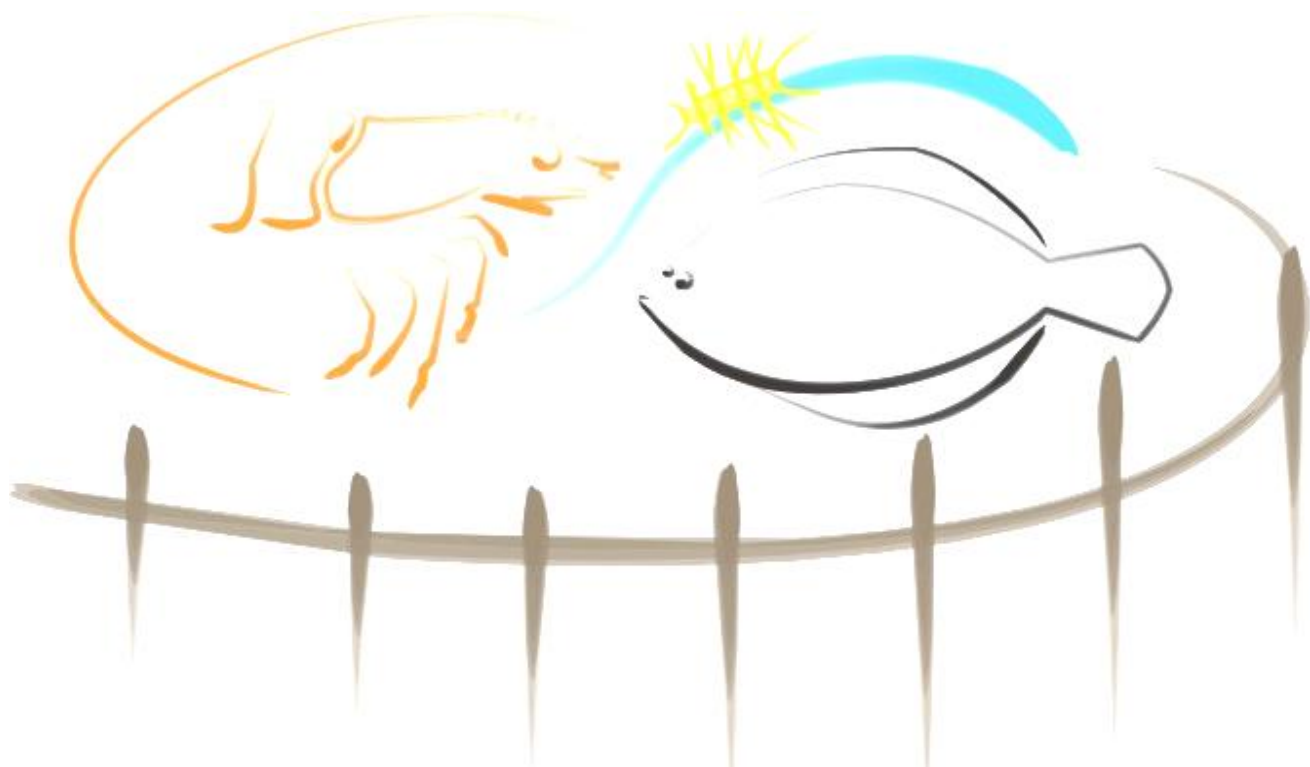




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG

INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**EFEITOS DA SALINIDADE EM PARÂMETROS
OSMOREGULATÓRIOS DO BIJUPIRÁ *Rachycentron canadum***

IVANILDO DE OLIVEIRA SILVA

RIO GRANDE-RS

2016

Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Instituto de Oceanografia
Programa de Pós-Graduação em Aquicultura

**EFEITOS DA SALINIDADE EM PARÂMETROS
OSMOREGULATÓRIOS DO BIJUPIRÁ *Rachycentron canadum***

Ivanildo de Oliveira Silva

Dissertação apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura
no Programa de Pós Graduação em Aquicultura da
Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Orientador: Dr. Luís André Sampaio

Co-orientador: Dr. Ricardo Vieira Rodrigues

Rio Grande -RS- Brasil

Agosto, 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

ATA DE APROVAÇÃO

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO	VI
DEDICATÓRIA	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 - DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	10
1.2 - EFEITO DA SALINIDADE EM PEIXES	10
1.3 - DETERMINAÇÃO DO PONTO ISOSMÓTICO E ISOIÔNICO	12
1.4 - EFEITOS DA SALINIDADE NO BIJUPIRÁ.....	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 - OBJETIVO GERAL	14
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 - SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO	15
3.2 - COLETA MATERIAL BIOLÓGICO	16
3.3 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	16
3.4 - ANÁLISES HISTOLÓGICAS	17
3.5 - ANÁLISES DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS	17
3.6 - DETERMINAÇÃO DOS ÍONS	17
3.7 - ANÁLISES PROXIMAIS.....	18
3.8 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS	18
4. RESULTADOS	18
5. DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÕES.....	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por ter me concedido a vida e saúde para poder traçar meu caminho.

Aos meus pais pelos exemplos de vida e o apoio constante em minha jornada acadêmica, sem eles não teria sentido lutar e chegar até onde cheguei. Aos meus irmãos que mesmo distante me apoiaram e incentivaram.

Ao Prof. José Carlos Pacheco dos Santos, pelo apóio durante o período do meu curso de graduação e Pós-Graduação.

A todos os amigos, amigas e colegas riograndinos ou de outras localidades que estiveram comigo durante período de Mestrado e em outros momentos na minha vida, entre elas: Janaína Pedron, Rafael Medeiros, Ricardo Rodrigues, Diogo Alcântara, Daniela Lemes, Andreline Mendonça, Cristiano Ferreira, Jéssica Teske, Bianca Lopez, Mário Davi, Marcelo Okamoto, Atila Clívea Martins, que me auxiliaram e que de alguma maneira e me ajudaram a estar aqui hoje.

A todas as pessoas que moram e que passaram pelo ALOJAMENTO no qual passei alguns momentos de convivência.

A todos as pessoas que fazem e que fizeram parte da equipe do Laboratório de Operações Aquáticas e Aquicultura - LOAA, Tiago Hilário, Diego Nogueira, Jannelson Barbosa, Adriano Leles, Hébio Carvalho, Lucas Comassetto e Raquel Ventura.

A cidade de Rio Grande, a FURG e Estação Marinha de Aquicultura pelo acolhimento durante esta experiência.

Em especial aos Professores Dr. Luis André Nassr de Sampaio e Ricardo Vieira Rodrigues pelo imenso apoio e por aceitarem orientar e co-orientar este trabalho.

A todo corpo docente, técnico e discente do Programa de Pós Graduação em Aquicultura, por todos os ensinamentos e entre outras contribuições para este trabalho.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmãos pela dedicação e incentivo para continuar em busca dos meus objetivos.

RESUMO

O bijupirá *Rachycentron canadum* é a única espécie de peixe marinho que vem sendo produzida comercialmente no Brasil. A salinidade pode influenciar no desenvolvimento e crescimento de peixes teleósteos e afetar seus processos osmorregulatórios. Esse estudo tem como objetivo analisar o efeito da salinidade sobre os parâmetros osmorregulatórios de juvenis do bijupirá. Os juvenis ($213,3 \pm 6,1$ g; $30,2 \pm 0,2$ cm) foram submetidos às salinidades 3‰, 9‰, 15‰, 21‰ e 27‰. Após os 15 dias experimentais a sobrevivência dos peixes foi de 100% em todos os tratamentos, sendo que a salinidade não influenciou o crescimento e a conversão alimentar dos peixes. A osmolalidade plasmática aumentou de acordo com o aumento da salinidade em todos os tratamentos. De acordo com nossos resultados foi possível estimar o ponto isosmótico em 376,5 mOsm/kg de H₂O, o que corresponde a uma salinidade de 13,4‰. As concentrações de Na⁺, K⁺, Ca⁺, Cl⁻ da água e do plasma também aumentaram com o aumento da salinidade, sendo que os pontos isoionicos foram determinados em 188,4, 4,8, 5,18 e 181,4 mEq/L, o que corresponde às salinidades de 12,7‰, 20,5‰, 8,7‰ e 7,2‰. Ocorreu um aumento no número de células de cloreto nas brânquias dos peixes quando expostos às salinidades inferiores a do ponto isosmótico. Os valores plasmáticos de glicose foram menores nos tratamentos abaixo do ponto isosmótico, indicando maior custo metabólico dos peixes nessas salinidades. Desta forma podemos concluir que o bijupirá é uma espécie com ampla capacidade osmorregulatória e estes resultados irão contribuir para futuros estudos da composição iônica adequada para o crescimento dessa espécie em baixa salinidade. Estes resultados auxiliarão futuros estudos referentes à composição iônica adequada para o crescimento dessa espécie em baixa salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: piscicultura marinha, ponto isosmótico, histologia branquial

ABSTRACT

The cobia, *Rachycentron canadum*, is the unique species of marine fish that has been commercially produced in Brazil. Salinity can influence the development and growth of teleost fish and affect their osmoregulatory processes. This study aims to analyze the effect of salinity on the osmoregulatory parameters of juvenile cobia. Juveniles (213.3 ± 6.1 g; 30.2 ± 0.2 cm) were exposed to salinities 3 ‰, 9 ‰, 15 ‰, 21 ‰ and 27 ‰. After 15 days of experiment, fish survival was 100% in all treatments, and the salinity did not influence the growth and fish feed intake. The plasma osmolality increased with increasing salinity in all treatments. According to our results it was possible to estimate the isosmotic point in 376.5 mOsm/kg /Kg H₂O, that corresponding to salinity from 13.4 ‰. The concentrations of Na⁺, K⁺, Ca²⁺, and Cl⁻ in the water and plasma also increased with increasing salinity, and the isoionic points were determined in 188.4, 4.8, 5.18 and 181.4 mEq/L, that corresponding to salinities of 12.7 ‰, 20.5 ‰, 8.7 ‰ and 7.2 ‰, respectively. An increase in the number of chloride cells in the gills were observed when the fish was exposed to salinities lower than your isosmotic point. Plasma glucose levels were lower in the treatments below the isosmotic point, indicating a higher metabolic cost of fish in these salinities. Thus we can conclude that cobia is a species with wide osmoregulatory capacity and these results will contribute to future studies of suitable ionic composition for the growth of this species in low salinity. The results will help future studies on the appropriate ionic composition for the growth of this species in low salinity.

