas (camarões)	–	–	4,52	0,1
2. Mão-de-obra eventual				
Capina pré-plantio	39,11	1,6	39,11	0,8
Entaipamento	21,33	0,9	21,33	0,4
Preparo da terra e adubação dos tabuleiros	42,67	1,7	42,67	0,8
Transplante das mudas para os tabuleiros	35,56	1,4	35,56	0,7
Capinas pós-plantio	12,80	0,5	12,80	0,2
Colheita do arroz	53,33	2,1	53,33	1,0
Despesa	–	–	277,33	5,4
Pré-processamento	–	–	86,19	1,7
3. CESSR (2,7% sobre vendas)	86,49	3,5	200,39	3,9
4. Despesas gerais (5% demais Custos variáveis)	112,72	4,5	241,50	4,7
5. Juros sobre capital circulante (6,9% a.a.)	120,41	4,8	222,02	4,3
CUSTO VARIÁVEL TOTAL	2.487,52	100,0	5.148,46	100,00

O Custo Total Variável do tratamento RC foi mais do que o dobro do calculado para o tratamento R (Tabela 10). O mesmo foi verificado para o Custo total Fixo e Custo Total de Produção. Como o Custo Total de Produção do tratamento C é menor do que a Receita Bruta produzida, o valor correspondente ao lucro desse tratamento é negativo. A receita bruta gerada pela venda dos camarões no tratamento RC, cobriu o prejuízo do arroz e produziu um lucro de R\$ 80,20. Os COE e COT foram maiores para o tratamento RC em relação ao tratamento R (Tabela 11). Entretanto, devido à maior Receita Bruta do tratamento RC, a sua Receita Líquida foi positiva. O fluxo de caixa acumulado foi negativo durante todo o horizonte do projeto para o tratamento R (Tabela 12). Já para o tratamento RC, o fluxo líquido acumulado se torna positivo a partir do ano 16 (Tabela 13).

Tabela 10 - Custos e Retornos anuais para os sistemas de monocultivo de arroz (C) e para o tratamento referente ao sistema de rizicarcinicultura (RC). Valores em Reais (R\$). No tratamento RC foram considerados os custos e retornos relativos ao arroz. Preço de venda da saca de 50 kg de arroz: R\$ 28,50; Preço de venda do camarão: R\$ 28,00 kg⁻¹.

Itens	R	RC
A. Custos		
Custo Total Variável	2.487,52	5.148,46
Custo Total Fixo	1.138,04	2.048,21
Custo Total de Produção (CT)	3.625,56	7.341,68
B. Retornos		
Receita Bruta (RB)	3.203,40	7.421,88
Lucro (RB – CT)	-422,16	80,20

* Valores calculados com base no preço de venda do camarão: R\$ 28,00/kg e saca de 50 kg de arroz: R\$ 28,50
Nota: Cálculos efetuados segundo metodologia descrita por Shang (1990).

Tabela 11 - Custos operacionais e retornos anuais dos sistemas de monocultivo de arroz (R) e do tratamento referente ao sistema de rizicarcinicultura (RC). Valores em Reais (R\$). No tratamento RC, foram considerados os custos com o cultivo do arroz.

Itens	R	RC
A. Custos		
Custo Operacional Efetivo (COE)	3.490,15	6.435,48
Depreciação anual	15,00	529,37
Custo Operacional Total (COT)	3.505,15	6.964,84
B. Retornos		
Receita Bruta (RB)	3.203,40	7.421,88
Receita Líquida (RB – COT)	-301,75	457,04

* Valores calculados com base no preço de venda do camarão: R\$ 28,00/kg e saca de 50 kg de arroz: R\$ 28,50;
Nota: Cálculos efetuados segundo metodologias descritas por Matsunaga *et al.* (1976) e Martins e Borba (2006).

Tabela 12 – Fluxo de caixa do sistema de rizicultura (Tratamento R). Valores em reais (R\$). FL (Fluxo Líquido); FLA (Fluxo Líquido Acumulado). Os valores correspondem aos custos e receitas da operação de um sistema de monocultivo de arroz pré-existente.

Ano	Tratamento R						
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	Valor Residual
0	0,00	0,00	-3.839,16	-3.839,16	-3.839,16	-3.839,16	0,00
1	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-4.125,92	0,00
2	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-4.412,66	0,00
3	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-4.699,41	0,00
4	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-4.986,16	0,00
5	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-5.272,90	0,00
6	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-5.559,65	0,00
7	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-5.846,40	0,00
8	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-6.133,14	0,00
9	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-6.419,89	0,00
10	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,76	-6.706,64	0,00
11	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-6.993,39	0,00
12	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-7.280,14	0,00
13	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-7.566,88	0,00
14	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-7.853,63	0,00
15	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-8.140,38	0,00
16	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-8.427,12	0,00
17	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-8.713,87	0,00
18	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-9.000,62	0,00
19	3.203,40	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-9.287,36	0,00
20	3.203,40***	0,00	0,00	-3.490,15	-286,75	-9.574,11	0,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = Investimentos + Despesas Operacionais + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Tabela 13 – Fluxo de caixa do sistema de rizicarcinicultura para o tratamento RC. Valores em reais (R\$). FL (Fluxo Líquido); FLA (Fluxo Líquido Acumulado). Os valores correspondem aos custos da implantação e operação do sistema de rizicarcinicultura, sendo considerados os custos e receitas referentes ao cultivo do arroz deste tratamento.

Ano	Tratamento RC						
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	Residual
0	0,00	-4.487,21	-7.079,02	-11.566,24	-11.566,24	-11.566,24	0,00
1	7.421,88			-6.435,48	986,4	-10.579,84	0,00
2	7.421,88			-6.435,48	986,4	-9.593,43	0,00
3	7.421,88			-6.435,48	1.273,15	-8.320,28	0,00
4	7.421,88			-6.435,48	986,4	-7.333,88	0,00
5	7.421,88	-814,63		-7.250,11	171,77	-7.162,11	0,00
6	7.421,88			-6.435,48	986,4	-6.175,70	0,00
7	7.421,88			-6.435,48	986,4	-5.189,30	0,00
8	7.421,88			-6.435,48	986,4	-4.202,90	0,00
9	7.421,88			-6.435,48	986,4	-3.216,49	0,00
10	7.421,88	-1.951,53		-8.387,01	-965,14	-4.181,63	0,00
11	7.421,88			-6.435,48	986,4	-3.195,23	0,00
12	7.421,88			-6.435,48	986,4	-2.208,82	0,00
13	7.421,88			-6.435,48	986,4	-1.222,42	0,00
14	7.421,88			-6.435,48	986,4	-236,02	0,00
15	7.421,88	-814,63		-7.250,11	171,77	-64,24	0,00
16	7.421,88			-6.435,48	986,4	922,16	0,00
17	7.421,88			-6.435,48	986,4	1.908,56	0,00
18	7.421,88			-6.435,48	986,4	2.894,97	0,00
19	7.421,88			-6.435,48	986,4	3.881,37	0,00
20	8.582,88***	-1.951,53		-8.387,01	195,87	4.077,24	1.161,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = COE + Investimento + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Como o tratamento R resultou em receita líquida negativa, não há sentido em calcular os indicadores para este tratamento; Para o tratamento RC, a TIR (6,4%) foi próxima da TMA e da Taxa de desconto estipuladas (6,9%), a RBC foi superior a R\$1,00 e o PRC obtido ficou dentro o horizonte do projeto (15,1 anos).

Tabela 14 – Indicadores econômicos para o tratamento RC: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Indicadores	Tratamento RC
TIR (%)	6,4
VPL (R\$)	-514,61
RBC (R\$)	2,46
PRC (anos)	15,1

Nas Tabelas 15, 16 e 17, são apresentados os diferentes cenários positivos e negativos, criados para avaliar a sensibilidade do tratamento RC (rizicarcinicultura com 2 camarões m⁻²) às variações de produção e de mercado. Entre todos os cenários simulados, a TIR foi superior a 6,9% ao ano, para as variações de 10 e 20% abaixo do custo de aquisição do milheiro de juvenis de *M. rosenbergii* e nas variações de 10 e 20% acima do valor base para produtividade e preço de venda de *M. rosenbergii*. O VPL foi positivo para as mesmas variações acima descritas (10 e 20% abaixo do custo do milheiro de juvenis e 10 e 20% acima do valor base para produtividade e preço de venda). O PRC foi inferior aos sete anos estipulados como satisfatórios, apenas para as variações de 20% acima do valor base para os parâmetros produtividade e preço de venda dos camarões.

Tabela 15 – Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Capital (PRC) e Relação Benefício Custo (RBC) para o tratamento RC (2 camarões m⁻²), de acordo com a variação de 10% e 20% acima e abaixo **do custo do milheiro de juvenis de *M. rosenbergii***. Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Variação	Indicadores			
	TIR	VPL	RBC	PRC
20% acima	2,4	-5.098,01	1,54	19,4
10% acima	4,4	-2.806,31	2,00	19,0
Cenário-base	6,4	-514,61	2,46	15,1
10% abaixo	8,5	1.777,09	2,92	11,7
20% abaixo	10,7	4.068,80	3,39	8,4

Tabela 16 – Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Capital (PRC) e Relação Benefício Custo (RBC) para o tratamento RC (2 camarões m⁻²), de acordo com a variação de 10% e 20% acima e abaixo **da produtividade de *M. rosenbergii***. Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Variação	Indicadores			
	TIR	VPL	RBC	PRC
20% acima	13,8	7.843,22	4,34	6,9
10% acima	10,4	3.963,74	3,47	8,8
Cenário-base	6,4	-514,61	2,46	15,1
10% abaixo	2,6	-4.693,52	1,52	19,4
20% abaixo	-1,3	-8.872,43	0,59	–

Tabela 17 – Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Capital (PRC) e Relação Benefício Custo (RBC) para o tratamento RC (2 camarões m⁻²), de acordo com a variação de 10% e 20% acima e abaixo **do preço de venda de *M. rosenbergii***. Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Variação	Indicadores			
	TIR	VPL	RBC	PRC
20% acima	14,1	8.218,65	4,42	6,7
10% acima	10,3	3.852,02	3,44	8,7
Cenário-base	6,4	-514,61	2,46	15,1
10% abaixo	2,4	-4.881,24	1,49	19,4
20% abaixo	-1,7	-9.247,87	0,51	–

Nas Tabelas 18, 19 e 20, são apresentados os indicadores econômicos calculados para as simulações de prováveis cenários de aumento no preço de venda da saca de 50 kg de arroz, produtividades do arroz e taxas de sobrevivências de *M. rosenbergii*. De acordo com os critérios estabelecidos (TIR superior a 6,9%; VPL > 0; RBC > 1 e PRC < 7,0 anos), pode-se verificar que, nas condições do presente estudo, a implantação do sistema de rizicarcinicultura utilizando-se 2 camarões por m², o empreendimento se torna viável a partir do cenário de aumento de 30% no preço de venda da saca, de 30% de aumento na produtividade do arroz ou de 40% de taxa de sobrevivências de *M. rosenbergii*.

Tabela 18 – Indicadores econômicos para o tratamento R em cenários hipotéticos com diferentes **preços de venda da saca de 50 kg de arroz**: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Variação	Indicadores			
	TIR	VPL	RBC	PRC
35% acima	20,72	5715,77	2,48	4,8
30% acima	16,72	4057,82	2,05	6,0
20% acima	8,70	741,92	1,19	11,5
10% acima	0,64	-2573,99	0,33	19,9
Cenário-base	–	-5.889,89	-0,53	–

Tabela 19 – Indicadores econômicos para o tratamento R em cenários hipotéticos com diferentes **produtividades do arroz**: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Variação	Indicadores			
	TIR	VPL	RBC	PRC
35% acima	20,72	5.715,77	2,48	4,8
30% acima	16,72	4.057,82	2,05	6,0
20% acima	8,70	741,92	1,19	11,5
10% acima	0,64	-2.573,99	0,33	19,9
Cenário-base	–	-5.889,89	-0,53	–

Tabela 20 – Indicadores econômicos para o tratamento RC em cenários hipotéticos com diferentes **taxas de sobrevivências de *M. rosenbergii***: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em horizonte de 20 anos. Valores em reais (R\$).

Variação	Indicadores			
	TIR	VPL	RBC	PRC
50%	22,79	18735,71	6,78	4,2
40%	12,63	6587,70	4,06	6,5
30%	1,52	-5859,73	1,26	19,7
20%	–	-5889,89	-0,53	–
10%	–	-28854,8	-3,90	–

4. Discussão

Os resultados indicam que a implantação da rizicarcinicultura com o uso de 2 camarões m^{-2} é viável economicamente e pode compensar os baixos preços do arroz. Por outro lado, o uso de densidades mais altas de camarões não parece vantajoso devido à redução na sobrevivência dos camarões, pois o aumento na produção não gera receita suficiente para compensar o aumento de custos com os juvenis.

Na análise do orçamento parcial, o item que mais pesou nos custos variáveis foi a aquisição de juvenis, que representou percentuais de 67,7% para o tratamento RC2 e de 79,2%, para o RC5, contribuindo assim, para que o tratamento de menor densidade fosse mais viável. Assim, Custo Operacional Efetivo médio (COE médio) do tratamento RC2 (R\$ 19,55) foi menor que o RC5 (R\$ 30,15). Segundo Scorvo Filho *et al.* (2004), o COE médio cobre as despesas operacionais, ou seja, corresponde ao valor mínimo que o produtor pode vender seu produto para cobrir os desembolsos. O COE médio do tratamento RC2 foi menor do que o preço de venda estipulado para o quilo do camarão com peso médio de 20 g (R\$ 28,00), cobrindo assim, todos os custos operacionais e gerando R\$ 10,15 de receita por quilo de camarão vendido. O Custo Total Médio (CTM), também conhecido como preço de nivelamento ou “break-even price” representa o preço mínimo necessário, por kg produzido, para cobrir todos os custos de produção (Shang, 1990). O CTM obtido para o tratamento RC2 (R\$ 24,67) foi quase R\$ 10,00 inferior ao obtido para o tratamento RC5 (R\$ 34,53), o que torna este tratamento mais atrativo ao agricultor, pois este pode vender o camarão por um menor preço, escoando mais facilmente a sua produção.

O fluxo de caixa líquido acumulado foi positivo para o tratamento RC2, a partir do sétimo ano de implantação da rizicarcinicultura, enquanto para o tratamento RC5, o fluxo líquido acumulado foi negativo durante o horizonte do projeto. Portanto, para o tratamento RC2 não há necessidade de financiamento de médio e longo prazo durante todo o horizonte do projeto, o que demonstra que a rizicarcinicultura de *M. rosenbergii* no Estado de São Paulo pode apresentar boa liquidez. Porém, ressalta-se que o fluxo de caixa desta análise foi calculado sem

levar em consideração os custos do arroz, considerando apenas os gastos e receitas da implantação da rizicarcinicultura.

Na análise do orçamento parcial, todos os indicadores de viabilidade econômica foram atrativos para o tratamento RC2, enquanto o tratamento RC5 resultou em receita líquida negativa. O principal motivo do melhor desempenho do tratamento de menor densidade (RC2) foi o menor gasto com a aquisição de juvenis de *M. rosenbergii* (67,7%), em relação ao tratamento RC5 (79%).

Comparando-se a rizicultura (R) com a rizicarcinicultura (RC) no Estado de São Paulo, observa-se que a primeira atividade é inviável do ponto de vista econômico nas condições aqui apresentadas, enquanto que a segunda apresenta viabilidade. Entretanto, atualmente, os preços de venda do arroz no Brasil se encontram baixos devido a fatores relacionados ao mercado mundial dessa *comoditie*, como a grande oferta e o câmbio favorável à importação. Vale ressaltar que, alterações desses fatores podem ocasionar um aumento do preço do arroz e, conseqüentemente, o aumento da receita bruta. Além disso, por se tratar de um alimento considerado estratégico pelo governo, o setor arroseiro frequentemente tem recebido subsídios e incentivos fiscais.

A introdução de uma espécie de alto valor econômico como o *M. rosenbergii* nos monocultivos de arroz, pode viabilizar a atividade em pequena escala, como observado no Sudeste Asiático por diversos autores (Kurup e Ranjeet, 2002; Mohanty *et al.*, 2004; Giap *et al.*, 2005; Phuong *et al.*, 2006). Além disso, devido às restrições ao uso de defensivos impostas pela integração com camarão, existe a possibilidade de se comercializar o arroz como um produto diferenciado, isento de herbicidas, inseticidas e fungicidas, obtendo-se assim, uma melhor remuneração pelo produto.

O tratamento RC apresentou todos os indicadores econômicos baixos, mas certamente a implantação desse sistema pode contribuir para a melhoria dos indicadores da rizicultura. A TIR obtida foi de 6,4%, valor este muito próximo da TMA e da Taxa de Desconto de 6,9% consideradas. A RBC foi atrativa, pois foi maior que R\$1,00, indicando que, mesmo com o baixo valor pago pela saca do arroz, cada Real investido na rizicarcinicultura gera R\$ 2,46 de receita. Embora o VPL tenha sido negativo nesta simulação, tornando o investimento pouco atrativo

em relação a esse indicador, verificou-se na análise de sensibilidade que um pequeno aumento do preço de venda ou da produtividade dos camarões, pode tornar esse indicador positivo e, portanto mais atrativo. O PRC obtido foi muito superior ao critério estabelecido neste estudo para a determinação da viabilidade do sistema. Porém, esta análise é relativa, porque depende do ponto de vista do investidor, ou seja, quanto tempo ele considera viável para reaver o dinheiro investido.

Nas análises de sensibilidade, nas quais os indicadores econômicos obtidos para o tratamento RC foram considerados como cenário-base, verificou-se que esse sistema de cultivo é muito sensível às alterações dos parâmetros estudados, principalmente ao do custo do milho de juvenis de *M. rosenbergii*, uma vez que esse insumo representa mais de 30% do valor dos custos variáveis totais. Assim, alterações de 10 e 20 % acima do valor base para esse parâmetro, podem inviabilizar a rizicultura, enquanto alterações de 10 e 20% para baixo tornam os indicadores atrativos. Para os parâmetros produtividade e preço de venda de *M. rosenbergii*, as variações de 10 e 20 % acima do valor base, tornam a TIR superior à TMA e à Taxa de desconto consideradas, o VPL positivo e a RBC maior que 1. Os cenários de 10 e 20 % abaixo do valor base, podem tornar esses indicadores menos atrativos. Entretanto, essas situações são menos prováveis, uma vez que, após alguns cultivos, os produtores tendem a adquirir experiência, aumentando a produtividade e conseguindo obter melhores preços de comercialização dos camarões.

