



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL**

**NÍVEIS IÔNICOS NO PLASMA E NO CONTEÚDO DO
TRATO GASTRINTESTINAL DE TELEÓSTEOS
COLETADOS EM DIFERENTES SALINIDADES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Alexssandro Geferson Becker

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**NÍVEIS IÔNICOS NO PLASMA E NO CONTEÚDO DO
TRATO GASTRINTESTINAL DE TELEÓSTEOS
COLETADOS EM DIFERENTES SALINIDADES**

por

Alexssandro Geferson Becker

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal – Linha de pesquisa: Bioecologia de Peixes, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências Biológicas**.

Orientador: Prof. Dr. João Radünz Neto

Santa Maria, RS, Brasil
2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**NÍVEIS IÔNICOS NO PLASMA E NO CONTEÚDO DO TRATO
GASTRINTESTINAL DE TELEÓSTEOS COLETADOS EM
DIFERENTES SALINIDADES**

Elaborada por

Alexssandro Geferson Becker

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Ciências Biológicas

COMISSÃO EXAMINADORA

João Radünz Neto, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Sandro Santos, Dr. (UFSM)

Liliane de Freitas Bauermann, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 12 de fevereiro de 2008.

Becker, Alexssandro Geferson, 1981-

B395n

Níveis iônicos no plasma e no conteúdo do trato gastrointestinal de teleósteos coletados em diferentes salinidades / por Alexssandro Geferson Becker ; orientador João Radünz Neto. – Santa Maria, 2008.

80 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2008.

1. Biodiversidade animal 2. Estuário 3. Fluido intestinal 4. Osmorregulação 5. Peixes de água doce 6. Peixes de água salgada 7. Salinidade 8. Trato gastrointestinal I. Radünz Neto, João, orient. II. Título

CDU: 639.3.043

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por todas as graças alcançadas.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Departamento de Ciências Biológicas da UFSM, pela oportunidade da realização do Curso de Pós-Graduação.

A CAPES pela bolsa de estudos e pelo financiamento do projeto, bem como ao CNPq pelas bolsas de pesquisa concedidas aos professores Bernardo Baldisserotto e João Radünz Neto.

Ao Professor Bernardo Baldisserotto pela brilhante orientação desde a graduação, sempre realizada com sabedoria, dedicação e paciência. Além disso, não poderia deixar de dizer que o considero como o meu “pai científico”, pois, através da sua motivação descobri como é instigante desenvolver trabalhos de pesquisa.

Ao Professor João Radünz Neto pela pronta disponibilidade para orientar, após o surgimento de alguns imprevistos. Além disso, uma pessoa exemplar sempre disposta a colaborar e contribuir com suas palavras amigas.

Em especial a minha querida namorada Jamile que sempre me apoiou em todos os momentos através de palavras de carinho e incentivo e com a sua alegria iluminou o meu caminho e tornou cada dia especial, tornando-se uma grande companheira e amiga.

Aos meus pais (João e Renate) e irmãos (Alexandre, Alex e Alessandra) que sempre me ajudaram através de incentivos e palavras amigas.

A minha sogra Celeste Fabbrin (*in memorian*) e Teresinha Fabbrin (*in memorian*) pelos exemplos de vida e palavras de carinho. A minha cunhada Etiene pela amizade e por ter me dado uma linda afilhada (Helena) e, também ao Christian pela alegria contagiante.

A professora e amiga Maria Rosa Chitolina Schetinger que sempre estendeu a mão quando foi preciso.

Aos funcionários do Departamento de Fisiologia e Farmacologia e do Departamento de Biologia, em especial ao Sr. Paulo Moraes pela disponibilidade, interesse e amizade.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia de Peixes, Luciano, Carlos, Mauro, Daiani e Francesca pelos momentos de alegria e descontração, os quais resultaram em uma grande amizade. Aos colegas de pós-graduação pela amizade demonstrada durante todo o curso. Além disso, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, em especial aos professores Sonia Cechin, Sandro Santos, Élgion Loreto, Carla Kotzian e Ana Beatriz Barros de Moraes pelos conhecimentos apreendidos desde os primeiros anos do curso de graduação em Ciências Biológicas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO GERAL.....	12
3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
4.1 O ambiente aquático.....	13
4.2 Regulação iônica em peixes teleósteos adaptados a água do mar.....	14
4.3 Regulação iônica em peixes teleósteos adaptados a água doce.....	16
4.4 Regiões estuarinas.....	18
4.5 Canal São Gonçalo: sistema lagunar Patos Mirim.....	20
5 RESULTADOS.....	34
5.1 Manuscrito I: Ions levels in the gastrointestinal tract content and plasma of freshwater and estuarine teleosts.....	34
Abstract	35
Introduction.....	36
Materials and Methods.....	38
Results.....	40
Discussion.....	44
Acknowledgements.....	49
References.....	49
6 CONCLUSÕES	74
7 REFERÊNCIAS	75

LISTA DE TABELAS

Manuscrito I

TABELA 1 – Freshwater and estuarine teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel.....	57
TABELA 2 – Ion levels in the different salinities of the São Gonçalo channel.....	58
TABELA 3 – Plasma ion levels of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel.....	59
TABELA 4 – Na ⁺ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel. st- stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.....	60
TABELA 5 – Cl ⁻ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel. st- stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.....	61
TABELA 6 – K ⁺ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel. st- stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.....	62
TABELA 7 – Ca ²⁺ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel. st- stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.....	63
TABELA 8 – Mg ²⁺ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel. st- stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.....	64

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema geral dos fluxos de íons e água nos teleósteos adaptados à água do mar. Em verde: influxo ou absorção; em azul: efluxo ou excreção. (Fonte: BALDISSEROTTO, 2002).....	16
FIGURA 2 – Esquema geral dos fluxos de íons e água nos teleósteos adaptados à água doce. Em verde: influxo ou absorção; em azul: efluxo ou excreção. (Fonte: BALDISSEROTTO, 2002).....	18
FIGURA 3 – Localização do Canal São Gonçalo e da Barragem – Eclusa Santa Bárbara. 3a) Complexo Lagunar Patos – Mirim no sul do Brasil. 3b) Localização dos pontos de coleta (B1 e B2). dam - Barragem – Eclusa Santa Bárbara. (Retirado de BURNS et al., 2006).....	21
FIGURA 4 – Localização da Barragem-Eclusa Santa Bárbara. (Fonte: Google Earth, acessado em 07 de janeiro de 2008)). Coordenadas: 31°48'39.78"S, 52°23'19.47"O.....	22
FIGURA 5 – <i>Atherinella brasiliensis</i> (Foto retirada de FISCHER et al., 2004).....	24
FIGURA 6 – <i>Brevoortia pectinata</i> (Foto retirada de FISCHER et al., 2004).....	24
FIGURA 7 – <i>Cyphocharax voga</i> (Foto retirada de KOCH et al., 2000).....	25
FIGURA 8 – <i>Hypostomus commersoni</i> (Foto de A.G. Becker).....	25
FIGURA 9 – <i>Menticirrhus americanus</i> (Foto retirada de FISCHER et al., 2004).....	26
FIGURA 10 – <i>Micropogonias furnieri</i> (Foto retirada de FISCHER et al., 2004).....	27
FIGURA 11 – <i>Mugil curema</i> (Foto retirada de FISCHER et al., 2004).....	28
FIGURA 12 – <i>Netuma barba</i> (Foto de A.G. Becker).....	29
FIGURA 13 – <i>Paralichthys orbignyanus</i> (Foto de A.G. Becker).....	30
FIGURA 14 – <i>Parapimelodus nigribarbis</i> (Foto retirada de KOCH et al., 2000).....	31
FIGURA 15 – <i>Pimelodus maculatus</i> (Foto de A.G. Becker).....	31
FIGURA 16 – <i>Rhamdia quelen</i> (Foto de A.G. Becker).....	32
FIGURA 17 – <i>Trichiurus lepturus</i> (Foto retirada de FISCHER et al., 2004).....	33

Manuscrito I

FIGURA 1 – Plasma ion levels in <i>Micropogonias furnieri</i> (A and C) and <i>Netuma barba</i> (B and D) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel.....	65
--	----

FIGURA 2 – Na ⁺ and Cl ⁻ levels in the fluid phase of the different segments of the gastrointestinal tract of <i>Micropogonias furnieri</i> (A and C, respectively) and <i>Netuma barba</i> (B and D, respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel.....	66
FIGURA 3 – K ⁺ , Ca ²⁺ and Mg ²⁺ levels in the fluid phase of the different segments of the gastrointestinal tract of <i>Micropogonias furnieri</i> (A, C and E, respectively) and <i>Netuma barba</i> (B, D and F, respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel.....	68
FIGURA 4 – Total amount of Na ⁺ and Cl ⁻ in the different segments of the gastrointestinal tract of <i>Micropogonias furnieri</i> (A and C, respectively) and <i>Netuma barba</i> (B and D, respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel.....	70
FIGURA 5 – Total amount of K ⁺ , Ca ²⁺ and Mg ²⁺ in the different segments of the gastrointestinal tract of <i>Micropogonias furnieri</i> (A, C and E, respectively) and <i>Netuma barba</i> (B, D and F, respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel.....	72

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

NÍVEIS IÔNICOS NO PLASMA E NO CONTEÚDO DO TRATO GASTRINTESTINAL DE TELEÓSTEOS COLETADOS EM DIFERENTES SALINIDADES

AUTOR: Alexssandro Geferson Becker

ORIENTADOR: João Radünz Neto

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 12 de fevereiro de 2008.

Peixes teleósteos adaptados à água do mar são hiposmóticos em relação ao meio em que vivem e como consequência disso convivem com uma constante perda de água por osmose e ganho de sais por difusão. Ao contrário dos teleósteos que vivem na água salgada, peixes teleósteos adaptados à água doce convivem com o dilema oposto, uma constante entrada de água por osmose e perda de íons por difusão. Além disso, entre esses ambientes existem as regiões estuarinas, as quais são habitats de várias espécies. A proposta desse estudo foi investigar os níveis de Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} na fase fluida e quantidade total do conteúdo dos segmentos do trato gastrointestinal e do plasma de teleósteos estuarinos e de água doce coletados em diferentes salinidades (0-34‰) no Canal São Gonçalo em Pelotas, sul do Brasil. Além disso, uma possível relação entre os níveis iônicos e a salinidade foi investigada. Após a captura dos peixes, coletou-se sangue e os espécimes foram submetidos a eutanásia para remoção dos segmentos do trato gastrointestinal: estômago, cecos pilóricos/intestino anterior, intestino médio e posterior. Os resultados mostraram que não houve relação entre os íons no plasma, na fase fluida e na quantidade total dos segmentos do trato gastrointestinal com a salinidade quando se considerou todas as espécies juntas, porém duas espécies (*Micropogonias furnieri* e *Netuma barba*) coletadas em três ou mais salinidades demonstraram relação significativa entre esses parâmetros e a salinidade. Os níveis iônicos na fase fluida e quantidade total da maioria das espécies mostraram valores significativamente maiores no intestino anterior em relação ao estômago. Além disso, os níveis iônicos mostraram variação ao longo do trato gastrointestinal sugerindo uma possível absorção de íons. Estes resultados sugerem que a mudança de salinidade afetou os níveis iônicos do plasma e dos conteúdos do trato gastrointestinal de *Micropogonias furnieri* e *Netuma barba*, indicando que este sistema pode estar relacionado com a osmorregulação destas espécies.

Palavras-chave: estuários, fluidos intestinais, osmorregulação, peixes de água doce, peixes de água salgada, salinidade, trato gastrointestinal.

ABSTRACT

Master Dissertation

Pos-Graduate in Animal Biodiversity

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brazil.

ION LEVELS IN THE PLASMA AND GASTROINTESTINAL TRACT CONTENT OF TELEOSTS COLLECTED IN DIFFERENT SALINITIES

AUTHOR: Alexssandro Geferson Becker

ADVISER: João Radünz Neto

Date and Place of Defense: February 12nd, 2008, Santa Maria

Seawater teleost fish are hyposmotic to their environment and as a consequence must deal with a constant diffusive loss of water and a net gain of salts. In contrast to living in seawater, teleosts fish in a freshwater environment are faced with the opposite dilemma, a constant osmotic influx of water and depletion of salts. Between these environments there are estuarine regions, which are habitats of several species. The purpose of this study was to investigate Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺ levels in the fluid phase and total amount of the contents of the segments of the gastrointestinal tract and plasma of freshwater and estuarine teleosts collected in different salinities (0 to 34‰) in the São Gonçalo channel in Pelotas, southern Brazil. Moreover, a possible relationship between the ion levels and salinity was investigated. After capture of the fishes, blood was collected and specimens were sacrificed for removal gastrointestinal tract segments: stomach, pyloric ceca/anterior intestine, mid- and posterior intestine. The results showed that there was no relationship between ion levels in the plasma, in the fluid phase and in the total amount of the segments of the gastrointestinal tract with salinity when considering all species together, but species (*Micropogonias furnieri* and *Netuma barba*) collected in three or more salinities demonstrated significant relationship of these parameters with salinity. The ion levels in the fluid phase and total amount of the most species showed significantly higher values in the anterior intestine than stomach. Moreover, ion levels showed a variation throughout the gastrointestinal tract suggesting possible ion absorption. These results suggest that the change of salinity affected ion levels in the plasma and in the content of the gastrointestinal tract of *Micropogonias furnieri* and *Netuma barba*, indicating that this system might be related with osmoregulation of these species.

Keywords: estuaries, freshwater fish, gastrointestinal tract, intestinal fluids, osmoregulation, salinity, seawater fish.

1 INTRODUÇÃO

Peixes teleósteos adaptados à água do mar são sempre hiposmóticos em relação ao meio em que vivem, e devido a este fato eles enfrentam dois problemas básicos: entrada de sais por difusão e perda de água por osmose (JOBBLING, 1995), a qual é compensada pela ingestão de água do mar (SHEHADEH & GORDON, 1969; CARRICK & BALMENT, 1983; EVANS, 1993; CARROLL et al., 1994; ANDO et al., 2003; EVANS et al., 2005). Estudos com teleósteos marinhos demonstraram que o esôfago e o intestino anterior são essenciais para a absorção de Na^+ e Cl^- , permitindo posteriormente uma absorção de água por osmose (KIRSCH & MEISTER, 1982; DABROWSKI et al., 1986). Os íons monovalentes Na^+ , Cl^- e K^+ captados através da ingestão de água do mar são absorvidos ao longo do trato gastrintestinal (GROSELL, 2007). Por outro lado, os íons divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} não são absorvidos no intestino e sim excretados através do fluido intestinal e, além disso, também ocorre a precipitação de carbonatos de Ca^{2+} e Mg^{2+} (WILSON et al., 2002; WILSON & GROSELL, 2003).

Por outro lado, os teleósteos adaptados à água doce são sempre hiperosmóticos em relação ao meio em que vivem, e também enfrentam dois problemas básicos: perda de íons por difusão, e entrada excessiva de água por osmose (BALDISSEROTTO, 2003). Os íons são absorvidos pelas brânquias (WOOD, 2001) e bexiga urinária, e o excesso de água é eliminado por uma abundante e diluída urina (CURTIS & WOOD, 1991). O intestino (ou cecos pilóricos quando presente) absorve Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} e Mg^{2+} (e provavelmente outros íons) provindos da alimentação (DABROWSKI et al., 1986; BUDDINGTON & DIAMOND, 1987; BOGÉ et al., 1988; BALDISSEROTTO et al., 1993; KERSTETTER & WHITE, 1994; BALDISSEROTTO & MIMURA, 1995; BIJVELDS et al., 1998). O intestino de vários teleósteos adaptados à água doce pode absorver ou não transportar K^+ (SMITH, 1964; SKADHAUGE, 1969; NAKAMURA, 1985; DABROWSKI et al., 1986; BALDISSEROTTO et al., 1993; BALDISSEROTTO et al., 1996).

Regiões de encontro entre águas salgadas e doces recebem o nome de regiões estuarinas, nas quais se verificam grandes alterações ambientais e, também, são locais onde os mecanismos fisiológicos dos peixes devem ser extremamente apurados. Considerando-se estes fatos, pode-se inferir que estes teleósteos são espécies eurialinas e eficientes osmorreguladoras (JOBBLING, 1995; WHITFIELD, 1999; PRODÓCIMO & FREIRE, 2001).

Nos poucos trabalhos existentes sobre a determinação do conteúdo iônico do trato gastrointestinal de teleósteos adaptados à água doce ou salgada, os exemplares receberam rações comerciais (DABROWSKI et al., 1986; BALDISSEROTTO et al., 2004) ou estavam em jejum (WILSON et al., 1996; MCDONALD & GROSELL, 2006). Apenas um trabalho analisou o conteúdo iônico do trato gastrointestinal de peixes de água doce coletados diretamente do seu meio ambiente natural (BECKER et al., 2006). Independente disso, uma variação da concentração iônica ao longo do trato digestório tem sido reportada em teleósteos adaptados à água doce ou salgada (DABROWSKI et al., 1986; WILSON et al., 1996; BALDISSEROTTO et al., 2004; BECKER et al., 2006; MCDONALD & GROSELL, 2006; VEILLETTE et al., 2006), indicando sua participação na osmorregulação. A coleta de teleósteos capturados em uma ampla faixa de salinidade, diretamente do seu ambiente natural, e, portanto com o conteúdo iônico do trato gastrointestinal refletindo as suas condições naturais de alimentação, permitirá uma melhor compreensão da função desta estrutura na osmorregulação. Além disso, este trabalho servirá como uma importante base para estudos de absorção intestinal em espécies de água doce e estuarinas, uma vez que até o momento as análises realizadas tomaram sempre como base a utilização de soluções com composição semelhante ao plasma tanto do lado seroso como mucoso (BALDISSEROTTO & MIMURA, 1994, 1995; MARVÃO et al., 1994). Como visto nos trabalhos de DABROWSKI et al. (1986), BALDISSEROTTO et al. (2004) e BECKER et al. (2006), essa afirmação não é correta, pois alguns íons apresentam composição diferente no conteúdo do estômago e intestino em relação ao plasma.

2 OBJETIVO GERAL

Verificar os níveis iônicos no conteúdo do trato gastrintestinal e no plasma de peixes teleósteos capturados em ambientes com diferentes salinidades para um melhor entendimento da função desta estrutura na osmorregulação.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar os níveis iônicos no plasma de teleósteos capturados em diferentes salinidades.

Verificar os níveis iônicos no conteúdo do trato gastrintestinal de teleósteos capturados em diferentes salinidades.

Verificar se há relação entre os níveis iônicos no plasma e a salinidade.

Verificar se há relação entre os níveis iônicos na fase fluida do conteúdo dos segmentos do trato gastrintestinal e a salinidade.

Verificar se há relação entre a quantidade total dos íons dos conteúdos dos segmentos do trato gastrintestinal e a salinidade.

Verificar se há alguma variação dos íons na fase fluida e na quantidade total do conteúdo ao longo dos segmentos do trato gastrintestinal.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 O ambiente aquático

O ambiente aquático é caracterizado pela presença de várias substâncias dissolvidas, tais como sais e compostos orgânicos. Além disso, a concentração dessas substâncias na água doce e do mar difere substancialmente. Em relação à água doce, a quantidade de sais presentes vai depender muito do solo em que ela permanece, no caso de lagos, ou em que ela passa, neste caso os rios. Sendo assim, a composição do solo é fundamental para a determinação das concentrações de sais presentes nestas águas, pois, em solos compostos por rochas insolúveis, tais como granito, a água recebe pouco material e é denominada de água mole; por outro lado, em solos compostos por rochas calcárias, poderemos ter uma grande dissolução de sais de cálcio sendo, portanto, denominada de água dura (BOYD, 1998; BALDISSEROTTO, 2002; ARANA, 2004). Por outro lado, na água do mar a concentração de sais chega a 3,5% (35‰), mas existem locais onde essas concentrações são ainda maiores, como por exemplo, no Mar Morto/Israel, aonde chegam a 100‰. Além da água doce e do mar, também temos as águas salobras, ou seja, águas de regiões estuarinas, as quais apresentam concentrações de sais em valores intermediários, por tratar-se de regiões onde ocorrem as misturas das águas doces e salgadas. Além disso, a salinidade desses locais varia bastante em função das marés, chuvas, ventos, temperatura e níveis de oxigênio dissolvido (JOBLING, 1995; WHITFIELD, 1999; PRODÓCIMO & FREIRE, 2001; BALDISSEROTTO, 2002).

Considerando-se as variações das concentrações iônicas dos diferentes ambientes aquáticos, os peixes teleósteos utilizam-se de diferentes mecanismos osmorregulatórios para sobreviverem nesses meios. Quando a concentração do meio varia, os peixes respondem de duas maneiras: a) o peixe não controla ativamente a concentração osmótica do seu sangue, de modo que este acompanha a variação da osmolaridade do meio ambiente e as células desse animal apresentam grande tolerância osmótica, sendo denominados osmoconformadores; b) o peixe mantém constante ou regular a concentração osmótica do sangue independentemente de variações que possam ocorrer no meio ambiente e os tecidos suportam apenas pequenas variações do fluido extracelular, sendo denominados osmorreguladores (SCHMIDT-NIELSEN, 1999; BALDISSEROTTO, 2002).