KEY-WORDS: marine fish culture, isosmotic point, gill histology

1. INTRODUÇÃO

1.1 - DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

O bijupirá *Rachycentron canadum* é a única espécie integrante da família Rachycentridae. São peixes pelágicos, migratórios, com ampla distribuição em águas tropicais e subtropicais ao redor do mundo. Estão presentes nos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, com exceção de toda costa leste do Oceano Pacífico e da costa européia (SHAFFER & NAKAMURA 1989). No Brasil, o bijupirá é mais abundante na região Nordeste, porém está presente em todo o litoral brasileiro (FIGUEIREDO & MENEZES 1980).

O bijupirá é uma espécie estritamente carnívora, que se alimenta principalmente de peixes e vários invertebrados, como crustáceos e lulas (KAISER & HOLT 2005). Na natureza, esta espécie atinge aproximadamente 2 m de comprimento e 70 kg, com uma expectativa de vida de 15 anos (SHAFFER & NAKAMURA 1989). O bijupirá é uma espécie bastante apreciada na pesca esportiva devido ao seu grande porte (KAISER & HOLT 2005). Possui uma carne branca e de grande aceitação para diferentes tipos de mercados consumidores (LIAO & LEAÑOS 2007).

A produção comercial de bijupirá teve início a partir dos anos 90 em Taiwan com o domínio da tecnologia para a produção de juvenis em larga escala (LIAO et al. 2004). A sua elevada taxa de crescimento, ao redor de 6 kg em um ano e até 10 kg em 18 meses (LIAO et al. 2004), sua elevada fecundidade e fácil obtenção de desovas (ARNOLD et al. 2002), sua eficiente utilização de diferentes fontes protéicas na dieta (FRASER et al. 2009). Além disso, vários outros aspectos fizeram com que despertasse o interesse na sua produção em vários países no continente americano como os Estados Unidos, México, Panamá, Colômbia e Brasil entre outros (BENETTI et al. 2010). No Brasil o bijupirá é a única espécie de peixe marinho que é produzida comercialmente e seu crescimento em tanques-redes próximo a costa no litoral do Rio de Janeiro atingiu peso médio de 4,2 kg em um ano (SAMPAIO et al. 2011).

1.2 - EFEITO DA SALINIDADE EM PEIXES

A salinidade é composta pela concentração de íons dissolvidos na água (TUCKER 1998). Os peixes que vivem na água do mar apresentam uma concentração osmótica sanguínea (cerca de 300-350 mOsm/kg) de aproximadamente 1/3 da concentração osmótica da água do mar (cerca de 1.000 mOsm/kg). Dessa forma são

hiposmóticos em relação ao meio em que vivem. Assim, apresentam dois problemas osmorregulatórios gerais: entrada de sais por difusão e perda de água por osmose (BALDISSEROTTO 2013).

O desenvolvimento e crescimento de peixes teleósteos são geralmente influenciados pela salinidade do ambiente (BOEUF & PAYAN 2001). De acordo com WOO & KELLY (1995), a salinidade da água pode influenciar o estado nutricional dos teleósteos eurialinos por alterações no custo metabólico da osmorregulação e reorganização do metabolismo energético. Além de reduzir a energia necessária para a osmorregulação, a salinidade pode afetar diretamente o crescimento do peixe ao afetar as taxas de consumo de alimento ou a habilidade de digeri-lo eficientemente (RESLEY et al. 2006).

A tolerância à variação da salinidade em peixes depende do próprio ajuste fisiológico, bioquímico e morfológico a uma determinada salinidade (SARDELLA 2004). Segundo McCORMICK (2001), a salinidade pode afetar os processos osmorregulatórios, devido a alterações no número de células de cloreto e/ou modulação da atividade da Na^+ , K^+ -ATPase (NKA).

Sendo assim, alguns fatores adversos podem ocorrer quando teleósteos marinhos são criados em baixas salinidades, o que pode levar a um aumento no consumo alimentar e redução de sua taxa de crescimento (RESLEY et al. 2006, CHEN et al. 2009). Os teleósteos marinhos quando expostos a baixa salinidade no meio tendem a perder passivamente íons como Na^+ , Cl^- , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} . Essa perda deve ser compensada pela captação ativa desses íons através da água e/ou alimento (SCHMIDT-NIELSEN 2002).

As exigências e mecanismos de funcionamento das vias ionorregulatórias mudam em função da salinidade ambiental, alimentação, atividade, estágio de desenvolvimento e uma variedade de estressores (BALDISSEROTTO et al. 2007). Portanto, a aclimação à mudança de salinidade requer uma reorganização estrutural e metabólica para satisfazer o aumento da demanda energética associada à exposição ao novo ambiente. Algumas espécies como bacalhau *Gadus morhua* apresentam melhor crescimento quando aclimatados a uma salinidade próxima ao ponto isosmótico (15‰) ou hiposmótico (7‰) comparado ao ambiente marinho (LAMBERT et al. 1994). Para o "turbot" (*Scophthalmus maximus*) foi observado um melhor crescimento quando criado em salinidade 10 em comparação às salinidades 27‰, 19‰ e 5‰ (GAUMET et al. 1995). TSUZUKI et al. (2007) revelaram que, apesar de não observarem diferença no

crescimento do robalo (*Centropomus parallelus*) quando criados em diferentes salinidades, os peixes mantidos em salinidade 15 apresentaram um aumento na atividade das enzimas digestivas e melhor conversão alimentar.

Os teleósteos quando em água salgada são hiposmóticos em relação ao meio e os rins são responsáveis pela reabsorção de água e excreção de íons divalentes (SCHMIDT-NIELSEN 2002). Contudo, quando expostos à água doce ou baixas salinidades os peixes marinhos aumentam sua atividade glomerular, produzindo uma urina bastante diluída. Desta forma mudanças na morfologia renal, especialmente nos glomérulos, podem ocorrer (SOENGAS et al. 2007).

1.3 - DETERMINAÇÃO DO PONTO ISOSMÓTICO E ISOIÔNICO

Os peixes teleósteos são osmorreguladores, ou seja, mantêm a concentração osmótica do sangue diferente do meio em que vivem, sendo que todos os peixes teleósteos são considerados osmorreguladores (SCHMIDT-NILSEN 2002). Existem algumas espécies de peixes teleósteos com a capacidade de sobreviver a grandes amplitudes de salinidade, sendo estas denominadas eurialinas, o linguado (*Paralichthys orbignyanus*) que sobrevive em água tipicamente marinha e em água doce (SAMPAIO et al. 2002). A osmorregulação é um processo que demanda energia, podendo o crescimento dos peixes ser maximizado a partir das salinidades selecionadas que diminuiriam o gasto energético para manter a homeostase (SAMPAIO & BIANCHINI 2002). Alguns estudos têm mostrado que o energético para a realização da osmorregulação pode chegar a 50% (BOEUF & PAYAN 2001). Contudo, de acordo com HANDELAND et al. (1998), o custo metabólico da osmorregulação é proporcional ao gradiente osmótico a que o peixe está exposto. Dessa forma a redução nos custos metabólicos para regulação osmótica pode refletir na realocação dessa energia para outros processos fisiológicos, como o incremento no crescimento (MORGAN & IWANA 1991; HERRERA et al. 2009).

WOO & KELLY (1995) também relatam que a salinidade pode influenciar diretamente o estado nutricional de teleósteos eurialinos devido ao custo metabólico da osmorregulação e reorganização da energia metabólica. Além disso, a salinidade também pode afetar diretamente o crescimento dos peixes devido à redução do consumo alimentar, da conversão alimentar e/ou devido à alteração no sistema endócrino dos peixes (BOEUF & PAYAN 2001).

Os teleósteos marinhos mantêm seus fluidos corpóreos externos aproximadamente a um terço da concentração osmótica da água do mar, sofrendo uma grande perda osmótica de água, principalmente através das brânquias (McCORMICK et al. 2013). Como os teleósteos marinhos são hiposmóticos em relação ao meio, necessitam ingerir água do meio para manter o balanço osmótico, sendo que o excesso de sais é posteriormente excretado (MARSHALL & GROSELL 2005).

Quando a osmolalidade do plasma se encontra igual à do ambiente externo é chamado de ponto isosmótico. A salinidade equivalente ao ponto isosmótico de diferentes espécies de peixes varia de 10‰ a 14‰ (SAMPAIO & BIANCHINI 2002). Representantes de várias espécies de peixes teleósteos, quando mantidos em salinidades próximas ou equivalentes ao seu ponto isosmótico, apresentam menor gasto energético para osmorregulação (NORDLIE 2009), podendo apresentar melhor crescimento nessa salinidade. O ponto isosmótico já foi determinado para várias espécies de peixes marinhos como os linguados *P. orbignyanus*, *Dicologlossa cuneata* e *Trachinotus marginatus*, que apresentaram o ponto isosmótico de 328,6, 284, e 357,5 mOsm/kg, o equivalente às salinidades de 10,9‰, 10,4‰, e 13,1‰, (SAMPAIO & BIANCHINI 2002; HERRERA et al. 2009; ANNI et al. 2016) respectivamente. Entretanto são escassas as informações referentes à determinação do ponto isoiônico para espécies marinho/estuarinas. Para *P. orbignyanus* foi determinado o ponto isoiônico dos íons Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e Cl^- em 210,8, 5,4, 5,2 e 236,8 mEq/L, o que equivale às salinidades 11,6‰, 22,6‰, 15,7‰ e 8,4‰, respectivamente (SAMPAIO & BIANCHINI 2002).