O empreendimento se torna viável a partir de um aumento de 30% no preço de venda da saca, ou de 30% de aumento na produtividade do arroz, ou ainda, se obtidas taxas iguais ou superiores a 40% de sobrevivências de *M. rosenbergii*. As análises de sensibilidade também mostraram que os fatores estudados são mais sensíveis às variações da produtividade de *M. rosenbergii* e ao preço de venda dos camarões. Por outro lado, caso os produtores consigam obter maiores produtividades ou melhores preços de venda (a partir de 20% acima do valor base), os indicadores se tornam altamente atrativos, o que pode representar uma expressiva agregação de valor à rizicultura convencional, viabilizando essa atividade. Considera-se que esse aumento de produtividade é possível, pois já foram obtidas na Ásia, produtividades superiores às do presente

estudo. Duong (2001) informa produtividades muito variáveis no Vietnã, atingindo até 364 kg ha⁻¹. Entretanto, para as nossas condições, ainda são necessários mais estudos para solucionar alguns problemas como o controle mais eficiente de predadores e a diminuição das oscilações de temperatura.

Giap *et al* (2005) estudaram os efeitos da fertilização e do arraçamento sobre a produção e sobre os aspectos econômicos dos sistemas de integração arroz, camarões e peixes. Todos os sistemas integrados por eles testados geraram maiores lucros do que o sistema de monocultivo de arroz. No presente trabalho, o tratamento com 2 camarões m⁻² foi o que apresentou os resultados mais satisfatórios. Com base nos resultados obtidos para este tratamento, pode-se inferir que, em longo prazo, o lucro proporcionado pela implantação do sistema de rizicarcinicultura, pode até mesmo reverter a situação desfavorável do arroz em pequenas propriedades, facilitando assim, a fixação dos rizicultores no campo. Entretanto, deve-se levar em consideração que a grande variabilidade na sobrevivência e na produção dos camarões, que são características deste sistema, torna a atividade pouco previsível e de maior risco.

A implantação da rizicarcinicultura é uma alternativa viável para os produtores de arroz. Além de ser um investimento que apresenta indicadores financeiros interessantes, a implantação da rizicarcinicultura pode proteger os produtores de arroz das oscilações no preço dessa *comoditie*, compensando os possíveis prejuízos que ocorrem nas épocas em que o preço do arroz é mais baixo que o custo de produção. Isso pode ser importante para manter os produtores na atividade e reduzir a necessidade de subsídios governamentais. Estudos similares devem ser realizados em outras regiões do Brasil para demonstrar se os resultados obtidos no Estado de São Paulo se aplicam a outros Estados produtores de arroz.

5. Referências

- Begon, M., Townsend, C.R. and Harper, J.L. 2007. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4ª. Ed., Porto Alegre. Artmed. 752p.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) 2011a. Conjuntura semanal, setembro 2011 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: CONAB. (obtido via internet, <http://www.conab.gov.br/conabweb>).
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). 2011b. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2011 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: CONAB. (obtido via internet, <http://www.conab.gov.br/conabweb>).
- D'Abramo, L.R.; Heinen, J.M., Robinette, H.R. and Collins, J.S. 1989. Production of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked as juveniles at different densities in temperate zone ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 20(2):81-89.
- Duong, L.T. 2001. Rice-prawn culture in the Mekong Delta of Viet Nam. In: FAO Fisheries Technical Paper n^o 407, Integrated Agriculture-Aquaculture – A Primer. FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), Roma. (obtido via internet, <http://www.fao.org/docrep/005/Y1187E/y1187e22.htm#z>).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Statistical databases. (obtido via internet, <http://www.fao.org>).
- Fairchild, E.A. and Howell, W.H. 2001. Optimal stocking density for juvenile winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(3): 300-308.
- Giap, D.H, Yi, Y., Lin, C.K. 2005. Effects of different fertilization and feeding regimes on the production of integrated farming of rice and prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Aquaculture Research*, 36: 292-299.
- Jolly, C.M. and Clonts, H.A. 1993. *Economics of aquaculture*. New York, Food Products Press, 319 p.

- Kurup, B.M. and Ranjeet, K. 2002. Integration of freshwater prawn culture with rice farming in Kuttanad, India, *Naga World Fish Center Quarterly*, 25: 3 - 4.
- Mohanty, R.K., Verma, H.N. and Brahmanand, P.S. 2004. Performance evaluation of rice–fish integration system in rainfed medium land ecosystem. *Aquaculture*, 230: 125–135.
- Martins, M.I.E.G. e Borba, M.M.Z. 2006. Custo de produção. FCAV/UNESP: Jaboticabal, Editora FUNEP, 23 p.
- Matsunaga, M., Bemelmans, P.F. e Toledo, P.E.N. 1976. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*, 23(1): 123-139.
- Mishra, A. and Mohanty, R.K. 2004. Productivity enhancement through rice–fish farming using a two-stage rainwater conservation technique. *Agricultural Water Management*, 67: 119–131
- Moraes-Riodades, P.M.C. 2005. Cultivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em diferentes densidades, Fatores ambientais, biologia populacional e sustentabilidade econômica. Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal. Tese de Doutorado. 135p.
- Moraes-Valenti, P., Morais, P.A., Preto, B.L and Valenti, W.C. 2010 Effect of density on population development in the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquatic Biology*, 9: 291-301.
- New, M.B. and Valenti, W.C. 2000. Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science Ltd., Oxford, London. 443 p.
- New, M.B. 2010. History and global status of freshwater prawn farming. *In*: New, M. B., Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D’Abramo, L.R. and Kutty, M.N. (Eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford, England. 560 pp.
- Phuong, N.T., Hai, T.N., Hien, T.T.T., Bui, T.V., Huong, D.T.T., Son, V.N., Morooka, Y., Fukuda, Y. and Wilder, M. 2006. Current status of freshwater

- prawn culture in Vietnam and the development and transfer of seed production technology. *Fisheries Science*, 72: 1–12.
- Sampaio, C.M.S. and Valenti, W.C. 1996. Growth curves for *Macrobrachium rosenbergii* in semi-intensive culture in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27: 353-358.
- Scorvo-Filho, J.D., Martins, M.I.E.G. e Frasca-Scorvo, C.M.D. 2004. Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura. In: Cyrino, J. E. P.; Urbinati, E. C., Fracalosi, D.M. e Castagnolli, N. (eds.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo, TecArt. p. 517-533.
- Shang, Y.C. 1990. Aquaculture Economic Analysis: An Introduction. Baton Rouge, *The World Aquaculture Society*, 211 p.
- Tidwell, J.H., Coyle, S.D. Weibel, C. and Evans, J. 1999. Effects and interactions of stocking density and added substrate on production and population structure of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30(2): 174-179.
- Valenti, W.C., Mello, J.T.C. e Castagnolli, N. 1993. Efeito da densidade populacional sobre as curvas de crescimento de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) em cultivo semi-intensivo (Crustacea, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 10:427-438.
- Valenti, W.C. 2000. Aquaculture for sustainable development. In: Valenti, W.C., Poli, C.R., Pereira, J.A. and Borghetti, J.R. (eds.) *Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília, CNPq/MCT. p. 17-24.
- Valenti, W.C. 2002. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões-de-água-doce. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 12º, Goiânia, Anais... p. 99-106.
- Valenti, W.C. 2004. Carcinicultura de água doce como agronegócio. In: I CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, Vitória, 2004. Anais...52.
- Valenti, W.C. and Moraes-Riodades, P.M.C. 2004. Freshwater prawn farming in Brazil. *Global Aquaculture Advocate*. 7(4): 1185-9.

- Valenti, W.C. and Tidwell, J.H. 2006. Economics and management of freshwater prawn culture in Western Hemisphere. *In: Shrimp Culture: Economics, Market and Trade*. Ed. by LEUNG, P.S. and ENGLE, C. p. 263-78. *Blackwell Science*, Oxford.
- Valenti, W.C., New, M.B., Salin, K.R. and Ye, J. (2010) *In: New, M.B., Valenti, W. C., Tidwell, J.H., D'Abramo, L.R. and Kutty, M.N. (Eds.). Freshwater prawns: biology and farming*. pp. 154-179. Wiley-Blackwell, Oxford, England
- Zimmermann, S. and New, M.B. 2000. Grow-out systems - Polyculture and integrated culture. *In: New, M.B. and Valenti, W.C. (Ed.) Freshwater Prawn Culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Oxford, Blackwell Science. p. 187-202.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DO CRESCIMENTO E DA SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE *Macrobrachium amazonicum* CRIADO EM SISTEMA DE RIZICARCINICULTURA

Resumo

O crescimento e a sustentabilidade da produção de *Macrobrachium amazonicum* criado em sistema de rizicarcinicultura foram estudados em três ciclos de produção. No primeiro ciclo, foram utilizadas três densidades de estocagem (5, 10 e 20 camarões m^{-2}), mais um controle (sem camarões) e seis repetições de cada tratamento. No segundo ciclo, foram repetidas as mesmas densidades, porém não se utilizou o controle (somente arroz) e todos os tratamentos tiveram sete réplicas. No terceiro, utilizou-se a densidade de 25 camarões m^{-2} , dois diferentes manejos alimentares (com e sem ração, tratamentos 25CR e 25 SR, respectivamente), um tratamento controle (somente arroz) e quatro réplicas de cada tratamento. Nos cálculos econômicos, simulou-se a venda dos camarões como iscas-vivas para a pesca esportiva. No último ciclo, foram calculados indicadores de sustentabilidade econômica e ambiental, a emissão de metano e a entrada de nitrogênio no sistema por excreção dos camarões. Não foi observada influência dos camarões sobre a produção de arroz. Entre todos os ciclos, o comprimento médio dos camarões variou de $6,57 \pm 0,15$ cm a $7,65 \pm 0,53$ cm, o peso médio entre $1,84 \pm 0,16$ g e $3,31 \pm 0,70$ g e a sobrevivência média de $8,2 \pm 9,8$ % a $37,7 \pm 13,0$ %. Os indicadores econômicos obtidos para o tratamento 5SR foram: TIR de 15,2% ao ano; VPL de R\$ 8.247,27; RBC de R\$ 4,58 por R\$1,00 investido e PRC de 6,3 anos, mostrando a viabilidade do sistema. Os indicadores ambientais calculados demonstram que os canais de despesca devem ser reduzidos para que o sistema de rizicarcinicultura apresente maior sustentabilidade ambiental. As emissões diurnas de metano variaram entre 0,96 e 131,03 $mg CH_4 m^{-2} h^{-1}$ e as noturnas entre 0,24 e 50,23 $mg CH_4 m^{-2} h^{-1}$. A excreção de nitrogênio dos camarões dos tratamentos 25SR e 25CR foi, respectivamente, 8,3 e 6,9 $kg ha^{-1} ciclo^{-1}$, com média de $7,6 \pm 1,0 kg ha^{-1} ciclo^{-1}$.

Abstract

The growth and production sustainability of *Macrobrachium amazonicum* reared in integrated rice-prawn systems were studied. The experiment consisted of three trials. The first trial consisted of three stocking densities (5, 10 and 20 prawns m⁻²) and a control (rice monoculture) with six replicates. The second trial investigated the same densities, however, no control was used and all treatments had seven replicates. The third trial used stocking density of 25 prawns m⁻², two different feeding strategies, with and without artificial feed, treatments SR 25 and 25CR, respectively, and rice monoculture control, with four replicates for each treatment. The economic feasibility study simulated the sale of prawns as living-bait for sports fishing. The economic and environmental sustainability indicators, methane emissions, as well as nitrogen input in the system from prawn excretion were calculated for both rice monoculture and integrated rice-prawn systems. Prawns did not affect rice production. Prawn length ranged from 6.57 ± 0.15 to 7.65 ± 0.53 cm, weight varied from 1.84 g ± 0.16 to 3.31 ± 0.70 g, and mean survival rate ranged from 8.2 ± 9.8 % to 37.7 ± 13.0 %. Economic indicators for treatment 5SR were: IRR 15.2% per year, NPV R\$ 8,247.27; BC R\$ 4.58 per R\$ 1.00 invested and Payback Period 6.3 years, thus showing the system feasibility. The calculated environmental indicators showed that the harvesting trenches should be reduced in order to render the system more environmentally sustainable. Day and night methane emissions varied from 0.96 to 131.03 and from 0.24 to 50.23 mg CH₄ m⁻² h⁻¹, respectively. Prawn nitrogen excretion for treatments 25SR and 25CR were 8.3 and 6.9 kg ha⁻¹ cycle⁻¹, respectively, with an average of 7.6 ± 1.0 kg ha⁻¹ cycle⁻¹.

1. Introdução

A carcinicultura e quase todos os demais setores da aquicultura no Brasil estão baseados nos sistemas de monocultivo intensivamente arraçoados. Esses sistemas são ecologicamente ineficientes porque menos de 20% do material fornecido na dieta é convertido em biomassa da espécie alvo (Boyd *et al.* 2007). Mais de 80% de toda dieta fornecida aos animais cultivados é transformada em material poluente ou incorporada à biota do viveiro. Este fato leva a dieta a ser o principal custo de produção na maioria dos monocultivos. No entanto, a inclusão de uma nova espécie no cultivo, que aproveite os resíduos alimentares da espécie principal leva a uma redução na conversão alimentar real em biomassa produzida (somando as duas espécies) por si só (Valenti, 2008). Os sistemas integrados otimizam o uso dos recursos naturais, das instalações e da mão-de-obra, ampliando a sustentabilidade ambiental e econômica. Permitem ainda, a transformação de poluentes em biomassa de alto valor econômico (Valenti, 2002).

A aquicultura sustentável baseia-se na utilização racional dos recursos financeiros, naturais e humanos no processo de produção. Desse modo, caracteriza-se por ser uma atividade economicamente viável, que propicia a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais, sem degradar os ecossistemas nos quais se insere (Arana, 1999; Valenti, 2002). Envolve três componentes: a produção lucrativa, a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento social (Valenti, 2000). Estes são essenciais e indissociáveis para que a atividade seja perene. Para atingir uma aquicultura sustentável, é essencial medir a sustentabilidade dos sistemas usados, das técnicas de manejo e das novas tecnologias que vão sendo geradas e adotadas. Recentemente, conjuntos de indicadores têm sido desenvolvidos para avaliar a sustentabilidade da aquicultura (EAS, 2005; Boyd *et al.* 2007; EVAD, 2008; Valenti, 2008; Valenti *et al.*, 2011b).

O uso de espécies nativas na aquicultura é um requisito importante para aumentar a sustentabilidade e obter certificações internacionais que valorizam o produto. Entre os camarões de água doce da América do Sul, o camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, apresenta maior importância econômica. Esta espécie é muito semelhante ao camarão oriental *Macrobrachium*

nipponense, cuja produção mundial ultrapassou 200.000 t na presente década (FAO, 2010). Apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde a Venezuela até a Argentina (Coelho e Ramos-Porto, 1985; Pettovello, 1996; Bialecki *et al.*, 1997) e vem sendo largamente explorada pela pesca artesanal no Brasil (New e Valenti, 2000; Silva *et al.*, 2002a,b). *M. amazonicum* apresenta grande potencial para a aquicultura (Kutty *et al.*, 2000; New, 2010). Atinge 16 cm e 30 g (Moraes-Valenti *et al.*, 2010), sua carne apresenta textura mais firme e sabor mais acentuado em relação à do *M. rosenbergii* e, por isso, é melhor aceita nos mercados consumidores do Norte e Nordeste do Brasil (Moraes-Riodades e Valenti, 2004). É amplamente consumido pelas populações de baixa, média e alta renda na região amazônica (Moraes-Riodades e Valenti, 2004) e nordeste do Brasil (New e Valenti, 2000). Ocorre em quase todo o território nacional e, portanto, seu cultivo na maior parte do país não oferece riscos de introdução de espécies exóticas na natureza por escape de viveiros de aquicultura.

Atualmente, a maioria dos animais aquáticos utilizados como iscas são coletados na natureza por pescadores e isso causa severos impactos nas populações naturais. A criação de peixes e crustáceos com a finalidade de utilização como iscas, pode aliviar essa pressão, conservando as populações naturais e contribuindo para o desenvolvimento econômico e social (Valenti *et al.* 2011a).

Até o presente momento, ainda não há artigos publicados sobre *M. amazonicum* em sistema de rizicarcinicultura. Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar o crescimento dos camarões e a sustentabilidade da produção de *M. amazonicum* em sistema integrado com a cultura do arroz na região nordeste do Estado de São Paulo, bem como verificar a viabilidade econômica da venda do camarão produzido, no mercado de iscas-vivas para a pesca esportiva.

2. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em três ciclos de produção, na Estação Experimental de Mococa, SP, sede do Pólo de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Nordeste Paulista. Este localiza-se a uma altitude de 665 m, latitude 21° 28' Sul e longitude 47° 01' Oeste. No primeiro ciclo (novembro de 2006 a maio de 2007), não se utilizou ração comercial. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três densidades: 5 animais m⁻² (5SR), 10 animais m⁻² (10SR) e 20 animais m⁻² (20SR) e mais um controle sem camarões (CI), com seis repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. No segundo ciclo (novembro de 2007 a maio de 2008), também não se utilizou ração. Foram repetidas as mesmas densidades e delineamento experimental do primeiro ciclo, porém não se utilizou o controle (sem camarões), pois na primeira fase do projeto, verificou-se que a presença dos camarões não afetou significativamente a produção de arroz. Todos os tratamentos do segundo ciclo tiveram sete réplicas. No terceiro ciclo (novembro de 2010 a março de 2011), utilizou-se a densidade de 25 camarões m⁻², dois diferentes manejos alimentares (com e sem ração) e um tratamento controle (sem camarões), com quatro réplicas de cada tratamento, em delineamento inteiramente casualizado. O controle foi utilizado novamente neste ciclo, para a verificação da possibilidade de influência do arraçoamento sobre a produção do arroz. Portanto, os tratamentos foram: Controle (CIII), 25 animais m⁻² sem ração (25SR) e 25 animais m⁻² com ração (25CR). Com o objetivo de facilitar a exposição dos resultados e a discussão, convencionou-se nomear o primeiro ciclo de Experimento I, o segundo de Experimento II e o terceiro de Experimento III.

A água utilizada durante o cultivo era proveniente de nascentes localizadas em matas nativas remanescentes da Estação Experimental e situadas em cotas superiores à do local do experimento, o que possibilitou o seu abastecimento por gravidade. Um filtro de telas foi instalado no canal de abastecimento, com o objetivo de diminuir a entrada de animais aquáticos. As canaletas de abastecimento e drenagem possuíam comportas que permitiram regular o nível e a vazão independentemente em cada parcela.

Foram utilizadas parcelas de 30 m² cada, denominadas tabuleiros, anteriormente utilizadas para experimentação científica com arroz irrigado por inundação e, posteriormente, adaptadas para a implantação do sistema de rizicarcinicultura. Esses tabuleiros possuíam fundo de terra e foram divididos por muretas de alvenaria, com 50 cm altura, permitindo assim, que o nível da água fosse mantido a aproximadamente 35 cm. Telas de diferentes malhas (de acordo o tamanho dos camarões) foram colocadas nas saídas de cada tabuleiro, para evitar a entrada de predadores aquáticos e o escape de camarões. Essas telas eram limpas duas vezes ao dia para evitar o seu entupimento e o conseqüente transbordamento. Em todos os tabuleiros foram escavados, próximos à saída de água, canais de despesca com aproximadamente 50 cm de profundidade e ocupando cerca de 17% da área total.