Outra classificação existente está relacionada à capacidade do peixe em sobreviver às variações da concentração osmótica do meio ambiente: a) espécies que resistem a grandes

variações de concentração são denominadas eurialinas, sobrevivendo tanto em água doce quanto em água do mar; b) espécies que não suportam grandes variações de concentração são denominadas estenoalinas (SCHMIDT-NIELSEN, 1999; BALDISSEROTTO, 2002).

4.2 Regulação iônica em peixes teleósteos adaptados a água do mar

O trato gastrintestinal dos peixes teleósteos marinhos tem um papel fundamental na osmorregulação desses animais pelo fato de auxiliar na absorção de água (SMITH, 1930) (**Figura 1**). Os fluidos extracelulares em teleósteos adaptados à água do mar são hipotônicos (~300mOsm) (MARSHALL & GROSELL, 2005; RANKIN et al., 2001; TAYLOR & GROSELL, 2006a) em relação ao meio em que vivem (~1000 mOsm), resultando na entrada de sais por difusão e perda de água por osmose (JOBILING, 1995). Esta perda de água pelas brânquias, por osmose, e também por uma urina com mesma concentração que o plasma, é compensada pela ingestão de água do mar a uma taxa de 2-5 ml. kg⁻¹.h⁻¹(SHEHADEH & GORDON, 1969; CARRICK & BALMENT, 1983; EVANS, 1993; CARROLL et al., 1994; RANKIN et al., 2001; RODRÍGUES et al., 2002; ANDO et al., 2003; EVANS et al., 2005; MARSHALL & GROSELL, 2005), dos quais cerca de 60 - 85% são absorvidos pelo trato gastrintestinal (SHEHADEH & GORDON, 1969; SLEET & WEBER, 1982; WILSON et al., 1996; GROSELL et al., 1999). O excesso de Na⁺ e Cl⁻ é eliminado através das células de cloreto, localizadas nas brânquias e na membrana opercular. Estas células apresentam a membrana basolateral bastante pregueada, enquanto a membrana apical é reduzida. A membrana basolateral apresenta a bomba de Na⁺-K⁺ (Na⁺-K⁺ - ATPase), a qual retira Na⁺ do meio intracelular, criando um gradiente favorável à entrada deste íon na célula. O Na⁺ entra na célula através do simporte Na⁺/K⁺/2Cl⁻, ocasionando também uma entrada de Cl⁻ e K⁺. O Na⁺ é novamente retirado através da bomba de Na⁺-K⁺, enquanto o Cl⁻ se acumula na célula até sair por difusão pela membrana apical. A saída de Cl⁻ para o meio externo cria um gradiente elétrico que facilita a saída de Na⁺ através de uma via paracelular. O esôfago absorve altas taxas de NaCl e é altamente impermeável à água, resultando em menores pressões osmóticas e menores concentrações de NaCl nos fluidos estomacais se comparados aqueles da água do mar ingerida (HIRANO & MAYER-GOSTAN, 1976; KIRSCH & MEISTER, 1982; PARMELEE & RENFRO, 1983; SMITH, 1930; WILSON et al., 1996). A absorção de Na⁺ e Cl⁻ pelo esôfago e intestino anterior ocasiona uma posterior absorção de água e resulta em um conteúdo luminal

mais diluído (KIRSCH & MEISTER, 1982; DABROWSKI et al., 1986). GROSELL (2007) reportou que cerca de 98, 96 e 75% do Na^+ , Cl^- e K^+ ingeridos, respectivamente, são absorvidos ao longo do trato gastrointestinal. A entrada de Na^+ , K^+ e Cl^- no enterócito ocorre através do simporte $\text{Na}^+/\text{K}^+/2\text{Cl}^-$, e a passagem destes íons pela membrana basolateral envolve um simporte K^+/Cl^- e a bomba de Na^+/K^+ (no caso do Na^+). Os outros sistemas de transporte parecem estar mais relacionados com o equilíbrio ácido básico da célula. A bomba de Na^+/K^+ coloca o Na^+ no espaço paracelular, aumentando a concentração neste local. Quando a concentração no espaço paracelular torna-se maior que a concentração do lúmen intestinal, ocorre absorção de água por osmose. A pressão causada pela entrada de água desloca a solução existente (Na^+ e água absorvidos) para fora do espaço paracelular, em direção aos capilares sanguíneos. Desta maneira, torna-se possível absorver água mesmo que a concentração plasmática seja menor que a do lúmen intestinal. As concentrações de Ca^{2+} no fluido intestinal são substancialmente menores que aquelas encontradas na água do mar (GROSELL et al., 2001, 2004; SMITH, 1930; TAYLOR & GROSELL, 2006 a,b). As baixas concentrações de Ca^{2+} no fluido intestinal têm levado a várias suposições quanto as substanciais absorções de Ca^{2+} em teleósteos marinhos (EVANS, 1993; HICKMAN, 1968; KARNAKY, 1998). Entretanto, estudos mais recentes têm revelado que as baixas concentrações de Ca^{2+} no fluido intestinal são produto das maiores taxas de precipitação do que aquelas de absorção (WILSON et al., 2002; WILSON & GROSELL, 2003). Esta precipitação é evidente pelo fato de ocorrer a formação de cristais de CaCO_3 (WALSH et al., 1991), resultando por fim na redução da quantidade de Ca^{2+} disponível para a absorção intestinal (WILSON & GROSELL, 2003). A água que não é absorvida é eliminada no fluido retal juntamente com outras substâncias, tais como frações dos íons não absorvidos e secreções do trato gastrointestinal (WILSON et al., 1996, 2002; GROSELL et al., 2001, 2004). Os íons Mg^{2+} e SO_4^{2-} são dominantes no fluido intestinal de peixes teleósteos adaptados à água salgada atingindo concentrações em alguns casos acima de 100mM (GROSELL et al., 2001, 2004; TAYLOR & GROSELL, 2006 a,b), as quais estão bem acima das concentrações geralmente encontradas na água do mar, que são respectivamente 50 e 30mM. O aumento das concentrações de Mg^{2+} e SO_4^{2-} está ligado a um aumento da absorção de água, Na^+ e Cl^- (WILSON et al., 1996, 2002; WILSON, 1999; BURY et al., 2001; GROSELL et al., 2001, 2004, 2005; GROSELL & WOOD, 2001). Por outro lado, as concentrações de Na^+ , Cl^- e K^+ nos fluidos intestinais são consideravelmente menores do que na água do mar, sendo isso resultado

da absorção ativa destes íons. Em teleósteos adaptados à água do mar os glomérulos do rim filtram uma quantidade reduzida de sangue. Essa baixa filtração evita uma perda excessiva de água pela urina, pois o rim não consegue concentrá-la. O filtrado glomerular (cerca de $0,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) apresenta concentração semelhante ao plasma, porém sem proteínas. Após a filtração, o líquido segue para o túbulo proximal, onde ocorre a reabsorção de nutrientes, Na^+ , Cl^- e água e secreção de íons divalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^-) e metabólitos (amônia, uréia, creatinina). No túbulo distal e tubo coletor também ocorre reabsorção de Na^+ , K^+ , Cl^- e água. Além disso, a urina é armazenada por algumas horas na bexiga urinária antes de ser eliminada, de modo que mais Na^+ , Cl^- e água sejam absorvidos. A urina resultante (cerca de $0,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) tem alta concentração de íons divalentes e baixa concentração de íons monovalentes (BALDISSEROTTO, 2002).

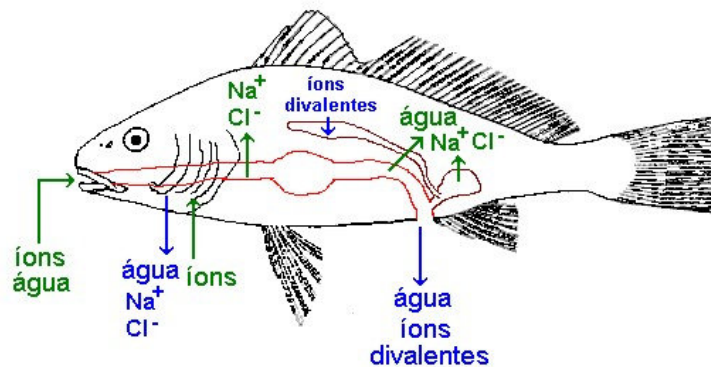


Figura 1. Esquema geral dos fluxos de íons e água nos teleósteos adaptados à água do mar. Em verde: influxo ou absorção; em azul: efluxo ou excreção. (Fonte: BALDISSEROTTO, 2002).

4.3 Regulação iônica em peixes teleósteos adaptados a água doce

Teleósteos adaptados à água doce apresentam os seus fluidos internos mais concentrados em relação ao meio em que vivem. Sendo assim, a perda de íons ocorre através do processo de difusão e a entrada de água ocorre por osmose (BALDISSEROTTO, 2003) (**Figura 2**). A taxa de ingestão de água nestes teleósteos é baixa ($370-1400 \mu\text{l.h}^{-1}.\text{kg}^{-1}$) (FLIK et al., 1985). Além disso, sabe-se que a principal fonte de captação de íons pelos peixes adaptados à água doce é através da dieta (DABROWSKI et al., 1986; BUDDINGTON & DIAMOND, 1987; BOGÉ et al., 1988; BALDISSEROTTO et al., 1993; BALDISSEROTTO & MIMURA, 1995; KERSTETTER & WHITE, 1994; BIJVELDS et al., 1998; BECKER et al., 2006). A absorção

de íons é realizada pelas brânquias (WOOD, 2001) e bexiga urinária, e o excesso de água é eliminado por uma abundante e diluída urina (CURTIS & WOOD, 1991). As brânquias dos teleósteos adaptados à água doce apresentam células de cloreto, as quais apresentam aberturas de grande diâmetro e microvilosidades na membrana apical. Na água doce, as células de cloreto são responsáveis por boa parte da absorção de íons Na^+ e Cl^- . Na membrana basolateral, há uma bomba de Na^+/K^+ que cria um gradiente favorável à entrada de Na^+ , mas, neste caso, este íon entra através de um cotransportador (Na^+/H^+ ou $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$) ou de um canal de Na^+ localizado na membrana apical. Estes sistemas de cotransporte (ou antiporte) permitem que o teleósteo absorva Na^+ e, ao mesmo tempo, elimine amônia na sua forma ionizada (NH_4^+) ou o H^+ , auxiliando no equilíbrio ácido-básico e na eliminação de um resíduo nitrogenado. O Cl^- é absorvido através de um sistema $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$, também localizado na membrana apical. Tanto o H^+ como o HCO_3^- utilizados nestas trocas são oriundos da dissociação do ácido carbônico formado pela combinação do gás carbônico com a água, o que demonstra que há também uma integração entre a absorção de íons e a eliminação do gás carbônico resultante da respiração. Nas brânquias e na membrana opercular dos peixes, também existe uma bomba de Ca^{+2} (Ca^{+2} – ATPase) e um cotransportador Na/Ca^{+2} (BALDISSEROTTO, 2002)

A absorção de Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} e Mg^{2+} e provavelmente outros íons provindos da alimentação, é realizada pelo estômago, intestino ou ainda, pelos cecos pilóricos (DABROWSKI et al., 1986; BUDDINGTON & DIAMOND, 1987; BOGÉ et al., 1988; BALDISSEROTTO et al., 1993; KERSTETTER & WHITE, 1994; BALDISSEROTTO & MIMURA, 1995; BIJVELDS et al., 1998). Por outro lado, a absorção de K^+ pelo intestino pode (SMITH, 1964; SKADHAUGE, 1969; NAKAMURA, 1985; BALDISSEROTTO et al., 1996) ou não ocorrer (DABROWSKI et al., 1986; BALDISSEROTTO et al., 1993). Além disso, da mesma maneira que para os teleósteos adaptados à água do mar, tem sido observada uma variação das concentrações iônicas ao longo do trato gastrintestinal (DABROWSKI et al., 1986; WILSON et al., 1996; BALDISSEROTTO et al., 2004; BECKER et al., 2006; MCDONALD & GROSELL, 2006; VEILLETTE et al., 2006), as quais também podem diferir daquelas encontradas no plasma e, ainda, podem ser influenciadas pelo hábito alimentar dos teleósteos (BECKER et al., 2006). Nos teleósteos adaptados à água doce verifica-se a existência de um grande número de glomérulos que promovem a filtração glomerular abundante (cerca de $5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$). O túbulo proximal reabsorve nutrientes filtrados, mas, nesse caso, apenas uma

pequena quantidade de íons monovalentes (Na^+ , Cl^- , K^+ e HCO_3^-) e divalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^-) e água. A maior parte da reabsorção dos íons Na^+ e Cl^- ocorre no túbulo distal, que é impermeável à água, de modo que ela não é reabsorvida junto com esses íons. O processo de eliminação de excretas é caracterizado pela produção de urina bastante diluída devido ao processo de absorção de íons na bexiga urinária, e, também por fezes com baixas concentrações de sais (BALDISSEROTTO, 2002).

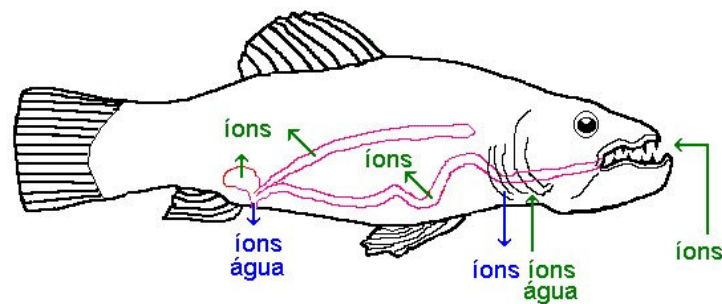


Figura 2. Esquema geral dos fluxos de íons e água nos teleósteos adaptados à água doce. Em verde: influxo ou absorção; em azul: efluxo ou excreção. (Fonte: BALDISSEROTTO, 2002).

4.4 Regiões estuarinas

Os estuários são regiões onde as águas marinhas e doces se encontram, e regiões nas quais se têm grandes variações ambientais. Conseqüentemente, as freqüentes mudanças na salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez contribuem consideravelmente nos mecanismos fisiológicos dos peixes que habitam os sistemas estuarinos (WHITFIELD, 1999). Teleósteos estuarinos são por necessidade espécies eurialinas, e normalmente eficientes osmorreguladores, visto que seu ambiente natural é diariamente submetido a ciclos de maré, resultando em flutuações na salinidade (JOBLING, 1995; PRODÓCIMO & FREIRE, 2001). As mudanças fisiológicas dos peixes teleósteos habitantes de ambientes estuarinos ocorrem em duas etapas principais. Primeiramente ocorre a etapa adaptativa, com alterações na concentração iônica e osmótica do plasma após horas de exposição a uma salinidade diferente, como por exemplo: um peixe marinho transferido para água doce reduz a osmolaridade do plasma através da perda de íons e ganho osmótico de água. Após essa primeira etapa, ocorre a etapa denominada de etapa regulatória, na qual a osmolaridade e as concentrações iônicas do plasma retornam aos seus níveis normais, sendo reguladas e mantidas dentro de limites estreitos em homeostase

(SCHMIDT-NIELSEN, 1999). O estudo dos processos osmorregulatórios é de grande importância pelo fato de serem essas regiões locais de passagem de várias espécies em busca de alimento e também de locais para reprodução. Além disso, esses ecossistemas caracterizam-se pela importância econômica e também são alvos dos impactos ambientais ocasionados pelas atividades antropogênicas (MANN & LAZIER, 1991).

Peixes de água doce que habitam estuários apresentam um comportamento de se deslocarem para águas de menor salinidade quando o conteúdo de sais em seus fluidos corpóreos atinge o seu limite fisiológico, o qual pode diferir entre as espécies. Supõe-se que a adaptação de uma espécie à mudança de salinidade estaria relacionada à sua capacidade de ajuste dos mecanismos de transporte de íons e permeabilidade à água nas brânquias, rins e intestino, com o intuito de diminuir as alterações iônicas plasmáticas. Além disso, o peixe precisa ajustar-se a outras variações ambientais, tais como: concentração de oxigênio, pH e temperatura, as quais se alteram junto com a salinidade. Tem sido reportado que no decorrer do processo de adaptação de peixes eurialinos à água do mar observou-se um aumento na atividade enzimática branquial, do número e tamanho das células de cloreto e mitocôndrias, e formação de junções paracelulares mais abertas. Por outro lado, em teleósteos que foram adaptados à água doce o processo foi o inverso: diminuiu a atividade enzimática, bem como o número e tamanho das células de cloreto e mitocôndrias. Juvenis de tainha (*Mugil platanus* Günther, 1880) transferidos da água do mar para águas com salinidades abaixo de 5‰, ocasionou um aumento das aberturas das células de cloreto nos primeiros 15 minutos (FONSECA NETO & SPACH, 1998). Em outros teleósteos, essas mudanças podem levar algumas horas, o que indica diferenças na habilidade osmorregulatória de diferentes espécies. Em um estudo realizado com juvenis de enguia (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)), objetivando-se o entendimento do mecanismo de adaptação do intestino dessa espécie, verificou-se que os sistemas de transporte de íons no intestino são os mesmos em exemplares adaptados à água do mar ou à água doce. A diferença consiste na permeabilidade do epitélio intestinal à água (maior nos adaptados à água do mar) e também, pelo fato de ocorrer absorção de íons divalentes nos exemplares adaptados à água doce. Estudos *in vitro* indicam que uma parte da adaptação intestinal pode ocorrer em cerca de 20 a 30 minutos, e o restante envolveria alterações enzimáticas e estruturais que demorariam vários dias. A ingestão de água duplica ou triplica nos primeiros cinco dias após a transferência para a água do mar e, depois de mais de seis ou sete dias, a ingestão chega a ser 10

vezes maior (ingestão na água doce – $1,12 \pm 0,42 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ e água do mar – $12,85 \pm 1,05 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$). Na enguia japonesa, *Anguilla japonica* Temminck & Schlegel, 1846, a mudança na ingestão de água é imediata após a transferência de água salgada para doce ou vice-versa (BALDISSEROTTO, 2002).

Considerando-se teleósteos eurialinos aclimatados a água doce, GROSELL (2007) em um estudo com tilápia azul (*Tilapia aureus* (Steindachner, 1864)) analisou a composição química dos fluidos intestinais e verificou que a diferença mais substancial levando-se em consideração peixes aclimatados à água doce e à salgada são as concentrações de Mg^{2+} e SO_4^{-2} as quais são ambas, menores nos peixes adaptados à água doce. As altas concentrações luminais desses íons divalentes estão relacionadas à ingestão e a absorção diferencial nos peixes marinhos. Apesar da ingestão de água do mar, tilápia adaptada à água do mar tem concentrações de Na^+ , Cl^- e K^+ similares ou levemente menores nos fluidos intestinais se comparada a espécies adaptadas à água doce, o que demonstra a substancial absorção de Na^+ e Cl^- pelo intestino dos peixes de água salgada. Esta diferença está em acordo com trabalhos anteriores com peixes eurialinos adaptados a diferentes salinidades (WILSON, 1999) e reflete a troca intestinal entre $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ em peixes de água salgada.

4.5 Canal São Gonçalo: sistema lagunar Patos-Mirim

No Rio Grande do Sul, o mais importante estuário é o da Lagoa dos Patos (10.227 km^2) que conectado à Lagoa Mirim (3.750 km^2) pelo canal de São Gonçalo (**Figura 3**), forma o chamado sistema lagunar Patos-Mirim, o qual tem uma bacia de drenagem de 263.876 km^2 (SEELIGER et al., 1996). Este sistema possui uma flora e fauna diversa e é um grande suporte para a pesca, agricultura, indústria e municípios próximos. Estas lagoas estão localizadas na planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, embora parte da Lagoa Mirim esteja localizada no Uruguai (BURNS et al., 2006). O Canal de São Gonçalo é uma via fluvial natural que faz a ligação entre a Lagoa Mirim e a Lagoa dos Patos, tendo uma extensão de aproximadamente 75 km, 200 a 500 m de largura e 6 metros de profundidade (FAO, 1972). Durante a estiagem, nos períodos que compreendem o fim do verão e início do outono, há diminuição da vazante e do nível da água da Lagoa dos Patos, sendo mais freqüente a entrada de água procedente do mar. Em anos de severa estiagem a penetração da cunha salina pode determinar a manutenção de valores elevados de salinidade na porção norte da região estuarina e

a entrada de água salgada no Canal São Gonçalo. Devido à possibilidade de salinização da água até a Lagoa Mirim, em 1977 foi construída a barragem-eclusa Santa Bárbara (**Figura 4**), a qual bloqueou a passagem da água salgada, permitindo a utilização da água doce pertencente a este canal na irrigação das lavouras de arroz da região e também como fonte de água potável para os municípios de Rio Grande e Pelotas (BURNS et al., 2006).