1.4 - EFEITOS DA SALINIDADE NO BIJUPIRÁ

Os sistemas de recirculação de água têm uma grande fundamental importância quando se trata da produção de peixes marinhos distante da região costeira (TIMMONS & EBELING. 2010). Dessa forma, a redução da salinidade é uma alternativa importante para redução de efluente salgado e/ou menor custo com a utilização de sal nessas regiões.

O bijupirá é uma espécie eurialina tolerando uma faixa de salinidade entre 5‰ e 44‰ (SHAFFER & NAKAMURA 1989; RESLEY et al. 2006), contudo os estudos relacionados ao efeito da salinidade no bijupirá são controversos. As larvas podem ser criadas em salinidade de 15‰ a partir de 13 dias após a eclosão (FAULK & HOLT 2006). Juvenis aclimatados à salinidade 20‰ e com uma redução da salinidade de 2‰

ao dia, apresentam mortalidade total na salinidade de 2‰ (ATWOOD et al.2004). Enquanto DENSON et al. (2003) relataram uma redução significativa na sobrevivência e no crescimento do bijupirá em salinidade de 5‰ quando comparado aos peixes cultivados com as salinidades de 15‰ e 30‰, RESLEY et al. (2006) não observaram diferenças no crescimento dos juvenis de bijupirá mantidos entre salinidades de 5‰ e 30‰. No entanto, CHEN et al. (2009) observaram que os juvenis de bijupirá quando criados em salinidade 5‰ durante 15 dias apresentaram uma redução de crescimento específico quando comparado aos peixes mantidos em salinidade de 30‰. Também foi observado que nos peixes criados em salinidade de 5‰, o gasto energético para o seu crescimento foi significativamente maior quando comparado à salinidade de 30‰ e, conseqüentemente, o gasto energético do metabolismo na salinidade inferior foi maior comparado às salinidades superiores (CHEN et al. 2009).

O conhecimento do ponto isosmótico e dos pontos isoiônicos do bijupirá contribuirá para futuros estudos com os efeitos da salinidade sobre essa espécie, além de melhorar o seu manejo em atividades aquícolas. Esses resultados auxiliarão futuros estudos referentes à composição iônica adequada para o crescimento dessa espécie em baixa salinidade.

2. OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito da salinidade sobre o crescimento e parâmetros osmorregulatórios de juvenis do bijupirá *Rachycentron canadum*.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a sobrevivência e o crescimento de juvenis do bijupirá mantido nas salinidades de 3‰, 9‰, 15‰, 21‰ e 27‰.

Determinar o ponto isosmótico e os pontos isoiônicos de Na⁺, K⁺, Ca²⁺ e Cl⁻ para juvenis do bijupirá;

Investigar o efeito da exposição a diferentes salinidades sobre parâmetros sanguíneos e análise proximal do músculo de juvenis do bijupirá;

Avaliar os efeitos da salinidade na morfologia branquial e renal de juvenis do bijupirá.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os juvenis de bijupirá foram adquiridos da empresa Redemar Alevinos e transportados até o Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha (LAPEM) do Instituto de Oceanografia (IO) da FURG, onde o experimento foi realizado. Os juvenis de bijupirá ao chegarem ao LAPEM foram criados em um sistema de recirculação de água composto por 5 tanques de 1000 L até o início do experimento.

Os peixes foram aclimatados da salinidade 30 ‰ para as salinidades 3, 9, 15, 21 e 27 ‰. Durante uma semana as salinidades foram reduzidas em 3‰ pontos por dia até alcançarem as salinidades desejadas para o início do experimento. Para o experimento foram utilizados cinco sistemas de recirculação de água, compostos por três tanques de 300L, acoplado a uma bomba de recirculação (1/3CV, Sibrape, Brasil), um filtro biológico, um "skimmer" (Bracket 1800, Plaspiral, Brasil) e um sistema de esterilização ultravioleta UV (95W Pond Clean, Sibrape, Brasil).

Todas as salinidades foram ajustadas utilizando água do abastecimento público com a mistura de água marinha até chegar à salinidade desejada para o experimento. Para eliminar o resíduo de cloro na água, foi utilizado tiosulfato de sódio (7mg/L). As alcalinidades foram corrigidas com adição de bicarbonato de sódio, para que obtivessem valores similares a da salinidade mais elevada.

Foram utilizados quatro peixes com peso e comprimento de $213,3 \pm 6,1$ g e $30,2 \pm 0,2$ cm por tanque, 12 peixes por tratamento, sendo o total de 60 peixes. Os juvenis de bijupirá foram mantidos durante 15 dias nas unidades experimentais, nas salinidades de 3‰, 9‰, 15‰, 21‰ e 27‰ com aeração constante, temperatura de 27°C, fotoperíodo de 14:10 h (claro: escuro) (Tabela 1). Os peixes foram alimentados duas vezes por dia com ração comercial (Matsuda, 6mm, 45% de proteína bruta e 16% de lipídeos), até a saciedade aparente..

Ao final dos 15 dias experimentais foi realizada uma biometria para avaliação do crescimento dos peixes. A dieta alimentar foi o mesmo utilizado para a aclimação duas vezes ao dia. Diariamente os sistemas foram renovados a uma taxa de 10% do seu volume total.

3.1 - SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO

Com os dados obtidos foram calculados:

Sobrevivência: $S = (nf / ni) \times 100$; onde nf é o número de peixes no final do experimento e ni é o número de peixes no início do experimento.

Ganho de Peso: $GP = pf - pi$; onde pf é o peso médio final e pi é o peso médio inicial.

Taxa de crescimento específico diário: $TCE = [(ln pf - ln pi) / t] \times 100$; onde pf e pi são os pesos dos juvenis (g) no final e início do experimento, respectivamente e t é o tempo do experimento (dias).

Conversão alimentar aparente: $CAA = ac / gp$; onde ac é a quantidade total de alimento ofertado durante o período experimental e gp é ganho de peso dos peixes.

Fator de condição de Fulton: $K = (pf / cf^3) \times 100$; onde pf e cf são o peso (mg) e o comprimento (mm) dos juvenis no final do experimento.

3.2 - COLETA MATERIAL BIOLÓGICO

No final do período experimental todos os peixes foram anestesiados com benzocaína (50 ppm). Eles foram medidos em ictiômetro e pesados em balança digital de precisão (0,01g). Em seguida o sangue dos peixes foi coletado junto ao pedúnculo caudal, com auxílio de seringa de 3mL heparinizada e agulha hipodérmica. Após a coleta de sangue, os peixes foram eutanasiados com 300 ppm de benzocaína. Para análises histológicas foram coletados o segundo arco branquial direito e uma amostra do rim posterior de todos os peixes. O material foi fixado em líquido de Bouin por 24h e preservado em etanol (70%). Os músculos foram coletados para determinação de análises proximais de umidade, matéria seca, proteínas, lipídeos e cinzas. O ponto isosmótico foi estimado pela intersecção das linhas de regressão entre a osmolalidade da água e do plasma, enquanto os pontos isoionicos pela intersecção das linhas de regressão da concentração de cada íon no plasma com a água (HERRERA et al. 2009).

3.3 - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para a determinação da composição iônica e osmolaridade da água, amostras de água de todos os sistemas foram coletadas diariamente e armazenadas em micro tubos de 2mL e congeladas no freezer -80°C para posterior análise. A osmolaridade da água foi determinada com osmômetro de pressão de vapor (Wescor, Vapro 5600, EUA).

As salinidades foram aferidas com um refratômetro digital portátil (ATAGO, PAL-06S, Japão), a concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura foram mensurados com um oxímetro digital YSI Model 550A (Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, USA) e o pH com pHmetro de bancada (METTLER TOLEDO

Five Easy FE20, Suíça). A alcalinidade, amônia e nitrito foram mensurados com métodos descritos em BAUMGARTEN (2010).

3.4 - ANÁLISES HISTOLÓGICAS

As análises histológicas foram realizadas no Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos Aquáticos da FURG, utilizando lamelas branquiais e fragmentos dos rins de todos os peixes. As amostras foram desidratadas em gradação crescente de etanol, diafanizadas em xilol, impregnadas e incluídas em Paraplast regular (Sigma, EUA), seguindo-se os métodos de rotina para preparação histológica. Foram realizados cortes histológicos de 5 µm de espessura com micrótomo semi-automático. A coloração utilizada foi hematoxilina-eosina (H-E) segundo metodologia de MICHALANY (1998). As densidades de células de cloreto e de glomérulos (células/mm²) nas brânquias e no rim foram determinados de acordo com metodologia proposta por WEIBEL (1979).

3.5 - ANÁLISES DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS SANGUÍNEOS

Imediatamente após a coleta de sangue de todos os peixes, a glicemia foi dosada com um glicosímetro portátil (Accu-Chek Active[®], Roche, Alemanha). Para análise do hematócrito, foi utilizada uma centrífuga de micro-hematócrito (Centrifuga Micro-Hematocrito, Rotor 24 Capilares, Modelo H-240, Industria H.T Machinery CO., Taiwan) durante 10 minutos, a uma velocidade de 16.128 G. O restante do sangue foi centrifugado a 4 °C com centrífuga de microtubos refrigerada por 10 minutos, a uma velocidade de 10.192 G (Centrifuga refrigeradora, modelo SL-703, marca SOLAB, Brasil. O plasma foi conservado em ultra-freezer (-80 °C) para posterior análise dos íons. A osmolalidade do plasma foi mensurada com a utilização de um osmômetro de pressão de vapor (Wescor, Vapro 5600, EUA).