A variedade de arroz utilizada foi a IAC 106, devido ao seu ciclo e porte compatíveis com a rizicarcinicultura. A fim de promover a sua pré-germinação, as sementes destinadas ao plantio foram umedecidas e acondicionadas em um saco de algodão durante três dias, antes de serem plantadas no canteiro de mudas. A terra utilizada nos canteiros de mudas foi peneirada, tendo o pH corrigido com calcário e, posteriormente, fertilizada com adubo NPK na formulação 8-28-16. Após este procedimento, as sementes pré-germinadas foram plantadas no canteiro. As plântulas de arroz receberam duas adubações de cobertura com sulfato de amônia e foram irrigadas continuamente, até atingirem o porte adequado ao transplante para os tabuleiros.

Para o preparo do solo dos tabuleiros, aplicou-se calcário na proporção de 650 Kg ha⁻¹ e, com o solo umedecido, realizou-se uma adubação de plantio com NPK 8-28-16, na proporção de 300 kg ha⁻¹. O transplante das mudas foi realizado manualmente e em linha, com espaçamento de 10 cm entre mudas por 20 cm entre linhas. Quinze dias após o transplante, realizou-se uma adubação nitrogenada de cobertura com sulfato de amônia, na proporção de 270 kg ha⁻¹. Essa operação foi repetida quinze dias depois, para que as plantas atingissem uma altura mínima de 40 cm e a lâmina d'água nos tabuleiros pudesse ser mantida, aproximadamente, com 30 cm na ocasião do povoamento com os camarões. Em nenhum dos ciclos de produção foram feitas quaisquer aplicações de fungicidas ou herbicidas. Todo o controle de plantas invasoras foi feito

manualmente por meio de capinas com posterior alagamento do terreno, evitando que essas rebrotassem.

As PLs de *M. amazonicum* de todos os experimentos foram provenientes do Laboratório de Larvicultura do Setor de Carcinicultura do CAUNESP. Foram realizadas biometrias iniciais, para determinação do comprimento e peso médios de 200 animais. Após a aclimação, os animais foram contados e liberados nos tabuleiros de acordo com os tratamentos.

Diariamente entre as 07h00 e 08h00 da manhã, o teor de oxigênio dissolvido (OD) e o pH da água dos tabuleiros, bem como do canais de abastecimento e de drenagem, eram verificados com um oxímetro e um peagômetro, ambos da marca Hanna Instruments. No Experimento III, diariamente também foram tomadas as temperaturas registradas em termômetros de máximas e mínimas com coluna de mercúrio, posicionados nos canais de despesca de todos os tabuleiros. Quinzenalmente foram coletadas amostras de água de todos os tabuleiros e dos canais de abastecimento e drenagem para a determinação de nitrogênio amoniacal total (TAN), N-nitrito (N-NO_2^-), N-nitrato (N-NO_3^-), nitrogênio total (métodos Semi-micro Kjeldahl e método da redução em coluna de cádmio, seguido de leitura em espectrofotômetro) e fósforo total (método colorimétrico, após digestão do fósforo orgânico por persulfato, de acordo com APHA (2005).

No Experimento III (terceiro ciclo de produção), a partir do segundo mês de cultivo, foi fornecida ração comercial peletizada com 35% de proteína bruta (PB) aos camarões dos tabuleiros do tratamento 25CR. A ração foi distribuída a lanço, nos canais de despesca e nas entrelinhas do arroz, para permitir que a maior parte dos camarões tivesse acesso. Essa operação foi realizada uma vez ao dia, entre 16h00 e 17h00, devido ao hábito alimentar predominantemente noturno dos camarões. As quantidades utilizadas foram determinadas após as biometrias, considerando-se as taxas decrescentes de 5, 3 e 1%, da biomassa média estimada em todas as parcelas do tratamento 25CR.

Mensalmente, foram realizadas biometrias em amostras de 5 a 10% da população de camarões em cada tabuleiro, para o acompanhamento do crescimento dos animais e ajuste da quantidade de ração. Para a realização

desses procedimentos, os tabuleiros eram parcialmente esvaziados, os camarões coletados dos canais de despesca com o auxílio de puçás e pesados em uma balança digital com precisão de 0,01 g. Após a pesagem, os animais eram rapidamente devolvidos aos respectivos tabuleiros para evitar mortalidade por estresse.

No Experimento I, após 137 dias de cultivo, os tabuleiros foram totalmente esgotados e os camarões coletados com puçás e com uma rede colocada no canal de despesca. Todos os animais foram abatidos por choque térmico em água com gelo, contados, pesados e medidos um a um. O mesmo procedimento de despesca foi adotado nos anos seguintes. A colheita do arroz foi realizada 120 dias após o transplante das mudas para os tabuleiros, quando a maior parte das plantas de arroz atingiu o ponto correto de maturação. O arroz foi colhido manualmente e as amostras foram secas ao sol, até atingir a umidade de 13% (teor adequado para comercialização e armazenamento) e, a seguir, foram pesadas. Os procedimentos de colheita e secagem foram os mesmos para os demais experimentos.

No Experimento II, devido a uma queda brusca de temperatura ocorrida ao final do experimento, houve uma grande mortalidade de camarões. Em virtude da baixa sobrevivência, ficou impraticável a utilização dos dados biométricos da despesca para a realização das análises das biomassas finais dos tratamentos. Assim, utilizaram-se os pesos médios registrados na biometria realizada no dia 09 de abril de 2008, ou seja, 112 dias após o povoamento. A colheita do arroz foi realizada 119 dias após o transplante das mudas para os tabuleiros. No Experimento III, a despesca do foi realizada 112 dias após o povoamento e a colheita do arroz também foi feita 119 dias após o transplante das mudas.

Todos os dados de produção do arroz, crescimento e produção dos camarões foram submetidos aos testes de Shapiro–Wilk e Bartlett para a verificação da normalidade e da homocedasticidade. Uma vez cumpridas essas premissas, foram realizadas análises de variância (ANOVA) (Zar, 1999). Os valores expressos em porcentagem foram transformados pela raiz quadrada do arco seno antes das análises, porém, para melhor visualização dos dados, foram apresentados como os valores anteriores à transformação.

2.1. Análise econômica

Com base nos resultados dos experimentos I e III (Tabela 1), realizaram-se análises econômicas por meio de simulação. Inicialmente, simulou-se a implantação da carcinicultura em duas propriedades hipotéticas pré-existent, cada uma com área de um hectare, usado na produção de arroz em monocultivo. Em cada uma supôs-se a adaptação para o sistema de rizicarcinicultura sem arraçamento, sendo, em uma delas estocados 5 PLs de *M. amazonicum* m⁻² e na outra 25 m⁻². Não foram incluídos os custos e receitas referentes ao arroz porque o objetivo foi verificar a viabilidade e possíveis ganhos do produtor de arroz com a implantação da rizicarcinicultura. Optou-se por utilizar a produtividade média do arroz do tratamento CIII, pois a produtividade do Experimento I foi atipicamente baixa devido ao controle ineficiente de plantas invasoras e ao ataque de aves.

Tabela 1 – Indicadores de produção da rizicarcinicultura usados para os cálculos da análise econômica nos tratamentos avaliados. Os valores apresentados são as médias entre os tratamentos de mesma densidade. CIII – Controle (sem camarões); D5 - densidade de 5 camarões m⁻² e D25 - densidade de 25 camarões m⁻².

Itens			
	CIII †	D5 *	D25 **
Sobrevivência (%)	-	38	15
Peso médio (g)	-	2,9	1,8
Produtividade dos camarões (milheiros ha ⁻¹)	-	19	38
Produtividade do arroz (kg ha ⁻¹)	5.879	5.879 [†]	5.281

* Médias do tratamento 5SR, do Experimento I;

** Médias dos tratamentos 25SR e 25CR, do Experimento III;

† Média do tratamento CIII.

Foram realizadas análises de custo-retorno, fluxo de caixa e determinação de indicadores de rentabilidade, de acordo com Shang (1990) e Jolly e Clonts (1993). Os dados de produtividade do camarão e do arroz considerados nos sistemas simulados (tratamentos) foram extrapolações dos obtidos na área experimental descrita no início deste item. A produção dos camarões foi voltada

para o mercado de iscas-vivas usadas na pesca esportiva do Estado de São Paulo. Foram considerados os seguintes parâmetros:

- ✓ Considerou-se que cada fazenda de 1 ha apresenta dois tabuleiros de 0,5 ha (5.000 m²) cada, o que facilita o manejo pelo produtor;
- ✓ Para o tratamento Controle (sem camarões), são descritos os custos de insumos, materiais e equipamentos utilizados na operação de um sistema convencional de produção de arroz irrigado por inundação em pequenas propriedades não mecanizadas. São consideradas as despesas da contratação de um empregado fixo, durante seis meses, sendo esse funcionário responsável, juntamente com o proprietário, pela execução das principais atividades de rotina diária da rizicultura, como o manejo da irrigação, limpeza de canais, capina, além do auxílio nas operações que exigem maior número de pessoas para serem realizadas, como o plantio, adubação e colheita do arroz. Além da mão-de-obra fixa, também foram levantados os custos de contratação de mão-de-obra eventual, necessária principalmente nas operações de preparo da terra dos tabuleiros, adubação, plantio, capina e colheita do arroz. Considerou-se ainda, a aquisição de uma roçadeira costal à gasolina, para facilitar as atividades de limpeza dos canais de irrigação;
- ✓ Para os tratamentos D5 e D25 (implantação do sistema de rizicarcinicultura em infra-estrutura de rizicultura já existente e operante), faz-se necessária a aquisição de insumos, materiais e equipamentos que não são normalmente utilizados em monocultivos de arroz, como as PLs de *M. amazonicum*, cilindro de oxigênio de 1 m³ para as embalagens dos camarões para a venda ao intermediário, termômetros de máxima e mínima, telas, rede de despesca, puçás, caixa d'água plástica para a manutenção dos camarões até a venda e sacos plásticos para a embalagem do camarões no momento da venda;
- ✓ Além do material e equipamentos extras, a implantação do sistema de rizicarcinicultura implica no pagamento de mão-de-obra adicional, principalmente nas operações de povoamento, capina e despesca. O maior gasto com capinas manuais se justifica para evitar o uso de herbicidas que

possam causar a mortalidade dos camarões. A presença dos camarões também impossibilita a utilização de inseticidas e fungicidas. Vale ressaltar que, nesse caso, existe a possibilidade de se comercializar o arroz como um produto diferenciado, isento de herbicidas, inseticidas e fungicidas;

- ✓ As despesas com mão-de-obra eventual representam boa parte dos custos de implantação do sistema, podendo variar de acordo com os salários pagos na região do projeto e com o rendimento dos trabalhadores contratados. A contratação de mão-de-obra fixa específica para a implantação do sistema de rizicarcinicultura não se justifica para a área estudada. No caso de pequenas propriedades, como as consideradas no presente estudo, um empregado fixo teria algum tempo disponível diariamente e, nesta simulação, considerou-se que esse poderia auxiliar o proprietário na maioria das atividades relacionadas aos camarões. A remuneração do proprietário, por sua vez, será o lucro obtido com a renda extra produzida pela venda dos camarões ao final do ciclo;
- ✓ Como custos fixos, foram consideradas as despesas com taxas (IBAMA), depreciação dos equipamentos e dos canais de despesca, luz e telefone. Estes não variam de acordo a produção, mas devem ser computados mensalmente no caixa do empreendimento. Foram consideradas as tarifas mínimas de telefonia e energia elétrica na região do estudo;
- ✓ Para facilitar a despesca dos camarões, em cada um dos tabuleiros são escavados canais com 50 cm de profundidade, ocupando cerca de 17% da área total. O custo de escavação foi calculado com base no valor de construção por hectare de viveiros na região, mas levando-se em conta a menor profundidade;
- ✓ Como ainda não há produção comercial de pós-larvas de *M. amazonicum*, considerou-se o valor de R\$ 20,00 o milheiro, informado por Vetorelli (2004), como preço para a aquisição de pós-larvas provenientes de um laboratório hipotético de larvicultura desta espécie;
- ✓ Após cerca de quatro meses de cultivo, os tabuleiros são totalmente esvaziados e a maior parte dos camarões é coletada nos canais de despesca com uma rede colocada previamente no canal. Parte dos

camarões que não consegue chegar aos canais de despesca é recolhida nas entrelinhas do arroz com puçás. Os camarões são então lavados com água limpa e armazenados em uma caixa d'água de poliuretano até que sejam embalados para a venda em sacos plásticos de 20 L, com 1/3 do volume preenchido com água e insuflados com oxigênio. Essas atividades são realizadas pelo proprietário e pelo empregado fixo, com o auxílio de dois diaristas pagos de acordo com o valor de R\$2,56 a hora-homem (valor informado pelo sindicato rural de São José do Rio Pardo);

- ✓ A quantidade de embalagens plásticas utilizadas foi calculada de acordo com as recomendações de Sperandio (2004), para o transporte de juvenis de *M. amazonicum*, que preconiza uma densidade máxima de 11,6 g L⁻¹ de animais para um período de transporte de oito horas. No presente estudo, estipulou-se a utilização de embalagens de 20 L com 8 L de água e um período máximo de transporte de quatro horas;
- ✓ A estratégia de comercialização do camarão consiste na venda aos intermediários, também conhecidos como piloteiros, diretamente na propriedade. Optou por essa modalidade de venda, pois o porte atingido pelos animais é considerado adequado para a comercialização como iscas-vivas, proporcionando bons lucros ao produtor. Além disso, existe a possibilidade da venda dos camarões em períodos em que esse produto é escasso na natureza. No Estado de São Paulo, esse período compreende os meses de abril a outubro;
- ✓ O preço de venda do camarão (peso médio 2 g), como isca-viva, comercializado na propriedade para intermediários, foi estabelecido em R\$ 0,20 a unidade, levando-se em conta os preços médios praticados pelos intermediários nos principais rios do Estado de São Paulo. Este valor também é compatível com apresentado por Valenti *et al.* (2011a) para o Pantanal;
- ✓ A comercialização do arroz em casca é realizada para cooperativas e entrepostos comerciais existentes em um raio de 100 km da propriedade;

- ✓ O preço de venda considerado neste trabalho foi de R\$28,50 pela saca de 50 Kg do arroz em casca do tipo 1, conforme o preço mínimo garantido pela Portaria Interministerial no. 357, de 18/07/2011 (CONAB, 2011).

Foram calculados os seguintes indicadores de viabilidade econômica, segundo Jolly e Clonts (1993):

- Valor Presente Líquido (VPL):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FLC_t}{(1+i)^t} - FLC_0$$

- Taxa Interna de Retorno (TIR):

$$\sum_{t=1}^n \frac{FLC_t}{(1+TIR)^t} - FLC_0 = 0$$

- Período de Retorno do Capital (PRC):

$$\sum_{t=0}^n FLC_t = 0$$

- Relação Benefício-Custo (RBC):

$$RBC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FLC_t}{(1+i)^t}}{FLC_0}$$

Sendo que:

FLC = fluxo líquido de caixa;

FLC₀ = fluxo líquido de caixa no momento zero (inclui o investimento inicial
+ capital de giro);

i = taxa de desconto;

n = número de anos em operação (0, 1, 2,...n);

t = ano.

Para comparar a rizicultura com a rizicarcinicultura, realizaram-se análises de custo-retorno, fluxo de caixa e cálculo de indicadores de viabilidade financeira, usando-se, para a rizicarcinicultura, a densidade de camarões que gerou melhores resultados na análise anterior. Esta análise mostra se a implantação do sistema de rizicarcinicultura pode reverter o prejuízo atualmente observado no monocultivo do arroz. Também foram realizadas análises de sensibilidade, com o objetivo de compreender como o empreendimento irá se comportar quando houver mudanças no cenário econômico e/ou nos parâmetros de produção. Os cenários foram definidos com base na variação dos fatores que apresentam maior impacto nos custos da rizicarcinicultura do camarão-da-amazônia (custo do milheiro de pós-larvas de *M. amazonicum* e preço das embalagens plásticas utilizadas na venda dos animais), cruzando-os com aqueles que interferem diretamente na receita bruta, como a produção e o preço de venda dos camarões. Os valores obtidos para TIR, VPL, PRC e RBC foram comparados aos mesmos indicadores obtidos no cenário-base.

Desta forma, as análises de sensibilidade realizadas foram:

- Variação de 10% e 20%, para mais e para menos, do custo de milheiros de pós-larvas ano⁻¹ (valor base: R\$20,00 o milheiros/ano);
- Variação de 10% e 20%, para mais e para menos, no preço das embalagens (valor base: R\$ 1,10 unidade⁻¹);
- Variação de 10% e 20%, para mais e para menos, na quantidade de camarões produzidos ano⁻¹ (valor base: 18.835 unidades ha⁻¹);
- Variação de 10% e 20%, para mais e para menos, no preço de venda de camarões produzidos (valor base: R\$ 0,20 unidade⁻¹).

2.2. Sustentabilidade ambiental

A sustentabilidade ambiental foi medida com base em dois aspectos principais: o uso de recursos naturais e a eficiência no uso dos recursos (Boyd *et al.* 2007; Valenti, 2008; Valenti *et al.*, 2011b). Os recursos naturais avaliados foram a quantidade de nitrogênio (N), fósforo (P), energia (En), água (A) e Espaço (E) utilizados para a produção de camarões e arroz.

Para o uso dos recursos naturais, os indicadores foram calculados segundo as fórmulas propostas por Valenti *et al.* (2011b):

- N = massa de nitrogênio aplicada (kg)/produção de arroz e de camarão (kg);
- P = massa de fósforo aplicada (kg)/produção (kg);
- En = energia consumida (MJ)/produção (kg);
- A = volume de água consumido (m³)/produção (kg);
- E = espaço utilizado (m²)/produção (kg);

Nas fórmulas acima, foram consideradas as somatórias dos materiais (N ou P) e energia (En) aplicados e a produção refere-se à soma das massas de arroz e camarão produzidos.

Para o cálculo dos recursos aplicados foram considerados os seguintes “*inputs*” e seus percentuais de participação:

- N: nitrogênio contido nos fertilizantes (99,13 %), sementes de arroz (0,00%), PLs (0,00%) e ração (0,87%);
- P: fósforo contido nos fertilizantes (96,05%), sementes de arroz (0,23%), PLs (0,01%) e ração (3,72%);
- En: Energia contida nas sementes de arroz (63,83%), PLs (4,35%), ração (28,56%), e trabalho humano (17,40%). Nesse último considerou-se um total de 80 horas trabalhadas para o monocultivo de arroz, 200 horas trabalhadas para a rizicarcinicultura e um gasto energético de 500 Kcal h⁻¹ para o trabalho humano na agricultura, de acordo com Mello (1986).

Os indicadores de eficiência do uso dos recursos naturais também foram calculados segundo as fórmulas propostas por Valenti *et al.* (2011b), considerando-se as somatórias de N, P e En aplicados/recuperados na produção do arroz e camarão:

- N = massa de nitrogênio aplicada (kg)/massa de nitrogênio recuperado na produção (kg);
- P = massa de fósforo aplicada (kg)/massa de fósforo recuperado na produção (kg);
- En = energia consumida (MJ)/energia de energia recuperada na produção (MJ);

Para o cálculo dos recursos aplicados foram considerados os mesmos “*inputs*” apresentados no item anterior.