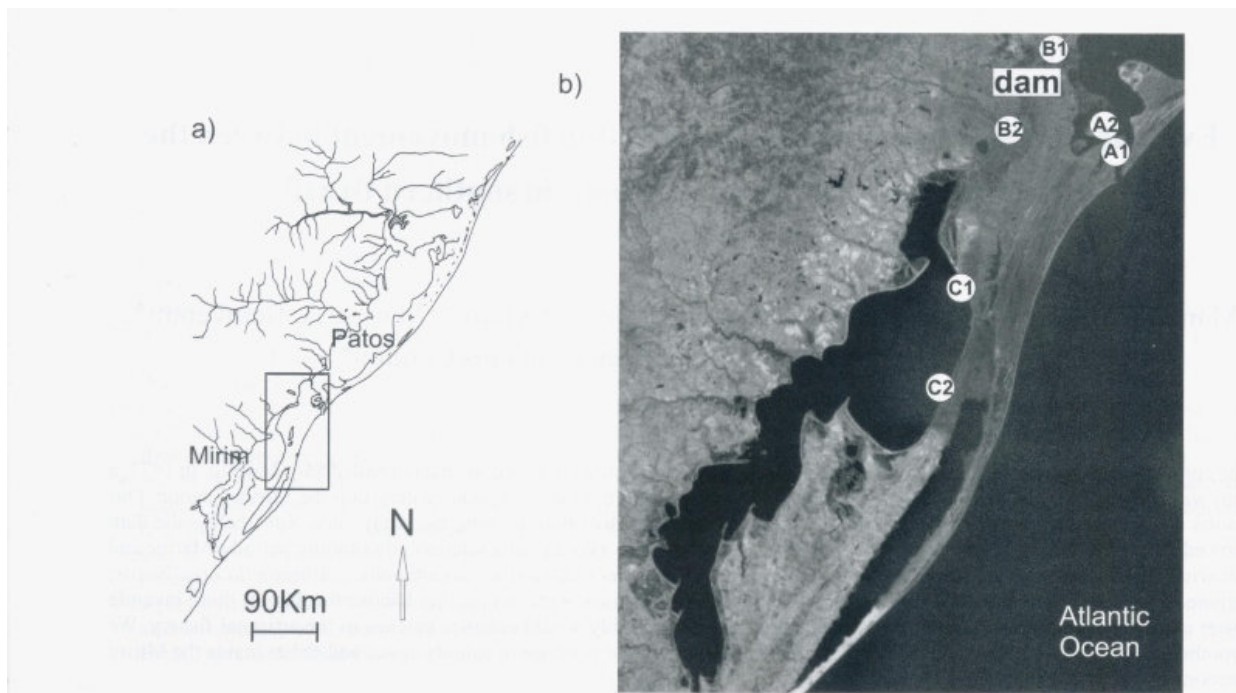


Figura 3. Localização do Canal São Gonçalo e da Barragem – Eclusa Santa Bárbara. 3a) Complexo Lagunar Patos – Mirim no sul do Brasil. 3b) Localização dos pontos de coleta (B1 e B2). dam - Barragem – Eclusa Santa Bárbara. (Retirado de BURNS et al., 2006)



Figura 4. Localização da Barragem-Eclusa Santa Bárbara. (Fonte: Google Earth, acessado em 07 de janeiro de 2008). Coordenadas: 31°48'39.78"S, 52°23'19.47"O.

BURNS et al. (2006) realizaram coletas mensais durante um ano no Sistema Lagunar Patos-Mirim. Sendo assim, ao final desse período as espécies coletadas foram as seguintes: *Astyanax eigenmanniorum* (Cope, 1894), *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819), *Astyanax jacuhiensis* (Cope, 1894), *Brevoortia pectinata* (Jenyns, 1842), *Bryconamericus iheringii* (Boulenger, 1887), *Charax stenopterus* (Cope, 1894), *Cheirodon ibicuihensis* Eigenmann, 1915, *Cheirodon interruptus* (Jenyns, 1842), *Corydoras paleatus* (Jenyns, 1842), *Crenicichla punctata* Hensel, 1870, *Ctenogobius shufeldti* (Jordan & Eigenmann, 1887), *Cyanocharax alburnus* (Hensel, 1870), *Cyphocharax voga* (Hensel, 1870), *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824), *Gymnogeophagus gymnogenys* (Hensel, 1870), *Homodiaetus anisitsi* Eigenmann & Ward, 1907, *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794), *Hyphessobrycon luetkenii* Boulenger, 1887, *Jenynsia multidentata* Jenyns 1842, *Loricariichthys anus* (Valenciennes, 1840), *Lycengraulis grossidens* (Spix & Agassiz, 1829), *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), *Mugil curema* Valenciennes, 1836, *Mugil platanus* (Günther, 1880), *Odontesthes humensis* de Buen, 1953,

Odontesthes mirinensis Bemvenuti, 1996, *Oligosarcus jenynsii* (Günther, 1864), *Oligosarcus robustus* Menezes, 1969, *Platanichthys platana* (Regan, 1917), *Rineloricaria longicauda* Reis, 1983. Entre todas as espécies coletadas por BURNS et al. (2006) as que apresentaram uma maior abundância no Sistema Lagunar Patos-Mirim foram as seguintes: tainhas *Mugil platanus* (Günther, 1880) e *Mugil curema* Valenciennes, 1836, peixe-rei *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835), savelha *Brevoortia pectinata* (Jenyns, 1842), sardinha-manjuba *Platanichthys platana* (Regan, 1917), lambaris *Hyphessobrycon luetkenii* Boulenger, 1887, *Cheirodon ibicuiensis* Eigenmann, 1915 e *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) e birú *Cyphocharax voga* (Hensel, 1870).

Por outro lado, em nosso estudo as principais espécies coletadas no Sistema Lagunar Patos-Mirim foram as seguintes:

a) *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825)

Espécie pertencente à Família Atherinopsidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, ocorre da Venezuela ao Rio Grande do Sul, Brasil. Habita águas salobras de estuários, desembocaduras de rios e áreas costeiras rasas. Forma cardumes e alimenta-se basicamente de pequenos peixes e crustáceos, além de detritos vegetais e animais. Características morfológicas e anatômicas: corpo alongado e pouco comprimido lateralmente, atingindo cerca de 16 cm de comprimento total. Boca pequena, protrátil e terminal. Duas nadadeiras dorsais, a primeira pequena e composta por 3-4 espinhos fracos, a segunda com 1 espinho fraco (pouco visível) e 7 raios. Nadadeira anal com 1 espinho fraco e 17-19 raios. Ponta das nadadeiras peitorais ultrapassa a origem das nadadeiras pélvicas. Nadadeira caudal furcada. Tem 35-40 séries transversais de escamas, contadas a partir da margem superior do opérculo até a base da nadadeira caudal. Apresenta escamas axilares acima das nadadeiras pélvicas. Coloração: esverdeada, o dorso mais escuro e o ventre branco. Apresenta reticulações escuras demarcando as escamas. Uma faixa prateada horizontal nas laterais do corpo. Pesca: é pescado com anzol e linha por pescadores esportivos, também com arrastos de praia e redes de emalhe. É conhecida popularmente como peixe-rei (BEMVENUTI, 1987; FISCHER et al., 2004).

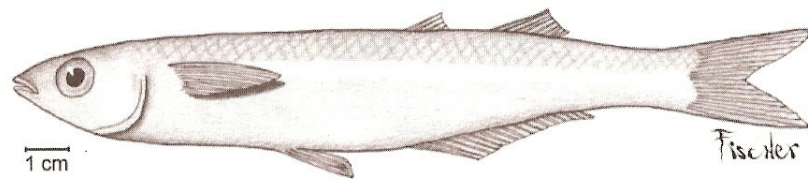


Figura 5: *Atherinella brasiliensis* (Foto retirada de FISCHER et al., 2004)

b) *Brevoortia pectinata* (Jenyns, 1842)

Espécie pertencente à Família Clupeidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também ocorre desde o estado de São Paulo/Brasil até Bahia Blanca/Argentina. Espécie pelágica, é encontrada em cardumes próximos à costa em águas superficiais. Os juvenis são comuns em estuários. Alimenta-se filtrando plâncton com os rastros branquiais. Espécie de corpo alto e muito comprimido lateralmente. Atinge até 37cm de comprimento total. Possui rastros branquiais longos e numerosos. Nadadeira caudal profundamente furcada. Possui de 8-13 escudos ventrais entre a nadadeira pélvica e a nadadeira anal, formando uma quilha serrilhada; uma linha dupla de escamas modificadas no dorso, à frente da nadadeira dorsal. Quanto à coloração o dorso é escuro, variando de verde a azul, as laterais e o ventre são prateados. Possui uma mancha escura arredondada após o opérculo. Nadadeiras amareladas a incolores. Nadadeira caudal com as margens escuras. Possui baixo valor comercial, é utilizada como isca para outros peixes e crustáceos. Essa espécie é conhecida popularmente como savelha (FISCHER et al., 2004).

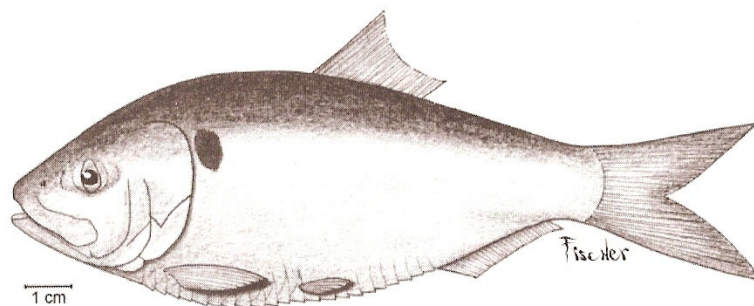


Figura 6: *Brevoortia pectinata* (Foto retirada de FISCHER et al., 2004)

c) *Cyphocharax voga* (Hensel, 1870)

Espécie pertencente à Família Curimatidae. Distribuição e ecologia: é encontrada nos sistemas Lagunar Patos-Mirim e Lagunar Costeiro. Características morfológicas e anatômicas: apresenta o corpo revestido por escamas prateadas, com pequenas manchas negras no dorso,

mais visíveis nos juvenis. Quando jovem, possui diminutos dentes cônicos com os quais alimenta-se de algas; na fase adulta, perde estes e passa a nutrir-se do conteúdo orgânico existente no lodo. A desova ocorre entre novembro e janeiro em alagadiços marginais formados após períodos de chuvas. Essa espécie é conhecida popularmente como birú (KOCH et al., 2000).

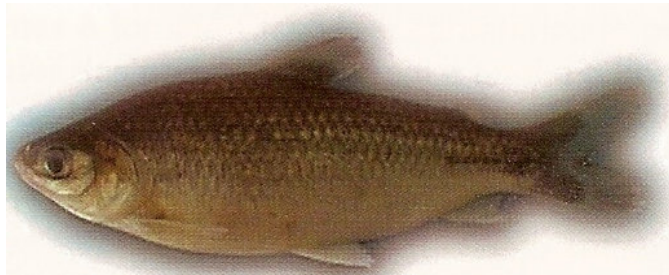


Figura 7: *Cyphocharax voga* (Foto retirada de KOCH et al., 2000)

d) *Hypostomus commersoni* Valenciennes, 1836

Espécie pertencente à Família Loricariidae. Distribuição e ecologia: é encontrada nos sistemas Lagunar Patos-Mirim, Lagunar Costeiro e do Rio Uruguai. Alimenta-se de detritos vegetais e animais, além de algas que encontra aderidas ao substrato. Características morfológicas e anatômicas: apresenta o corpo revestido por placas ósseas ásperas ao tato devido a pequenos espinhos formando quilhas longitudinais. A boca, em posição ventral é dotada de lábios desenvolvidos formando uma espécie de “ventosa” e quase sempre, apresenta numerosos dentes diminutos. Coloração: a coloração é pardo-amarelada, sendo freqüentes pequenas manchas arredondadas e escuras. Pesca: Praticamente não tem interesse econômico, embora seja consumido ocasionalmente. Essa espécie é conhecida popularmente como cascudo (KOCH et al., 2000).



Figura 8: *Hypostomus commersoni* (Foto de A.G. Becker)

e) *Menticirrhus americanus* (Linnaeus, 1758)

Espécie pertencente à Família Sciaenidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, ocorre desde Massachusetts/EUA, até a Argentina. É encontrada em águas costeiras de pouca profundidade, estuários e zonas de arrebentação. Os juvenis normalmente ocorrem em águas de menor salinidade. Alimenta-se de organismos de fundo, principalmente poliquetos e crustáceos. Muito abundante na costa brasileira. Características morfológicas e anatômicas: corpo alongado, atingindo cerca de 50cm de comprimento total. Boca pequena e inferior, dentes viliformes. Um único barbilhão curto e rígido abaixo da mandíbula. Primeiro arco branquial com no máximo 10 rastros curtos, o número diminui com o crescimento. Primeira nadadeira dorsal com 10 espinhos, a segunda com 1 espinho e 22-26 raios. Nadadeira caudal em forma de “S”. Escamas ctenóides, com 86-90 séries na linha lateral, do opérculo até a base da nadadeira caudal. Escamas da região ventral, entre as nadadeiras peitorais e pélvicas, de tamanho quase igual às situadas na linha lateral. Coloração: corpo varia do prateado ao cobre, o dorso mais escuro e o ventre esbranquiçado. Laterais do corpo geralmente com 7-8 faixas irregulares escuras, alongadas e oblíquas, por vezes pouco nítidas. Nadadeiras peitorais geralmente escuras, principalmente as extremidades. Demais nadadeiras geralmente claras, algumas vezes amareladas, com pigmentação escura nas margens. Pesca: capturada principalmente com arrastos de parelha pela frota industrial, arrastões de praia e também com anzol e linha de pesca esportiva. É conhecida popularmente como papa-terra (FISCHER et al., 2004).

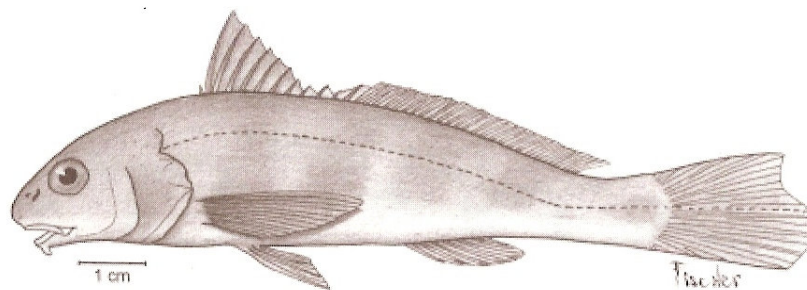


Figura 9: *Menticirrhus americanus* (Foto retirada de FISCHER et al., 2004)

f) *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823)

Espécie pertencente à Família Sciaenidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, ocorre desde Veracruz/México, até o Golfo de San Mathias/Argentina. Espécie costeira e demersal, encontrada até pouco mais de 100m de profundidade. Ocorre em regiões estuarinas. Os juvenis utilizam estes ambientes como zonas de crescimento onde se alimentam de crustáceos, moluscos e poliquetos, enquanto a dieta dos adultos inclui pequenos peixes e algas. No sul do Brasil, desovam na região adjacente à Lagoa dos Patos e áreas próximas das desembocaduras de rios, mais intensamente durante a primavera. De grande importância econômica, é uma das espécies mais abundantes no litoral brasileiro. Características morfológicas e anatômicas: corpo alongado e comprimido, atingindo 75cm de comprimento total, 4,5kg de peso total e 40 anos de vida. Boca inferior com dentes viliformes. Possui 3-4 pares de pequenos barbilhões ao longo da margem inferior da mandíbula. Pré-opérculo serrilhado e com 2-3 espinhos fortes no ângulo. Nadadeira caudal truncada em adultos e pontuda nos juvenis. Escamas ctenóides e ciclóides. Coloração: corpo prateado a dourado, mais escuro no dorso e amarelado a esbranquiçado no ventre. Geralmente com estrias escuras oblíquas no dorso e laterais. Exemplares de grande porte têm dorso dourado ou enegrecido. Pesca: capturada com redes de arrasto de portas, tangones, cerco e emalhe. É conhecida popularmente como corvina (CASTELLO, 1986; VAZZOLER, 1991; FISCHER et al., 2004).

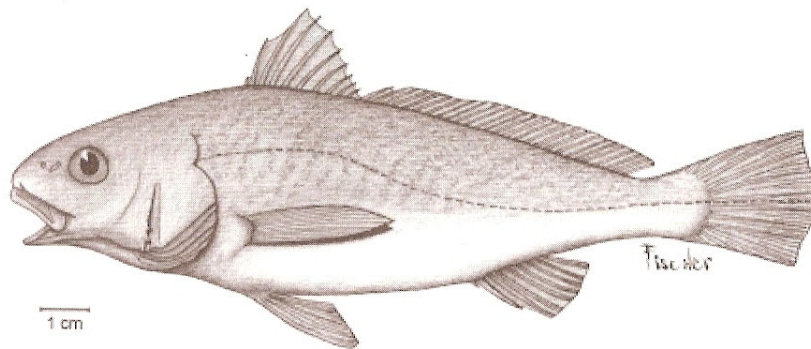


Figura 10: *Micropogonias furnieri* (Foto retirada de FISCHER et al., 2004)

g) *Mugil curema* Valenciennes, 1836

Espécie pertencente à Família Mugilidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, ocorre desde Massachusetts/EUA, até o sul do Brasil. Habita águas costeiras rasas. Forma cardumes para desovar no mar. Os juvenis são encontrados em águas rasas ao longo de praias e lagoas costeiras. Alimenta-se principalmente de pequenas algas e detritos. Características morfológicas e anatômicas: corpo fusiforme e robusto, atingindo cerca de 50 cm de comprimento total e 1,5kg de peso total. Olhos cobertos por pálpebra adiposa. Boca pequena e terminal, com 1-3 fileiras de dentes finos. Primeira nadadeira dorsal com 4 espinhos, a segunda com 1 espinho e 8 raios. Nadadeira anal com 3 espinhos e 9 raios ou 2 espinhos e 10 raios. Escamas axilares presentes acima da nadadeira peitoral. Com 35-40 séries transversais de escamas nas laterais do corpo. Segunda nadadeira dorsal e nadadeira anal quase totalmente escamadas. Coloração: dorso escuro, oliváceo a azulado, laterais e ventre prateados. Uma pequena mancha negra na base das nadadeiras peitorais. Nadadeiras pélvicas e a anal amareladas, demais nadadeiras claras, exceto a caudal, que tem a margem escura. Pesca: capturada com redes de emalhe, cerco, tarrafas e arrastões de praia. É conhecida popularmente como tainha (FISCHER et al., 2004).

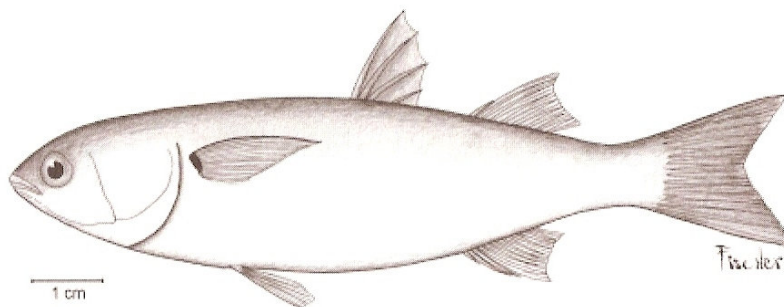


Figura 11: *Mugil curema* (Foto retirada de FISCHER et al., 2004)

h) *Netuma barba* (Lacepède, 1803)

Espécie pertencente à Família Ariidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, ocorre das Guianas ao Rio da Prata, na Argentina. Habita zonas litorâneas rasas sobre fundos de lama ou areia. Tem ciclo de vida anádromo, na região da Lagoa dos Patos. Migra do mar para o estuário a partir de agosto/setembro, desovando em novembro/dezembro, quando chega em águas menos salgadas. Possui baixa fecundidade. Após a desova, o adulto, geralmente o macho, incuba os ovos na boca e, enquanto os juvenis se

desenvolvem, retorna ao oceano (final do verão e outono) quando os juvenis são liberados próximos à desembocadura do estuário, ficando lá até que se complete seu desenvolvimento. Possui como hábito alimentar a omnívoros. Características morfológicas e anatômicas: caracteriza-se por ser uma espécie de corpo robusto, que atinge até 1 metro de comprimento total, 30kg de peso e 36 anos de vida. Cabeça grande e moderadamente deprimida. Boca grande e inferior, com dentes viliformes e aciculares na maxila. Nadadeiras dorsal e peitoral com um longo acúleo forte e serrilhado que pode ser trancado em posição ereta, seguido por raios. Escamas ausentes, corpo revestido apenas por pele. Apresenta linha lateral. Coloração: quanto à coloração o dorso é cinza-azulado escuro, as laterais são prateadas e o ventre branco. Nadadeiras peitorais, pélvicas e anal com pigmentos escuros esparsos. Nadadeiras dorsais e caudal enegrecidas. É conhecida popularmente como bagre ou bagre-marinho (HIGUCHI et al., 1982; ARAÚJO, 1983).