3.6 - DETERMINAÇÃO DOS ÍONS

A quantificação dos íons foi realizada no plasma de todos os peixes e também na água de cada tratamento por dia. Para dosagem dos íons Na⁺ e K⁺ foi utilizado um fotômetro de chama (Micronal, Modelo B462, Brasil). Os íons Cl⁻ e Ca²⁺ foram quantificados utilizando kits colorimétricos. Para o Cl⁻ cloretos colorimétrico e para o Ca²⁺ cálcio arsenazo (Doles, Brasil) e as leituras foram realizadas no comprimento de

onda de 510nm para o Cl^- e 670nm para a leitura do Ca^{2+} aferidas em Multi-Mode Microplate Reader, (BioTek, Synergy HT, EUA).

3.7 - ANÁLISES PROXIMAIS

As análises proximais no músculo dos bijupirás foram realizadas de acordo com AOAC (1999). Para determinação da umidade na musculatura dos peixes, as amostras foram trituradas e colocadas em uma estufa de ar forçado para a sua desidratação a uma temperatura de 105°C até a estabilização do peso das amostras. Para determinação das cinzas as amostras foram incineradas a 600 °C por 5 h. A quantidade de lipídeos foi determinada pela extração com éter de petróleo com extrator de Soxhlet. As proteínas totais foram determinadas utilizando o método de Kjeldahl.

3.8 - ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram analisados utilizando análise de variância (ANOVA uma- via) e quando encontradas diferenças significativas foi aplicado o teste de Tukey, com 95% de significância. Os resultados foram avaliados com a utilização do “software” Statistica 7.0, de acordo com BHUJEL (2008). Todos os dados estão expressos em média \pm erro padrão. O ponto isosmótico foi estimado pela intersecção das linhas de regressão entre as osmolalidades da água e do plasma, enquanto os pontos isoiônicos pela intersecção das linhas de regressão da concentração de cada íon no plasma com a água (HERRERA et al. 2009).

4. RESULTADOS

Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores de temperatura, oxigênio dissolvido e pH entre os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água (Média \pm EP) em criação do bijupirá *Rachycentron canadum* mantido em diferentes salinidades. Letras diferentes nas linhas representam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$).

	3‰	9‰	15‰	21‰	27‰
Salinidade (‰)	3,36 \pm 0,01 ^a	9,28 \pm 0,02 ^a	15,27 \pm 0,03 ^a	21,27 \pm 0,03 ^a	27,33 \pm 0,02 ^a
T (°C)	27,0 \pm 0,1 ^b	27,3 \pm 0,1 ^a	27,3 \pm 0,1 ^{ab}	27,1 \pm 0,1 ^{ab}	27,1 \pm 0,1 ^{ab}
Oxigênio (mg/L)	7,06 \pm 0,04 ^a	6,69 \pm 0,04 ^b	6,38 \pm 0,04 ^c	6,21 \pm 0,04 ^d	6,19 \pm 0,04 ^d

pH	8,18 ± 0,02 ^a	8,02 ± 0,03 ^b	7,91 ± 0,02 ^c	7,75 ± 0,02 ^d	7,82 ± 0,02 ^d
Amônia (mg/L)	0,09 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,03 ^a	0,09 ± 0,02 ^a
Nitrito (mg/L)	0,05 ± 0,01 ^b	0,10 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^b
Alcalinidade (mg/L)	198 ± 10,0 ^a	196 ± 8,0 ^a	194 ± 5,0 ^a	188 ± 4,0 ^a	201 ± 7,0 ^a

A sobrevivência, o crescimento, o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, a conversão alimentar aparente e o fator de condição não foram afetados significativamente pela salinidade durante o período experimental de 15 dias (Tabela 2).

Tabela 2. Performance (Média ± SE) de juvenis do bijupirá mantidos em diferentes salinidades durante 15 dias. Letras diferentes nas linhas representam diferenças significativas entre os tratamentos (P <0,05).

Salinidades	3‰	9‰	15‰	21‰	27‰
Comp. Inicial (cm)	30,5±0,3	30,9±0,4	29,6±0,3	30,2±0,3	30,0±0,5
Comp. Final (cm)	39,3±0,3	39,9±0,5	38,6±0,4	39,4±0,3	38,7±0,5
Peso Inicial (g)	213,9±9,1	239,7±13,4	208,9±15,8	211,0±12,7	193,0±14,9
Peso Final (g)	512,1±11,8	539,3±15,3	504,7±14,6	545,4±15,9	505,4±18,2
Ganho de Peso (g)	298,2±13,8	293,6±3,1	295,8±9,2	334,4±3,0	312,4±10,3
CAA ¹	1,24±0,11	1,29±0,14	1,37±0,12	1,48±0,11	1,37±0,22
TCE (%/dia) ²	5,86±0,21	5,51±0,42	6,08±0,51	6,44±0,36	6,57±0,38
K ³	0,84±0,07	0,85±0,06	0,87±0,06	0,89±0,05	0,87±0,05
Sobrevivência (%)	100	100	100	100	100

¹CAA = Conversão alimentar aparente; ²TCE = taxa de crescimento específico; K = fator de condição

Os valores de osmolalidade da água e do plasma aumentaram de acordo com o aumento da salinidade (Tabela 3), apresentando uma relação linear significativa (Figura 1). Com esses resultados foi possível determinar o ponto isosmótico do bijupirá em 376,5 mOsm/kg, que equivale à salinidade de 13,4‰ (Figura 1).

Tabela 3. Osmolalidade da água e do plasma (mOsm/kg; média ± SE) de juvenis de bijupirá *Rachycentron canadum* mantidos em diferentes salinidades. Letras diferentes nas linhas representam diferenças significativas entre os tratamentos (P <0,05).

Salinidades	3‰	9‰	15‰	21‰	27‰
-------------	----	----	-----	-----	-----

Osmolalidade da água	85 ± 3^a	242 ± 2^b	411 ± 2^c	578 ± 2^d	810 ± 9^e
Osmolalidade do plasma	361 ± 2^d	373 ± 1^c	382 ± 2^b	381 ± 1^b	395 ± 1^a

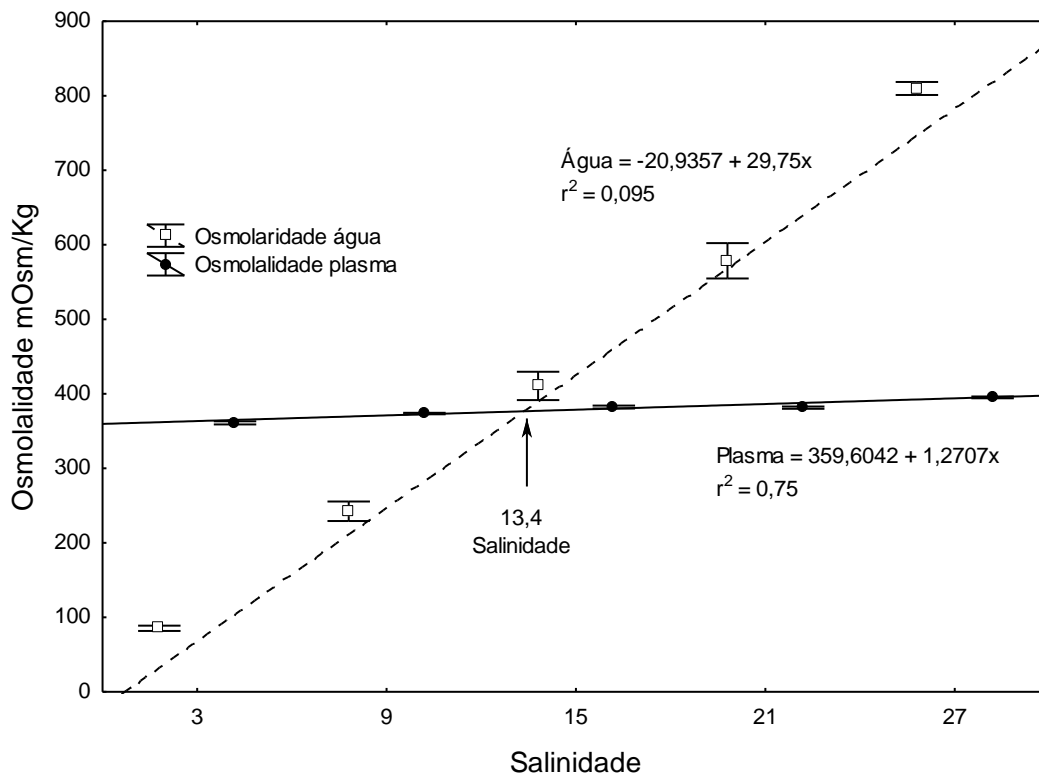


Figura 1- Osmolalidade da água e do plasma em juvenis do bijupirá *Rachycentron canadum* mantidos em diferentes salinidades. A seta indica a salinidade correspondente ao ponto isosmótico dos juvenis de bijupirá.

Os pontos iso-iônicos dos íons Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e do Cl^- foram estimados em 188,4, 4,8, 5,18 e 181,4 mEq/L, respectivamente. Estes pontos iso-iônicos correspondem às salinidades de 12,7‰, 20,5‰, 8,7‰ e 7,2‰, respectivamente (Figura 2, 3, 4 e 5).