2.3. Emissões de gás metano

Também foram avaliadas as emissões diurnas e noturnas difusivas e ebulitivas de metano (CH₄) pelos tabuleiros de rizicarcinicultura no Experimento III. As coletas e as análises laboratoriais foram realizadas por uma empresa especializada, a Construmaq, de São Carlos, SP, que seguiu a metodologia descrita por Matvienko *et al.* (2000). As medidas de concentração de gás na água, via dessorção do gás dissolvido, foram feitas com amostras de água retiradas da camada superficial. A câmara de difusão, utilizada nas coletas das amostras de gás de emissão difusiva possuía área 0,049 m² e volume 1.000 mL. As amostras de gás de emissão ebulitiva dos tabuleiros foram colhidas com funis retangulares (26 cm × 76 cm). Os funis foram instalados entre 11h00 e 13h00 horas e recolhidos entre 12h00 e 14h00 horas do dia seguinte, totalizando aproximadamente 25 horas de coleta da emissão ebulitiva, por tabuleiro. O volume coletado em cada funil foi medido através da contagem de números de asperções realizadas com uma seringa graduada de 60 mL. Devido ao grande volume de gás ebulitivo de um dos tabuleiros do tratamento 25SR (volume este de 1.510 mL), esta medição foi feita com uma garrafa “PET” graduada de 500 mL. As temperaturas, do ar e da água, foram medidas na ocasião da retirada dos funis, dos tabuleiros.

Após a coleta das amostras de campo foi realizada a análise cromatográfica das amostras coletadas no período diurno e noturno. A temperatura no laboratório durante análise das amostras era de 23 a 26° C e a pressão atmosférica de 680,3 mmHg. Para a determinação da quantidade total de

CH₄, foram somadas as emissões difusivas e ebulitivas de cada parcela (tabuleiro) e realizadas as análises estatísticas já descritas anteriormente para a verificação da normalidade e homocedasticidade dos dados (Shapiro–Wilk e Bartlett) e ANOVA (Zar, 1999) para a verificação de diferenças significativas entre as médias dos tratamentos.

2.4. Estimativa de excreção de nitrogênio

Com o objetivo de verificar o potencial de fertilização do arroz pela excreção do *M. amazonicum* criados em sistema de rizicarcinicultura, foi estimada a quantidade de nitrogênio eliminada por excreção pelos camarões. Para a realização desses cálculos, foram consideradas a biomassa diária de *M. amazonicum* estimada para o Experimento III e as taxas de excreção de amônia pelos camarões presentes nos tabuleiros. Esta foi determinada por Magdalena (2011) no final deste experimento. A biomassa diária por ha foi estimada utilizando-se as curvas de crescimento em peso dos camarões e a sobrevivência, considerando a taxa mortalidade constante ao longo do experimento. As biomassas diárias de *M. amazonicum* por ha, estimadas para os tratamentos 25SR e 25CR, foram multiplicadas pela proporção de massa seca (29%) e pela taxa média de excreção diária de 2,12 mg de nitrogênio g⁻¹ de matéria seca de camarão dia⁻¹, (Magdalena, 2011). A quantidade total de nitrogênio excretado por ha foi obtida pela somatória das excreções diárias em 113 dias de cultivo.

3. Resultados

3.1. Variáveis de qualidade de água

As amplitudes das temperaturas registradas nos termômetros de máxima e mínima, posicionados nos canais de despesca dos tabuleiros dos Experimentos I, II e III são apresentadas na Figura 1. No Experimento I, o maior valor (34° C) foi observado nos meses de março e abril de 2007 e o menor valor (11° C) foi registrado no mês de maio de 2007. No Experimento II verificou-se um valor máximo de 35° C em fevereiro de 2008 e o valor mínimo de 10° C em maio de 2008. No Experimento III, a temperatura máxima atingida no mês de fevereiro de 2011 foi de 39° C e a mínima registrada em janeiro de 2011 foi de 21° C.

Os valores médios das variáveis limnológicas, obtidos durante os três ciclos de cultivo de *M. amazonicum* em sistema de rizocarcinicultura estão apresentadas na Tabela 2.

Os teores de oxigênio dissolvido (OD) na água variaram de 0,6 a 6,8 mg L⁻¹, com média geral de 2,6 ± 1,0 mg L⁻¹ durante o Experimento I. No Experimento II, a média dos valores de OD foi de 4,1 ± 1,2 mg L⁻¹ com valores variando entre 1,0 a 8,6 mg L⁻¹. No último experimento, as médias de OD da água dos tabuleiros variaram de 1,0 a 9,0 mg L⁻¹ e a média geral do experimento foi de 3,8 ± 1,00 mg L⁻¹.

O pH no Experimento I oscilou de 6,6 a 9,1, com média geral de 7,3 ± 0,3. No Experimento II, os valores médios de pH ficaram entre 6,5 e 9,4, com média geral de 7,0 ± 0,2, enquanto no Experimento III, a variação foi de 5,1 a 9,9 com média de 6,9 ± 0,6.

No Experimento I, os teores de amônia variaram entre 0,0 e 158,4 µg L⁻¹; o nitrito oscilou entre 0,0 e 11,1 µg L⁻¹ e o nitrato variou de 1,2 a 152,0 µg/L. No Experimento II, os teores de nitrogênio amoniacal variaram de 5,0 a 279,4 µg L⁻¹; os teores de nitrito oscilaram entre 0,1 e 29,6 µg L⁻¹; o nitrato variou de 4,6 a 329,4 µg L⁻¹ e o nitrogênio total variou de 18,7 a 429,0 µg L⁻¹. No Experimento III, o nitrogênio amoniacal variou entre 0,0 e 143,5 µg L⁻¹, o nitrito entre 0,7 e 42,1 µg L⁻¹ e o nitrato, entre 4,5 e 153,4 µg L⁻¹. Os teores de nitrogênio total foram variáveis entre 15,2 e 965,5 µg L⁻¹.

A amplitude dos teores de fósforo total foi de 0 a 102,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ no Experimento I, de 0,8 a 16,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ no Experimento II e de 5,0 a 677,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ no Experimento III. A alcalinidade oscilou de 35,5 a 41,0 mg L^{-1} no Experimento I, de 29,0 a 45,0 mg L^{-1} no Experimento II e de 27,0 a 38,0 mg L^{-1} no Experimento III.

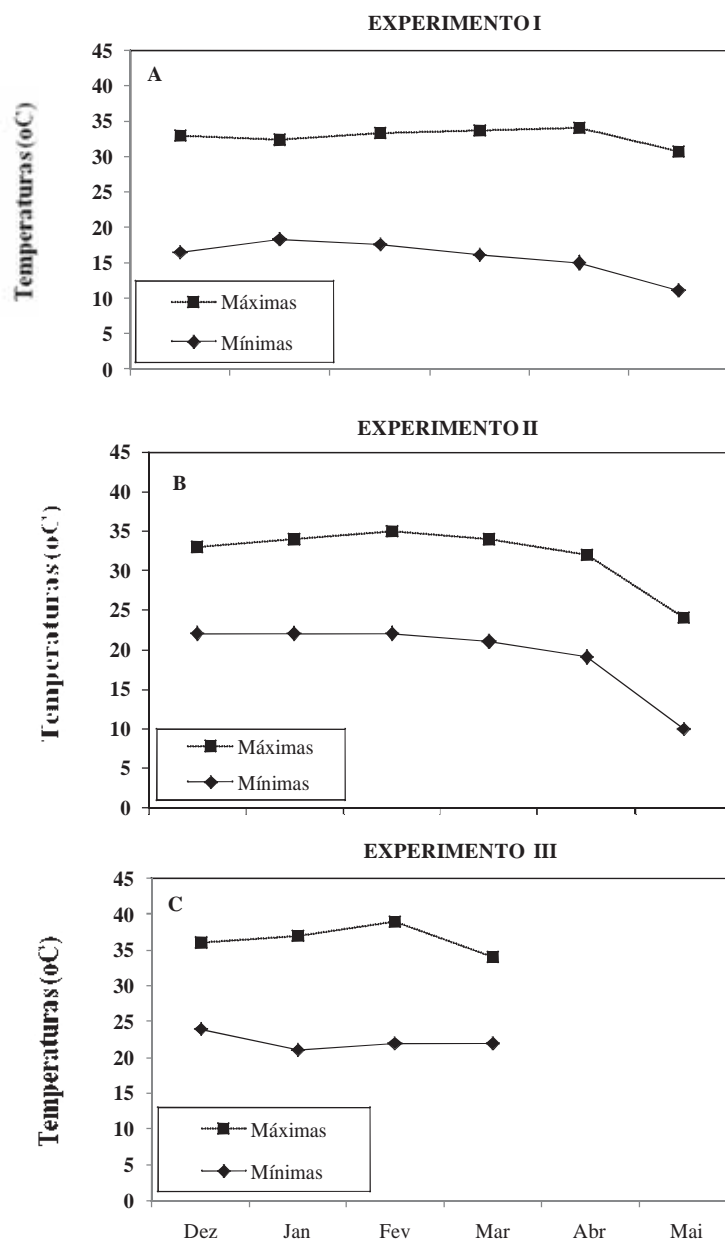


Figura 1 – Amplitudes das temperaturas (°C) mínimas e máximas mensais da água dos tabuleiros, nos Experimentos I (A), II (B) e III (C).

Tabela 2 - Variáveis de qualidade de água do sistema de rizocarcinicultura em nos experimentos I, II e III. Médias gerais dos experimentos \pm desvios padrão e amplitudes entre parênteses.

Parâmetros	Experimentos									
	I				II			III		
	Tratamentos				Tratamentos			Tratamentos		
	C I	5SR	10SR	20SR	5SR	10SR	20SR	C III	25SR	25CR
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	2,6 \pm 1,1 (0,6-5,9)	2,7 \pm 1,0 (1,0-6,3)	2,4 \pm 0,9 (0,7-5,8)	2,9 \pm 0,9 (1,0-6,4)	4,1 \pm 0,6 (1,1-6,8)	4,2 \pm 0,6 (1,2-7,7)	4,0 \pm 0,7 (1,0-8,6)	3,6 \pm 1,1 (1,0-9,0)	4,0 \pm 1,0 (1,1-8,9)	3,9 \pm 1,0 (1,0-7,8)
pH	7,3 \pm 0,3 (6,6-8,0)	7,3 \pm 0,3 (6,7-7,9)	7,2 \pm 0,3 (6,6-7,9)	7,4 \pm 0,3 (6,7-9,1)	7,4 \pm 0,1 (6,5-8,1)	7,4 \pm 0,1 (6,6-8,2)	7,4 \pm 0,0 (6,5-8,1)	6,9 \pm 0,8 (5,1-9,4)	6,9 \pm 0,4 (5,1-9,5)	6,9 \pm 0,6 (5,1-9,9)
N-NH ₃ ⁺ + N-NH ₄ (µg L ⁻¹)	25,2 \pm 43,2 (0,0-140,8)	29,1 \pm 27,9 (0,0-87,7)	15,6 \pm 18,3 (0,0-56,3)	37,6 \pm 54,3 (0,0-158,4)	50,1 \pm 76,6 (12,9-279,4)	46,4 \pm 48,1 (15,3-181,7)	20,9 \pm 17,5 (5,0-65,7)	17,7 \pm 16,6 (0,0-56,2)	25,5 \pm 20,5 (0,0-72,3)	19,2 \pm 32,4 (0,1-143,5)
N-NO ₂ ⁻ (µg L ⁻¹)	3,5 \pm 2,0 (0,0-6,2)	5,4 \pm 1,3 (4,0-8,7)	5,5 \pm 3,0 (1,0-10,6)	6,5 \pm 2,1 (4,1-11,1)	9,2 \pm 9,2 (1,6-29,6)	6,1 \pm 6,6 (1,4-22,2)	8,4 \pm 7,7 (0,1-21,7)	11,4 \pm 7,7 (0,7-29,1)	12,7 \pm 9,6 (2,0-42,1)	11,0 \pm 8,2 (0,9-28,3)
N-NO ₃ (µg L ⁻¹)	37,6 \pm 43,4 (1,2-129,7)	50,3 \pm 40,7 (5,9-113,5)	54,9 \pm 46,5 (10,9-152,0)	79,2 \pm 46,2 (27,2-146,9)	88,4 \pm 107,0 (9,5-329,4)	94,4 \pm 86,6 (21,1-227,4)	50,9 \pm 68,8 (4,6-252,0)	63,5 \pm 38,7 (4,5-138,9)	86,8 \pm 43,9 (22,3-153,4)	71,8 \pm 41,1 (10,1-144,0)
N total [†] (µg L ⁻¹)	‡	‡	‡	‡	143,1 \pm 137,4 (25,1-429,0)	139,3 \pm 108,6 (50,5-319,6)	91,7 \pm 89,1 (18,7-329,7)	189,4 \pm 189,7 (15,2-898,1)	231,6 \pm 267,8 (31,0-965,5)	189,7 \pm 158,3 (16,0-567,3)
P total (µg L ⁻¹)	42,7 \pm 19,0 (0,0-65,1)	46,9 \pm 31,1 (0,0-102,3)	50,2 \pm 14,2 (25,0-74,8)	53,6 \pm 23,8 (13,2-81,9)	4,1 \pm 3,5 (0,8-11,2)	3,0 \pm 2,6 (0,8-9,8)	4,8 \pm 4,7 (1,2-16,1)	107,1 \pm 124,5 (5,0-677,5)	106,8 \pm 52,1 (10,0-227,5)	99,2 \pm 116,3 (5,0-620,0)
Alcalinidade total (mg L ⁻¹)	38,4 \pm 1,1 (36,5-40,0)	38,2 \pm 1,4 (36,5-41,0)	38,2 \pm 0,9 (36,5-39,5)	37,5 \pm 1,0 (35,5-38,5)	36,6 \pm 5,1 (29,0-45,0)	37,6 \pm 4,0 (29,0-43,0)	37,8 \pm 3,1 (32,0-42,0)	32,3 \pm 3,1 (28,0-37,0)	32,9 \pm 4,0 (27,0-38,0)	32,8 \pm 3,0 (29,0-37,0)

[†] N Kjeldall (N amoniacal + N orgânico) + nitrito + nitrato;

[‡] dados descartados devido a problemas com as análises.

3.2. Crescimento de *M. amazonicum* em sistema de rizicarcinicultura

Na Figura 2 são apresentados os pesos médios registrados por tratamentos nas biometrias de *M. amazonicum* criados em sistema de rizicarcinicultura durante os Experimentos I, II, III. Nas tabelas 3, 4 e 5 estão os pesos médios, comprimentos finais e sobrevivências, de acordo com os tratamentos testados nos três experimentos.

No Experimento I, o menor peso médio individual final observado na despesca foi de 2,28 g no tratamento 20SR (20 camarões m⁻²) e o maior peso médio individual foi de 4,24 g, registrado no tratamento 10SR (10 camarões m⁻²). Os comprimentos médios dos animais desse experimento variaram de 6,92 a 8,01 cm, ambos no tratamento 10SR. A variação das médias das sobrevivências foi de 8,2% (20SR) a 37,7% (5SR) e esses dois tratamentos diferiram significativamente ($p < 0,05$). Não foram registradas diferenças significativas entre os pesos e comprimentos médios dos camarões cultivados nas diferentes densidades ($p > 0,05$). No Experimento II, conforme comentado no item Material e Métodos, foram considerados os dados da última biometria realizada no mês de abril de 2008 e não foram registradas as sobrevivências neste ciclo. Assim, o menor peso médio individual observado na última biometria foi de 1,44 g e o maior foi de 3,42 g, ambos registrados no tratamento 5SR. A menor média de comprimento foi de 7,04 cm, registrada no tratamento 5SR e a maior foi de 7,25 cm, no tratamento 20SR. No Experimento III, os pesos médios oscilaram entre 1,53 g (25SR) e 2,66 g (25CR). O menor comprimento médio foi de 6,1 cm (25SR) e o maior foi de 7,3 cm (25CR). As sobrevivências variaram entre 2,40 % (25SR) e 18,30% (25CR). Nenhuma dessas variáveis diferiu significativamente entre os tratamentos.

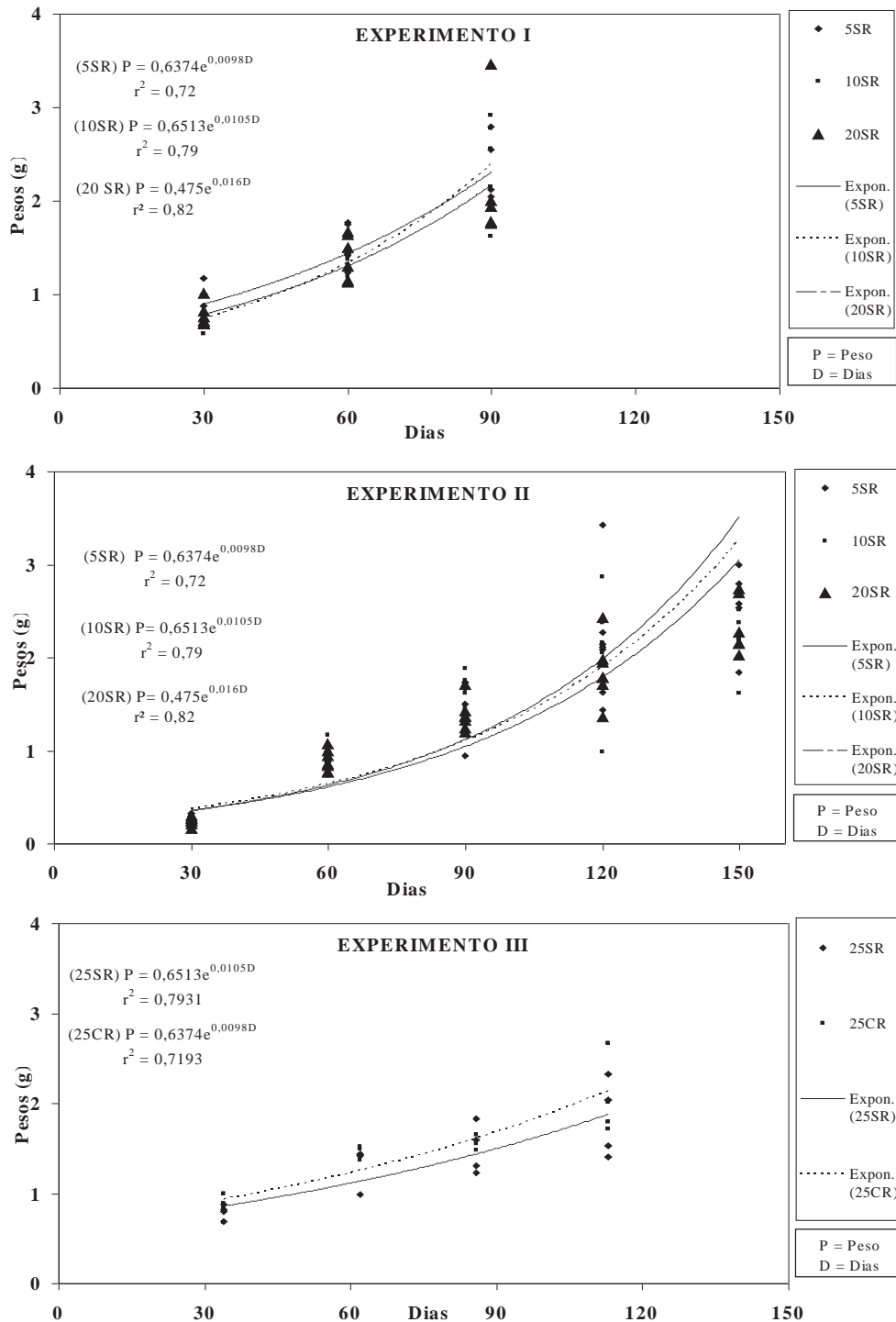


Fig. 2. Pesos médios (g) de *M. amazonicum*, registrados em biometrias mensais realizadas nos Experimentos I, II e III Experimento I – 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} Sem Ração; 10SR - densidade de 10 camarões m^{-2} Sem Ração; 20SR - densidade de 20 camarões m^{-2} Sem Ração; Experimento II – 5SR densidade de 5 camarões m^{-2} Sem Ração; 10SR - densidade de 10 camarões m^{-2} Sem Ração; 20SR - densidade de 20 camarões m^{-2} Sem Ração; Experimento III – 25SR - densidade de 25 camarões m^{-2} Sem Ração; 25CR - densidade de 25 camarões m^{-2} Com Ração.