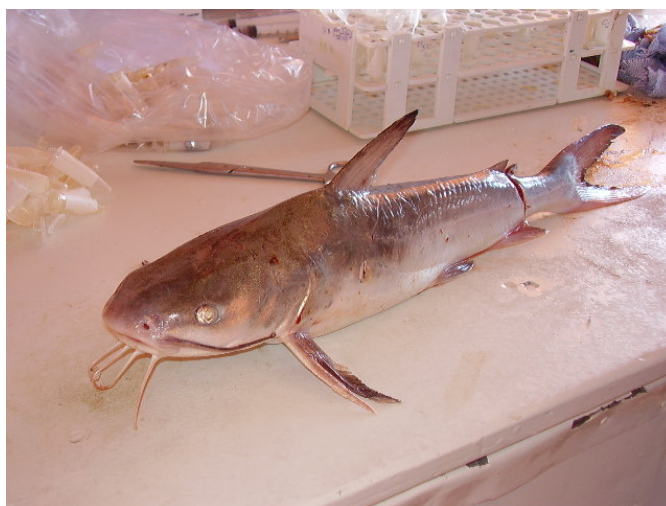


Figura 12: *Netuma barba* (Foto de A.G. Becker)

i) *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839)

Espécie pertencente à Família Paralichthyidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, ocorre sobre a plataforma continental, desde o Rio de Janeiro/Brasil até a Argentina. Peixe demersal de fundos arenosos ou rochosos, encontrado até 20 metros de profundidade geralmente enterrado na areia, comum em águas estuarinas. Predador ativo e pouco seletivo. Os juvenis alimentam-se principalmente de larvas de poliquetas, camarões e caranguejos. Os adultos alimentam-se principalmente de juvenis de pescada, corvina, peixes-rei, tainhas e enchova. Reproduz-se principalmente na primavera. Características morfológicas e anatômicas: corpo ovalado e muito comprimido, atingindo cerca

de 1 metro de comprimento total e cerca de 12kg de peso total. Boca grande com dentes caninos. Focinho maior que o olho. Os olhos situam-se do lado esquerdo do corpo. Nadadeira caudal levemente pontuda. Nadadeira peitoral do lado dos olhos com 11 raios. Corpo com escamas ciclóides. Coloração: dorso marrom, geralmente com pontos e manchas escuras, algumas vezes com pontos claros. Ventre esbranquiçado. Capaz de mudar de coloração, imitando o padrão de cores do fundo para confundir-se com o substrato. Pesca: capturada com redes de arrasto de fundo, de cerco e arrastão de praia. Possui alto valor comercial. É conhecida popularmente como linguado (NORMAN, 1934; CARNEIRO, 1995).

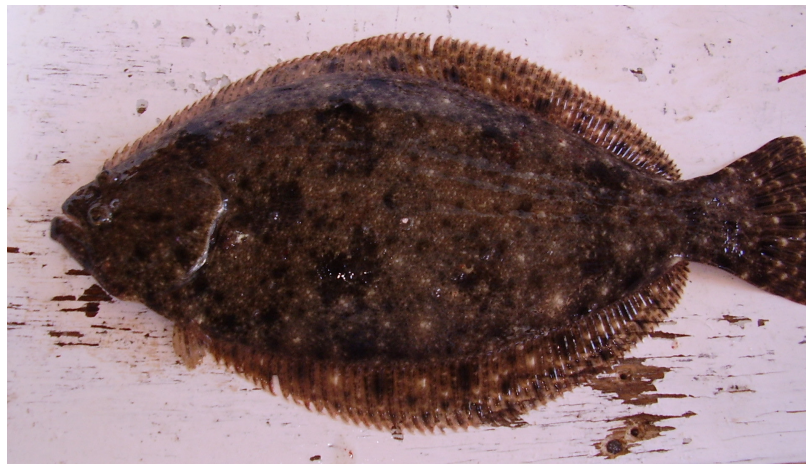


Figura 13. *Paralichthys orbignyanus* (Foto de A.G. Becker)

j) *Parapimelodus nigribarbis* (Boulenger, 1889)

Espécie pertencente à Família Pimelodidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, ocorre em vários rios e lagoas de água doce do Brasil, Uruguai e Argentina, como por exemplo, Bacias dos rios São Francisco, Paraná, Uruguai e Rio da Prata. É abundante na lagoa dos Patos, eventualmente entrando na região estuarina. Alimenta-se de plâncton. Reproduz-se no final da primavera. Características morfológicas e anatômicas: atinge cerca de 25cm de comprimento total. Possui boca inferior e nadadeira dorsal com 1 acúleo longo, forte e serrilhado, que pode ser trancado em posição ereta, seguindo por 6 raios. Base da nadadeira adiposa de comprimento semelhante ao da nadadeira anal. Coloração: quanto à coloração o corpo é claro, variando de cinza a cinza azulado e o ventre é branco. Pesca: Não existe pesca dirigida, mas aparece com frequência em pescarias com anzol e linha. É conhecida popularmente como mandi (LUCENA et al., 1992; FISCHER et al., 2004).

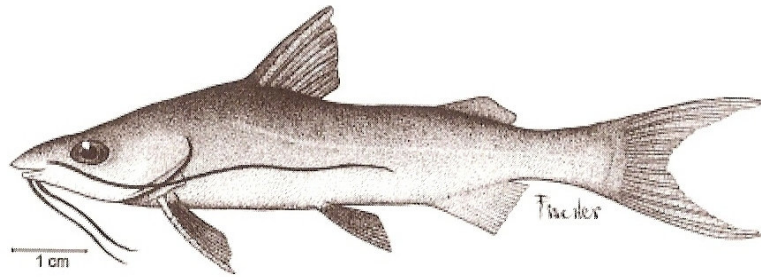


Figura 14: *Parapimelodus nigribarbis* (Foto retirada de KOCH et al., 2000)

k) *Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803

Espécie pertencente à Família Pimelodidae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, habita quase todos os rios do Brasil, Argentina, Uruguai e Bolívia, além de ocorrer na Venezuela, Colômbia e Peru. É um dos bagres mais comuns nos rios, encontrados eventualmente em ambientes estuarinos. É um peixe omnívoro, alimentando-se principalmente de insetos e restos vegetais. Características morfológicas e anatômicas: atinge cerca de 50 cm de comprimento total e 2,5kg de peso. Boca larga e inferior, com dentes viliformes na mandíbula e maxila. Barbilhões maxilares alcançam a nadadeira adiposa. Nadadeira dorsal com 1 acúleo forte, geralmente serrilhado na margem posterior, seguido por 6 raios. Nadadeiras peitorais com 1 acúleo forte e serrilhado em ambas as margens. Base da nadadeira adiposa maior que a base da nadadeira anal. Coloração: marrom amarelado a cinza claro, ventre esbranquiçado. Apresenta manchas arredondadas pardas ou negras, dispostas em fileiras horizontais nas laterais do corpo. Nadadeiras variam do amarelo ao branco, com pigmentos negros esparsos ou formando manchas arredondadas. É extensivamente pescado e comercializado em certos rios da América do Sul, da Colômbia ao Uruguai. É conhecida popularmente como pintado (FISCHER et al., 2004).



Figura 15: *Pimelodus maculatus* (Foto de A.G. Becker)

1) *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824)

Espécie pertencente à Família Heptapteridae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, nos sistemas lagunar costeiro e do Rio Uruguai, ocorrendo do sudeste do México ao centro da Argentina. Essa espécie vive em lagos e poços fundos de rios, preferindo os ambientes de águas mais calmas, com fundo de areia e lama, junto às margens e vegetação. Escondem-se entre pedras e troncos, de onde saem à noite, à procura de alimento. As larvas alimentam-se de zooplâncton, mas os adultos são omnívoros, com uma clara preferência por peixes, crustáceos, insetos, restos vegetais e detritos orgânicos. O período reprodutivo dessa espécie geralmente ocorre entre agosto e março, sendo que a maturidade sexual é atingida por volta de um ano de idade nos dois sexos. Características morfológicas e anatômicas: corpo robusto e alongado e sua nadadeira adiposa muito longa, ocupando quase todo espaço entre a nadadeira dorsal e a caudal. É um peixe de couro, atingindo cerca de 50cm de comprimento total, 1,5kg de peso total e em média 16 anos de vida. Os barbilhões localizam-se junto à boca e, provavelmente, possuem receptores de gosto que ajudam na localização do alimento na água. As nadadeiras auxiliam na natação do jundiá. A nadadeira caudal impulsiona o peixe para frente, e as demais auxiliam no controle da direção do movimento. Coloração: a cor varia de marrom-avermelhado claro a cinza, com a parte ventral do corpo mais clara. Pesca: é uma espécie de boa aceitação no mercado consumidor. É conhecida popularmente como jundiá (BALDISSEROTTO & RADÜNZ NETO, 2005; KOCH et al., 2000).



Figura 16: *Rhamdia quelen* (Foto de A.G. Becker)

m) *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758

Espécie pertencente à Família Trichiuridae. Distribuição e ecologia: é encontrada no sistema Lagunar Patos-Mirim e, também, é uma espécie cosmopolita em águas temperadas e tropicais, mais abundante em estações e/ou regiões mais quentes. No Atlântico oeste ocorre de Massachusetts/EUA até a Argentina. Encontrada sobre a plataforma continental, geralmente próxima ao fundo, até cerca de 300m de profundidade, subindo à superfície à noite. Forma cardumes. Extremamente voraz, os juvenis alimentam-se de pequenos crustáceos, larvas e juvenis de peixes e os adultos de anchoítas, sardinhas, cienídeos e carangídeos de crustáceos e lulas. Desova em regiões de águas quentes, no final da primavera e verão. Características morfológicas e anatômicas: corpo extremamente alongado e muito comprimido, atingindo mais de 1,8m de comprimento total. Boca muito grande e com 2-3 pares de dentes caninos grandes com a ponta em forma de seta na maxila e um par na mandíbula. Uma série de dentes afiados e comprimidos na maxila e mandíbula. Nadadeira dorsal única, alta e longa, com 3 espinhos e 130-150 raios. Nadadeira anal com 100-105 espinhos minúsculos, encobertos pela pele ou levemente à mostra. Nadadeiras peitorais com 1 espinho e 11-13 raios. Nadadeiras caudal e pélvicas ausentes. Linha lateral oblíqua até o fim da nadadeira peitoral, após torna-se quase horizontal. Escamas ausentes. Coloração: corpo prateado com tons azulados, dorso mais escuro e a nadadeira dorsal e os olhos amarelados. Pesca: no sul do Brasil é abundante na plataforma continental, principalmente nos meses quentes, sendo pescada com redes de arrasto de fundo, de emalhe e arrastões de praia. É conhecida popularmente como peixe-espada (FISCHER et al., 2004).

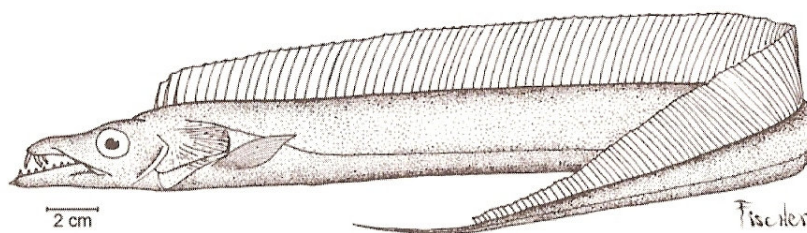


Figura 17: *Trichiurus lepturus* (Foto retirada de FISCHER et al., 2004)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

5 RESULTADOS

5.1 MANUSCRITO I

**IONS LEVELS IN THE GASTROINTESTINAL TRACT CONTENT AND PLASMA
OF FRESHWATER AND ESTUARINE TELEOSTS**

Artigo em fase final para submissão

1

2 Ions levels in the gastrointestinal tract content and plasma of freshwater and estuarine teleosts

3

4 Alexssandro G. Becker¹, Jamile F. Gonçalves¹, Luciano O. Garcia¹, Marcelo D.M. Burns³,
5 João Paes Vieira³, João Radünz Neto², Bernardo Baldisserotto^{1*}

6

7 1 - Departamento de Fisiologia e Farmacologia, 2 – Departamento de Zootecnia,
8 Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil.9 3 – Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade Federal de Rio Grande, 96201-
10 900 Rio Grande, RS, Brazil.

11

12

13 **Abstract**14 The purpose of this study was to investigate Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺ levels in the
15 fluid phase and total amount of the content of the segments of the gastrointestinal tract, and
16 also of the plasma of freshwater and estuarine teleosts collected in different salinities (0 to
17 34‰) in the São Gonçalo channel in Pelotas, southern Brazil. Moreover, a possible
18 relationship between ion levels and salinity was investigated. The results showed that there
19 was no relationship between ion levels in the plasma, fluid phase and total amount of the
20 content of the segments of the gastrointestinal tract with salinity when considering all species
21 together, but species collected in three or more salinities demonstrated significant relationship
22 of these parameters with salinity. Ion levels in the fluid phase and total amount of most
23 species showed significantly higher values in the anterior intestine if compared to the

1 stomach. Moreover, ion levels showed a variation throughout the gastrointestinal tract
2 suggesting a possible absorption.

3 **Keywords:** salinity, intestinal fluids, estuaries, osmoregulation

4

5

6 **1. Introduction**

7 Seawater teleosts are always in a hyposmotic state in relation to their surrounding
8 environment and, consequently, they have two basic problems: the loss of water and the gain
9 of salt (Evans et al., 2005). The loss of water occurs through the gill surface by osmosis, and
10 by an isosmotic urine, and is compensated by the ingestion of seawater (Shehadeh and
11 Gordon, 1969; Carrick and Balment, 1983; Evans, 1993; Carroll et al., 1994; Ando et al.,
12 2003; Evans et al., 2005). The gastrointestinal tract absorbs approximately 60-85% of the
13 seawater that is ingested (Shehadeh and Gordon, 1969; Sleet and Weber, 1982; Wilson et al.,
14 1996; Grosell et al., 1999). The esophagus absorbs high rates of Na^+ and Cl^- and is
15 impermeable to water, resulting in lower concentrations of Na^+ and Cl^- and low osmotic
16 pressure in stomach fluids compared to the ingested seawater (Smith, 1930; Hirano and
17 Mayer-Gostan, 1976; Kirsch and Meister, 1982; Parmelee and Renfro, 1983; Wilson et al.,
18 1996). On the other hand, the divalent ions Ca^{2+} and Mg^{2+} are not absorbed in the intestine,
19 but are excreted through of the intestinal fluid and, moreover, a precipitation of Ca^{2+} and
20 Mg^{2+} carbonates may occur (Wilson et al., 2002; Wilson and Grosell, 2003). Kirsch et al.
21 (1984) reported that the gastrointestinal tract absorb ions due to the necessity of the ingestion
22 of water and not through of the diet.

23 On the other hand, freshwater teleosts are always in a hyperosmotic state in relation to
24 their surrounding environment and, consequently, they have two basic problems: the loss of

1 ions by diffusion, and the inflow of water by osmosis (Baldisserotto, 2003). Ions are absorbed
2 by the gills (Wood, 2001) and urinary bladder, and excess water is eliminated by abundant
3 and diluted urine (Curtis and Wood, 1991). The drinking rate of freshwater teleosts is low
4 (Flik et al., 1995), but independently of whether freshwater teleosts drink water or not, the
5 importance of the digestive tract on osmoregulation cannot be disregarded, since a portion of
6 the ion absorption could occur in the intestine (Baldisserotto and Mimura, 1994, Baldisserotto
7 et al., 2006). The intestine (or pyloric ceca, when present) absorbs Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , and Mg^{2+}
8 (and probably other ions) that is present in the food (Dabrowski et al., 1986; Buddington and
9 Diamond, 1987; Bogé et al., 1988; Baldisserotto et al., 1993; Kerstetter and White, 1994;
10 Baldisserotto and Mimura, 1995; Bijvelds et al., 1998). The intestine also has to reabsorb ions
11 discharged by gastric secretion (such as Cl^-) (Hirano and Mayer-Gostan, 1976) as well as by
12 bile when fat enters the intestine. The intestine of several species of freshwater teleosts either
13 absorbs (Smith, 1964; Skadhauge, 1969; Nakamura, 1985; Baldisserotto et al., 1996) or does
14 not transport K^+ (Dabrowski et al., 1986; Baldisserotto et al., 1993).

15 In the few studies that analyzed ion levels of the gastrointestinal tract contents of fresh-
16 and sea- water fishes, fishes received commercial diets (Dabrowski et al., 1986; Baldisserotto
17 et al., 2004) or were fasting (Wilson et al., 1996; McDonald and Grosell, 2006). To our
18 knowledge, only one study analyzed the ionic content of the gastrointestinal tract of fish that
19 had been recently collected from their natural freshwater environment (Becker et al., 2006).
20 Independently of this information, a variation of the ionic concentration throughout the
21 gastrointestinal tract had been reported in fresh- and sea- water teleosts (Dabrowski et al.,
22 1986; Wilson et al., 1996; Baldisserotto et al., 2004; Becker et al., 2006; McDonald and
23 Grosell, 2006; Veillette et al., 2006), indicating its participation on osmoregulation.

1 Estuaries are regions where marine and fresh waters meet, and frequent changes in
2 salinity, temperature, dissolved oxygen, and turbidity contributed considerably to the
3 physiological mechanisms of the fishes that live in these systems (Whitfield, 1999). Estuarine
4 teleosts are by necessity euryhaline species and efficient osmoregulators because their natural
5 environment is daily submitted to the tidal cycle, resulting in salinity fluctuations, which
6 could interfere in their physiological mechanisms (Prodócimo and Freire, 2001; Freire and
7 Prodócimo, 2007). In southern Brazil, the most important estuary is of the Patos lagoon
8 (10,227 km²). This lagoon is connected to the Mirim lagoon (3,750 km²) by the São Gonçalo
9 channel, and constitute the Patos-Mirim lagoon complex, that has a diverse flora and fauna
10 and has been supporting fisheries, agriculture, industry, and municipalities (Burns et al.,
11 2006).

12 The purpose of this study was to investigate the ion levels of the fluid phase and total
13 amount in the gastrointestinal tract, and also plasma ion levels of fishes collected in different
14 salinities in the São Gonçalo channel. Moreover, a possible relationship between the ion
15 levels and salinity was also analyzed. These results should provide important basic
16 information for increasing our understanding of the function of the gastrointestinal tract in the
17 osmoregulatory process.

18

19 **2. Materials and Methods**

20 Three collects were performed for this study: February, June and November 2007.
21 Freshwater and estuarine teleosts were collected with a net (7.6x10.7x0.9 m, with mesh of 2
22 cm in the upper portion and 0.5 cm in the lower portion) dragged for five minutes using a
23 drifter with 6m of the length in different salinities (Tables 1 and 2) in the São Gonçalo

1 channel in Pelotas, southern Brazil. The places of sampling were at both sides of the Santa
2 Bárbara dam, which separates fresh- and brackish water of this channel.

3 After collection fishes were stunned with a blow to the head, and blood was collected
4 from caudal vein with heparinized 1-ml syringes and kept refrigerated in Eppendorf tubes.
5 Specimens were then sacrificed by section of spinal cord, weighed, and measured (Table 1).
6 The gastrointestinal tract of the fishes collected was removed and divided in the following
7 segments, when present: stomach, pyloric ceca/anterior intestine, mid- and posterior intestine.
8 Only specimens with food in the stomach and intestine (or pyloric ceca) were used. The
9 contents of the segments of the gastrointestinal tract were collected separately and kept
10 refrigerated in plastic tubes. All samples (blood and contents of the gastrointestinal tract) were
11 transported to the Fish Physiology Laboratory/UFSM. Blood was centrifuged at 2,000 rpm for
12 5 min to separate the plasma, which was stored at -20°C for later analysis. The contents of the
13 segments of the gastrointestinal tract were centrifuged at 7,000 rpm for 5 min to separate the
14 fluid and solid phases. The supernatant was stored in Eppendorf tubes at -20°C for later
15 analysis. The precipitate phase was digested with nitric acid 2N at 75°C for 48 hours. After
16 digestion the samples were stored in Eppendorf tubes for later analysis. The total amount of
17 ions in the different segments of the gastrointestinal tract was calculated by the following
18 equation:

19 Total amount of ion (mmol kg^{-1}): $(WP \times [P] + (WS \times [S])) / FW$,

20 where WP=precipitate weight; [P]=precipitate concentration; WS=supernatant weight;
21 [S]=supernatant concentration and FW=fish weight.