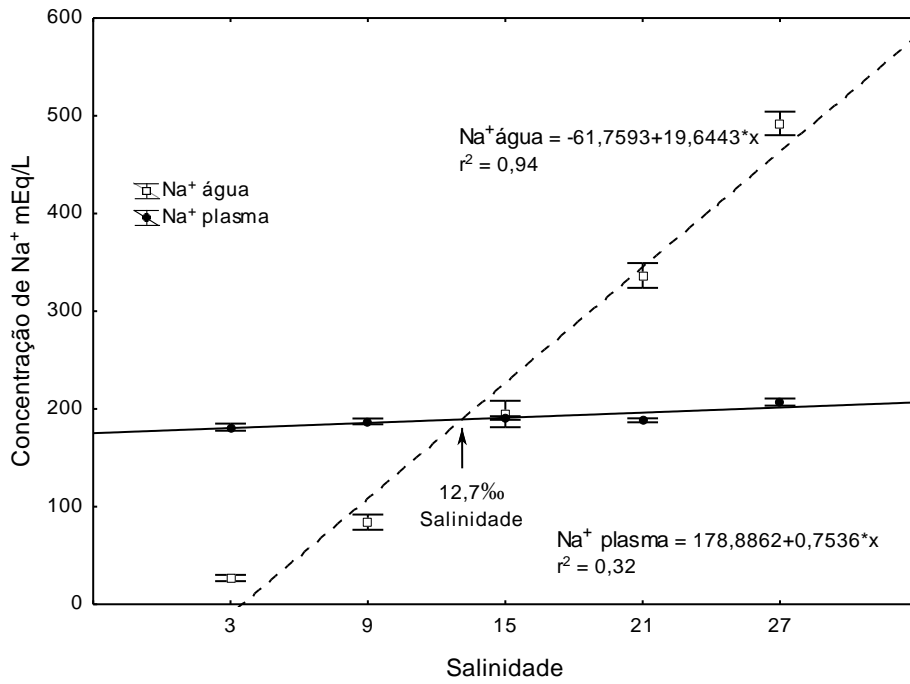


Figura 2 - Ponto iso-iônico estimado do Na⁺ em mEq/L para juvenis do bijupirá *Rachycentron canadum*.

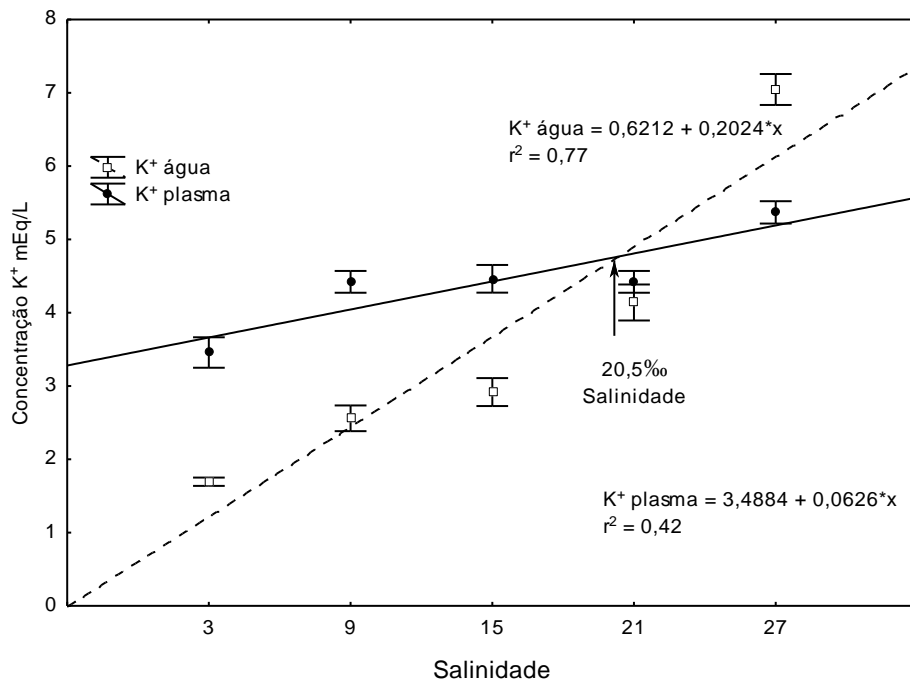


Figura 3 - Ponto iso-iônico estimado do K⁺ em mEq/L para juvenis do bijupirá *Rachycentron canadum*.

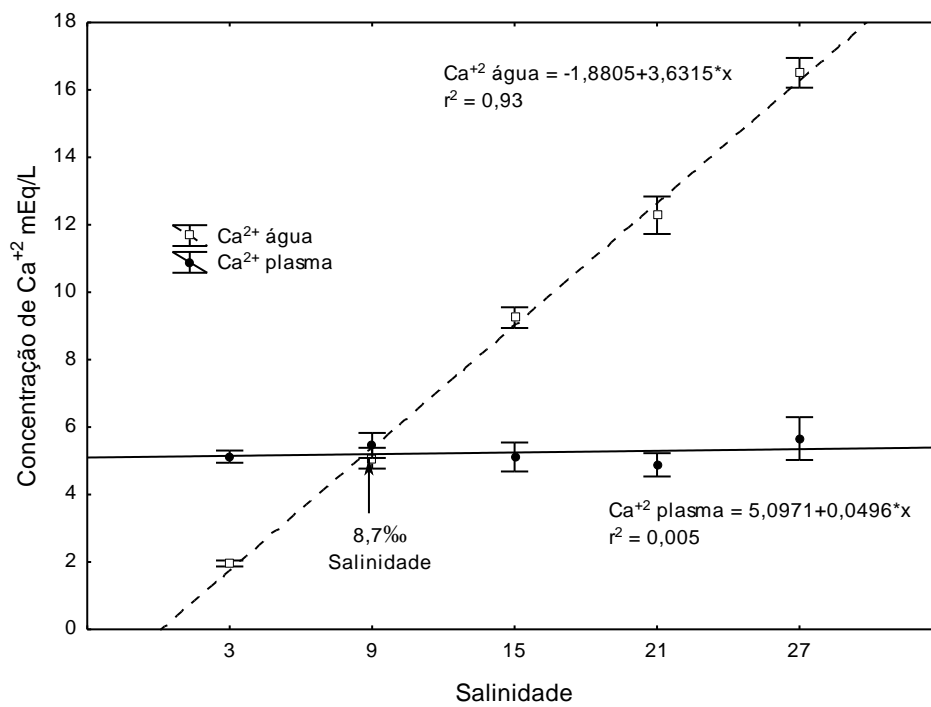


Figura 4 - Ponto iso-iônico estimado do Ca^{2+} em mEq/L para juvenis do bijupirá *Rachycentron canadum*.

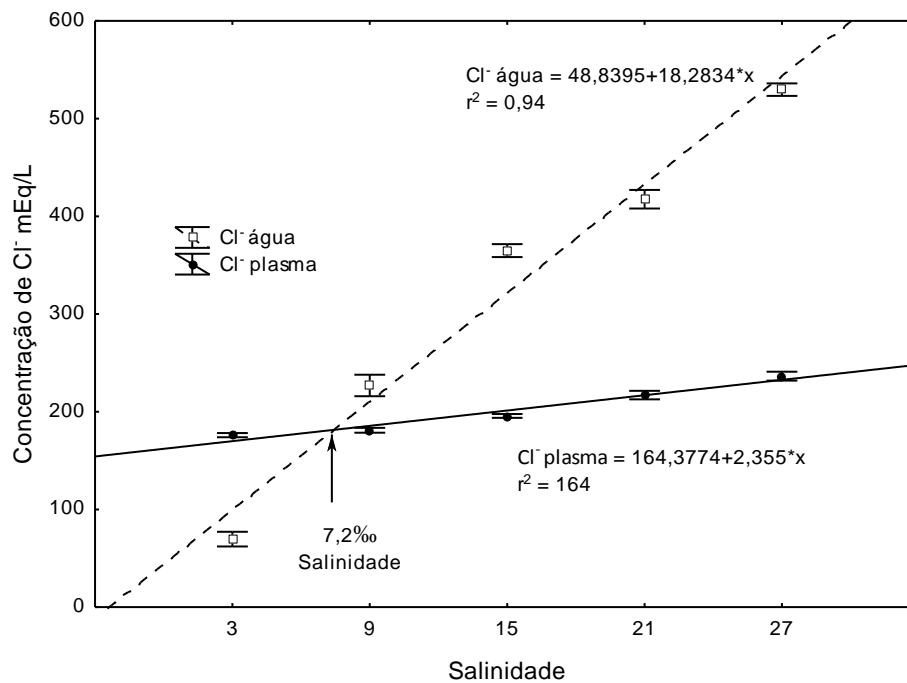


Figura 5 - Ponto isoiónico estimado do Cl⁻ em mEq/L para juvenis do bijupirá *Rachycentron canadum*.

Foi observado um aumento na densidade de células de cloreto nas brânquias dos juvenis de bijupirá expostos às salinidades mais baixas (3‰ e 9‰). Isso ocorreu provavelmente, devido a a exposição dos peixes a condições de estresse. Por isso ocorreu a proliferação de células para o epitélio lamelar quando expostos nas salinidades 3‰ e 9‰. Sendo que o número de células de cloreto aproximadamente dobrou na salinidade de 3‰ quando comparado às salinidades de 15‰, 21‰ e 27‰ (Figura 6).