Tabela 3 – Experimento I. Pesos médios, comprimentos médios e sobrevivências de *M. amazonicum* criado em sistema de rizicarcinicultura. 5SR = densidade de 5 camarões m⁻² Sem Ração; 10SR = densidade de 10 camarões m⁻² Sem Ração; 20SR = densidade de 20 camarões m⁻² Sem Ração.

Variáveis	Tratamentos		
	5SR	10SR	20SR
Pesos médios (g)	2,88 ± 0,44 ^a	3,31 ± 0,70 ^a	2,62 ± 0,28 ^a
Comprimentos médios (cm)	7,36 ± 0,28 ^a	7,65 ± 0,53 ^a	7,23 ± 0,27 ^a
Sobrevivências (%)	37,67 ± 13,01 ^a	15,94 ± 13,80 ^{ab}	8,22 ± 9,75 ^b

Valores com letras distintas indicam diferença estatística ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Experimento II. Pesos médios, comprimentos médios e sobrevivências de *M. amazonicum* criado em sistema de rizicarcinicultura. 5SR = densidade de 5 camarões m⁻² Sem Ração; 10SR = densidade de 10 camarões m⁻² Sem Ração; 20SR = densidade de 20 camarões m⁻² Sem Ração.

Variáveis	Tratamentos		
	5SR	10SR	20SR
Pesos médios (g)*	2,55 ± 0,44	2,32 ± 0,16	2,59 ± 0,53
Comprimentos médios (cm)*	7,04 ± 0,37	7,05 ± 0,16	7,25 ± 0,41
Sobrevivências (%)**	-	-	-

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$);

* Dados da última biometria do experimento (abril de 2008);

** Neste ciclo não foram computadas as sobrevivências devido às altas mortalidades ocasionadas por uma queda brusca de temperatura ao final do experimento.

Tabela 5 – Experimento III. Pesos médios individuais, comprimentos médios e sobrevivências de *M. amazonicum* criado em sistema de rizicarcinicultura 25SR = densidade de 25 camarões m⁻² Sem Ração; 25CR = densidade de 25 camarões m⁻² Com Ração.

Variáveis	Tratamentos	
	25SR	25CR
Pesos médios (g)	1,82 ± 0,43	2,04 ± 0,43
Comprimentos médios (cm)	6,55 ± 0,42	6,75 ± 0,39
Sobrevivências (%)	18,33 ± 26,87	11,83 ± 8,14

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$);

Nas Figuras 3, 4 e 5 são apresentados os dados referentes às classes de peso dos animais do Experimento I, II e III, respectivamente. Todos os tratamentos dos três experimentos apresentaram um padrão de distribuição próximo à normal. Nos Experimentos I e II, a classe que apresentou as maiores

frequências foi a de animais com pesos de 2,0 a 3,0 g, enquanto no Experimento III, a classe de maior frequência foi a de animais com pesos entre 1,0 e 2,0 g.

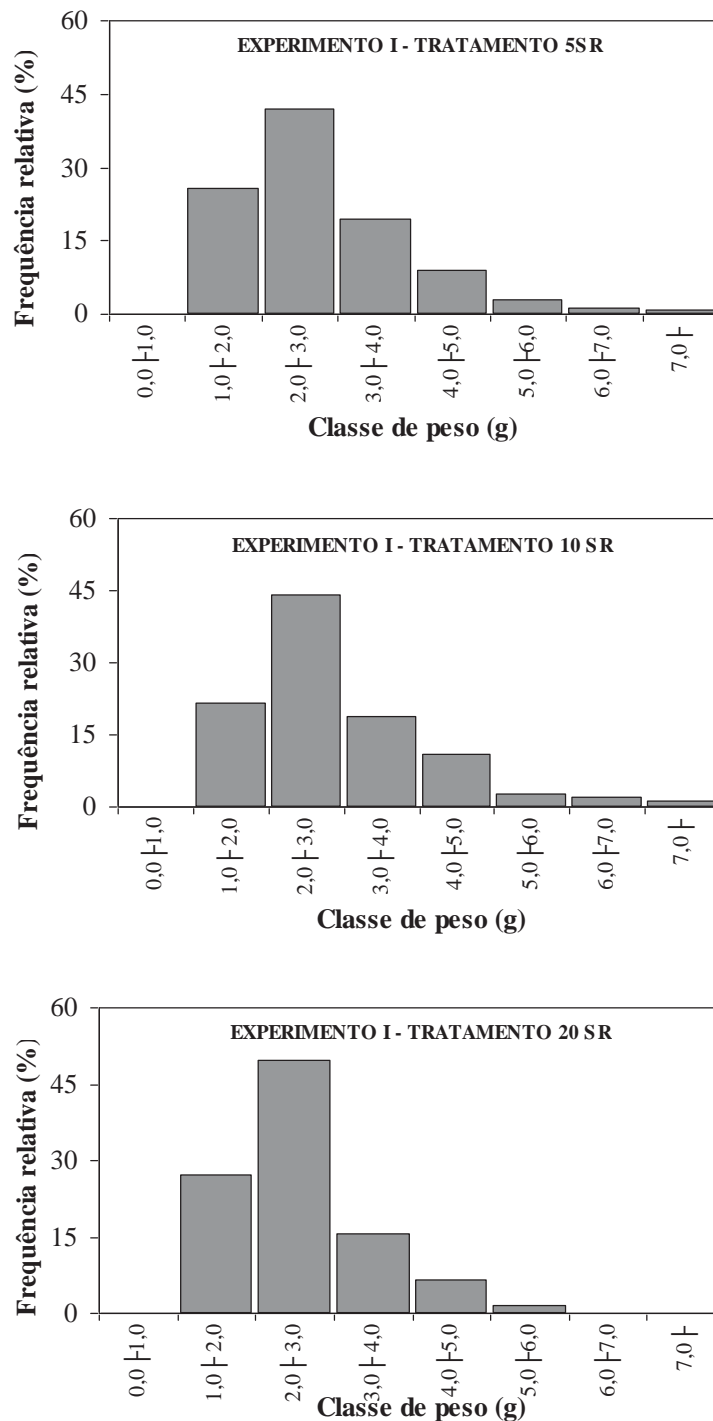


Fig.3. Frequência de animais em cada classe de peso obtidos no Experimento I. Tratamentos: 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} Sem Ração; 10SR - densidade de 10 camarões m^{-2} Sem Ração; 20SR - densidade de 20 camarões m^{-2} Sem Ração.

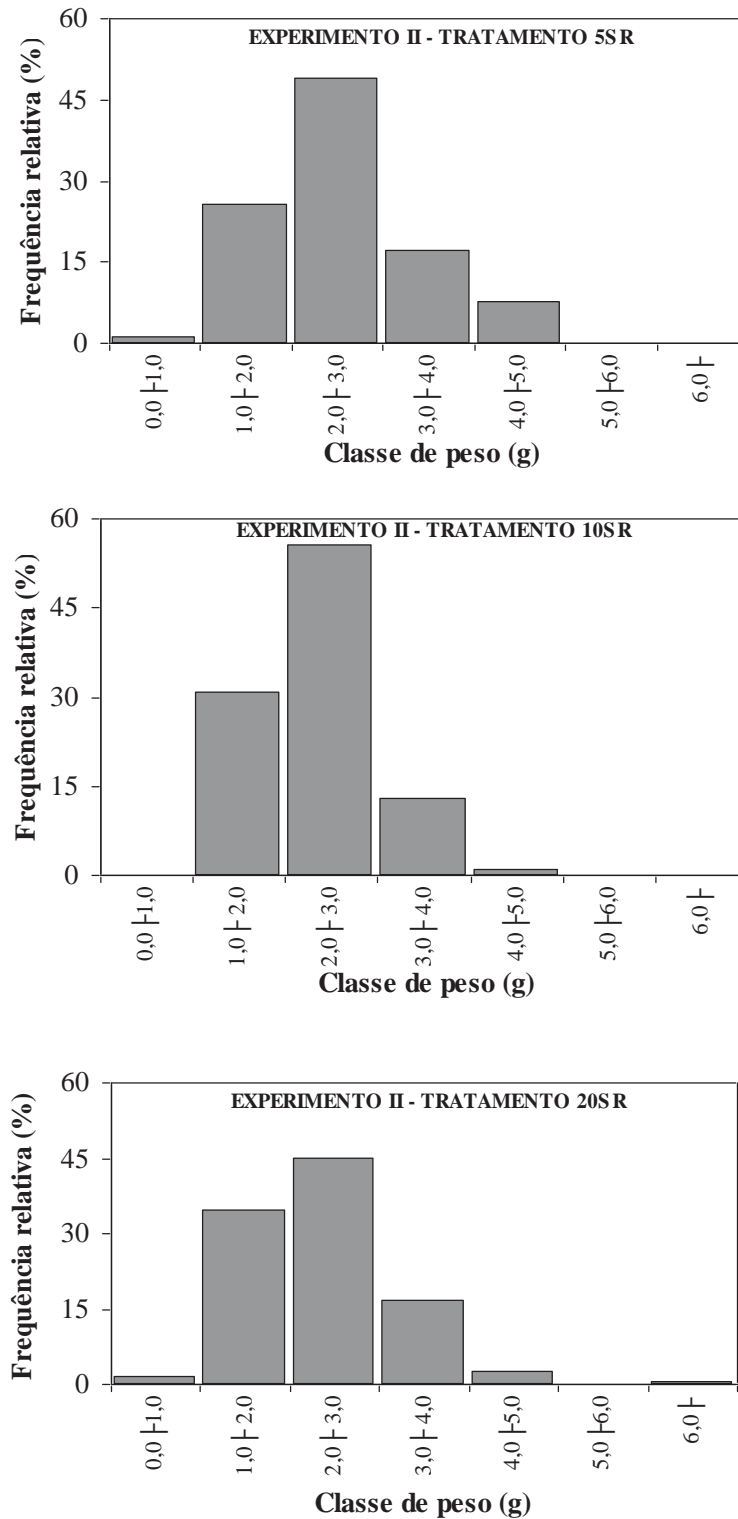


Fig.4. Frequência de animais em cada classe de peso obtidos no Experimento II. Tratamentos: 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} Sem Ração; 10SR - densidade de 10 camarões m^{-2} Sem Ração; 20SR - densidade de 20 camarões m^{-2} Sem Ração.

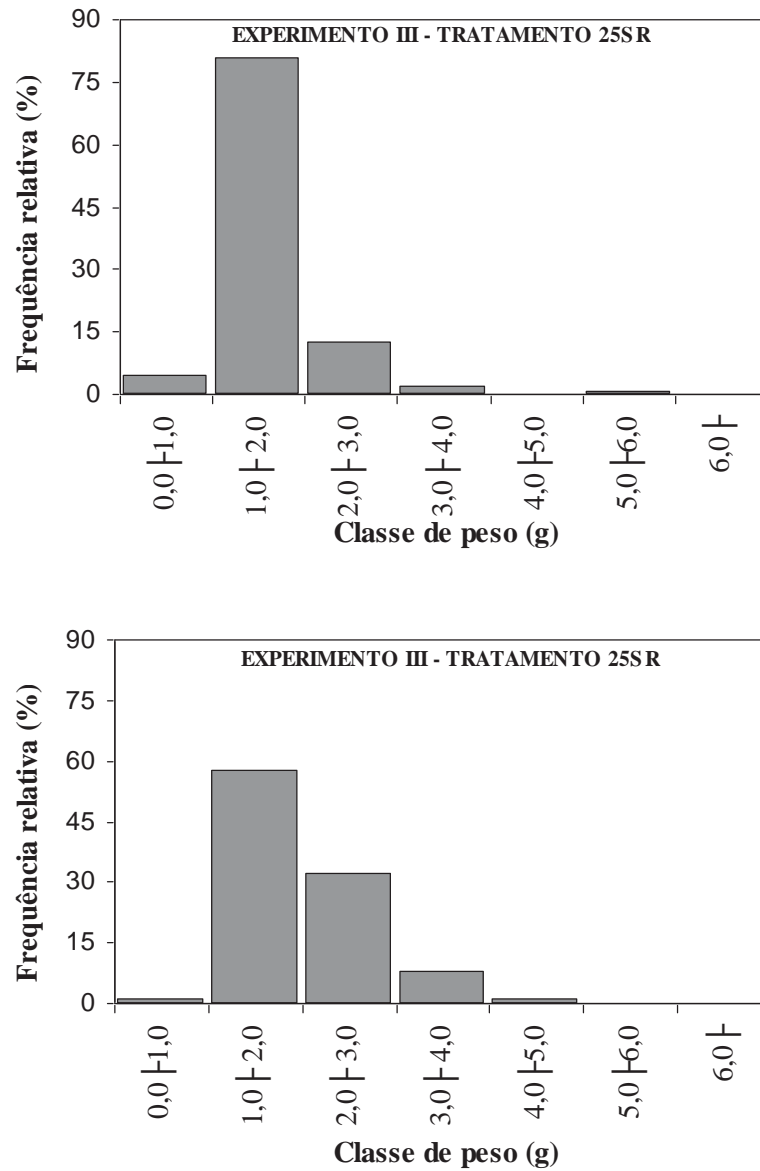


Fig.5. Frequência de animais em cada classe de peso de *M. amazonicum* criado em sistema de rizocarcinicultura obtidos no Experimento III. Tratamentos: 25SR - densidade de 25 camarões m⁻² Sem Ração; 25CR - densidade de 25 camarões m⁻² Com Ração.

3.3. Produtividade de camarão e de arroz

As produtividades médias de camarão nos Experimentos I e III variaram de 15.940 ± 13.800 camarões ha^{-1} no tratamento 10SR do Experimento I a 45.750 ± 67.175 camarões ha^{-1} do tratamento 25SR do Experimento III (Tabela 6). Conforme comentado anteriormente, no Experimento II, devido às altas mortalidades, não foram estimadas as produtividades médias.

A produtividade de arroz não foi significativamente afetada pela presença dos camarões nem pelos fatores testados em nenhum dos experimentos. As produtividades do arroz foram crescentes do primeiro para o terceiro experimento (Figura 6). Assim, as maiores produtividades foram obtidas no Experimento III e variaram nesse experimento, entre $5.154,2$ kg ha^{-1} (25CR) e $5.879,3$ kg ha^{-1} (CIII).

Tabela 6 – Produtividades médias de *M. amazonicum* (camarões ha^{-1}) por tratamento nos Experimentos I e III. Legenda dos tratamentos: 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} Sem Ração; 10SR - densidade de 10 camarões m^{-2} Sem Ração; 20SR - densidade de 20 camarões m^{-2} Sem Ração (Experimento I). 25SR - densidade de 25 camarões m^{-2} Sem Ração; 25CR - densidade de 25 camarões m^{-2} com ração (Experimento III).

Tratamentos	Produtividade (camarões ha^{-1})	
	Experimento I	Experimento III
5SR	18.835 ± 13.010	-
10SR	15.940 ± 13.800	-
20SR	16.440 ± 19.500	-
25SR	-	45.750 ± 67.175
25CR	-	29.575 ± 20.350

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$);

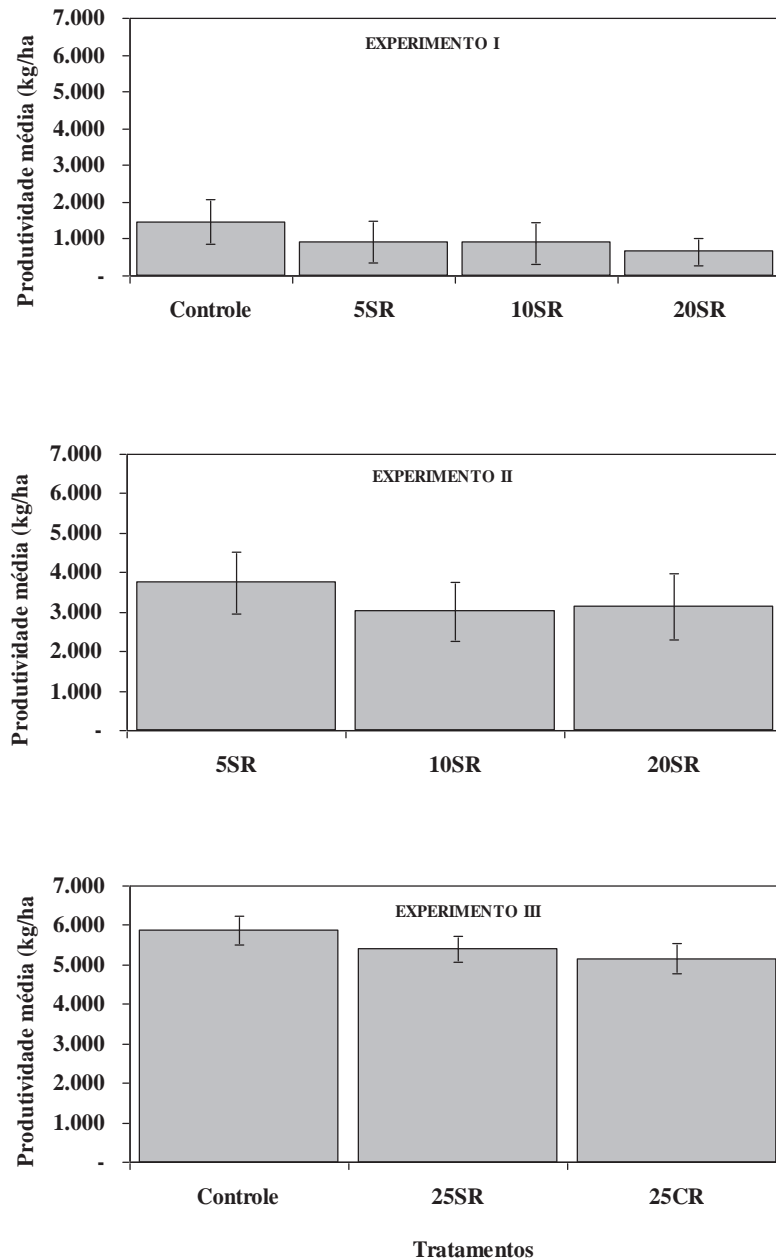


Fig. 6. Produtividades médias de arroz (kg ha^{-1}) nos Experimentos I, II e III, de acordo com os respectivos tratamentos testados. Experimento I – Controle; 5SR - densidade de 5 camarões m^{-2} Sem Ração; 10SR - densidade de 10 camarões m^{-2} Sem Ração; 20SR - densidade de 20 camarões m^{-2} Sem Ração; Experimento II – 5SR densidade de 5 camarões m^{-2} Sem Ração; 10SR - densidade de 10 camarões m^{-2} Sem Ração; 20SR - densidade de 20 camarões m^{-2} Sem Ração; Experimento III – Controle; 25SR - densidade de 25 camarões m^{-2} Sem Ração; 25CR - densidade de 25 camarões m^{-2} Com Ração.