22 Chloride concentration was measured according to Zall et al. (1956). Sodium and K^+
23 concentrations were measured with a B262 flame spectrophotometer (Micronal, São Paulo,
24 Brazil). Calcium and Mg^{2+} concentrations were measured using a GBC 932AA atomic

1 absorption spectrophotometer (GBC Scientific Equipment, Victoria, Australia). Standard
2 solutions were made with analytical grade reagents (Vetec or Merck) dissolved in deionized
3 water, and standard curves of each ion to be tested were made for five different
4 concentrations.

5 The methodology of this experiment was approved by the Ethical and Animal Welfare
6 Committee of the Universidade Federal de Santa Maria.

7 All data are expressed as the mean \pm standard error of the mean (SEM). Homogeneity of
8 variances among data from fishes from different salinities was tested with the Levene test.
9 Relationships between ion levels and salinity were made using the software Sigma Plot.
10 Comparisons among the segments of the gastrointestinal tract within in the same species were
11 made by one-way analysis of variance and Tukey test using the software Statistica ver. 5.1
12 (Stat Soft, Tulsa, Okla.). The minimum significance level was set at $P < 0.05$.

13

14 **3. Results**

15 *3.1. Relationship between ions and salinity*

16 There was no relationship between ion levels in the plasma, in the fluid phase and in the
17 total amount of the segments of the gastrointestinal tract with salinity when considering all
18 species together (Tables 3 – 8). However, an analysis of the species collected in three or more
19 salinities (*Micropogonias furnieri* and *Netuma barba*) demonstrated significant relationship of
20 these parameters with salinity.

21 In *M. furnieri* there was a positive relationship between plasma Na^+ and Cl^- levels and
22 salinity (Fig. 1A). Plasma Ca^{2+} and Mg^{2+} levels increased and K^+ levels decreased
23 significantly with the increase of salinity (Fig. 1C). The Na^+ levels in the fluid phase and
24 salinity also showed a positive relationship in the mid –and posterior intestine (Fig. 2A). The

1 higher and lower value of Na^+ in the fluid phase of stomach and anterior intestine,
2 respectively, were observed in the higher salinity, but no significant relationship was found.
3 The Cl^- and Mg^{2+} levels in the fluid phase and salinity showed a positive relationship in all the
4 segments of the gastrointestinal tract (Figs. 2C and 3E), while K^+ levels in the fluid phase and
5 salinity showed a negative relationship in the stomach, anterior and mid – intestine, and a
6 positive relationship in the posterior intestine (Fig. 3A). The Ca^{2+} levels in the fluid phase and
7 salinity showed a positive relationship in the stomach and mid- intestine (Fig. 3C). The total
8 amount of Na^+ in the stomach, anterior and mid- intestine of *M. furnieri* showed a positive
9 relationship with salinity (Fig. 4A). The higher value to the total amount of Na^+ in the
10 posterior intestine was observed in the higher salinity, but no significant relationship was
11 found. The total amount of Cl^- and the salinity showed a positive relationship in the anterior,
12 mid- and posterior intestine, and a negative relationship in the stomach (Fig. 4C). The total
13 amount of K^+ and the salinity showed a negative relationship in all the segments of the
14 gastrointestinal tract (Fig. 5A), and the total amount of Ca^{2+} and the salinity showed a positive
15 relationship in the stomach and mid-intestine, but a negative relationship was observed in the
16 posterior intestine (Fig. 5C). The higher value of the total amount of Ca^{2+} in the anterior
17 intestine was observed in the higher salinity, but no significant relationship was found. The
18 total amount of Mg^{2+} and salinity showed a positive relationship in the stomach, anterior and
19 posterior intestine (Fig. 5E). The higher value to the total amount of Mg^{2+} in the mid-
20 intestine was observed in the higher salinity, but no significant relationship was found.

21 In *N. barba* there was a positive relationship between plasma Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} and Mg^{2+}
22 levels and salinity and there was also a negative relationship between plasma K^+ levels and
23 salinity (Figs. 1B and 1D). The Na^+ levels in the fluid phase and salinity showed a positive
24 relationship in the stomach, but a negative relationship in the mid- and posterior intestine

1 (Fig. 2B). The higher value of Na^+ in the fluid phase of the anterior intestine was observed in
2 the higher salinity, but no significant relationship was found. The Cl^- levels in the fluid phase
3 and salinity showed a positive relationship in the stomach and anterior intestine, and a
4 negative relationship in the mid- and posterior intestine (Fig. 2D). The K^+ levels in the fluid
5 phase and salinity showed a positive relationship in the stomach and posterior intestine, and a
6 negative relationship in the anterior intestine (Fig. 3B). The higher value of K^+ in the fluid
7 phase of the mid- intestine was observed in the higher salinity, but no significant relationship
8 was found. The Ca^{2+} levels in the fluid phase and salinity showed a negative relationship in all
9 the segments of the gastrointestinal tract of *N. barba*: stomach, anterior, mid- and posterior
10 intestine (Fig. 3D), while Mg^{2+} levels showed a positive relationship in all the segments of the
11 gastrointestinal tract: stomach, anterior, mid- and posterior intestine (Fig. 3F). The total
12 amount of Na^+ in the stomach showed a positive relationship and in the posterior intestine a
13 negative relationship with salinity (Fig. 4B). The total amount of Cl^- in all the segments of the
14 gastrointestinal tract showed a positive relationship with salinity (Fig. 4D). The total amount
15 of Na^+ in the anterior and mid- intestine, Mg^{2+} in the stomach and posterior intestine and K^+
16 and Ca^{2+} in all the segments of the gastrointestinal tract of *N. barba* showed similar values in
17 all salinities (Figs. 5B and 5D). The total amount of Mg^{2+} and salinity showed a positive
18 relationship in the anterior and mid- intestine (Fig. 5F).

19 3.2. Ion levels throughout the gastrointestinal tract

20 Sodium, Cl^- , K^+ , Ca^{2+} , and Mg^{2+} levels in the fluid phase of the anterior intestine in most
21 species collected were significantly higher than those reported to the stomach (Tables 4, 5, 6,
22 7, and 8). Sodium, Cl^- , K^+ and Ca^{2+} levels in the fluid phase of the mid-intestine did not show
23 a clear tendency compared to anterior intestine, but in several species the ion levels were
24 significantly lower in the posterior intestine compared to the anterior intestine (Tables 4, 5, 6,

1 7). Magnesium levels in the fluid phase were significantly lower in the posterior intestine
2 compared to the anterior intestine in most species collected in freshwater, and also in *C. voga*
3 collected in 5 and 30‰ and *M. furnieri* in the higher salinities (24, 29 and 34‰).
4 Interestingly, in *N. barba* (independent of salinity) Mg^{2+} levels in the fluid phase increased
5 7.7-8.0-fold from anterior to posterior intestine (Table 8).

6 The total amount of Na^+ in the anterior intestine in all the species collected was
7 significantly higher than that reported to the stomach (except in *T. lepturus* and *M. curema*,
8 which exhibited similar values) (Table 4). Moreover, in several species the total amount of
9 Na^+ decreased significantly in the mid- or posterior intestine compared to anterior intestine.
10 This pattern is not related to salinity because exceptions occurred in species collected in
11 freshwater (*R. quelen*, *H. commersoni*, *P. maculatus*) or higher salinities (*N. barba* at 5 and
12 30‰, *B. pectinata* at 8‰, *P. orbignyanus* at 24‰, and *M. curema* at 34‰). The total amount
13 of Cl^- in the anterior intestine of most species was significantly lower than in the stomach,
14 and, moreover, in salinities below 8‰ only one species showed an increase of the total
15 amount of this ion compared to stomach (*B. pectinata* at 8‰) (Table 5). The total amount of
16 K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} in the anterior intestine of most species collected was similar to that
17 reported to the stomach (Tables 6, 7 and 8). However, *T. lepturus* showed significantly lower
18 and *C. voga* (at 30‰) and *M. curema* showed significantly higher total amount of K^+ in the
19 anterior intestine than the stomach (Table 6). In addition, *H. commersoni*, *B. pectinata* and *T.*
20 *lepturus* presented significantly lower and *P. nigribarbis* and *C. voga* (at 30‰) significantly
21 higher total amount of Ca^{2+} in the anterior intestine than the stomach (Table 7). The total
22 amount of Mg^{2+} in the anterior intestine was significantly higher than in the stomach of *C.*
23 *voga* (at 5‰), *B. pectinata* and *T. lepturus* (Table 8). Throughout the intestinal segments the
24 total amount of K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} remained similar in most species (Tables 6, 7 and 8), but in

1 *C. voga* at 5 and 30‰ the total amount of K^+ decreased and in *M. furnieri* collected in several
2 salinities increased significantly in the posterior intestine (Table 6). Considering the total
3 amount of Cl^- in the posterior intestine was observed that in species collected in salinities
4 above 24‰ this segment showed lower values when compared to the anterior intestine. In
5 addition, the total amount of Ca^{2+} increased significantly in *B. pectinata* and decreased
6 significantly in *C. voga* at 30‰ and *M. furnieri* at 26, 29 and 34‰ in the posterior intestine
7 compared with the anterior intestine (Table 7). The total amount of Mg^{2+} in the posterior
8 intestine decreased significantly in *C. voga* at 5‰, *A. brasiliensis* at 8‰ and *M. furnieri* and
9 *N. barba* at 24‰ (Table 8).

10

11 **4. Discussion**

12 The capacity of fish to adapt to different environmental salinities is ultimately
13 determined by its ability to regulate ion uptake and excretion, and to maintain hydromineral
14 balance (Rodríguez et al., 2002). During adaptation to changes in salinity the direction and
15 magnitude of electrolyte and water fluxes are altered by combined actions of various
16 hormones, such as cortisol (seawater adaptation), and prolactin (freshwater adaptation)
17 (Loretz et al., 1983; O'Grady and Wolters, 1990; Seidelin and Madsen, 1999; McCormick,
18 2001) and enteric neurotransmitters (Brown and O'Grady, 1997).

19 *4.1. Relationship between ions and salinity*

20 There was no relationship among ion levels in the plasma, in the fluid phase and in the
21 total amount of the segments of the gastrointestinal tract with salinity when considering all
22 species collected at once. However, the analysis of the data of each one of the two species
23 collected in three or more salinities (*M. furnieri* and *N. barba*) revealed significant
24 relationships of the ion levels of most segments of the gastrointestinal tract and also the

1 plasma with the salinity. Consequently, at least for these two euryhaline species the change of
2 salinity affect plasma ion levels, and apparently the changes in the ionic content of the
3 gastrointestinal tract indicated that this organ might be related with their osmoregulation.

4 In the present study, it was observed that all measured ions in the plasma of *M. furnieri*
5 (at 34‰) and *N. barba* (at 30‰) were higher (except K^+ in *M. furnieri*) than those reported by
6 McDonald and Grosell (2006) for *Opsanus beta*, a marine teleost fish, maintained at 33‰ for
7 7 days in the laboratory. In addition, *Sphoeroides testudineus*, an estuarine fish, maintained at
8 30‰ for 6 hours in the laboratory showed lower Na^+ , Cl^- and Mg^{2+} levels (Prodócimo and
9 Freire, 2001) (except Mg^{2+} in *N. barba*) than those reported in this study for *M. furnieri*
10 (29‰) and *N. barba* (30‰). It is possible that these differences might be due to the fact that
11 in the present study fishes were caught directly from the environment and blood was collected
12 immediately.

13 The drinking rate is influenced by ambient salinity and, euryhaline fishes exhibit 10 to
14 50-fold higher drinking rates in seawater then they do in freshwater and even higher rates in
15 hypersaline environments (Marshall and Grosell, 2005). Thus, as salinity increases so does
16 drinking rate and the concentration and amount of osmolytes entering the gastrointestinal tract
17 (McDonald and Grosell, 2006). Sodium levels in the anterior intestinal fluids of *O. beta*
18 decreased in salinities higher than 33‰ (McDonald and Grosell, 2006). Moreover, in our
19 study was observed a considerable decrease of the Na^+ levels in the fluid phase of the anterior
20 intestine of *M. furnieri* as salinity increased. The results obtained with *O. beta* could be
21 explained by an upregulation in the absorption of Na^+ across the esophagus and the anterior
22 segments of the intestine, accommodating the need for increased water absorption (McDonald
23 and Grosell, 2006). A similar pattern might be operating in *M. furnieri* and *N. barba*. In

1 addition, as Mg^{2+} levels become more concentrated in the intestinal and stomach fluids at
2 higher salinities, this might also indicate water absorption.

3 The drinking associated with feeding (Kristiansen and Rankin, 2001) could create water
4 gain and salt loss due to the osmotic differences that exist with the surrounding environment
5 (Shehadeh and Gordon, 1969). On the other hand, recent measurements of high osmolality of
6 partially digested food or chime (Bucking and Wood, 2006), suggest that exactly the opposite
7 might occur during digestion of a meal, and indeed, these results suggest a loss of endogenous
8 water.

9 The total amount of Na^+ in the stomach of *M. furnieri* and *N. barba* (and also Cl^- in *N.*
10 *barba*) increased with salinity due to the higher necessity of water ingestion or by gastric acid
11 secretion due to the presence of food in this organ. In relation to the reduction of the total
12 amount of Cl^- in *M. furnieri*, a possible explication could be a partial absorption this ion in the
13 stomach. The increase of the total amount of Ca^{2+} and Mg^{2+} in the stomach with the increase
14 of salinity probably is due to the ingestion of water with higher salinity.

15 4.2. Ion levels throughout the gastrointestinal tract

16 The gastrointestinal tract plays an essential role in regulating the water and electrolyte
17 status of fish (Lionetto et al., 2001), acts in conjunction with the gills and kidneys (Foskett et
18 al., 1983). Fish adapted to freshwater and waters with low salinity present a diffusive ion loss
19 to the environment via gills and skin, as well as by feces and urine, and compensate this loss
20 by obtained ion mainly from the diet by the intestine (Dabrowski et al., 1986; Buddington and
21 Diamond, 1987; Bogé et al., 1988; Baldisserotto et al., 1993; Kerstetter and White, 1994;
22 Baldisserotto and Mimura, 1995; Bijvelds et al., 1998; Becker et al., 2006; Ferreira and
23 Baldisserotto, 2007). On the other hand, fish adapted to seawater have problems of excessive
24 ion influx, which must be eliminated by the gills and urine, and, to compensate this loss these

1 fish obtain ion mainly from the ingestion of water and not from the diet with help the intestine
2 (Kirsch et al., 1984; Grosell, 2007).

3 The average of Na^+ and Cl^- levels in intestinal fluids of fish collected in salinities above
4 24‰ were considerably lower than those reported by seawater, and, this result is due
5 mainly to active absorption of these ions. On the other hand, in fish collected in salinities
6 below 8‰ the levels of these ions in intestinal fluids were higher than corresponding levels in
7 water (fresh or sea- water). In relation to the Ca^{2+} levels present in intestinal fluids it was
8 observed that in all salinities these levels were considerably lower than those in seawater, but
9 this is due mainly to CaCO_3 precipitate formation within the intestinal lumen rather than Ca^{2+}
10 absorption by the intestine (Wilson et al., 2002; Wilson and Grosell, 2003). Several studies
11 have reported that Mg^{2+} levels in intestinal fluids are typically higher than those found in
12 seawater (Bury et al., 2001; Grosell and Wood, 2001, Wilson et al., 1996, 2002; Wilson,
13 1999; Grosell et al., 2001, 2004, 2005) and, in this study, Mg^{2+} levels in the intestinal fluids
14 were 1.2-3.5 fold higher than corresponding levels in seawater. Moreover, freshwater teleosts
15 collected in this experiment presented Mg^{2+} levels in intestinal fluids about 8 fold higher than
16 levels in freshwater. These results are in agreement with Becker et al. (2006). However,
17 independent of the water salinity where the fishes live (fresh- or sea-water), the comparatively
18 higher values of Mg^{2+} in the intestinal fluids could be attributed to Na^+ , Cl^- and water
19 absorption (Bury et al., 2001; Grosell and Wood, 2001, Wilson et al., 1996, 2002; Wilson,
20 1999; Grosell et al., 2001, 2004, 2005). It is possible that the same principle (water
21 absorption) might explain the higher K^+ levels in intestinal fluids (compared to that of water
22 of collect)

23 In the present study it was verified that the levels of all ions analyzed in the fluid phase
24 of the anterior intestine in most species collected were significantly higher than those reported

1 to the stomach. This fact could be partially explained by the discharge of bile into the pyloric
2 ceca/anterior intestine (Sire et al., 1981; Dimes et al., 1994), because the gallbladder bile has
3 high Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , and Mg^{2+} levels, but low Cl^- levels if compared to the ions of the plasma
4 in fasting fishes (Hunn, 1969, 1972; Baldisserotto et al., 1990; Baldisserotto and Mimura
5 1997; Baldisserotto et al., 2004).

6 The fluid phase of the posterior intestine in most species, showed a decrease of all the
7 ions if compared to those reported to the anterior intestine and, this fact could be partially
8 explained by the absorption these ions. The transport of water and ion in the intestine of
9 *Prochilodus scrofa*, a freshwater fish, showed that in mid- and posterior intestine occurred
10 Na^+ and Cl^- absorption (Baldisserotto and Mimura, 1995).

11 However, to confirm that there was ion absorption in the gastrointestinal tract is very
12 important to analyze the total amount of ions in the contents of this tract. Total amount of Na^+
13 (and Cl^- in salinities above 24‰) in most species showed a decrease when compared anterior
14 and posterior intestine, indicating absorption of these ions. On the other hand, total amount of
15 Cl^- showed an interesting pattern because in salinities below 8‰ most species did not change
16 the amount of this ion throughout the gastrointestinal tract, indicating that there is not a net
17 Cl^- absorption.

18 The total amount of K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} in most fishes collected, independently of the
19 salinity, remained constant throughout the gastrointestinal tract, demonstrating that there is no
20 absorption of these ions. On the other hand, Bucking and Wood (2006) reported that K^+
21 concentration in total chime of *Oncorhynchus mykiss* (72h after feeding) was higher in the
22 anterior intestine than that in mid- intestine (indicating absorption of ion), but was similar to
23 the posterior intestine (indicating absorption water and ion).

1 The present results indicate that ion levels in the gastrointestinal contents should be
2 considered in future studies of stomach and intestinal absorption of freshwater and estuarine
3 teleost fishes. Moreover, ion levels in the plasma and fluid phase and total amount of the
4 contents of the gastrointestinal tract did not have a direct relationship with salinity when
5 considering several species, i.e., a general pattern could not be established. However,
6 analyzing each species collected in several ranges of salinity is possible to observe this
7 relationship, indicating that this relationship is specific to each species.

8 **Acknowledgements**

9 A.G. Becker, L. O. Garcia and J.F. Gonçalves received CAPES (Coordenação de
10 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil) and B. Baldisserotto CNPq research
11 fellowship (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico).

12 **References**

- 13 Ando, M., Mukuda, T., and Kozaka, T. 2003. Water metabolism in the eel acclimated to
14 seawater: from mouth to intestine. *Comp.Biochem.Physiol. – Part B* 136: 621-633.
- 15 Baldisserotto, B. 2003. Osmoregulatory adaptations of freshwater teleosts. In: *Fish*
16 *Adaptations*. pp. 179-201. Edited by A.L.Val and B.G. Kapoor. Science Publishers,
17 Enfield.
- 18 Baldisserotto, B. and Mimura, O.M. 1994. Ion transport across the isolated intestinal mucosa
19 of *Anguilla anguilla* (Pisces). *Comp. Biochem. Physiol. – Part A* 108 (2-3): 297-302.
- 20 Baldisserotto, B. and Mimura, O.M. 1995. Ion and water transport in the gut of the freshwater
21 teleost *Prochilodus scrofa*. *J. Braz. Ass. Adv. Sci.* 47 (1/2): 83-85.
- 22 Baldisserotto, B. and Mimura, O.M. 1997. Changes in the electrophysiological parameters of
23 the posterior intestine of *Anguilla anguilla* (Pisces) induced by oxytocin, urotensin II and
24 aldosterone. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 30: 35-39.