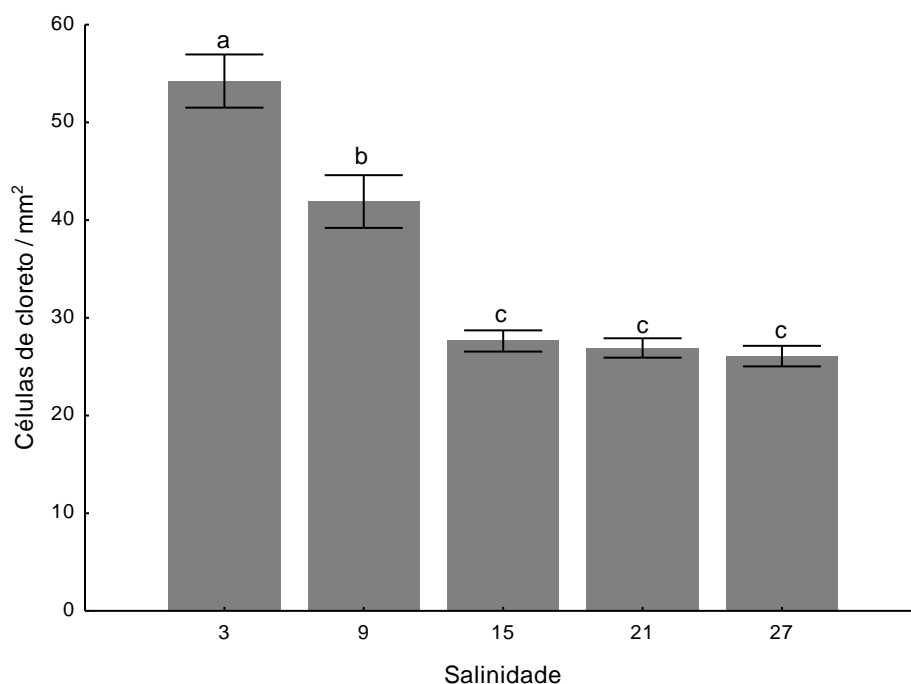


Figura 6. Densidade de células cloreto nas brânquias de juvenis de bijupirá *Rachycentron canadum* mantidos em diferentes salinidades. Diferentes letras indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos.

Foi observado um aumento significativo no número de glomérulos nos rins dos juvenis de bijupirá exposto à salinidade 3‰ comparado à salinidade 21‰. Contudo, não

houve diferença significativa ($P>0,05$) no número de glomérulos dos peixes mantidos nas salinidades 9‰, 15‰ e 27‰ com os demais tratamentos (Figura 7).

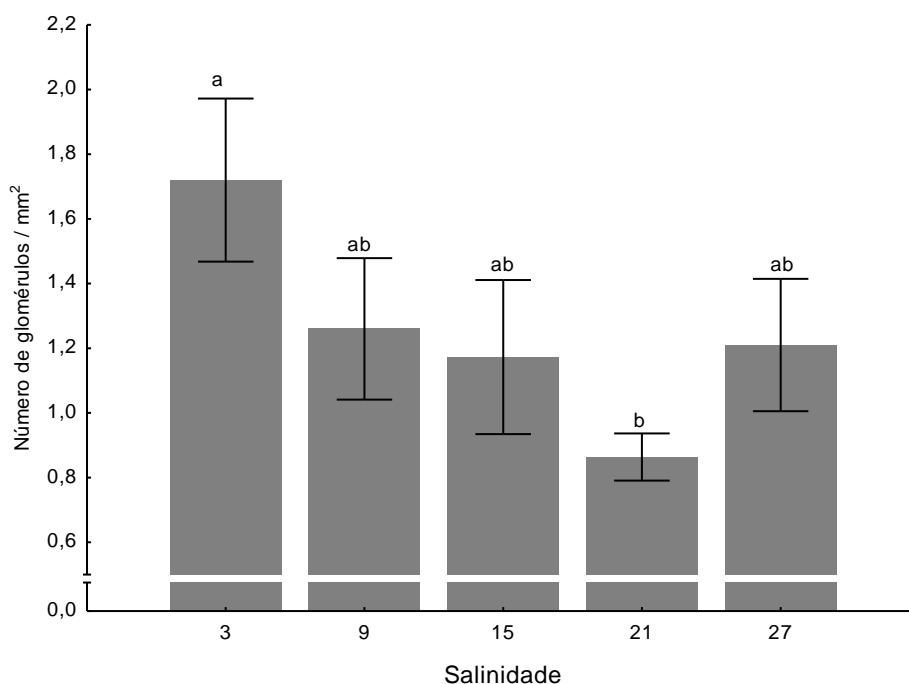


Figura 7. Densidade dos glomérulos em rins de juvenis de bijupirá *Rachycentron canadum* mantidos em diferentes salinidades. Diferentes letras indicam diferenças significativas ($P<0,05$) entre os tratamentos.

O hematócrito não apresentou variação entre os tratamentos. Porém os valores de glicose plasmática dos peixes expostos a salinidade 9‰ foram significativamente ($P>0,05$) inferiores aos peixes mantidos nas salinidades 15‰, 21‰ e 27‰. Enquanto os valores de glicose nos peixes expostos a salinidade 3‰ foram significativamente inferiores ($P>0,05$) apenas quando comparado aos peixes expostos a salinidade 27‰.

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos dos juvenis de bijupirá *Rachycentron canadum* (média \pm SE) mantidos em diferentes salinidades. Letras diferentes nas linhas representam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$).

	3‰	9‰	15‰	21‰	27‰
Glicose (mg/dL)	60 \pm 2 ^{bc}	53 \pm 2 ^c	67 \pm 3 ^{ab}	68 \pm 2 ^{ab}	71 \pm 3 ^a
Hematócrito (%)	35 \pm 2	33 \pm 1	33 \pm 1	33 \pm 1	34 \pm 1

Os valores de umidade, matéria seca, cinza, proteínas e lipídios do músculo do bijupirá não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Composição proximal do músculo (% do peso úmido; média \pm EP) de juvenis de bijupirá *Rachycentron canadum* mantidos em diferentes salinidades durante 15 dias. Letras diferentes nas mesmas linhas representam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$).

Salinidade	3‰	9‰	15‰	21‰	27‰
Matéria seca (%)	29,4 \pm 0,2 ^a	28,1 \pm 0,3 ^a	27,1 \pm 0,7 ^a	28,6 \pm 0,1 ^a	29,0 \pm 0,3 ^a
Umidade (%)	70,6 \pm 0,2 ^a	71,9 \pm 0,3 ^a	72,9 \pm 0,7 ^a	71,4 \pm 1,0 ^a	70,9 \pm 0,3 ^a
Proteína (%)	20,8 \pm 0,5 ^a	20,7 \pm 0,3 ^a	19,5 \pm 4 ^a	20,6 \pm 0,1 ^a	20,4 \pm 0,2 ^a
Lipídios (%)	8,3 \pm 0,9 ^a	8,3 \pm 0,9 ^a	7,5 \pm 0,6 ^a	7,6 \pm 0,7 ^a	8,1 \pm 0,2 ^a
Cinzas (%)	0,4 \pm 0,0 ^a	0,4 \pm 0,0 ^a	0,3 \pm 0,0 ^a	0,4 \pm 0,0 ^a	0,4 \pm 0,0 ^a

5. DISCUSSÃO

Pequenas diferenças foram observadas nos valores de temperatura e nitrito entre os tratamentos, contudo estes parâmetros permaneceram dentro de valores ideais para o bijupirá (SUN et al. 2006; SUN et al. 2014; RODRIGUES et al. 2007). Valores mais significativos foram observados entre os valores de pH e oxigênio entre os tratamentos. Isso se deve ao fato do aumento da solubilidade do oxigênio e da redução do pH da água que ocorre naturalmente com a redução da salinidade (BOYD 1990; ARANA 2004). Contudo, os maiores valores de pH nos tratamentos com salinidade reduzida são resultado da adição do bicarbonato de sódio. Os valores de pH da água podem influenciar a osmoregulação dos peixes, porém sabe-se que o bijupirá deve ser mantido em pH igual ou superior a 6,5 (RODRIGUES 2012; RODRIGUES et al. 2015). Desta forma, esse parâmetro no presente estudo também foi mantido em valores adequados à espécie.

A salinidade mínima descrita na literatura para o crescimento adequado do bijupirá é de 5‰, sendo que os peixes não apresentam diferença na sobrevivência nessa salinidade quando comparada à salinidade 30‰ (RESLEY et al. 2006). Da mesma forma DENSON et al. (2003) não observaram diferença significativa na sobrevivência de juvenis de bijupirá de 8,5 g mantidos em salinidade 5‰ quando comparado às

salinidades 15‰ e 30‰, porém os peixes mantidos na salinidade 30‰ obtiveram maior crescimento que os peixes mantidos na salinidade 15‰, os quais por sua vez obtiveram maior crescimento que os peixes na salinidade 5‰. No presente estudo os juvenis de bijupirá apresentaram uma ampla capacidade eurialina, não ocorrendo mortalidade durante o período experimental quando expostos à salinidade 3‰ durante 15 dias.

A salinidade pode influenciar a taxa de consumo de alimento, assim como a conversão alimentar dos peixes (ALTINOK & GRIZZLE 2001; BOEUF & PAYAN 2001). Para juvenis do bijupirá CHEN et al. (2009) relataram que taxa de ingestão de alimento não foi afetada pela salinidade, contudo a eficiência alimentar foi otimizada na salinidade 30‰ quando comparado às salinidades 35‰ e entre 25‰ e 5‰. Em salinidade reduzida (5‰) a adição de cloreto de sódio na ração influenciou positivamente o consumo de ração, assim como sua conversão alimentar. Porém isso não se refletiu em um maior crescimento no bijupirá durante o período experimental (SANTOS et al. 2014). No presente estudo a salinidade não influenciou o consumo de alimento, tão pouco a conversão alimentar aparente dos peixes.

A capacidade osmorregulatória de uma espécie de peixe marinho-estuarina pode variar de acordo com a ontogenia da mesma, como relatado para o linguado *P. orbignyanus* (SAMPAIO et al. 2007). Desta forma, diferenças no desenvolvimento ontogênico podem explicar os diferentes resultados do efeito da salinidade na sobrevivência e crescimento do bijupirá. Estudos prévios dos efeitos da salinidade no processo osmorregulatórios foram observados em juvenis do bijupirá com aproximadamente 10 g (DENSON et al., 2003; RESLEY et al. 2006), enquanto no presente estudo os peixes possuíam peso inicial de aproximadamente 200 g.