3.4. Análise econômica

No presente estudo econômico, inicialmente foi realizada uma comparação entre duas rizicarciniculturas hipotéticas, operando com as densidades de estocagem de 5 e 25 camarões m^{-2} , constituindo os tratamentos D5 e D25, respectivamente. Nesta primeira análise, para facilitar a comparação entre os tratamentos, os custos, as receitas e os indicadores se referem apenas ao sistema de rizicarcinicultura, sem levar em conta os custos do cultivo do arroz. O investimento inicial para a implantação das rizicarciniculturas foi igual para os dois tratamentos, correspondendo a R\$ 3.976,46 ha^{-1} (Tabela 7). Os itens que mais contribuíram para esses custos foram a escavação dos canais de despesca (54%), a aquisição de uma roçadeira costal à gasolina, no valor de R\$ 499,00 (13%), adquirida com o objetivo de facilitar o controle do mato sem o uso de herbicidas, a aquisição de um cilindro de oxigênio ($1 m^3$) para a embalagem dos camarões (11%) e o custo de elaboração do projeto (5%). Todos os demais itens de investimento apresentaram participações inferiores a 5%.

A estimativa dos custos variáveis está apresentada na Tabela 8. O principal custo para os tratamentos D5 e D25 foi a aquisição de PLs, que correspondeu a 55% e 76%, respectivamente. Os demais itens que tiveram percentuais iguais ou superiores 5% foram a aquisição de sacos plásticos para a embalagem dos animais, correspondendo a 11% para o tratamento D5, 7% para o tratamento D25, as despesas com contratação de mão-de-obra eventual, nas atividades de despesca e embalagem dos camarões, com percentuais de 17% (D5) e 5% (D25) e as despesas gerais, fixadas em 5% dos custos variáveis.

Tabela 7 - Investimento total para a implantação e participação (%) dos itens dos tratamentos D5 e D25. Valores em reais (R\$). Os valores apresentados correspondem somente aos referentes a implantação dos sistemas de rizocarcinicultura, não sendo considerados os do arroz.

Itens	D5 e D25	
	R\$	%
Roçadeira costal à gasolina	499,00	13
Rede despesca 8 mm	137,00	3
Puçá malha 5 mm	145,83	4
Caixas plástica 500 L	116,53	3
Baldes 10L	4,00	0
Baldes 20L	14,50	0
Termômetros de máxima e mínima	80,00	2
Cilindro de oxigênio (1m ³)	450,00	11
Diversos	18,24	0
Canais de despesca	2.142,00	54
Filtro de brita (entrada)	120,00	3
Comportas com tela	60,00	2
Custo do projeto	189,36	5
TOTAL	3.976,46	100

Tabela 8 – Custos Variáveis Totais (CVT) e participação (%) dos itens para os tratamentos D5 e D25. Valores em reais (R\$). Os valores apresentados correspondem somente aos referentes a implantação dos sistemas de rizocarcinicultura, não sendo considerados os do arroz.

Itens	D5		D25	
	R\$	%	R\$	%
1. Insumos e materiais				
Juvenis	1.000,00	55	5.000,00	76
Combustível	42,50	2	42,50	1
Embalagens plásticas (para transporte de camarões vivos)	207,19	11	463,38	7
2. Mão-de-obra eventual				
Despesca, contagem e embalagem dos camarões vivos	307,20	17	307,20	5
3. CESSR (2,7% sobre vendas)				
	101,709	6	227,48	3
4. Despesas gerais (5% demais Custos variáveis)				
	82,93	5	302,03	5
5. Juros sobre capital circulante (6,9% a.a.)				
	67,99	4	226,72	3
CUSTO VARIÁVEL TOTAL	1.809,51	100	6.569,30	100

O Custo Fixo Total para ambos os tratamentos foi de R\$ 788,74. O Custo Total de Produção (CTP) obtido para o tratamento D25 (R\$ 7.358,04) foi mais de duas vezes e meia o valor do CT do D5 (R\$ 2.598,25). O Custo Total Médio do tratamento D5 foi de R\$ 0,14 a unidade (R\$ 140,00 o milheiro), enquanto que para o tratamento D25, este foi de R\$ 0,17 a unidade (R\$ 170,00 o milheiro). O Lucro obtido por ha para o D5 foi de R\$ 1.168,75 e para o D25, foi de R\$ 1.066,96 (Tabela 9).

O maior COE foi obtido para o tratamento D25 (R\$ 6.571,74), sendo esse valor, três vezes maior que o obtido para o D5 (R\$ 1.970,68). O COT do tratamento D25 (R\$ 6.994,13) também foi muito superior ao do tratamento D5 (R\$ 2.393,08). A receita líquida calculada para o tratamento D25 foi de R\$ 1.430,87 e, portanto, superior à do tratamento D5, que foi de R\$ 1.373,92 (Tabela 10).

Tabela 9 - Custos e Retornos anuais dos tratamentos D5 e D25. Valores em Reais (R\$). Os custos e retornos correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizicarcinicultura, não sendo considerados os valores referentes ao cultivo do arroz.

Itens	D5	D25
A. Custos		
Custo Variável Total	1.809,51	6.569,30
Custo Fixo Total	788,74	788,74
Custo Total de Produção (CT)	2.598,25	7.358,04
Custo Variável Médio (R\$/unidade) *	0,10	0,16
Custo Fixo Médio (R\$/unidade) *	0,04	0,02
Custo Total Médio (R\$/unidade) *	0,14	0,17
B. Retornos		
Receita Bruta (RB)	3.767,00	8.425,00
Lucro (RB – CT)	1.168,75	1.066,96

* Preço de venda do camarão como isca-viva: R\$ 0,20/unidade;

Nota: Cálculos efetuados segundo metodologia descrita por Shang (1990).

Tabela 10 - Custos operacionais e retornos anuais dos tratamentos dos tratamentos D5 e D25. Valores em reais (R\$). Os custos e retornos correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizicarcinicultura, não sendo considerados os valores referentes ao cultivo do arroz.

Itens	D5	D25
A. Custos		
Custo Operacional Efetivo (COE)	1.970,68	6.571,74
Depreciação anual	422,3938	422,3938
Custo Operacional Total (COT)	2.393,08	6.994,13
COE médio (R\$/unidade) *	0,10	0,16
COT médio (R\$/unidade) *	0,14	0,17
B. Retornos		
Receita Bruta (RB) *	3.767,00	8.425,00
Receita Líquida (RB - COT) *	1.373,92	1.430,87

* Preço de venda do camarão como isca-viva: R\$ 0,20/unidade;

Nota: Cálculos efetuados segundo metodologias descritas por Matsunaga *et al.* (1976) e Martins e Borba (2006).

Na Tabela 11 pode-se verificar que o fluxo de caixa acumulado do tratamento D5 foi negativo apenas até o terceiro ano, enquanto para o tratamento D25 foi negativo até o sexto ano (Tabela 12).

Tabela 11 – Fluxo de caixa do sistema de rizicarcinicultura para o tratamento D5. Valores em reais (R\$). FL (Fluxo Líquido); FLA (Fluxo Líquido Acumulado). Os valores correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizicarcinicultura, não sendo consideradas as entradas e saídas referentes ao cultivo do arroz.

Ano	Tratamento D5						
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	Valor Residual
0	0,00	-3.976,46	-2.167,75	-6.144,21	-6.144,21	-6.144,21	0,00
1	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	-4.347,90	0,00
2	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	-2.551,58	0,00
3	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	-755,26	0,00
4	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	1.041,05	0,00
5	3.767,00	-381,33	0,00	-2.352,02	1.414,98	2.456,04	0,00
6	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	4.252,35	0,00
7	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	6.048,67	0,00
8	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	7.844,99	0,00
9	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	9.641,30	0,00
10	3.767,00	-1.465,10	0,00	-3.435,79	331,21	9.972,51	0,00
11	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	11.768,83	0,00
12	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	13.565,15	0,00
13	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	15.361,46	0,00
14	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	17.157,78	0,00
15	3.767,00	-381,33	0,00	-2.352,02	1.414,98	18.572,76	0,00
16	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	20.369,08	0,00
17	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	22.165,39	0,00
18	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	23.961,71	0,00
19	3.767,00	0,00	0,00	-1.970,68	1.796,32	25.758,03	0,00
20	4.928,00***	-1.465,10	0,00	-3.435,79	3.964,07	29.722,10	1.161,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = Investimentos + Despesas Operacionais + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Tabela 12 – Fluxo de caixa do sistema de rizicarcinicultura para o tratamento D25. Valores em reais (R\$). FL = Fluxo Líquido; FLA = Fluxo Líquido Acumulado. Os valores correspondem somente aos custos da implantação e operação dos sistemas de rizicarcinicultura, não sendo consideradas as entradas e saídas referentes ao cultivo do arroz.

Ano	Tratamento D25						
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	Valor Residual
0	0,00	-3.976,46	-7.228,91	-11.205,37	-11.205,37	-11.205,37	0,00
1	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	-9.352,11	0,00
2	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	-7.498,85	0,00
3	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	-5.645,58	0,00
4	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	-3.792,32	0,00
5	8.425,00	-381,33	0,00	-6.953,07	1.471,93	-2.320,39	0,00
6	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	-467,13	0,00
7	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	1.386,13	0,00
8	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	3.239,40	0,00
9	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	5.092,66	0,00
10	8.425,00	-1.465,10	0,00	-8.036,84	388,16	5.480,82	0,00
11	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	7.334,08	0,00
12	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	9.187,34	0,00
13	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	11.040,60	0,00
14	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	12.893,87	0,00
15	8.425,00	-381,33	0,00	-6.953,07	1.471,93	14.365,80	0,00
16	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	16.219,06	0,00
17	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	18.072,32	0,00
18	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	19.925,58	0,00
19	8.425,00	0,00	0,00	-6.571,74	1.853,26	21.778,85	0,00
20	9.586,00***	-1.465,10	0,00	-8.036,84	388,16	22.167,00	1.161,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = Investimentos + Despesas Operacionais + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Os indicadores econômicos calculados para os tratamentos D5 e D25 são apresentados na Tabela 13. Pode-se observar nesta tabela, que os todos os indicadores econômicos, com exceção da RBC, foram mais favoráveis para o tratamento D5.

Tabela 13 – Indicadores econômicos para os tratamentos D5 e D25: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um fluxo de caixa de 20 anos.

Indicadores	Tratamentos	
	D5	D25
TIR (%)	27,98	15,36
VPL (R\$)	12.440,45	9.319,89
RBC (R\$)	4,67	5,16
PRC (anos)	3,42	6,25

Devido ao melhor desempenho em relação aos estudos de custo-retorno e aos indicadores econômicos, o tratamento D5 foi selecionado para a realização de novas análises, comparando-se este tratamento ao Controle (CIII). Nessas análises, foram contabilizados os custos e receitas referentes ao cultivo do arroz no tratamento D5. Observa-se que os investimentos totais para a implantação de um sistema de rizicarcinicultura a partir de um sistema de monocultivo de arroz pré-existente foram de R\$ 3.976,46 ha⁻¹ (Tabela 14). O maior custo de produção para o tratamento CIII correspondeu à aquisição de calcário e fertilizantes com 22% e para o tratamento D5 foi a compra de pós-larvas que correspondeu a 23% (Tabela 15). O custo variável total do tratamento D5 foi 1,73 vezes superior ao tratamento CIII. Os Custos Totais de Produção foram de R\$ 3.615,38 e de R\$ 6.213,63 para os tratamentos CIII e D5, respectivamente (Tabela 16). O Custo Total de Produção do tratamento CIII foi maior do que a Receita Bruta e, portanto, o lucro foi negativo. Para o tratamento D5, a receita bruta gerada pela venda dos camarões, cobriu o prejuízo do arroz e ainda produziu um lucro de R\$ 876,47. Os COE obtidos foram de R\$ 3.480,31 (CIII) e de R\$ 5.450,99 (D5), enquanto os COT foram de

R\$ 3.495,31 e de R\$ 5.888,39. A receita líquida foi positiva apenas para o tratamento D5, com um valor de R\$ 1.201,71 por hectare (Tabela 17).

Tabela 14 - Investimento total para a implantação e participação (%) dos itens do tratamento D5. Valores em reais (R\$).

Itens	Tratamento	
	D5	
	R\$	%
Roçadeira costal à gasolina	499,00	13
Rede despesca 8 mm	137,00	3
Puçá malha 5 mm	145,83	4
Caixas plástica 500 L	116,53	3
Baldes 10L	4,00	0
Baldes 20L	14,50	0
Cilindro de oxigênio (1m ³)	450,00	11
Termômetros de máxima e mínima	80,00	2
Diversos	18,24	0
Canais de despesca	2.142,00	54
Filtro de brita	120,00	3
Comportas com tela	60,00	2
Custo do projeto	189,36	5
TOTAL	3.976,46	100

Tabela 15 – Custos Variáveis Totais (CVT) e participação (%) dos itens para os tratamentos CIII (rizicultura) e D5 (rizicarcinicultura com densidade de 5 camarões m⁻²). Valores em reais (R\$). Valores em reais (R\$). Nos valores referentes ao tratamento ao D5 foram considerados os custos relativos ao cultivo do arroz.

Itens	CIII		D5	
	R\$	%	R\$	%
1. Insumos e materiais				
Ferramentas (enxadas, enxadões e foices)	360,00	15	360,00	8
Calcário e fertilizantes dos canteiros de mudas	56,70	2	56,70	1
Calcário dos tabuleiros	208,00	8	208,00	5
Fertilizantes dos tabuleiros	540,00	22	540,00	13
Sementes	200,00	8	200,00	5
Primeira adubação de cobertura - tabuleiros	121,50	5	121,50	3
Segunda adubação de cobertura - tabuleiros	121,50	5	121,50	3
Sacarias para armazenamento do arroz	121,80	5	121,80	3
Herbicidas	145,00	6	145,00	3
Pós-larvas de <i>M. amazonicun</i>	–	0	1.000,00	23
Combustível (L)	76,00	3	118,50	3
Embalagens plásticas (venda de camarões vivos)	–	0	207,19	5
2. Mão-de-obra-eventual				
Capina pré-plantio	39,11	2	39,11	1
Entaipamento	21,33	1	21,33	0
Preparo da terra e adubação dos tabuleiros	42,67	2	42,67	1
Transplante das mudas para os tabuleiros	35,56	1	35,56	1
Capinas pós-plantio	12,8	1	12,80	0
Colheita do arroz	53,33	2	53,33	1
Despesa	–	0	307,20	7
3. CESSR (2,7% sobre vendas)	89,72	4	191,43	4
4. Despesas gerais (5% demais Custos variáveis)	112,25	5	195,18	5
5. Juros sobre capital circulante (6,9% a.a.)	120,07	5	188,06	4
CUSTO VARIÁVEL TOTAL	2.477,35	100	4.286,86	100

Tabela 16 - Custos e Retornos anuais dos tratamentos CIII (rizicultura) e D5 (rizicarcinicultura com densidade de 5 camarões m⁻²). Valores em Reais (R\$). Nos valores referentes ao tratamento ao D5 foram considerados os custos e receitas relativos ao cultivo do arroz.

Itens	CIII	D5
A. Custos		
Custo Total Variável	2.477,35	4.286,86
Custo Total Fixo	1.138,04	1.926,78
Custo Total de Produção (CT)	3.615,38	6.213,63
B. Retornos		
Receita Bruta (RB) *	3.323,10	7.090,10
Lucro (RB – CT) *	-292,28	876,47

* Preço de venda do camarão como isca-viva: R\$ 0,20/unidade;
Nota: Cálculos efetuados segundo metodologia descrita por Shang (1990).

Tabela 17 - Custos operacionais e retornos anuais dos tratamentos CIII (rizicultura) e D5 (rizicarcinicultura com densidade de 5 camarões m⁻²). Valores em reais (R\$). Nos valores referentes ao tratamento ao D5 foram considerados os custos e receitas relativos ao cultivo do arroz.

Itens	CIII	D5
A. Custos		
Custo Operacional Efetivo (COE)	3.480,31	5.450,99
Depreciação anual	15,00	437,39
Custo Operacional Total (COT)	3.495,31	5.888,39
B. Retornos		
Receita Bruta (RB) *	3.323,10	7.090,10
Receita Líquida (RB – COT) *	-172,21	1.201,71

* Preço de venda do camarão como isca-viva: R\$ 0,20/unidade.
Nota: Cálculos efetuados segundo metodologias descritas por Matsunaga *et al.* (1976) e Martins e Borba (2006).

O fluxo líquido acumulado foi negativo por todo o horizonte do projeto para o tratamento CIII (Tabela 18), enquanto que no tratamento D5, este foi negativo até o sexto ano (Tabela 19). Como a receita líquida do tratamento CIII foi negativa, não foi possível calcular os indicadores de viabilidade econômica para esse tratamento. Para o tratamento D5, todos os indicadores ficaram dentro dos critérios estabelecidos como adequados neste estudo (Tabela 20).

Tabela 18 – Fluxo de caixa do sistema de rizicultura (Tratamento CIII). Valores em reais (R\$). FL (Fluxo Líquido); FLA (Fluxo Líquido Acumulado). Os valores correspondem aos custos e receitas da operação de um sistema de monocultivo de arroz pré-existente.