- 1 Baldisserotto, B., Mimura, O.M. and Salomão, L.C. 1990. Gallbladder bile and plasma ionic
2 content of some freshwater teleosts. *Bol. Fisiol. Anim.* 14: 7-11.
- 3 Baldisserotto, B., Mimura, O. M. and Salomão, L.C. 1993. The effect of pH on ion and water
4 transport in the gut of the freshwater teleost *Synbranchus marmoratus*. *J. Braz. Ass. Adv.*
5 *Sci.* 45: 396-398.
- 6 Baldisserotto, B., Rakoski, R.J., Silva, C.L. and Mimura, O. M. 1996. Effect of urotensin II
7 on water and ion fluxes in the intestine, gallbladder and urinary bladder of the freshwater
8 teleost, *Hoplias malabaricus*. *Ciência e Natura* 18: 71-82.
- 9 Baldisserotto, B., Kamunde, C., Matsuo, A. and Wood, C. M. 2004. A protective effect of
10 dietary calcium against acute waterborne cadmium uptake in rainbow trout. *Aquatic*
11 *Toxicol.* 67: 57-73.
- 12 Baldisserotto, B., Chowdhury, M.J. and Wood, C.M. 2006. *In vitro* analysis of intestinal
13 absorption of cadmium and calcium in rainbow trout fed with calcium- and cadmium-
14 supplemented diets. *J. Fish Biol.* 69: 658-667.
- 15 Becker, A.G., Gonçalves, J.F., Garcia, L.O., Behr, E.R., Mallmann, F.J.K., Graça, D.L. and
16 Baldisserotto, B. 2006. Ion levels in the gastrointestinal tract content and plasma of four
17 teleosts with different feeding habits. *Fish Physiol. Biochem.* 32 (2): 105-112.
- 18 Bijvelds, M. J. C., Van der Velden, J.A., Kolar, Z.I. and Flik, G. 1998. Magnesium transport
19 in freshwater teleosts. *J. Exp. Biol.* 201: 1981-1990.
- 20 Bogé, G., Lopez, L. and Péres, G. 1988. An in vivo study of the role of pyloric caeca in water
21 absorption in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol. – Part A* 91: 9-
22 13.

- 1 Brown, D.R. and O'Grady, S.M. 1997. Regulation of ion transport in the porcine intestinal
2 tract by enteric neurotransmitters and hormones. *Comp. Biochem. Physiol. – Part A* 118:
3 309-317.
- 4 Bucking, C. and Wood, C.M. 2006. Gastrointestinal processing of Na⁺, Cl⁻ and K⁺ during
5 digestion: implications for homeostatic balance in freshwater rainbow trout. *Am. J.*
6 *Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 291: R1764-R1772.
- 7 Buddington, R.K. and Diamond, J.M. 1987. Pyloric ceca of fish: a “new” absorptive organ.
8 *Am. J. Physiol.* 252 (Gastrointest. Liver Physiol. 15): G65-G76.
- 9 Burns, M.D.M., Garcia, A.M., Vieira, J.P., Bemvenuti, M.A., Motta Marques, D.M.L. and
10 Condini, V. 2006. Evidence of habitat fragmentation affecting fish movement between the
11 Patos and Mirim coastal lagoons in southern Brazil. *Neotropical Ichthyol.* 4(1): 69-72.
- 12 Bury, N. R., Grosell, M., Wood, C. M., Hogstrand, C., Wilson, R. W., Rankin, J. C., Busk,
13 M., Lecklin, T., and Jensen, F. B. 2001. Intestinal iron uptake in the European
14 flounder (*Platichthys flesus*). *J. Exp. Biol.* 204: 3779-3787.
- 15 Carrick, S. and Balment, R. J. 1983. The renin–angiotensin system and drinking in the
16 euryhaline flounder, *Platichthys flesus*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 51: 423–433.
- 17 Carroll, S., Kelsall, C., Hazon, N. and Eddy, F. B. 1994. Effect of temperature on the drinking
18 rates of two species of flatfish, flounder and turbot. *J. Fish Biol.* 44: 1097-1099.
- 19 Curtis, B.J. and Wood, C.M. 1991. The function of urinary bladder “in vivo” in the freshwater
20 rainbow trout. *J. Exp. Biol.* 155: 567-583.
- 21 Dabrowski, K., Leray, C., Nonnotte, G. and Colin, D. A. 1986. Protein digestion and ion
22 concentrations in rainbow trout (*Salmo gairdnerii* Rich.) digestive tract in sea- and fresh
23 water. *Comp. Biochem. Physiol. – Part A* 83 (1): 27-39.

- 1 Dimes, L.P., Garcia, F.L.C. and Haard, N.F. 1994. Estimation of protein digestibility studies
2 on the digestive enzymes from the pyloric ceca of rainbow trout and salmon. *Comp.*
3 *Biochem. Physiol. – Part A* 109(2): 349-360.
- 4 Evans, D. H. 1993. Osmotic and Ionic regulation. In: *The Physiology of Fishes*, pp.315-341.
5 Edited by D.H. Evans , CRC Press, Boca Raton.
- 6 Evans, D. H., Piermarini, P. M., and Choe, K. P. 2005. The multifunctional fish gill:
7 Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of
8 nitrogenous waste. *Physiol. Rev.* 85: 97-177.
- 9 Ferreira, F.W. and Baldisserotto, B. 2007. Diet and Osmoregulation. In: *Fish Osmoregulation*.
10 pp. 67-83. Edited by B. Baldisserotto, J.M. Mancera and B.G. Kapoor. Science
11 Publishers, Enfield.
- 12 Flik, G., Verbost, P.M. and Wendelaar Bonga, S.E. 1995. Calcium transport processes in
13 fishes. In: *Fish Physiology*, vol. 14, pp. 317-341. Edited by C.M. Wood. Isttulle North,
14 T.J. CED, San Diego.
- 15 Foskett, J.K., Bern, H.A., Machen, T.E. and Conner, M. 1983. Chloride cells and the
16 hormonal control of teleosts fish osmoregulation. *J. Exp. Biol.* 106: 255-281.
- 17 Freire, C.A. and Prodócimo, V. 2007. Special challenges to teleost fish osmoregulation in
18 environmentally extreme or unstable habitats. In: *Fish Osmoregulation*. pp. 249-276.
19 Edited by B. Baldisserotto, J.M. Mancera and B.G. Kapoor. Science Publishers, Enfield.
- 20 Grosell, M. 2007. Intestinal transport processes in marine fish osmoregulation. In: *Fish*
21 *Osmoregulation*. pp. 333-357. Edited by B. Baldisserotto, J.M. Mancera and B.G. Kapoor.
22 Science Publishers, Enfield.
- 23 Grosell, M. and Wood, C.M. 2001. Branchial versus intestinal silver toxicity and uptake in the
24 marine teleost *Parophrys vetulus*. *J. Comp. Physiol.* 171: 585-594.

- 1 Grosell, M., De Boeck, G., Johannsson, O., and Wood, C. M. 1999. The effects of silver on
2 intestinal ion and acid-base regulation in the marine teleost fish, *Papophrys vetulus*.
3 *Comp.Biochem.Physiol. - Part C* 124: 259-270.
- 4 Grosell, M., Laliberte, C. N., Wood, S., Jensen, F. B., and Wood, C. M. 2001. Intestinal
5 HCO_3^- secretion in marine teleost fish: evidence for an apical rather than a basolateral
6 Cl/HCO_3^- exchanger. *Fish Physiol. Biochem.* 24: 81-95.
- 7 Grosell, M., McDonald, M.D., Wood, C.M., and Walsh, P.J. 2004. Effects of prolonged
8 copper exposure in the marine gulf toadfish (*Opsanus beta*). I. hydromineral balance
9 and plasma nitrogenous waste products. *Aquat.Tox.* 68: 249-262.
- 10 Grosell, M., Wood, C. M., Wilson, R. W., Bury, N. R., Hogstrand, C., Rankin, J. C., and
11 Jensen, F. B. 2005. Active bicarbonate secretion plays a role in chloride and water
12 absorption of the European flounder intestine. *Am. J. Physiol.* 288: R936-R946.
- 13 Hirano, T. and Mayer-Gostan, N. 1976. Eel esophagus as an osmoregulatory organ. *Proc. Nat.*
14 *Acad. Sci. U.S.A.* 73: 1348-1350.
- 15 Hunn, J.B. 1969. Inorganic composition of gallbladder bile from fasted rainbow trout. *Prog.*
16 *Fish Cult.* 31: 221-222.
- 17 Hunn, J.B. 1972. Concentrations of some inorganic constituents in gallbladder bile from some
18 freshwater fishes. *Copeia* 4: 860-861.
- 19 Kerstetter, T.H. and White, R.J. 1994. Changes in intestinal water absorption in coho salmon
20 during short-term seawater adaptation – a developmental study. *Aquaculture* 121: 171-
21 180.
- 22 Kirsch, R., Humbert, W. and Rodeau, J.L. 1984. Control of the blood osmolarity in fishes
23 with references to the functional anatomy of the gut. In: *Osmoregulation in estuarine and*

- 1 marine animals, pp. 68-87. Edited by A. Pequeux, R. Gilles and L. Bolis. Springer-Verlag,
2 Berlin.
- 3 Kirsch, R. and Meister, M. F. 1982. Progressive processing of ingested water in the gut of
4 sea-water teleost. *J.Exp.Biol.* 98: 67-81.
- 5 Kristiansen, H.R. and Rankin, J.C. 2001. Discrimination between endogenous and exogenous
6 water sources in juvenile rainbow trout fed extruded dry feed. *Aquat. Living Resour.*
7 14: 359-366.
- 8 Lionetto, M.G., Giordona, M.E., Nicolardi, G. and Schettino, T. 2001. Hypertonicity
9 stimulates Cl(-) transport in the intestine of fresh water acclimated eel, *Anguilla*
10 *anguilla*. *Cell Physiol. Biochem.* 11: 41-54.
- 11 Loretz, C.A., Freel, R.W. and Bern, H.A. 1983. Specificity of response of intestinal ion
12 transport systems to a pair of natural peptide hormone analogs: somatostatin and
13 urotensin II. *Gen. Comp. Endocrinol.* 52: 198-206.
- 14 Marshall, W.S. and Grosell, M. 2005. Ion transport osmoregulation and acid-base balance. In:
15 *Physiology of Fishes*. pp. 177-230. Edited by D.H. Evans and J.B. Claiborne. CRC Press.
- 16 McCormick, S.D. 2001. Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *Amer. Zool.* 41:
17 781-794.
- 18 McDonald, M.D. and Grosell, M. 2006. Maintaining osmotic balance with an aglomerular
19 kidney. *Comp. Biochem. Physiol. – Part A* 143: 447-458.
- 20 Nakamura, Y. 1985. “In vitro” absorption of inorganic phosphate and other electrolytes in the
21 carp intestine. *Comp. Biochem. Physiol. – Part A* 80: 17-20.
- 22 O’Grady, S.M. and Wolters, P.J. 1990. Evidence for chloride secretion in the intestine of the
23 winter flounder. *Am. J. Physiol.* 258: C243-C247.

- 1 Parmelee, J.T. and Renfro, J.L. 1983. Esophageal desalination of seawater in flounder: role of
2 active sodium transport. *Am. J. Physiol.* 245: R888-R893.
- 3 Prodocimo, V. and Freire, C.A. 2001. Ionic regulation in aglomerular tropical estuarine
4 pufferfishes submitted to seawater dilution. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 262: 243-253.
- 5 Rodríguez, A., Gallardo, M.A., Gisbert, E., Santilari, S., Ibarz, A., Sánchez, J. and Castelló-
6 Orvay, F. 2002. Osmoregulation in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Fish*
7 *Physiol. Biochem.* 26: 345-354.
- 8 Seidelin, M. and Madsen, S.S. 1999. Endocrine control of Na⁺, K⁺-ATPase and chloride cell
9 development in brown trout (*Salmo trutta*): interaction of insulin-like growth factor-I
10 with prolactin and growth hormone. *J. Endocrinol.* 162: 127-135.
- 11 Shehadeh, Z. H. and Gordon, M. S. 1969. The role of the intestine in salinity adaptation of the
12 rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Comp. Biochem. Physiol.* 30: 397-418.
- 13 Sire, M.F., Lutton, C. and Vernier, J.M. 1981. New views on intestinal absorption of lipids in
14 teleostean fishes: an ultra structural and biochemical study in the rainbow trout. *J. Lip.*
15 *Res.* 22: 81-94.
- 16 Skadhauge, E. 1969. The mechanism of salt and water absorption in the intestine of the eel
17 (*Anguilla anguilla*) adapted to waters of various salinities. *J. Physiol.* 204: 135-158.
- 18 Sleet, R.B. and Weber, L.J. 1982. The rate and manner of seawater ingestion by a marine
19 teleost and corresponding seawater modification by the gut. *Comp. Biochem. Physiol.*
20 *72A*: 469-475.
- 21 Smith, H.W. 1930. The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts.
22 *Am. J. Physiol.* 93: 480-505.
- 23 Smith, M.W. 1964. The “in vitro” absorption of water and solutes from the intestine of
24 goldfish, *Carassius auratus*. *J. Physiol.* 175: 38-49.

- 1 Veillette, P.A., Breves, J.P., Reardon, D.R. and Specker, J.L. 2006. Adaptation for water
2 balance in the partial gastrointestinal tract of summer flounder. *Comp. Biochem.*
3 *Physiol. – Part A* 143: 211-217.
- 4 Whitfield, A. K. 1999. Ichthyofaunal assemblages in an estuarine a South African case study.
5 *Rev. Fish Biol. Fish.* 9: 151-186.
- 6 Wilson, R. W. 1999. A novel role for the gut of seawater teleosts in acid-base balance.
7 *Regulation of Acid-Base Status in Animals and Plants*, SEB seminar series,
8 Cambridge University Press, Cambridge. 68: 257-274.
- 9 Wilson, R.W. and Grosell, M. 2003. Intestinal bicarbonate secretion in marine teleost fish -
10 source of bicarbonate, pH sensitivity, and consequence for whole animal acid-base and
11 divalent cation homeostasis. *Biochim.Biophys.Acta.* 1618: 163-193.
- 12 Wilson, R. W., Gilmour, K., Henry, R., and Wood, C. 1996. Intestinal base excretion in the
13 seawater-adapted rainbow trout: a role in acid-base balance? *J.Exp.Biol.* 199: 2331-
14 2343.
- 15 Wilson, R.W., Wilson, J.M., and Grosell, M. 2002. Intestinal bicarbonate secretion by marine
16 teleost fish-why and how? *Biochim.Biophys.Acta.* 1566: 182-193.
- 17 Wood, C.M. 2001. Toxic responses of the gill. In: *Target Organ Toxicity in Marine and*
18 *Freshwater Teleosts*, Vol.1-Organs, pp. 1- 89. Edited by D. Schlenk and W.H. Benson
19 Taylor & Francis, London.
- 20 Zall, D.M., Fisher, M.D. and Garner, Q.M. 1956. Photometric determination of chlorides in
21 water. *Anal. Chem.* 28: 1665-1678.

22

23

24

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

Table 1. Freshwater and estuarine teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel.

Species	Salinity (‰)	Weight (g)	Length (cm)	N
<i>Hypostomus commersoni</i>	0	515.20 ± 1.86	37.35 ± 1.20	12
<i>Micropogonias furnieri</i>	0; 5; 24; 26; 29; 34	56.15 ± 2.41	12.10 ± 1.14	12
<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	0	305.15 ± 1.26	24.86 ± 1.33	12
<i>Pimelodus maculatus</i>	0; 5	816.13 ± 3.49	30.14 ± 1.41	12
<i>Rhamdia quelen</i>	0	620.10 ± 4.51	35.24 ± 1.56	12
<i>Cyphocharax voga</i>	5; 30	155.15 ± 2.12	28.23 ± 1.23	12
<i>Netuma barba</i>	5; 24; 30	570.21 ± 2.85	28.35 ± 1.18	12
<i>Atherinella brasiliensis</i>	8	10.45 ± 1.11	11.71 ± 2.13	12
<i>Brevoortia pectinata</i>	8	11.67 ± 1.03	10.17 ± 2.59	12
<i>Menticirrhus americanus</i>	24	70.18 ± 1.28	20.52 ± 2.12	12
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	24	520.13 ± 2.89	33.27 ± 1.86	12
<i>Trichiurus lepturus</i>	29	223.89 ± 2.10	50.48 ± 3.49	12
<i>Mugil curema</i>	34	980.10 ± 3.51	44.51 ± 0.91	12

Values are means ± SEM

1

2

3

4 **Table 2.** Ion levels in the different salinities of the São Gonçalo channel.

Salinity (‰)	(mmol l ⁻¹)				
	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0	0.75 ± 0.15	0.08 ± 0.01	0.91 ± 0.12	1.16 ± 0.09	1.27 ± 0.12
5	64.64 ± 2.56	2.04 ± 0.15	78.61 ± 2.26	2.37 ± 0.22	5.08 ± 0.51
8	105.33 ± 3.12	3.20 ± 0.26	125.77 ± 3.05	3.79 ± 0.32	8.13 ± 0.35
24	310.29 ± 4.21	9.81 ± 0.35	377.32 ± 4.54	11.36 ± 0.84	24.38 ± 0.25
26	336.15 ± 4.31	10.63 ± 0.37	408.76 ± 6.31	12.31 ± 0.95	26.42 ± 0.28
29	374.94 ± 4.26	11.86 ± 0.26	455.93 ± 5.34	13.73 ± 0.89	29.46 ± 0.31
30	387.87 ± 4.65	12.27 ± 0.40	471.65 ± 3.24	14.20 ± 1.21	30.48 ± 0.30
34	439.58 ± 5.12	13.90 ± 0.29	534.54 ± 6.25	16.10 ± 1.06	34.54 ± 0.35

5 Values are means ± SEM

6

7

8

Table 3. Plasma ion levels of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel.

Species	Salinity (‰)				
	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ⁺²	Mg ⁺²
0					
<i>Hypostomus commersoni</i>	159.27 ± 1.04	6.07 ± 0.14	120.73 ± 1.31	3.03 ± 0.15	1.27 ± 0.16
<i>Micropogonias furnieri</i>	217.22 ± 2.70	14.39 ± 0.73	126.43 ± 3.31	1.43 ± 0.21	0.79 ± 0.06
<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	198.73 ± 2.33	3.87 ± 0.60	142.61 ± 3.67	2.19 ± 0.11	1.33 ± 0.21
<i>Pimelodus maculatus</i>	180.33 ± 2.24	2.28 ± 0.22	168.45 ± 2.99	2.82 ± 0.15	1.54 ± 0.22
<i>Rhamdia quelen</i>	165.28 ± 2.05	1.36 ± 0.11	112.63 ± 2.51	3.26 ± 0.19	2.17 ± 0.17
5					
<i>Cyphocharax voga</i>	197.64 ± 2.03	0.95 ± 0.14	133.63 ± 4.42	2.84 ± 0.21	1.67 ± 0.28
<i>Micropogonias furnieri</i>	214.86 ± 2.57	12.72 ± 1.62	144.35 ± 2.83	2.57 ± 0.29	0.77 ± 0.20
<i>Netuma barba</i>	228.02 ± 1.65	13.46 ± 1.36	161.92 ± 1.62	2.66 ± 0.21	0.89 ± 0.20
<i>Pimelodus maculatus</i>	201.06 ± 2.97	0.54 ± 0.04	127.53 ± 2.75	2.97 ± 0.21	2.31 ± 0.20
8					
<i>Brevoortia pectinata</i>	200.58 ± 1.49	6.92 ± 0.05	161.79 ± 4.00	2.62 ± 0.13	2.27 ± 0.09
24					
<i>Menticirrhus americanus</i>	204.92 ± 0.90	2.77 ± 0.04	204.60 ± 0.86	3.44 ± 0.20	1.03 ± 0.20
<i>Micropogonias furnieri</i>	225.47 ± 2.97	12.00 ± 0.66	166.50 ± 0.92	2.60 ± 0.13	0.91 ± 0.23
<i>Netuma barba</i>	233.08 ± 4.07	9.74 ± 0.52	196.45 ± 2.73	3.03 ± 0.13	1.34 ± 0.09
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	203.59 ± 2.13	3.69 ± 0.32	203.12 ± 3.81	2.71 ± 0.16	1.10 ± 0.19
26					
<i>Micropogonias furnieri</i>	234.73 ± 2.63	11.73 ± 0.88	174.64 ± 0.73	2.44 ± 0.14	0.92 ± 0.27
29					
<i>Micropogonias furnieri</i>	236.65 ± 1.91	9.94 ± 0.56	189.28 ± 2.94	2.47 ± 0.16	1.28 ± 0.11
<i>Trichiurus lepturus</i>	236.65 ± 2.24	27.39 ± 1.42	136.21 ± 3.28	2.45 ± 0.30	2.11 ± 0.28
30					
<i>Cyphocharax voga</i>	223.38 ± 3.90	0.54 ± 0.04	129.36 ± 0.84	2.75 ± 0.20	1.06 ± 0.11
<i>Netuma barba</i>	247.23 ± 4.14	9.57 ± 0.72	214.68 ± 2.74	3.75 ± 0.14	1.92 ± 0.19
34					
<i>Micropogonias furnieri</i>	235.47 ± 0.61	4.75 ± 0.04	185.30 ± 3.33	2.65 ± 0.11	1.48 ± 0.23
<i>Mugil curema</i>	225.47 ± 0.65	0.54 ± 0.04	150.57 ± 0.78	2.35 ± 0.20	0.98 ± 0.20
r ²	0.55	0.02	0.33	0.02	0.02

Values are means ± SEM (n = 12); r² is related to the relationship salinity x plasma ion level.