O ponto isosmótico do bijupirá estimado no presente estudo é similar aos relatados para outras espécies de teleósteos marinho estuarinos que possuem o ponto isosmótico de aproximadamente um terço da osmolalidade da água do mar (11‰ – 14‰) com aproximadamente 300-350 mOsm/kg (BOEUF & PAYAN 2001; NORDLIE 2009). Por exemplo, os linguados *Dicologlossa cuneata* e *Paralichthys orbignyanus* possuem ponto isosmótico equivalente às salinidades 10,4‰ (284 mOsm/kg) e 10,9‰ (329 mOsm/kg), respectivamente (SAMPAIO & BIANCHINI 2002; HERRERA et al. 2009). Já a tainha *Mugil liza* e o pampo *Trachinotus marginatus* possuem ponto isosmótico equivalente à salinidade 13,5‰ (413 mOsm/kg) e 13,1‰ (357 mOsm/kg), respectivamente (LISBOA et al. 2015; ANNI et al. 2016). Para o próprio bijupirá o ponto isosmótico foi determinado em 378 mOsm/kg /k, que equivale à salinidade

11,2‰, por XU et al. (2007), enquanto BURKEY et al. (2007) estimaram em 332 mOsm/kg /kg, equivalente à salinidade 11,5‰.

Resultados semelhantes aos pontos isoônicos encontrados no presente estudo também foram observados para o bijupirá para os íons Na^+ , K^+ e Cl^- em 152,2, 6,16 e 137,1 mEq/L que corresponde às salinidades 10,7‰, 20,4‰ e 8,4‰ (XU et al. 2007). Pontos isoônicos também foram observados para outras espécies marinho/estuarinas como o linguado *P. orbignyanus* apresentando pontos isoônicos para os íons Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e Cl^- em 210,8, 5,4, 5,2 e 236,8 mEq/L, o que equivale às salinidades 11,6‰, 22,6‰, 15,7‰ e 8,4‰, respectivamente (SAMPAIO & BIANCHINI 2002).

O aumento da densidade de células de cloreto no tecido branquial observado no presente estudo nos peixes mantidos abaixo do seu ponto isosmótico (salinidades 3‰ e 9‰) está provavelmente relacionado à necessidade do aumento da atividade de transportadores iônicos nos peixes marinhos em baixa salinidade, como relatados por BALDISSEROTTO (2013). A proliferação e mudanças morfológicas das células de cloreto foram também relatadas em espécies marinhas como *Sparus sarba* (KELLY et al. 1999), *Platichthys stellatus* (TAKEDA & TANAKA 2007) e *T. marginatus* (ANNI et al. 2016) expostos a baixa salinidade. As células de cloreto nos peixes geralmente estão localizadas na junção entre a lamela primária e a secundária (GENTEN et al. 2009). Contudo, nos peixes em uma condição de estresse, as células de cloreto tendem a proliferar para o epitélio lamelar (ROQUES et al. 2010), assim como foi observado neste estudo nos peixes expostos nas salinidades 3‰ e 9‰. Comportamento similar das células de cloreto também foi observado em juvenis do linguado *P. stellatus* expostos à água doce (TAKEDA & TANAKA 2007) e em juvenis do bijupirá expostos a baixa salinidade (5‰) alimentados com uma dieta suplementada de NaCl (SANTOS et al. 2014).

Outra importante mudança morfológica que pode ocorrer nos peixes marinhos quando expostos à água com baixa salinidade é nos rins, devido à necessidade de produção de uma urina bastante diluída (SOENGAS et al. 2007). Um aumento do número de glomérulos foi observado apenas nos peixes expostos à salinidade 3‰ comparados aos peixes na salinidade 21‰. Esse aumento possivelmente está relacionado à necessidade dos peixes em eliminar água do organismo.

ARJONA et al. (2007) relataram que mudanças de salinidade podem ocasionar resposta de estresse nos peixes, refletido diretamente nas taxas metabólicas com o aumento ou diminuição da glicose de acordo com a salinidade. Para o linguado

Dicologlossa cuneata ocorreu um aumento nos valores de glicose plasmática quando mantido em uma salinidade extrema (55‰) comparado com salinidades que variaram de 5‰ a 35‰ (HERRERA et al. 2009). No presente estudo a redução dos valores de glicose é possivelmente uma resposta do custo metabólico para manter a osmorregulação em uma situação de hipo-osmorregulação, já que a glicose é o principal combustível para manter o metabolismo dos organismos.

Os peixes marinhos expostos a baixa salinidade tendem a ganhar água do meio (BOEUF & PAYAN 2001), desta forma podendo influenciar na retenção de umidade na musculatura dos peixes. Contudo, no presente estudo as diferentes salinidades não afetaram a composição proximal do músculo dos juvenis de bijupirá, não influenciando o teor de umidade, matéria seca, proteína, lipídios e cinzas dos peixes. O bijupirá mantido em baixa salinidade (5‰) e sendo alimentado com rações com diferentes quantidades de NaCl também não apresentou diferenças em sua composição proximal da carcaça (SANTOS et al. 2014). CHEN et al. (2009), mantendo os juvenis de bijupirá em salinidades que variaram de 5‰ a 35‰ não observaram diferença na umidade da carcaça dos peixes, porém diferenças foram observadas na proteína, lipídios, cinzas dos peixes entre os tratamentos. Contudo, essas diferenças não apresentaram um padrão relacionado com a salinidade.

Segundo BURKEY et al. (2007), o bijupirá não possui uma capacidade osmorregulatória suficiente para ser produzido em água doce. Um dos principais limitantes para os peixes marinhos serem produzidos em água com baixa salinidade é a reduzida disponibilidade de Ca^{+2} na água, como demonstraram (WURTS & STICKNEY 1989; GATLIN et al. 1992). Estes autores relataram que a performance zootécnica do "red drum" (*Sciaenops ocellatus*) em água doce apenas foi similar aos peixes mantidos em água salgada quando a água doce foi suplementada com cálcio. O presente estudo determinou pela primeira vez o ponto iso-iônico do Ca^{+2} para juvenis do bijupirá (5,18 mEq/L) que equivale à salinidade 8,7‰. Desta forma, abaixo desta salinidade como estratégia seria importante adicionar Ca^{+2} na água e/ou suplementar cálcio na dieta de juvenis do bijupirá para viabilização da sua produção em baixa salinidade.

6. CONCLUSÕES

No presente estudo, juvenis de bijupirá apresentaram uma boa capacidade osmorregulatória tolerando a salinidade 3‰ durante 15 dias sem apresentar

mortalidade, redução de crescimento ou qualquer deficiência na utilização do alimento. Foi possível estimar e determinar o ponto isosmótico dos juvenis em 376,5 mOsm/kg /kg, o que representa uma salinidade de 13,4‰, enquanto os pontos iso-iônicos do Na⁺, K⁺, Ca⁺² e Cl⁻ foram estimados em 188,4, 4,8, 5,18 e 181,4 mEq/L, o que corresponde às salinidades de 12,7‰, 20,5‰, 8,7‰ e 7,2‰. Este estudo reforça a grande capacidade osmorregulatória do bijupirá e estes resultados irão contribuir para futuros estudos da composição iônica adequada para o crescimento dessa espécie em baixa salinidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNI, ISA, A BIANCHINI, IF BARCAROLLI, AS VARELA, RB ROBALDO, MB TESSER & LA SAMPAIO. 2016. Salinity influence on growth, osmoregulation and energy turnover in juvenile pompano *Trachinotus marginatus* Cuvier 1832. *Aquaculture*, 455: 63-72.
- ARANA, LV. 2004. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: Uma revisão para peixes e camarões. Editora da UFSC, Florianópolis. 231p.
- ARNOLD, CR, JB KAISER & GJ HOLT. 2002. Spawning of cobia *Rachycentron canadum* in captivity. *J. World Aquacult. Soc.*, 33: 205-208.
- ATWOOD, HL, SP YOUNG, JR TOMASSO & TIJ SMITH. 2004. Resistance of cobia, *Rachycentron canadum*, juveniles to low salinity, low temperature, and high environmental nitrite concentrations. *J. Appl. Aquacult.*, 15(3/4): 191-195.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). 1998. Official methods of analysis of the AOAC international. 16^a ed. AOAC, Gaithersburg, EUA.
- ALTINOK, I & JM GRIZZLE. 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juveniles euryhaline and fresh water stenohaline fishes. *J. Fish Biol.*, 59: 1142-1152.
- ARJONA, FJ, L VARGAS-CHACOFF, I RUIZ-JARABO, O GONÇALVES, I PÁSCOA, MP MARTIN DEL RIO & JM MANCERA. 2009. Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: Implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. *Aquaculture*, 287(3-4): 419-426.