Ano	Tratamento CIII						
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	Valor Residual
0	0,00	0,00	-3.828,35	-3.828,35	-3.828,35	-3.828,35	0,00
1	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-3.985,56	0,00
2	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-4.142,77	0,00
3	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-4.299,98	0,00
4	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-4.457,19	0,00
5	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-4.614,40	0,00
6	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-4.771,61	0,00
7	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-4.928,82	0,00
8	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-5.086,03	0,00
9	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-5.243,24	0,00
10	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,22	-5.400,46	0,00
11	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-5.557,67	0,00
12	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-5.714,88	0,00
13	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-5.872,09	0,00
14	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-6.029,30	0,00
15	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-6.186,51	0,00
16	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-6.343,72	0,00
17	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-6.500,93	0,00
18	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-6.658,14	0,00
19	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	-157,21	-6.815,35	0,00
20	3.323,10	0,00	0,00	-3.480,31	3.671,13	-3.144,22	0,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = Investimentos + Despesas Operacionais + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Tabela 19 – Fluxo de caixa do sistema de rizicarcinicultura para o tratamento D5 (densidade de 5 camarões m⁻²). Valores em reais (R\$). FL (Fluxo Líquido); FLA (Fluxo Líquido Acumulado). Os valores correspondem aos custos da implantação e operação do sistema de rizicarcinicultura, sendo considerados os custos e receitas referentes ao cultivo do arroz deste tratamento.

Ano	Tratamento D5						
	Entradas*	Investimentos	Capital de giro	Saídas**	FL	FLA	Valor Residual
0	0,00	-3.976,46	-5.996,09	-9.972,56	-9.972,56	-9.972,56	0,00
1	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	-8.333,46	0,00
2	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	-6.694,35	0,00
3	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	-5.055,24	0,00
4	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	-3.416,14	0,00
5	7.090,10	-381,33	0,00	-5.832,33	1.257,77	-2.158,36	0,00
6	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	-519,26	0,00
7	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	1.119,85	0,00
8	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	2.758,96	0,00
9	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	4.398,06	0,00
10	7.090,10	-1465,10	0,00	-6.916,10	173,99	4.572,05	0,00
11	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	6.211,16	0,00
12	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	7.850,27	0,00
13	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	9.489,37	0,00
14	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	11.128,48	0,00
15	7.090,10	-381,33	0,00	-5.832,33	1.257,77	12.386,25	0,00
16	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	14.025,36	0,00
17	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	15.664,47	0,00
18	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	17.303,57	0,00
19	7.090,10	0,00	0,00	-5.450,99	1.639,11	18.942,68	0,00
20	8.251,10***	-1465,10	0,00	-6.916,10	1.335,00	20.277,68	1.161,00

* Entradas = Receita bruta + Valor residual;

** Saídas = Investimentos + Despesas Operacionais + Capital de Giro;

***As entradas do último ano correspondem à Receita Bruta mais o valor residual dos equipamentos utilizados no projeto.

Tabela 20 – Indicadores econômicos para o tratamento D5: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos.

Indicadores	Tratamento D5
TIR (%)	15,21
VPL (R\$)	8.247,27
RBC (R\$)	4,58
PRC (anos)	6,32

Na análise de sensibilidade, para o parâmetro custo do milheiro de PLs de *M. amazonicum*, verificou-se que todos os indicadores ficaram dentro do critério estabelecido como favorável à implantação do sistema de rizicarcinicultura (TIR > 6,9% a. a.; VPL >0; RBC > 1 e PRC < 7 anos) em todos os cenários simulados, com exceção da variação de aumento em 20% no preço do milheiro de PL, que foi de 7,4 anos (Tab. 21). Para o preço da embalagem plástica para a venda das iscas-vivas, mesmo nas variações de aumento de 10 e 20%, todos os indicadores foram favoráveis (Tab. 22). Para o preço de venda e produtividade de *M. amazonicum*, o único indicador desfavorável foi o PRC que foi superior a sete anos, somente nas variações de 10% e 20% acima do cenário-base. Por outro lado, variações de 20% acima do cenário-base desses parâmetros reduzem o PRC para um período inferior a cinco anos (Tabelas 23 e 24).

Tabela 21 – Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Capital (PRC) e Relação Benefício Custo (RBC) para o tratamento D5, de acordo com a variação de 10% e 20% acima e abaixo **do custo do milho de PLS de *M. amazonicum***. Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos.

Variação	Indicadores			
	TIR (%)	VPL (R\$)	RBC (R\$)	PRC (anos)
20% acima	12,7	5.834,95	4,03	7,41
10% acima	13,9	7.041,11	4,31	6,82
Cenário-base	15,2	8.247,27	4,58	6,32
10% abaixo	16,5	9.453,43	4,86	5,87
20% abaixo	17,9	10.659,59	5,13	5,47

Tabela 22 – Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Capital (PRC) e Relação Benefício Custo (RBC) para o tratamento D5, de acordo com a variação de 10% e 20% acima e abaixo **do preço da embalagem plástica para a venda das iscas-vivas**. Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos.

Variação	Indicadores			
	TIR (%)	VPL (R\$)	RBC (R\$)	PRC (anos)
20% acima	14,7	7.747,47	4,47	6,52
10% acima	14,9	7.997,37	4,53	6,42
Cenário-base	15,2	8.247,27	4,58	6,32
10% abaixo	15,5	8.497,17	4,64	6,22
20% abaixo	14,7	7.747,47	4,47	6,52

Tabela 23 – Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Capital (PRC) e Relação Benefício Custo (RBC) para o tratamento D5, de acordo com a variação de 10% e 20% acima e abaixo **do preço de venda de *M. amazonicum* no mercado de iscas-vivas**. Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos.

Variação	Indicadores			
	TIR (%)	VPL (R\$)	RBC (R\$)	PRC (anos)
20% acima	22,8	16.045,86	6,55	4,26
10% acima	19,0	12.146,56	5,57	5,17
Cenário-base	15,2	8.247,27	4,58	6,32
10% abaixo	11,3	4.347,98	3,60	8,12
20% abaixo	7,4	448,68	2,61	13,00

Tabela 24 – Análise de sensibilidade dos indicadores econômicos: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno do Capital (PRC) e Relação Benefício Custo (RBC) para o tratamento D5, de acordo com a variação de 10% e 20% acima e abaixo **da produtividade de *M. amazonicum***. Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos.

Variação	Indicadores			
	TIR (%)	VPL (R\$)	RBC (R\$)	PRC (anos)
20% acima	22,3	15.546,06	6,44	4,48
10% acima	18,8	11.896,67	5,51	5,24
Cenário-base	15,2	8.247,27	4,58	6,32
10% abaixo	11,6	4.597,87	3,66	7,97
20% abaixo	7,9	948,48	2,73	12,36

Os tratamentos CIII e D5 foram considerados como cenários-base para o cálculo dos indicadores econômicos das simulações dos prováveis cenários de aumento no preço de venda da saca de 50 kg de arroz, das produtividades do arroz e das taxas de sobrevivências de *M. amazonicum* (Tabelas 25, 26 e 27). De acordo com os estes cenários-base estabelecidos, pode-se verificar que, os indicadores se tornam mais atrativos a partir do aumento de 30% no preço de venda da saca (Tabela 25), de 30% de aumento na produtividade do arroz (Tabela 26) ou de 40% de taxa de sobrevivências de *M. amazonicum* (Tabela 27).

Tabela 25 – Indicadores econômicos para o tratamento CIII em cenários hipotéticos com diferentes **preços de venda da saca de 50 kg de arroz**: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. O cenário-base considerado foi o Tratamento CIII (monocultivo de arroz).

Variação	Indicadores			
	TIR (%)	VPL (R\$)	RBC (R\$)	PRC (anos)
35% acima	21,0	5820,54	2,51	4,76
30% acima	12,7	2380,74	1,62	7,88
10% acima	4,3	-1.059,07	0,72	19,17
Cenário-base	–	-4.498,87	-0,18	–

Tabela 26 – Indicadores econômicos para o tratamento CIII em cenários hipotéticos com diferentes **produtividades do arroz**: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de

Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos.

Indicadores				
Varição	TIR (%)	VPL (R\$)	RBC (R\$)	PRC (anos)
35% acima	24,53	6.790,63	2,93	5,55
30% acima	21,03	5.820,54	2,51	4,76
20% acima	12,69	2.380,74	1,62	7,88
10% acima	4,32	-1.059,07	0,72	19,17
Cenário-base	–	-4.498,87	-0,18	–

Tabela 27 – Indicadores econômicos para o tratamento D5 em cenários hipotéticos com diferentes **taxas de sobrevivências de *M. amazonicum***: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício Custo (RBC) e Período de Retorno do Capital (PRC). Indicadores calculados com base em um horizonte de 20 anos. O cenário-base considerado foi o tratamento D5, com sobrevivência de 37%.

Indicadores				
Varição	TIR (%)	VPL (R\$)	RBC (R\$)	PRC (anos)
50%	26,64	20192,33	7,62	3,65
40%	17,42	10504,53	5,16	5,60
37% (Cenário-base)	15,21	8247,27	4,58	6,32
30%	7,74	816,72	2,70	12,52
20%	–	-8.871,08	0,23	–

3.5. Indicadores de sustentabilidade do sistema de rizicarcinicultura

A menor quantidade de nitrogênio (N) utilizado em relação à produção conjunta de arroz e camarões foi obtida para o tratamento 25SR, no qual foram aplicados 0,012 kg de N para cada kg de arroz e camarões produzidos (somados), enquanto a maior quantidade de N utilizada na produção foi a do tratamento CIII (somente arroz), no qual foram necessários 0,014 kg de N para produzir 1 kg de arroz e camarões. Em relação ao fósforo (P), o maior gasto deste recurso foi obtido para o tratamento 25CR, no qual foram necessários 0,015 kg de P para produzir 1 kg de arroz e camarões. A menor quantidade de P utilizada foi a observada para o tratamento 25 SR, com 0,012 kg de P aplicados para cada kg produzido. O maior gasto de energia (En) foi verificado no tratamento 25CR, com

0,84 MJ de energia aplicado para a produção de cada kg de arroz e camarões. O maior volume de água gasto em relação às quantidade de arroz e camarão produzidos, foi obtido para o tratamento 25CR e o menor volume foi observado para o tratamento CIII. O melhor aproveitamento do espaço (E) utilizado foi obtido para o tratamento CIII e o pior para o tratamento 25CR (Tabela 28).

A quantidade de N e P recuperados na produção de arroz e de camarão foram maiores para o tratamento 25SR (19%) e menores para o tratamento CIII (15%). Em relação ao P, a eficiência na recuperação do P aplicado foi maior para o tratamento 25SR (92,5%) enquanto o menos eficiente foi o tratamento 25CR (69,8%). Quanto à energia recuperada na produção, o tratamento que apresentou o melhor indicador foi o CIII, com 32,48 MJ recuperados para cada MJ aplicado e o pior foi o 25CR, com 10,40 MJ recuperados para cada MJ aplicado (Tabela 29).

Tabela 28 – Indicadores de sustentabilidade ambiental calculados para os tratamentos C (Controle), 25SR e 25CR, de acordo com o **uso dos recursos** nitrogênio (N), fósforo (P), energia (En), água (A) e espaço (E) gastos na produção de arroz e de camarões.

Tratamentos	Recurso				
	N (kg/kg)	P (kg/kg)	En (MJ/kg)	A (m ³ /kg)	E (m ² /kg)
C III	0,014	0,014	0,26	569,36	1,70
25SR	0,012	0,013	0,34	608,63	1,82
25CR	0,013	0,015	0,84	639,89	1,91

Tabela 29 – Indicadores de sustentabilidade ambiental calculados para os tratamentos C (Controle), 25SR e 25CR, de acordo com a **eficiência do uso dos recursos** nitrogênio (N), fósforo (P) e energia (En) recuperados na produção de arroz e de camarões.

Tratamentos	Indicadores		
	N (%)	P (%)	En (MJ/MJ)
C III	15	71,2	32,48
25SR	19	92,5	24,07
25CR	16	69,8	10,40

3.6. Emissões de gás metano

Na Tabela 30 são apresentados os valores referentes às emissões do gás metano pela cultura do arroz durante o Experimento III, para os tratamentos CIII (monocultivo de arroz), 25SR (rizicarcinicultura com 25 camarões m⁻² sem ração) e 25CR (rizicarcinicultura com 25 camarões m⁻² com ração). Não foram detectadas diferenças estatísticas entre os diferentes tratamentos de um mesmo período, ou entre os mesmos tratamentos em diferentes períodos (diurno e noturno). As emissões diurnas variaram entre 0,96 e 131,03 mg CH₄ m⁻² h⁻¹ e as noturnas entre 0,24 e 50,23 CH₄ m⁻² h⁻¹.

Tabela 30 – Emissões diurnas e noturnas do gás metano (CH₄) de acordo com os tratamentos do Experimento III. Médias dos tratamentos calculadas considerando-se as somatórias das emissões difusivas e ebulitivas. Valores extremos entre parênteses. Unidade = mg CH₄ m⁻² h⁻¹.

Tratamentos	Períodos	
	Diurnas	Noturnas
C III	16,49 ± 28,81 (0,96-59,68)	2,12 ± 2,13 (0,24-5,18)
25SR	39,19 ± 31,66 (16,80-61,57)	9,70 ± 10,67 (1,53-21,77)
25CR	36,21 ± 63,31 (1,17-131,03)	25,79 ± 34,57 (1,34-50,23)

Não houve diferença estatística (p>0,05) para as medições diurnas e noturnas do mesmo tratamento;

Não houve diferença estatística (p>0,05) para os tratamentos de um mesmo período (diurno ou noturno).

3.7. Estimativa de excreção de nitrogênio

As quantidades estimadas de nitrogênio excretado pelo *M. amazonicum* criado em sistema de rizocarcincultura (Experimento III) nos tratamentos 25SR e 25CR foram de 8,33 e 6,88 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹, respectivamente, com média de 7,61 ± 1,03 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹.

4. Discussão

A cultura do arroz irrigado por inundação é cerca de três a cinco vezes mais produtiva do que a do arroz de sequeiro. Entretanto, grande quantidade de água é utilizada nesse processo. A produção de organismos aquáticos nesse ambiente multiespacial e multitrófico pode otimizar o uso dos recursos água e espaço, gerando renda extra para os rizicultores sem causar impactos expressivos ao ambiente (Valenti *et al.* 2011b). No presente estudo, pode-se observar que o camarão-da-amazônia, *M. amazonicum*, se adapta à criação em sistema integrado com a cultura do arroz irrigado por inundação e, apesar do curto período passível de ser cultivado no Estado de São Paulo, devido a restrições climáticas, atinge o porte adequado para ser comercializado como isca-viva para a pesca esportiva.

As baixas sobrevivências observadas nos três ciclos foram decorrentes do ataque de predadores (peixes e insetos aquáticos) e às condições ambientais adversas, sendo as oscilações de temperatura o fator mais importante. Por se tratar de um sistema aquícola de baixa profundidade, as oscilações térmicas diárias e mensais foram expressivas, causando altas mortalidades observadas ao final dos cultivos. Em outro experimento, realizado com a espécie *M. rosenbergii* entre os anos de 2008 e 2009 na mesma área (Capítulo 2), foram obtidas sobrevivências em torno de 50%, pois as temperaturas máximas e mínimas foram mais amenas durante todo o cultivo e houve um controle mais eficiente de predadores (observação pessoal), favorecendo um melhor desempenho dessa espécie. Assim, pode-se inferir que, em condições ambientais mais adequadas, sobrevivências maiores que as relatadas no presente estudo também podem ser

obtidas para a espécie *M. amazonicum*. Para a verificação dessa hipótese, entretanto, são necessários, novos estudos sobre alternativas de manejo, como por exemplo, o aumento da profundidade e a colocação de abrigos ou substratos nos canais de despesca, visando a diminuição das oscilações de temperatura e maior proteção aos camarões nesses refúgios.

O peso médio atingido pelos camarões em cerca de quatro meses de cultivo, foi próximo ao obtido por Kimpara *et al.* (2011) para *M. amazonicum* criado em sistema de monocultivo durante 5 meses. Estes autores obtiveram animais com pesos médios variando entre 3.37 ± 0.25 g e 4.03 ± 0.40 g para a densidade de estocagem de 40 camarões m^{-2} . O tratamento 10SR do Experimento II (Fig. 3B) foi o que apresentou a maior frequência de animais com peso na faixa adequada para a comercialização como iscas, ou seja, entre 2,0g e 3,0g (55,6%). Entretanto, deve-se levar em consideração que este experimento apresentou alta mortalidade e esse fato pode ter influenciado as frequências das classes de peso.

Pode-se verificar uma produção crescente de arroz a partir do primeiro, até o terceiro experimento. Isso pode ser devido ao fato da área experimental ter ficado inativa por alguns anos e, conseqüentemente, foi infestada por plantas invasoras, o que prejudicou a produção do primeiro ano. Posteriormente, com a implantação do experimento, houve um controle mais eficiente das plantas invasoras e também realizou-se a restrição do acesso das aves, que se alimentavam dos grãos de arroz, por meio da colocação de telas antipássaros. Em áreas maiores que as utilizadas neste estudo, os danos causados por aves tendem a ser menores e mais localizados (em reboleiras). O controle das plantas invasoras, entretanto, pode ser mais difícil em áreas maiores. Neste estudo, principalmente no último ciclo, verificou-se que a capina seguida pela inundação dos tabuleiros pode ser um método cultural eficiente de controle do mato, dispensando o uso de herbicidas.

A análise dos indicadores econômicos calculados do tratamento Controle (monocultivo de arroz) indica que a rizicultura atualmente é inviável na região estudada do ponto de vista econômico. Por outro lado, os indicadores obtidos para o tratamento D5 (5 camarões m^{-2}), demonstram que a implantação do sistema de rizicultura é viável e gera bons retornos financeiros, podendo

reduzir o prejuízo ou até viabilizar economicamente a atividade de rizicultura. Em países asiáticos, nos quais os sistemas de integração agricultura e aquicultura são bastante difundidos, normalmente são obtidos incrementos de renda variáveis de 10 a 85% quando a rizicarcinicultura com a espécie *M. rosenbergii* é instalada em substituição aos monocultivos de arroz (Kurup e Ranjeet, 2002; Mishra e Mohanty, 2004; Mohanty *et al.*, 2004; Giap *et al.*, 2005; Lan e Micha, 2006; Phuong *et al.*, 2006; Kunda *et al.*, 2008; Mohanty, 2010). No presente estudo, esses incrementos atingiram percentuais superiores a 100%, apesar das baixas sobrevivências.

Embora as sobrevivências observadas no presente estudo tenham sido baixas em relação aos trabalhos acima mencionados, os indicadores econômicos obtidos são compatíveis e até superiores aos relatados por aqueles autores. A principal razão para esse bom desempenho é o alto valor obtido pelo camarão no mercado de iscas-vivas destinadas ao segmento de pesca esportiva. Provavelmente, de acordo com a estratégia de marketing adotada pelo produtor, o valor da unidade de *M. amazonicum*, pode atingir valores superiores aos aqui apresentados. Essa situação de valorização de preços das iscas-vivas pode ocorrer no período do defeso, quando a pesca de espécies de peixes nativos (usados como iscas) é proibida no Estado de São Paulo, mas a pesca esportiva de espécies exóticas, como o Tucunaré e a Corvina de água doce, são permitidas. O *M. amazonicum* proveniente de criações comerciais pode ser uma boa opção para a pesca dessas espécies. No Estado de São Paulo, o período de seca geralmente ocorre a partir dos meses de abril e maio e se estende até setembro e outubro. Nessa ocasião torna-se mais difícil encontrar camarões de água doce no ambiente natural. O início desse período de estiagem coincide com o recomendado para a despesca dos camarões em São Paulo, o que também pode ser uma possibilidade de se obter preços mais altos do que os aqui estabelecidos para a comercialização do *M. amazonicum*.