1

2 **Table 4.** Na⁺ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the
 3 gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel.
 4 st-stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.

Salinity (‰)	Species	st		ai		mi		pi	
		FP	TA	FP	TA	FP	TA	FP	TA
		mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹
0	<i>Hypostomus commersoni</i>	39.9±1.2d	0.2±0.1b	142.6±2.0a	0.7±0.1a	87.3±2.2c	0.6±0.1a	114.6±3.1b	0.6±0.1a
	<i>Micropogonias furnieri</i>	55.2±2.3b	2.7±0.2b	206.1±2.8a	5.3±0.5a	48.6±2.1c	2.4±0.1b	54.1±1.8b	2.6±0.2b
	<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	54.1± 2.4c	0.8±0.1b	143.6±2.9a	1.8±0.3a	140.6±3.3a	1.0±0.1b	89.5±2.5b	0.9±0.1b
	<i>Pimelodus maculatus</i>	17.9±1.4c	0.2±0.1b	178.9±3.1a	0.6±0.1a	134.5±2.6b	0.5±0.1a	133.9±2.2b	0.5±0.1a
	<i>Rhamdia quelen</i>	19.9±0.5c	0.2±0.1b	141.9±3.6b	0.6±0.1a	153.5±2.4a	0.5±0.1a	138.6±3.6b	0.6±0.1a
5	<i>Cyphocharax voga</i>	67.5±1.9c	0.7±0.1c	202.5±4.5a	2.0±0.2a	204.7±2.2a	2.4±0.2a	79.5±4.9b	1.2±0.1b
	<i>Micropogonias furnieri</i>	67.2±3.6b	3.9±0.5b	197.8±2.2a	6.5±0.5a	48.6±2.4c	3.1±0.3b	61.9±3.0b	3.0±0.4b
	<i>Netuma barba</i>	62.8±4.9d	0.5±0.1b	71.8±3.8c	0.6±0.1b	172.2±3.2a	0.5±0.1b	119.4±1.1b	1.6±0.1a
	<i>Pimelodus maculatus</i>	23.5±0.2d	0.2±0.1b	209.7±1.8a	0.6±0.1a	187.5±4.1b	0.6±0.1a	152.7±4.4c	0.3±0.1b
8	<i>Atherinella brasiliensis</i>	-----	-----	81.8±1.6a	22.7±2.3a	-----	-----	70.6±3.0b	17.3±2.2b
	<i>Brevoortia pectinata</i>	110.8±0.9c	16.5±1.0b	184.9±4.3b	30.6±1.3a	-----	-----	197.0±1a	31.6±0.3a
24	<i>Menticirrhus americanus</i>	-----	-----	84.1±1.0b	2.4±0.1b	101.5±1.0a	5.6±0.1a	71.1±1.0c	1.9±0.1c
	<i>Micropogonias furnieri</i>	79.1±0.6d	4.5±0.6b	185.3±0.4a	6.8±0.2a	156.9±1.2b	3.8±0.2b	95.6±1.0c	3.2±0.3c
	<i>Netuma barba</i>	118.4±2.6b	0.6±0.1a	83.1±2.5c	0.6±0.1a	124.4±2.8a	0.3±0.1b	85.8±1.5c	0.3±0.1b
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	40.3±3.3b	0.5±0.1b	130.2±4.1a	0.8±0.1a	-----	-----	136.7±4.6a	0.8±0.1a
26	<i>Micropogonias furnieri</i>	102.7±5.1c	4.6±0.3c	185.2±1.0a	7.6±0.6a	166.4±1.0b	5.9±0.8b	101.1±3.3c	3.2±0.1d
29	<i>Micropogonias furnieri</i>	212.4±0.8a	6.5±0.3b	177.6±2.6c	7.8±0.4a	198.6±2.9b	6.1±0.9b	121.1±2.8d	3.1±0.4c
	<i>Trichiurus lepturus</i>	21.5±1.2d	0.7±0.1b	74.4±2.1c	0.7±0.1b	110.1±1.7b	1.6±0.2a	115.9±2.7a	1.6±0.2a
30	<i>Cyphocharax voga</i>	10.4±1.3c	0.5±0.1c	73.5±2.3b	0.9±0.1b	129.2±4.5a	1.8±0.1a	76.5±1.3b	0.9±0.1b
	<i>Netuma barba</i>	239.6±3.6a	0.8±0.1a	136.5±2.3b	0.5±0.1b	98.2±2.3c	0.5±0.1b	85.2±3.6d	0.3±0.1b
34	<i>Micropogonias furnieri</i>	266.2±4.1a	6.6±0.2b	129.9±2.9d	7.8±0.4a	235.1±6.1b	6.5±0.2b	196.9±1.6c	5.6±0.6c
	<i>Mugil curema</i>	187.0±0.1a	0.3±0.1a	81.5±1.0b	0.3±0.1a	78.4±1.0c	0.2±0.1a	59.2±1.0d	0.2±0.1a
	r ²	0.36	0.008	0.18	0.009	0.02	0.07	0.0003	0.01

5 Values are means ± SEM (n = 12); r² is related to the relationship salinity x ion level in the
 6 different segments of the gastrointestinal tract. Different letters in the rows indicate significant
 7 differences among the fluid phase or total amount of the segments in the same species and
 8 salinity (P<0.05).

9

10

1

2 **Table 5.** Cl⁻ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the
 3 gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel.
 4 st-stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.

Salinity (‰)	Species	st		ai		mi		pi	
		FP	TA	FP	TA	FP	TA	FP	TA
		mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹
0	<i>Hypostomus commersoni</i>	40.8±1.7b	0.2±0.1a	63.3±1.6a	0.3±0.1a	65.0±1.8a	0.4±0.1a	60.1±3.3a	0.4±0.1a
	<i>Micropogonias furnieri</i>	32.5±2.1d	14.9±1.3a	127.7±3.7a	3.7±0.3b	104.6±4.0b	4.3±0.3b	63.6±3.0c	2.8±0.2c
	<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	140.9±4.4b	1.9±0.1a	170.2±5.1a	1.3±0.2b	65.8±4.7c	0.4±0.1c	43.0±3.8d	0.4±0.2c
	<i>Pimelodus maculatus</i>	117.9±4.5b	0.4±0.1a	129.3±3.6a	0.4±0.2a	77.3±4.3c	0.2±0.1a	53.1±3.2d	0.2±0.1a
	<i>Rhamdia quelen</i>	34.5±0.4d	0.2±0.1a	72.1±3.0c	0.3±0.1a	135.0±0.9a	0.4±0.1a	115.2±2.7b	0.4±0.1a
5	<i>Cyphocharax voga</i>	151.7±5.2a	2.4±0.3a	116.8±1.6c	1.6±0.2b	123.4±2.6b	2.2±0.3a	96.9±3.8d	1.3±0.1b
	<i>Micropogonias furnieri</i>	58.0±1.7d	8.3±0.4a	133.5±3.5a	5.2±0.3b	128.0±0.9b	4.8±0.3b	81.9±3.5c	4.1±0.2c
	<i>Netuma barba</i>	123.7±6.5c	0.9±0.1a	168.9±4.1a	0.2±0.1b	170.2±2.0a	0.2±0.1b	134.6±3.9b	0.2±0.1b
	<i>Pimelodus maculatus</i>	126.1±1.8a	0.2±0.1a	128.7±3.8a	0.3±0.1a	67.7±5.8b	0.2±0.1a	60.2±2.7b	0.2±0.1a
8	<i>Atherinella brasiliensis</i>	-----	-----	98.9±2.5a	20.9±1.2a	-----	-----	79.5±1.9b	22.5±1.2a
	<i>Brevoortia pectinata</i>	148.7±2.6c	23.5±0.4b	187.9±1.4b	31.3±0.4a	-----	-----	200±2.6a	30.1±1.3a
24	<i>Menticirrhus americanus</i>	-----	-----	139.3±2.1b	3.9±0.2b	175.7±3.0a	4.9±0.1a	54.8±2.9c	1.5±0.2c
	<i>Micropogonias furnieri</i>	210.2±2.9a	7.5±0.3b	156.9±4.2b	9.3±0.2a	133.9±4.2c	6.0±0.3c	87.2±1.2d	4.2±0.4d
	<i>Netuma barba</i>	234.8±6.5a	1.4±0.3a	176.9±3.7b	0.6±0.1b	138.6±5.8c	0.3±0.1c	108.6±2.2d	0.3±0.1c
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	236.9±4.9a	2.1±0.4a	136.2±4.0b	0.6±0.1b	-----	-----	44.3±4.3c	0.2±0.1c
26	<i>Micropogonias furnieri</i>	215.1±4.9b	6.6±0.2c	248.5±2.4a	12.4±0.8a	150.3±2.0c	7.4±0.2b	120.7±2.6d	4.5±0.3d
29	<i>Micropogonias furnieri</i>	224.6±1.1b	6.4±0.5b	258.3±3.7a	14.2±0.6a	164.6±3.1c	7.5±0.6b	140.2±2.4d	5.6±0.2c
	<i>Trichiurus lepturus</i>	175.1±3.6a	3.7±0.5a	80.3±2.2b	0.8±0.1b	80.6±2.2b	0.9±0.1b	79.6±2.2b	0.8±0.1b
30	<i>Cyphocharax voga</i>	66.3±1.9d	1.3±0.1b	176.9±3.7a	5.7±0.2a	170.2±2.0b	1.6±0.2b	134.6±3.9c	1.2±0.2b
	<i>Netuma barba</i>	238.5±2.4a	1.7±0.2a	185.6±3.5b	0.7±0.1b	62.5±1.4c	0.6±0.1b	43.7±3.8d	0.6±0.1b
34	<i>Micropogonias furnieri</i>	235.1±3.2b	5.9±0.2d	281.2±6.2a	14.6±0.3a	215±2.9c	10.1±0.6b	186.9±1.9d	7.1±0.2c
	<i>Mugil curema</i>	213.1±0.8a	0.3±0.1a	150.2±1.6b	0.3±0.1a	106.5±1.7c	0.2±0.1a	27.7±0.8d	0.2±0.1a
	r ²	0.55	0.007	0.3	0.012	0.18	0.16	0.02	0.008

5 Values are means ± SEM (n = 12); r² is related to the relationship salinity x ion level in the
 6 different segments of the gastrointestinal tract. Different letters in the rows indicate
 7 significant differences among the fluid phase or total amount of the segments in the same
 8 species and salinity (P<0.05).

9

10

1

2 **Table 6.** K⁺ in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of the
 3 gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo channel.
 4 st-stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.

Salinity (‰)	Species	st		ai		mi		pi	
		FP	TA	FP	TA	FP	TA	FP	TA
0		mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹
	<i>Hypostomus commersoni</i>	11.1±0.9b	0.2±0.1a	22.1±1.7a	0.2±0.1a	22.0±1.1a	0.3±0.1a	22.6±0.9a	0.3±0.1a
	<i>Micropogonias furnieri</i>	122.8±0.4a	5.9±1.0a	53.2±2.7c	2.3±0.3c	79.1±0.4b	2.6±0.1c	30.2±1.7d	3.4±0.3b
	<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	19.6±1.0b	0.3±0.1a	46.2±2.8a	0.3±0.1a	17.2±1.7b	0.2±0.1a	11.4±0.7c	0.2±0.1a
	<i>Pimelodus maculatus</i>	44.0±2.3a	0.2±0.1a	46.9±3.4a	0.2±0.1a	19.8±0.9b	0.2±0.1a	15.0±1.1c	0.2±0.1a
	<i>Rhamdia quelen</i>	46.6±1.3a	0.3±0.1a	20.1±2.2b	0.2±0.1a	14.1±1.6c	0.2±0.1a	16.4±0.8c	0.2±0.1a
5									
	<i>Cyphocharax voga</i>	11.2±0.6c	0.5±0.1a	54.3±4.9a	0.7±0.2a	61.1±4.4a	0.7±0.1a	15.3±2.1b	0.3±0.1b
	<i>Micropogonias furnieri</i>	78.0±2.6a	3.8±0.4a	35.2±1.4c	1.8±0.2b	47.2±1.8b	2.1±0.4b	37.5±0.9c	2.0±0.1b
	<i>Netuma barba</i>	16.3±1.7b	0.2±0.1a	71.2±1.4a	0.2±0.1a	18.0±1.8b	0.2±0.1a	9.8±0.6c	0.2±0.1a
	<i>Pimelodus maculatus</i>	10.6±0.4c	0.2±0.1a	28.5±1.5a	0.3±0.1a	16.1±1.2b	0.3±0.1a	12.0±1.3c	0.2±0.1a
8									
	<i>Atherinella brasiliensis</i>	-----		35.1±2.0a	6.3±1.2a	-----		30.3±2.6b	5.6±1.3a
	<i>Brevoortia pectinata</i>	69.9±3.1a	11.2±1.7b	65.5±0.1b	10.8±0.2b	-----		58.5±0.4c	25.5±0.5a
24									
	<i>Menticirrhus americanus</i>	-----		71.9±0.5b	1.9±0.2b	130.5±0.5a	3.6±0.3a	49.6±0.1c	1.4±0.3b
	<i>Micropogonias furnieri</i>	55.5±3.4a	1.9±0.3a	33.1±0.1c	1.3±0.1b	36.2±3.2c	1.3±0.1b	45.2±1.1b	1.7±0.3a
	<i>Netuma barba</i>	17.8±1.8b	0.2±0.1a	56.2±1.9a	0.2±0.1a	20.5±1.4b	0.2±0.1a	19.4±2.0b	0.2±0.1a
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	18.5±1.9a	0.4±0.1a	17.7±2.4a	0.2±0.1a	-----		11.4±0.9b	0.2±0.1a
26									
	<i>Micropogonias furnieri</i>	29.8±2.6c	1.2±0.3a	33.0±0.4b	1.2±0.2a	26.0±2.1c	1.1±0.5a	51.2±2.6a	1.5±0.2a
29									
	<i>Micropogonias furnieri</i>	21.6±0.4b	0.9±0.1b	21.8±1.6b	0.8±0.1b	8.3±0.5c	0.3±0.1c	59.4±0.4a	1.4±0.1a
	<i>Trichiurus lepturus</i>	53.6±2.3a	1.8±0.3a	50.8±2.7a	0.5±0.1b	33.5±2.3b	0.3±0.1b	33.9±2.3b	0.4±0.1b
30									
	<i>Cyphocharax voga</i>	10.3±0.6c	0.2±0.1b	25.1±2.2a	0.5±0.1a	27.5±0.7a	0.5±0.1a	13.7±1.3b	0.2±0.1b
	<i>Netuma barba</i>	21.8±0.8b	0.2±0.1a	20.9±1.5b	0.2±0.1a	46.8±1.9a	0.2±0.1a	20.0±1.1b	0.2±0.1a
34									
	<i>Micropogonias furnieri</i>	18.4±0.9b	0.8±0.1a	19.0±1.5b	0.5±0.1b	7.4±0.1c	0.3±0.1b	64.0±0.4a	1.2±0.3a
	<i>Mugil curema</i>	14.1±0.4d	0.2±0.1b	169.1±0.4a	0.5±0.1a	162.2±0.4b	0.5±0.1a	123.1±0.4c	0.5±0.1a
	r ²	1.0x10 ⁻¹	0.4x10 ⁻¹	0.2x10 ⁻¹	0.3x10 ⁻¹	0.5x10 ⁻¹	0.1x10 ⁻²	2.6x10 ⁻¹	0.3x10 ⁻¹

5 Values are means ± SEM (n = 12); r² is related to the relationship salinity x ion level in the
 6 different segments of the gastrointestinal tract. Different letters in the rows indicate significant
 7 differences among the fluid phase or total amount of the segments in the same species and
 8 salinity (P<0.05).

9

10

1

2 **Table 7.** Ca⁺² in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of
 3 the gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo
 4 channel. st-stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.

Salinity (‰)	Species	st		ai		mi		pi	
		FP	TA	FP	TA	FP	TA	FP	TA
0		mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹
	<i>Hypostomus commersoni</i>	10.4±1.1c	0.9±0.1a	29.7±1.6a	0.3±0.1b	8.1±0.5d	0.2±0.1b	14.9±1.4b	0.2±0.1b
	<i>Micropogonias furnieri</i>	4.8±0.4a	0.2±0.1b	4.4±0.6a	0.2±0.1b	4.5±0.6a	0.2±0.1b	4.8±0.6a	1.9±0.4a
	<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	41.7±2.4a	0.3±0.1b	17.2±1.9b	1.2±0.1a	6.7±0.6c	0.2±0.1b	4.5±0.4d	0.2±0.1b
	<i>Pimelodus maculatus</i>	6.3±0.1b	0.2±0.1a	6.2±0.7b	0.2±0.1a	14.3±1.1a	0.3±0.1a	3.6±0.6c	0.4±0.1a
	<i>Rhamdia quelen</i>	35.6±0.9a	0.4±0.1a	4.7±0.5d	0.2±0.1a	6.8±0.6c	0.2±0.1a	17.0±1.5b	0.2±0.1a
5									
	<i>Cyphocharax voga</i>	5.1±0.7b	0.2±0.1a	9.6±0.8a	0.2±0.2a	6.4±0.8b	0.2±0.1a	5.8±0.8b	0.2±0.1a
	<i>Micropogonias furnieri</i>	7.1±1.0c	2.1±0.3a	20.6±1.6a	1.0±0.2b	13.6±0.8b	0.2±0.1c	7.3±0.6c	1.3±0.3b
	<i>Netuma barba</i>	45.7±2.1b	0.2±0.1a	29.1±0.4c	0.2±0.1a	46.7±3.3b	0.3±0.1a	58.8±3.8a	0.2±0.1a
	<i>Pimelodus maculatus</i>	27.6±1.2d	0.2±0.1a	50.9±0.5a	0.2±0.1a	40.8±0.6b	0.2±0.1a	34.2±0.4c	0.2±0.1a
8									
	<i>Atherinella brasiliensis</i>	-----		5.7±0.7a	1.9±0.1a	-----		6.1±0.7a	1.9±0.3a
	<i>Brevoortia pectinata</i>	48.5±1.6c	4.4±0.5b	63.3±0.5a	1.1±0.4c	-----		54.4±0.4b	6.1±0.2a
24									
	<i>Menticirrhus americanus</i>	-----		71.4±0.8b	2.2±0.2a	45.4±0.6c	1.3±0.2b	74.4±0.6a	2.1±0.1a
	<i>Micropogonias furnieri</i>	31.2±3.7a	2.1±0.5a	29.0±2.5a	1.0±0.2b	16.2±0.7b	1.2±0.2b	16.7±1.2b	0.9±0.1b
	<i>Netuma barba</i>	31.6±2.5a	0.2±0.1a	18.1±1.3c	0.2±0.1a	27.8±2.7b	0.3±0.1a	35.5±2.5a	0.2±0.1a
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	31.5±2.6a	0.2±0.1a	8.0±0.8c	0.4±0.1a	-----		18.3±2.9b	0.2±0.1a
26									
	<i>Micropogonias furnieri</i>	39.6±3.3a	2.9±0.6a	32.5±2.0b	1.3±0.2c	42.2±2.3a	1.8±0.2b	23.1±2.3c	0.6±0.1d
29									
	<i>Micropogonias furnieri</i>	60.8±2.4a	3.6±0.1a	34.8±1.7c	1.8±0.2c	50.5±1.2b	2.3±0.4b	27.1±1.9d	0.5±0.1d
	<i>Trichiurus lepturus</i>	13.3±0.1c	2.3±0.3a	30.5±3.2b	0.3±0.1b	46.8±3.4a	0.4±0.1b	47.1±3.4a	0.4±0.1b
30									
	<i>Cyphocharax voga</i>	5.2±0.4b	0.2±0.1b	8.4±0.4a	0.9±0.1a	2.3±0.1c	0.9±0.2a	5.2±0.1b	0.3±0.1b
	<i>Netuma barba</i>	29.8±3.1a	0.2±0.1a	17.6±1.8b	0.2±0.1a	18.1±1.8b	0.2±0.1a	16.4±2.5b	0.2±0.1a
34									
	<i>Micropogonias furnieri</i>	98.7±1.3a	4.8±0.3b	97.7±1.3a	7.1±0.1a	87.7±1.4b	2.5±0.4c	86.8±2.7b	0.2±0.1d
	<i>Mugil curema</i>	3.8±0.1b	0.2±0.1a	3.6±0.2b	0.3±0.1a	9.2±0.1a	0.2±0.1a	2.0±0.1c	0.3±0.1a
	r ²	0.8x10 ⁻¹	1.1x10 ⁻¹	0.7x10 ⁻¹	1.3x10 ⁻¹	2.0x10 ⁻¹	3.5x10 ⁻¹	0.9x10 ⁻¹	0.3x10 ⁻¹

5 Values are means ± SEM (n = 12); r² is related to the relationship salinity x ion level in the
 6 different segments of the gastrointestinal tract. Different letters in the rows indicate significant
 7 differences among the fluid phase or total amount of the segments in the same species and
 8 salinity (P<0.05).