- BALDISSEROTTO, B, JMM ROMERO & BG KAPOOR. 2007. *Fish Osmoregulation*, Science Publishers, New Hampshire. 527p.
- BALDISSEROTTO, B. 2013. Fisiologia de peixes aplicada à aquicultura. 3ª Ed. Santa Maria, Editora UFSM. 349 p.
- BAUMGARTEN, MGZ, JMB ROCHA & LFH NIENCHESKI. 2010. Manual de Análises em Oceanografia Química. Editora da FURG. Rio Grande, RS. 172p.
- BENETTI, DD, B O'HANLON, JA RIVERA, AW WELCH, C MAXEY & MR ORHUN. 2010. Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. *Aquaculture*, 302: 195-201.
- BHUJEL, RC. 2008. Statistics for aquaculture. Wiley-Blackwell, Estados Unidos, 222p.
- BOEUF, G & P PAYAN. 2001. How should salinity influence fish growth? *Comp. Biochem. Physiol. C*, 130(4): 411-423.
- BOYD, C. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture*. 1990. Agricultural Experiment Station. Opelika, Alabama. Birmingham Publishing Co. 482p.
- BURKEY, K, SP YOUNG, TIJ SMITH & JR TOMASSO. 2007. Low-salinity resistance of juvenile cobias. *North Am. J. Aquacult.*, 69(3): 271–274.
- CHEN, GZ, Z WU WANG & B GU. 2009. Effects of salinity on growth and energy budget of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *J. World Aquacult. Soc.*, 40: 374–382.
- DENSON, MR, KR STUART, TIJ, SMITH, CR WEIRICH & A SEGARS. 2003. Effects of salinity on growth, survival and selected hematological parameters of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *J. World Aquacult. Soc.*, 34: 496-504.
- FAULK, CK & GJ HOLT. 2006. Responses of cobia *Rachycenton canadum* larvae to abrupt or gradual changes in salinity. *Aquaculture*, 256: 275-283.
- FIGUEIREDO, JL & NA MENEZES. 1980. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil.III Teleostei (2). São Paulo: USP. 90p.
- FRASER, JS, MW CLARKSON, SC DEGNAN, R ERION, D KERN & T ALBER. 2009. Hidden alternative structures of proline isomerase essential for catalysis. *Nature*, 462(7273): 669–673.
- GATLIN, DM, DS MACKENZIE, SR CRAIG & WH NEILL. 1992. Effects of dietary sodium chloride on red drum juveniles in waters of various salinities. *Prog. Fish-Cult.*, 54: 220–227.

- GAUMET, F, G BOEUF, A SEVERE, A LE ROUX & N MAYER-GOSTAN. 1995. Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. *J. Fish Biol.*, 47: 865–876.
- HANDELAND, S., Å BERGE, BT BJÖRNSSON & S. STEFANSSON. 1998. Effects of temperature and salinity on osmoregulation and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in seawater. *Aquaculture*, 168(1-4): 289–302.
- GENTEN, G, E TERWINGHE & A DANGUI. 2009. *Atlas of Fish Histology*. 1^a ed. New Hampshire, EUA, 215p.
- HERRERA, ML VARGAS-CHACO, I HACHERO, I RU & A RODILES. 2009. Osmoregulatory changes in wedgesole (*Dicologoglos sacuneata* Moreau, 1881) after acclimation to different environmental salinities. *Aquacult. Res.*, 40: 762-771.
- KAISER, JB & GJ HOLT. 2005. Species profile cobia. *Southern Regional Aquaculture Center*, (7202): 1–6.
- KELLY, SP, INK CHOW & YS WOO. 1999. Alterations in Na⁺-K⁺-ATPase activity and gill chloride cell morphometrics of juvenile black sea bream (*Mylio macrocephalus*) in response to salinity and ration size. *Aquaculture*, 172(3-4): 351–367.
- LAMBERT, Y, JD DUTIL & J MUNRO. 1994. Effects of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Atlantic cod *Gadus morhua*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 1569–1576.
- LIAO, IC, TS HUANG, WS TSAI, CM HSUEH, SL CHANG & EM LEAÑO. 2004. Cobia culture in Taiwan: current status and problems. *Aquaculture*, 237: 155–165.
- LIAO, IC & EM LEAÑOS. 2007. Cobia Aquaculture: Research, development and commercial production. Co-publicado por: Asian Fisheries Society; The Fisheries Society of Taiwan; World Aquaculture Society; and National Taiwan Ocean University. 178p.
- LISBOA, V, IF BARCAROLLI, LA SAMPAIO, A BIANCHINI. 2015. Acclimation of juvenile *Mugil liza* Valenciennes, 1836 (Mugiliformes: Mugilidae) to different environmental salinities. *Neotrop. Ichthyol.*, 13(3): 591–598.
- MARSHALL, WS & M GROSELL. 2005. Ion transport, osmoregulation and acid-base balance. In: EVANS D & JB CLAIBORNE. *Physiology of Fishes*. Vol. 3, Boca Raton: CRC Press. pp. 177-230.
- MCCORMICK, SD. 2001. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *Amer. Zool.*, 41: 781–794.

- MCCORMICK, SD, AP FARRELL & JB COLIN. 2013. *Euryhaline fishes*. 1st Ed, Elsevier, Waltham.
- MICHALANY, J. 1998. Técnica histológica em anatomia patológica. 3^a Edição, Michalany, São Paulo. 295 p.
- MORGAN, JD & GK IWANA. 1991. Effects of salinity on growth, metabolism and ionic regulation in juvenile rainbow trout and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can. J. Fisher. Aquatic Sci.*, 48: 2083-2094.
- NORDLIE, FG. 2009. Environmental influences on regulation of blood plasma/serum components in teleost fishes: a review. *Rev. Fish Biol. Fisher.*, 19: 481-564.
- RESLEY, MJ, KA WEB JR & GJ HOLT. 2006. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 253: 398-407.
- RODRIGUES, RV, MH SCHWARZ, BC DELBOS & LA SAMPAIO. 2007. Acute toxicity and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 271(1-4): 553–557.
- RODRIGUES, RV. 2012. Efeitos do ambiente ácido e do nitrato em juvenis do bijupirá *Rachycentron canadum*. Tese de doutorado em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande. 100p.
- RODRIGUES, RV, JS PEDRON, LA ROMANO, MB TESSER & LA SAMPAIO. 2015. Acute responses of juvenile cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus 1766) to acid stress. *Aquacult. Res.*, 46(5): 1241–1247.
- ROQUES JAC, W ABBINK F GEURDS, H VAN DE VIS & G FLIK. 2010. A painful procedure studies on Nile tilapia and Tailfin clipping common carp. *Physiol. Behav.*, 101: 533–540.
- SAMPAIO, LA & A BIANCHINI. 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 269: 187-196.
- SAMPAIO, LA, LS FREITAS, MH OKAMOTO, LR LOUZADA, R V. RODRIGUES & RB ROBALDO. 2007. Effects of salinity on Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* from fertilization to juvenile settlement. *Aquaculture*, 262(2-4): 340–346.
- SAMPAIO, LA, MB TESSER, D BURKERT. 2003. Tolerância de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus* (Teleostei, Carangidae) ao choque agudo de salinidade em

- laboratório. *Ciência Rural*, 33(4): 757–761.
- SANTOS, RA, A BIANCHINI, MB JORGE, LA ROMANO, LA SAMPAIO & MB TESSER. 2014. Cobia *Rachycentron canadum* L. reared in low-salinity water: does dietary sodium chloride affect growth and osmoregulation? *Aquaculture*, 45: 728–735.
- SARDELLA, BA, V MATEY, J COOPER, RJ GONZALEZ & CJ BRAUNER. 2004. Physiological, biochemical and morphological indicators of osmoregulatory stress in ‘California’ Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. urolepishornorum*) exposed to hypersaline water. *J. Exp. Biol.*, 207: 1399–1413.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. 2002. *Fisiologia animal, adaptação e meio ambiente*. 5ª Ed. Santos Livraria e Editora. 319-320p.
- SCHWARZ, MH, D MOWRY, E McLEAN & SR CRAIG. 2007. Performance of advanced juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, reared under different thermal regimes evidence for compensatory growth and a method for cold banking. *J. App. Aquacult.*, 19(4): 71-84.
- SHAFFER, RV & EL NAKAMURA. 1989. Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). Washington, D.C.: FAO Fisheries Synopsis. 153 (National Marine Fisheries Service/S 153), U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report, National Marine Fisheries Service 82.
- SOENGAS, JL, S SANGIAO-ALVARELLOS, R LAIZ-CARRIÓN & JM MANCERA. 2007. Energy metabolism and osmotic acclimation in teleost fish. In: BALDISSEROTTO, B, JMM ROMERO & BG KAPOOR. *Fish Osmoregulation*, Science Publishers, New Hampshire. 277-308 p.
- SUN, L, H CHEN & L HUANG. 2006. Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 261(3): 872–878.
- SUN, L & H CHEN. 2014. Effects of water temperature and fish size on growth and bioenergetics of cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 426-427: 172–180.
- TAKEDA, Y & M TANAKA. 2007. Freshwater adaptation during larval, juvenile and immature periods of starry flounder *Platichthys stellatus*, stone flounder *Kareius bicoloratus* and their reciprocal hybrids. *J. Fish Biol.*, 70(5): 1470–1483.
- TIMMONS, MB & JM EBELING. 2010. *Recirculating Aquaculture*. 2ª ed., Cayuga Aqua Ventures. 948 p

- TSUZUKI, M, J SUGAI, JC MACIEL, CJ FRANCISCO & VR CERQUEIRA. 2007. Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. *Aquaculture*, 271: 319–325.
- TUCKER, JW. 1998. Marine fish aquaculture, 1st ed. Springer, Boston, USA.
- WEIBEL, ER. 1979. Stereological methods In: Practical methods for biological morphometry, vol. 1. London: Academic Press.
- WOO, NYS & SP KELLY. 1995. Effects of salinity and nutritional status on growth and metabolism of *Sparus sarba* in closed seawater system. *Aquaculture*, 135: 229-238.
- WURTS, WA & RR STICKNEY. 1989. Responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to calcium and magnesium concentrations in fresh and salt water. *Aquaculture*, 76: 21–35.
- XU, L-W, G-F LIU, R-X WANG, Y-L SU, Z-X GUO & J FENG. 2007. Effects of abrupt salinity stress on osmorregulation of juvenile *Rachycentron canadum*. *Chinese J. Appl. Ecol.*, 18(7): 1596–1600.