Nas análises de sensibilidade, as variações do custo do milheiro de PLs de *M. amazonicum* e do preço da embalagem plástica para a venda das iscas-vivas não tem influência expressiva nos indicadores de viabilidade econômica para o tratamento D5, pois, mesmo nas variações de 10 e 20% acima do valor-base dos preços desses insumos, os indicadores de viabilidade financeira permanecem

favoráveis. As análises de sensibilidade também demonstraram que, um aumento de 20% no preço de venda dos camarões pode praticamente dobrar o VPL, (de R\$ 8.247,27 para R\$ 16.045,86) e reduzir o PRC de 6,3 para 4,3 anos. Por outro lado, uma queda de 20% no preço de comercialização pode aumentar o PRC para 13 anos, tornando a atividade pouco atrativa. Esse fato demonstra como a estratégia de marketing e de comercialização são importantes no sucesso da atividade.

O aumento ou a diminuição das produtividades também tem grande influência na viabilidade econômica do sistema. Assim, uma diminuição de 20% em relação ao valor adotado como base para a produtividade, torna inviável o empreendimento, pois o PRC obtido se torna maior do que o estipulado como viável neste trabalho. Entretanto, nesse cenário, os demais indicadores foram satisfatórios e o período considerado aceitável pelo produtor para obter o retorno do capital investido pode ser maior do que o estabelecido neste estudo. Ressalta-se que as produtividades obtidas neste trabalho foram baixas devido à problemas ambientais e ao ataque de predadores. Provavelmente, em condições ambientais mais favoráveis e com um melhor controle dos predadores, pode ser atingida maior produtividade, melhorando os indicadores econômicos para o sistema de rizicarcinicultura com *M. amazonicum*. Assim, caso fossem obtidas sobrevivências de 50% para o tratamento D5, a TIR passaria de 15,21 (cenário-base) para 26,64%, o VPL de R\$ 8.247,27 para R\$ 20.192,33 e a RBC de 4,58% para 7,62% e o PRC de 6,3 para 3,7 anos. As simulações realizadas para os cenários de variações nos preços de venda ou na produtividade do arroz indicaram que, um aumento de 30% em qualquer um desses itens pode viabilizar o monocultivo de arroz. Nesses cenários prováveis, os indicadores econômicos do tratamento D5 teriam uma expressiva melhora, tornando o investimento na rizicarcinicultura ainda mais atrativo.

Os indicadores ambientais relativos ao uso dos recursos nitrogênio, fósforo e energia foram mais favoráveis para a rizicarcinicultura sem uso de ração em relação à rizicarcinicultura com ração. Segundo Boyd *et al.* (2007), a maior parte da ração utilizada na aquicultura não é aproveitada pelos organismos-alvo e se torna material poluente ou é incorporada à biota dos tanques. Provavelmente esses recursos presentes na ração não foram totalmente transformados em

biomassa de arroz e camarão, tornando assim, os valores dos indicadores calculados para o tratamento 25CR maiores e, portanto menos favoráveis do que os do tratamento 25SR. O indicador de uso dos recursos calculado para o N, foi maior para o tratamento CIII, provavelmente porque a área considerada neste tratamento foi 17% maior que os demais. Este resultado indica que é recomendável a utilização de canais de despesca menores do que os aqui considerados (17% da área total), com o objetivo de reduzir a perda de área de produção do arroz e, conseqüentemente, melhorar este indicador de uso dos recursos.

O maior volume de água utilizado em relação às quantidade de arroz e camarão produzidos, no tratamento 25CR, foi devido à menor produção nesse tratamento. O inverso dessa situação ocorreu com o tratamento CIII, que apresentou a maior produção de arroz em função da área superior aos demais, tornando assim, o valor calculado para esse indicador menor e, conseqüentemente, mais favorável. O melhor aproveitamento do espaço (E) utilizado obtido para o tratamento CIII e o pior para o tratamento 25CR também podem ser explicados pelos mesmos motivos acima descritos para o uso da água, ou seja, a maior produção do tratamento CIII condicionou uma diminuição do valor do indicador.

A quantidade de nitrogênio e de fósforo recuperados na produção conjunta de arroz e de camarão foram maiores para o tratamento 25SR e menores para o tratamento CIII, pois a produção conjunta de arroz e camarão do primeiro condicionou um valor mais alto do indicador em relação ao segundo. Esses resultados indicam que os sistemas integrados são mais eficientes e, portanto, mais sustentáveis em relação aos monocultivos. Quanto à energia recuperada na produção, o tratamento que apresentou o melhor indicador foi o CIII e o pior foi o 25CR, pelos mesmos motivos expostos anteriormente para os demais indicadores. A eficiência de recuperação de energia foi elevada para todos os tratamentos, o que indica que o sistema está retirando energia da luz do sol. Deve-se considerar que em condições ambientais mais favoráveis, provavelmente, seriam obtidas maiores sobrevivências, melhorando os indicadores destes tratamentos.

Os dados sobre emissões diurnas e noturnas de metano no Experimento III mostraram uma grande variabilidade dentro dos mesmos tratamentos. Isso dificultou a obtenção de diferenças estatisticamente significativas. Assim, não podemos afirmar que não houve influência da presença de camarões sobre essas emissões. Frei *et al.* (2006), associam as maiores emissões de metano por eles observadas nos sistema de rizipiscicultura (médias de 32 a 37 mg m⁻² h⁻¹) em relação aos monocultivos de arroz (média de 20 mg m⁻² h⁻¹), à redução dos teores de oxigênio na região próxima das raízes devido à respiração dos peixes. No presente estudo talvez isso não tenha ocorrido devido à baixa biomassa de camarões produzida. Entretanto, esse fato ressalta os riscos da intensificação dos sistemas de rizicarcinicultura por meio da utilização de maiores densidades de estocagem e do uso de rações, que podem reduzir a sustentabilidade ambiental devido à maior produção de gases do efeito estufa.

Medidas diárias de emissão de metano mostram forte correlação positiva com o fator temperatura, sendo por isso, menores no período noturno, quando as temperaturas são mais baixas (Sass *et al.*, 1991). Embora todas as médias diurnas aqui obtidas tenham sido maiores que as noturnas para os tratamentos estudados, também não foram observadas diferenças significativas entre as os dois períodos de coleta. Porém deve-se levar em consideração que a grande variação característica dos dados dessa natureza, pode ter dificultado a detecção de diferenças estatísticas entre os tratamentos.

A estimativa de excreção de nitrogênio pelo *M. amazonicum* criado no sistema de rizicarcinicultura indicaram quantidades expressivas eliminadas na água de cultivo, correspondendo a de 7,61 ± 1,03 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ (média dos tratamentos 25SR e 25CR). Este valor correspondeu a 11,7 % do total que foi aplicado na cultura do arroz (adubação de plantio e de cobertura). Nos sistemas rotacionais de rizicarcinicultura e rizipiscicultura, a excreção e o revolvimento proporcionados pelos peixes e camarões mantém a terra limpa, fertilizada e pronta para o plantio ou transplante do arroz da próxima safra (Kurup e Ranjeet, 2002). Giap *et al* (2005) que estudaram os efeitos de diferentes manejos de fertilização e de arraçamento sobre a produção do arroz e de *M. rosenbergii* em sistema de rizicarcinicultura simultâneo, verificaram que a produção de arroz foi significativamente superior nos tratamentos que continham camarões em relação

ao tratamento sem camarões (monocultivo de arroz). Embora, no Experimento III, as produções de arroz obtidas nos tratamentos que continham camarões não tenham diferido significativamente do tratamento controle, a quantidade estimada de nitrogênio eliminado na excreção dos animais pode significar a possibilidade de redução da quantidade de nitrogênio a ser aplicado nas adubações do arroz. Portanto, são necessários novos estudos para a confirmação do potencial de fertilização da cultura do arroz pela excreção e também pelas fezes dos camarões.

Concluindo, os resultados obtidos mostram que *M. amazonicum*, criado em sistema integrado simultâneo com a cultura do arroz na região nordeste paulista, em densidade de 5 camarões m⁻², sem uso de ração apresenta um desenvolvimento adequado para ser comercializado como isca-viva no mercado de pesca esportiva. Isso pode viabilizar a cultura do arroz na região e provavelmente em outros locais do Estado de São Paulo. A análise dos indicadores de sustentabilidade ambiental sugere que as dimensões dos canais de despesca devem ser reduzidas ao mínimo para evitar a redução na produção do arroz, o que reduz o uso eficiente dos recursos. Conclui-se também, que a excreção dos camarões pode possibilitar a redução do uso de adubos químicos na cultura do arroz.

5. Referências

- APHA, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, DC, 20th ed.
- Arana, L.V. 1999. Aquicultura e desenvolvimento sustentável. Florianópolis, Editora da UFSC. 310p.
- Boyd C.E., Tucker C.S., McNevin A., Bostick, K. and Clay, J. (2007) Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15: 327-360.
- Bialetzki, A., Nakatani, K., Baumgartner, G., Bond-Buckup, G. (1997) Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) In: Leopoldo's Inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Paraná river, Porto Rico, Paraná, *Brasil. Rev Bras Zool.*, 14:379–390.
- Coelho, P.A. e Ramos-Porto, M.R. (1985). Camarões de água doce do Brasil: distribuição geográfica. *Rev Bras Zool.*, 2:405–410.
- EAS 2005. Defining indicators for sustainable aquaculture development in Europe. European Community (<http://www.euraquaculture.info/>, acessado em 27 de junho de 2009).
- EVAD 2008. Guide to the co-construction of sustainable development indicators in aquaculture. Cirad, Ifremer, INRA, IRD, UM1, Montpellier. 144 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. FIGIS – Fisheries Statistics – Aquaculture (obtido via internet, <http://www.fao.org>).
- Frei, M. and Becker, K. 2005. Integrated rice–fish production and methane emission under greenhouse conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107: 51–56.
- Giap, D.H, Yi,Y. and Lin, C.K. 2005. Effects of different fertilization and feeding regimes on the production of integrated farming of rice and prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Aquaculture Research*, 36: 292-299.

- Hung, L.T. 2001. Rice-prawn and rice-shrimp culture in coastal areas of Viet Nam. In: Jolly, C.M. and Clonts, H.A. 1993. *Economics of aquaculture*. New York, Food Products Press, 319 p.
- Kimpara, J.M., Rosa, F.R.T., Preto, B.L. and Valenti, W.C. 2011. Limnology of *Macrobrachium amazonicum* grow-out ponds subject to high inflow of nutrient-rich water and different stocking and harvest management. *Aquaculture Research*, 42: 1289 - 1297.
- Kunda, M., Azim, M.E., Wahab, A.M., Dewan, S., Roos, N. and Thilsted, S.H. 2008. Potential of mixed culture of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and self-recruiting small species mola (*Amblypharyngodon mola*) in rotational rice/fish/prawn culture systems in Bangladesh. *Aquaculture Research*, 39: 506-517.
- Kurup, B.M. and Ranjeet, K. 2002. Integration of freshwater prawn culture with rice farming in Kuttanad, India, *Naga World Fish Center Quarterly*, 25: 3 - 4.
- Kutty, M.N., Herman, F., Menn, H.L., 2000. Culture of other prawn species. In: New, M.B. Valenti, W.C. (Eds.), *Freshwater Prawn Farming: The Farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science Ltd, Oxford, 393–410.
- Lan, M.L., Long and D.N., Micha, J.C. 2006. The effects of densities and feed types on the production of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in the rotational rice–prawn system. *Aquaculture Research*, 37: 1297-1304.
- Magdalena, F.M. Avaliação das Características Fisiológicas do Camarão *Macrobrachium amazonicum* Mantido em Viveiros de Rizicultura, 2011. 26 p. Trabalho de conclusão de curso (Ciências Biológicas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
- Matvienko, B., Sikar, E., Pinguelli Rosa, L., dos Santos, M.A., de Filippo, R. and Cimblaris, A.C.P. 2000. Gas release from a reservoir in the filling stage. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27: 1415-1419.
- Mello, R. Análise energética de agroecossistemas: o caso de Santa Catarina. Florianópolis, 1986. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) –

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

- Mishra, A. and Mohanty, R.K. 2004. Productivity enhancement through rice–fish farming using a two-stage rainwater conservation technique. *Agricultural Water Management*, 67: 119–131.
- Mohanty, R.K., Verma, H.N. and Brahmanand, P.S. 2004. Performance evaluation of rice–fish integration system in rainfed medium land ecosystem. *Aquaculture*, 230: 125–135.
- Mohanty, R.K. 2010. Impact of phased harvesting on population structure, feed intake pattern and growth performance of *Macrobrachium rosenbergii* DeMan (giant freshwater prawn) in polyculture with carps in concurrent rice–fish culture. *Aquacult Int.*, 18: 523–537.
- Moraes-Riodades, P.M.C. and Valenti, W.C. (2004). Morphotypes in male Amazon River prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture* 236: 297–307.
- Moraes-Valenti, P., Morais, P.A., Preto, B.L and Valenti, W.C. 2010 Effect of density on population development in the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Aquatic Biology*. 9: 291-301.
- New, M.B. and Valenti, W.C. 2000. Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science Ltd., Oxford, London. 443 p.
- New, M.B. 2010. History and global status of freshwater prawn farming. In: NEW, M.B.; Valenti, W.C., Tidwell, J.H., D’Abramo, L.R. and Kutty, M.N. (Eds.). *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford, England. 560 pp.
- Pettovello A.D. (1996) First record of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae) in Argentina. *Crustaceana*, 69: 113–114
- Phuong, N.T., Hai, T.N., Hien, T.T.T., Bui, T.V., Huong, D.T.T.; Son, V.N., Morooka, Y., Fukuda, Y. and Wilder, M. 2006. Current status of freshwater prawn culture in Vietnam and the development and transfer of seedproduction technology. *Fisheries Science*, 72: 1–12.

- SASS, R.L., Fisher, F.M., Turner, F.T., Jund, M.F., 1991. Methane emission from rice fields as influenced by solar radiation, temperature, and straw incorporation. *Global Biogeochemical cycles*, 5: 4.
- Shang, Y. C. 1990. Aquaculture Economic Analysis: An Introduction. Baton Rouge, *The World Aquaculture Society*, 211 p.
- Silva, K.C.A., Souza, R.A.L., Cintra, I.H.A. (2002a). Camarão-cascudo *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no município de Vigia-Pará- Brasil. *Bol Téc Cient CEPNOR*, 2: 41–73.
- Silva, K.C.A., Souza, R.A.L., Cintra I.H.A. (2002b). Espécies de camarões capturadas em áreas estuarinas no município de Vigia – Pará – Brasil. *Bol Téc Cient CEPNOR*, 2: 81–96.
- Sperandio, L.M. 2004. Transporte de pós-larvas e juvenis de camarões de água doce. Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal. Dissertação de Mestrado. 51 p.
- Valenti, W.C. 2000. Aquaculture for sustainable development. In: Valenti, W. C.; Poli, C. R.; Pereira, J.A.; Borghetti, J. R. (eds.) *Aquicultura no Brasil: Bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília, CNPq/MCT. p. 17-24.
- Valenti, W.C. 2002. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões-de-água-doce. In: Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 12º, Goiânia, Anais... p. 99-106.
- Valenti, W.C. 2008. A aqüicultura Brasileira é sustentável? Palestra apresentada durante o IV Seminário Internacional de Aqüicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair, 2008. Florianópolis, 13-15 de maio de 2008. p. 1-11.
- Valenti, W.C., Hayd, L.A., Vetorelli, M.P. and Martins, M.I.E.G. 2011a. Economic analysis of amazon river prawn farming to the markets for live bait and juveniles in pantanal, Brazil. *Bol. Inst. Pesca*, 37(2): 165 – 176.
- Valenti, W.C., Kimpara, J.M., Preto, B.L. 2011b. Measuring aquaculture sustainability. *World Aquaculture*. September: 26 – 29.

- Vetorelli, M.P. 2004. Viabilidade técnica e econômica do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em diferentes densidades de estocagem. Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal. Dissertação de Mestrado. 84p
- Walter, M. 2009. Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS. Tese de Doutorado. 119 p.
- Williams, D., Reshad A. and Francisco N. 2004. Integrated rice/fish/prawn system in Bangladesh. Paper presented at the international Conference on “Sustainable Aquatic Resources are more than Managing Fish” The Ecosystem Approach in Inland Fisheries and Role of intra-country linkages. Penang, Malaysia, January 12-16, 2004 . (obtido via internet, //www.gnaec.org/pdf).
- Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstra que a rizicarcinicultura pode ser uma atividade viável técnica e economicamente na região nordeste do Estado de São Paulo, tanto para a espécie *M. rosenbergii* quanto para *M. amazonicum* e que os camarões não precisam receber alimentação alóctone e não prejudicam a produção do arroz. No Capítulo 2, observou-se que os camarões (*M. rosenbergii*) atingiram o tamanho comercial (superior a 20 g) e apresentaram produção compatível com as de outros países, não havendo necessidade do uso de ração comercial. No Capítulo 3, verificou-se que, apesar da grande instabilidade do sistema, a rizicarcinicultura com *M. rosenbergii* na densidade de 2 camarões m⁻², sem uso de ração pode viabilizar o cultivo do arroz sem subsídios governamentais. Portanto, a rizicarcinicultura aumenta a sustentabilidade econômica do monocultivo de arroz e a sustentabilidade ambiental do monocultivo de camarões.

Os resultados obtidos no Capítulo 4 mostram que o *M. amazonicum*, criado em sistema integrado simultâneo com a cultura do arroz na região nordeste paulista, apresentou um desenvolvimento adequado para ser comercializado como isca-viva no mercado de pesca esportiva. As análises econômicas indicam que a densidade de 5 camarões m⁻², sem uso de ração produz bons lucros, podendo viabilizar a cultura do arroz na região. A análise dos indicadores de sustentabilidade ambiental sugere que as dimensões dos canais de despesca devem ser menores do que a utilizada neste estudo (17% da área total). Os resultados também indicam que, devido à fertilização promovida pelos camarões, existe a possibilidade de redução da aplicação de adubos químicos na cultura do arroz. A liberação de metano nos tabuleiros de rizicultura ou de rizicarcinicultura é bastante variável, por isso, outros estudos precisam ser realizados para avaliar se a presença dos camarões nos tabuleiros afeta a produção desse gás.

Concluindo, a rizicarcinicultura pode ser uma alternativa importante para a produção de camarões sem o uso de ração e sem o aumento do uso de área, possibilitando a manutenção dos rizicultores nessa atividade prioritária para a segurança alimentar no Brasil, sem subsídios governamentais, mesmo nos períodos em que o preço do arroz está abaixo do custo de produção.