9

10

1 **Table 8.** Mg⁺² in the fluid phase (FP) and total amount (TA) in the different segments of
 2 the gastrointestinal tract of teleosts collected in different salinities in the São Gonçalo
 3 channel. st-stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.

Salinity (‰)	Species	st		ai		mi		pi	
		FP	TA	FP	TA	FP	TA	FP	TA
		mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol L ⁻¹	mmol kg ⁻¹
0	<i>Hypostomus commersoni</i>	5.9±0.7c	0.2±0.1a	28.6±2.0a	0.2±0.1a	30.4±2.1a	0.4±0.1a	23.7±2.3b	0.2±0.1a
	<i>Micropogonias furnieri</i>	8.3±1.3b	0.3±0.1a	12.0±1.7a	0.4±0.1a	5.9±1.1b	0.2±0.1a	7.4±0.4b	0.2±0.1a
	<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	8.0±0.7b	0.2±0.1a	17.6±1.2a	0.2±0.1a	5.4±0.7c	0.2±0.1a	2.6±0.4d	0.2±0.1a
	<i>Pimelodus maculatus</i>	1.4±0.2b	0.2±0.1a	3.4±0.6a	0.2±0.1a	4.3±0.6a	0.2±0.1a	1.1±0.2b	0.2±0.1a
	<i>Rhamdia quelen</i>	4.8±0.8a	0.2±0.1a	3.0±0.5b	0.2±0.1a	2.2±0.3b	0.2±0.1a	2.5±0.2b	0.2±0.1a
5	<i>Cyphocharax voga</i>	10.3±1.1b	0.2±0.1b	24.6±2.3a	0.6±0.1a	6.0±0.7c	0.6±0.1a	6.9±0.9c	0.3±0.1b
	<i>Micropogonias furnieri</i>	10.9±0.9b	0.4±0.1a	17.4±1.2a	0.6±0.1a	16.5±1.3a	0.5±0.1a	18.9±1.5a	0.4±0.1a
	<i>Netuma barba</i>	15.5±0.5c	0.2±0.1a	6.5±1.3d	0.2±0.1a	39.7±3.1b	0.3±0.1a	52.0±3.9a	0.4±0.1a
	<i>Pimelodus maculatus</i>	6.5±0.6a	0.2±0.1a	6.2±0.2a	0.2±0.1a	6.1±0.3a	0.2±0.1a	1.8±0.2b	0.2±0.1a
8	<i>Atherinella brasiliensis</i>	-----		16.8±1.8a	4.6±0.6a	-----		12.5±0.6b	3.1±0.4b
	<i>Brevoortia pectinata</i>	16.7±3.1c	3.6±0.6b	67.1±0.4a	10.1±0.4a	-----		48.2±3.5b	11.0±0.6a
24	<i>Menticirrhus americanus</i>	-----		33.5±1.8b	1.0±0.2a	44.9±2.6a	1.4±0.2a	42.8±1.5a	1.2±0.1a
	<i>Micropogonias furnieri</i>	14.3±0.9c	0.5±0.1c	36.5±0.3a	1.4±0.1a	25.1±3.1b	0.5±0.1c	29.6±1.6b	1.1±0.1b
	<i>Netuma barba</i>	22.9±0.6c	0.2±0.1b	14.0±1.1d	0.6±0.1a	53.8±1.9b	0.5±0.1a	122.1±1.9a	0.2±0.1b
	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	5.7±0.5c	0.2±0.1a	24.0±1.9a	0.3±0.1a	-----		13.1±1.7b	0.3±0.1a
26	<i>Micropogonias furnieri</i>	28.8±2.5c	1.0±0.1c	44.8±1.8a	1.4±0.1b	38.5±2.1b	2.0±0.3a	37.9±1.7b	1.3±0.1b
29	<i>Micropogonias furnieri</i>	36.8±1.8c	1.5±0.1b	56.8±1.6a	2.2±0.4a	45.1±1.7b	2.4±0.1a	43.2±1.3b	2.2±0.4a
	<i>Trichiurus lepturus</i>	4.2±0.6c	0.2±0.1b	53.6±3.8a	0.5±0.1a	39.0±2.6b	0.5±0.1a	37.2±2.7b	0.5±0.1a
30	<i>Cyphocharax voga</i>	4.2±0.7b	0.2±0.1a	6.3±0.6a	0.2±0.1a	6.1±0.3a	0.2±0.1a	4.6±0.5b	0.2±0.1a
	<i>Netuma barba</i>	32.9±3.4c	0.2±0.1b	24.5±2.4d	0.6±0.1a	84.3±3.6b	0.5±0.1a	190.0±2.4a	0.6±0.1a
34	<i>Micropogonias furnieri</i>	55.4±2.2c	1.5±0.1c	74.4±1.2a	3.6±0.2b	68.8±2.8b	5.6±0.3a	54.5±1.5c	3.6±0.4b
	<i>Mugil curema</i>	17.5±0.3a	0.2±0.1a	9.4±0.2b	0.2±0.1a	7.4±0.2c	0.2±0.1a	8.8±0.4b	0.2±0.1a
	r ²	3.4x10 ⁻¹	0.1x10 ⁻¹	2.0x10 ⁻¹	0.3x10 ⁻³	3.5x10 ⁻¹	2.2x10 ⁻¹	1.8x10 ⁻¹	0.7x10 ⁻³

4 Values are means ± SEM (n = 12); r² is related to the relationship salinity x ion level in the
 5 different segments of the gastrointestinal tract. Different letters in the rows indicate significant
 6 differences among the fluid phase or total amount of the segments in the same species and
 7 salinity (P<0.05).

8

9

10

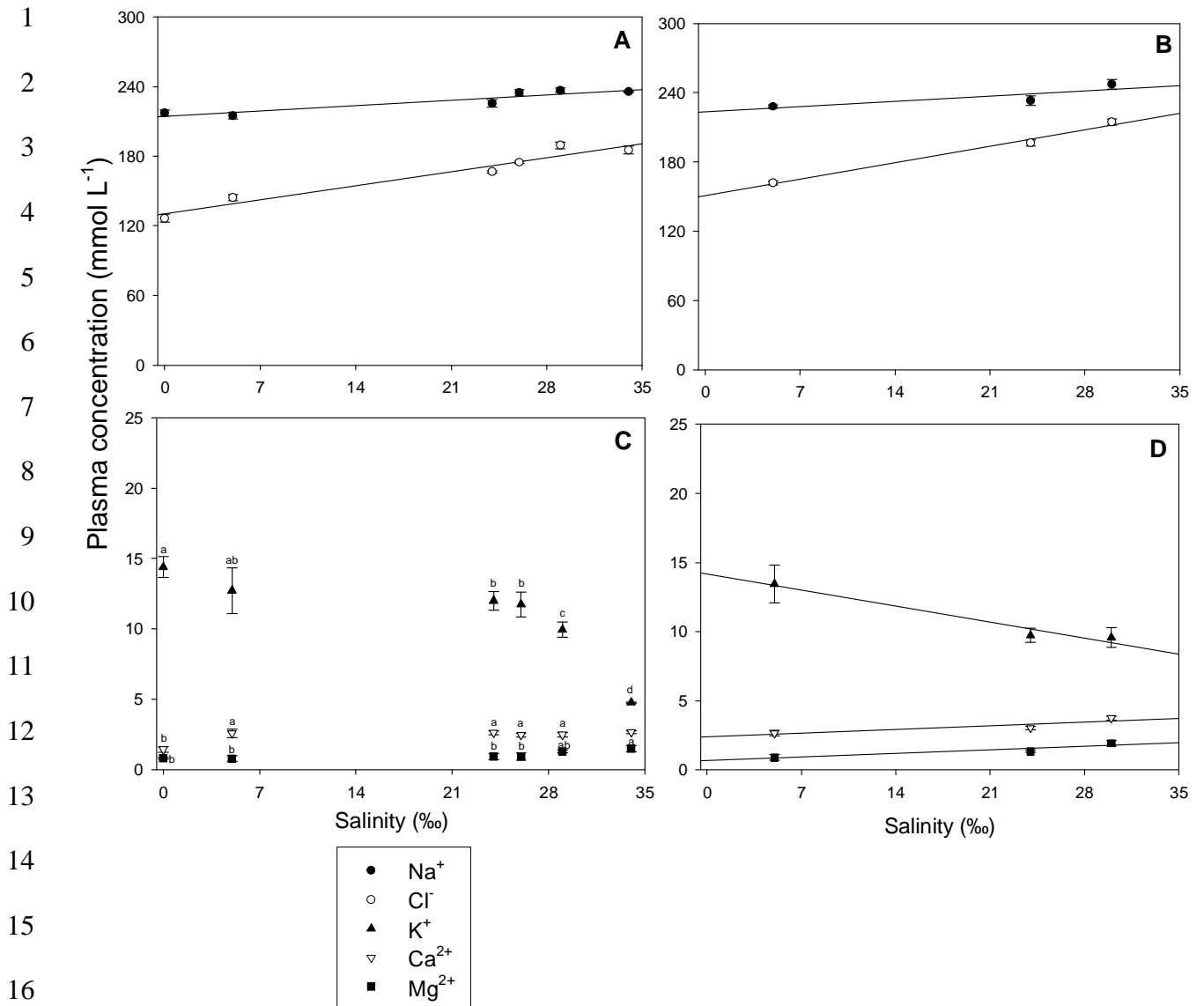


Figure 1. Plasma ion levels in *Micropogonias furnieri* (A and C) and *Netuma barba* (B and D) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel. Data expressed as mean \pm SEM (n = 12). The following equations were fitted to the data:

Micropogonias furnieri Na⁺: $y = 214.52 + 0.65x$ $r^2 = 0.87$; Cl⁻: $y = 130.45 + 1.73x$ $r^2 = 0.94$

K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺: no significant relationship was found.

Netuma barba

Na⁺: $y = 223.38 + 0.65x$ $r^2 = 0.72$; Cl⁻: $y = 150.90 + 2.04x$ $r^2 = 0.98$; K⁺: $y = 14.17 - 0.16x$ $r^2 = 0.96$; Ca²⁺: $y = 2.40 + 0.04x$ $r^2 = 0.79$; Mg²⁺: $y = 0.66 + 0.04x$ $r^2 = 0.87$.

Where x = salinity (‰) and y = plasma ion concentration (mmol L⁻¹).

Different letters indicate significant difference among salinities to the same ion (P < 0.05).

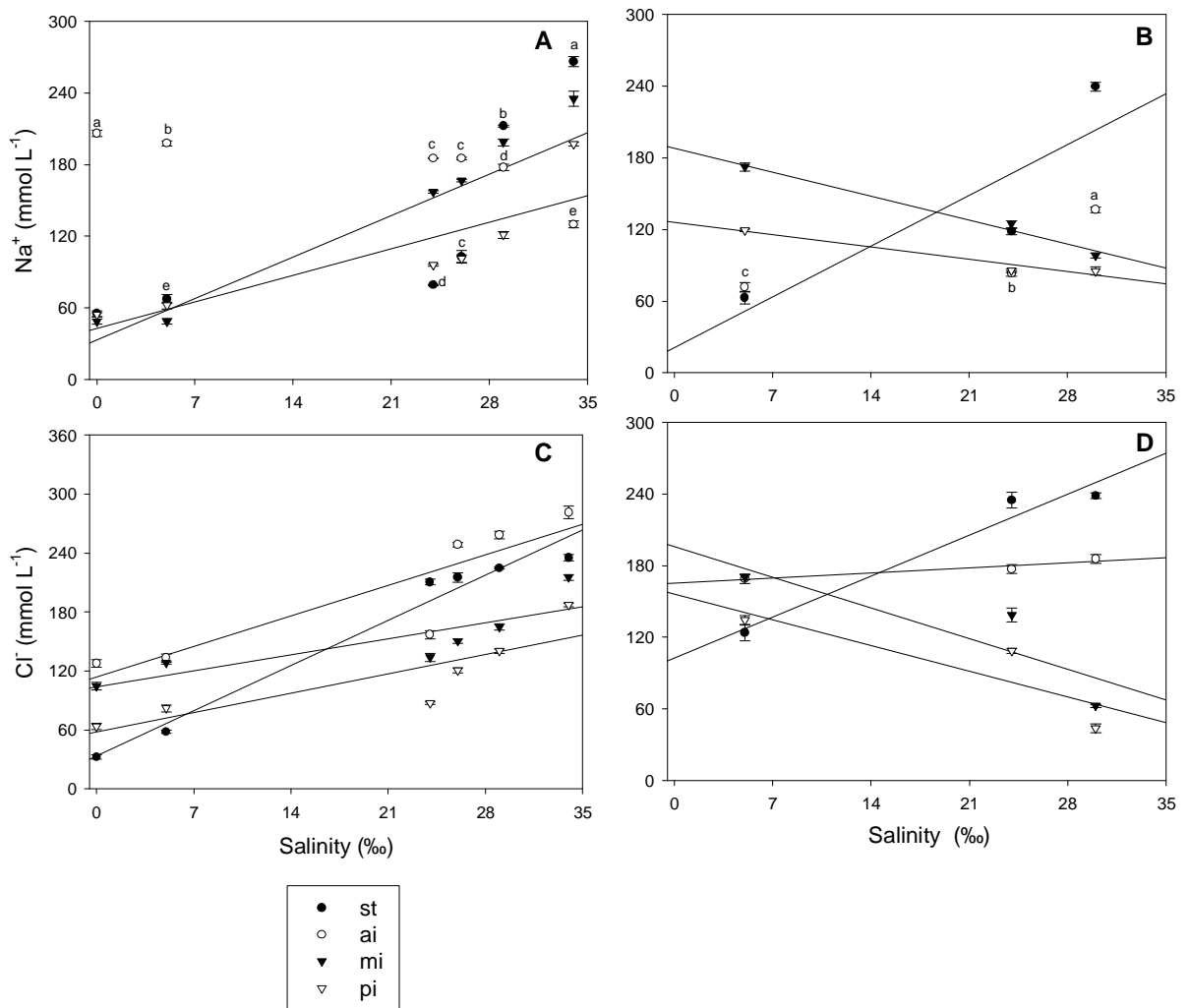


Figure 2. Na⁺ and Cl⁻ levels in the fluid phase of the different segments of the gastrointestinal tract of *Micropogonias furnieri* (A and C, respectively) and *Netuma barba* (B and D, respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel. st-stomach; ai-anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine. Data expressed as mean ± SEM (n = 12). The following equations were fitted to the data:

Micropogonias furnieri

Na⁺: mi ($y = 33.24 + 5.55x$ $r^2 = 0.97$), pi ($y = 42.52 + 3.18x$ $r^2 = 0.73$). st and ai = no significant relationship was found.

Cl⁻: st ($y = 33.67 + 6.55x$ $r^2 = 0.97$), ai ($y = 113.85 + 4.43x$ $r^2 = 0.78$), mi ($y = 103.71 + 2.32x$ $r^2 = 0.71$), pi ($y = 58.17 + 2.81x$ $r^2 = 0.73$).

Netuma barba

Na⁺: st ($y = 20.92 + 6.07x$ $r^2 = 0.77$), mi ($y = 190.20 - 2.94x$ $r^2 = 0.98$), pi ($y = 125.65 - 1.46x$ $r^2 = 0.95$). ai = no significant relationship was found.

1 Cl⁻: st ($y = 102.74 + 4.89x$ $r^2 = 0.96$), ai ($y = 165.22 + 0.61x$ $r^2 = 0.90$), mi ($y = 195.97 -$
2 $3.67x$ $r^2 = 0.75$), pi ($y = 156.32 - 3.09x$ $r^2 = 0.74$).

3 Where x = salinity (‰) and y = ion levels in the fluid phase (mmol L^{-1}).

4 Different letters indicate significant difference among salinities to the same ion ($P < 0.05$).

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

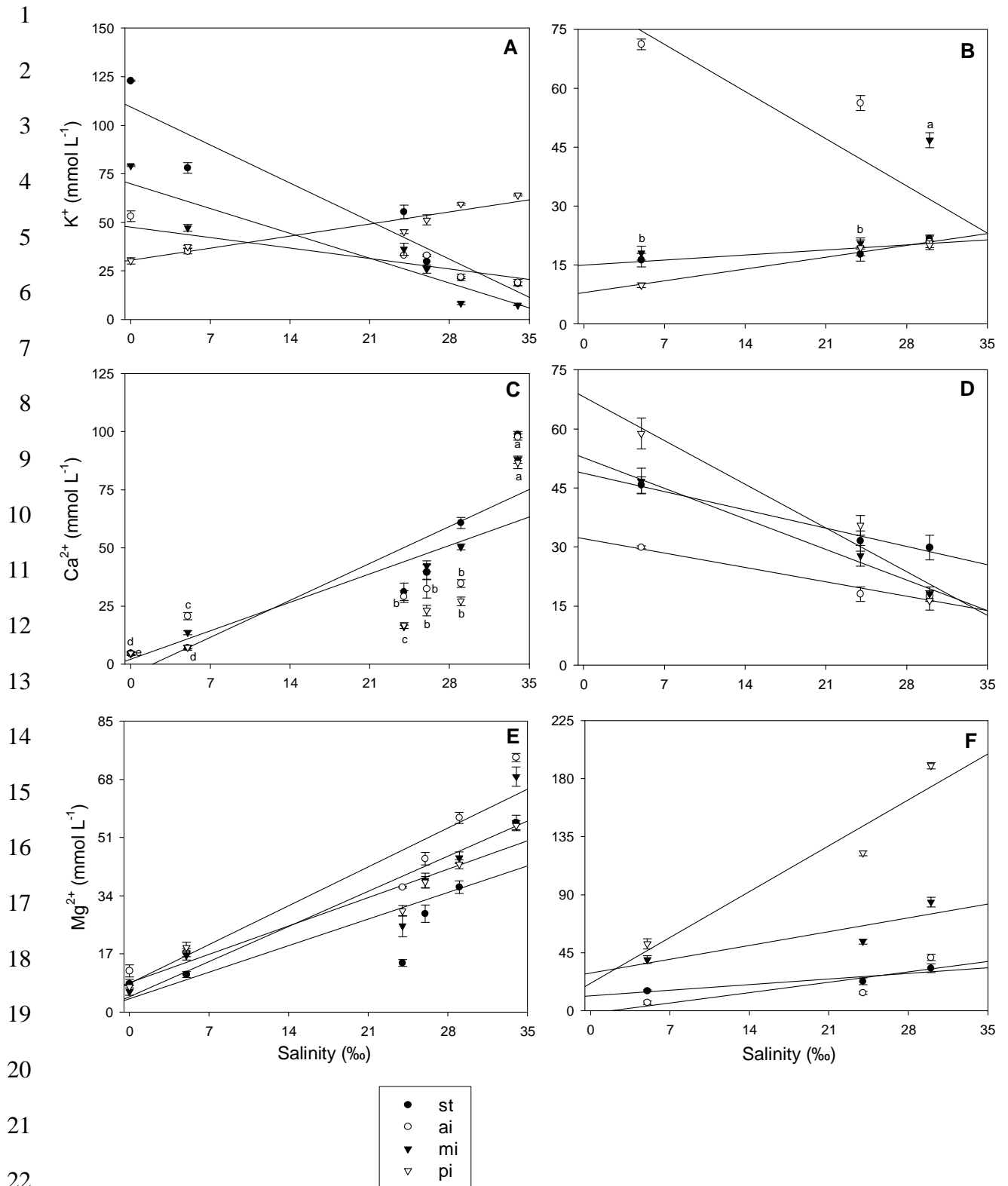
21

22

23

24

25



23 **Figure 3.** K⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ levels in the fluid phase of the different segments of the
24 gastrointestinal tract of *Micropogonias furnieri* (A, C and E, respectively) and *Netuma barba*
25 (B, D and F, respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel. st-

1 stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine. Data expressed as
 2 mean \pm SEM (n = 12). The following equations were fitted to the data:

3 *Micropogonias furnieri*

4 K^+ : st ($y = 109.36 - 2.79x$ $r^2 = 0.91$), ai ($y = 47.67 - 0.77x$ $r^2 = 0.77$), mi ($y = 70.01 - 1.83x$ $r^2 = 0.87$), pi ($y = 30.46 + 0.89x$ $r^2 = 0.91$).

6 Ca^{+2} : st ($y = -4.35 + 2.27x$ $r^2 = 0.79$), mi ($y = -0.47 + 1.82x$ $r^2 = 0.70$). ai and pi = no
 7 significant relationship was found.

8 Mg^{+2} : st ($y = 3.92 + 1.11x$ $r^2 = 0.70$), ai ($y = 8.39 + 1.62x$ $r^2 = 0.90$), mi ($y = 4.46 + 1.47x$ $r^2 = 0.81$), pi ($y = 8.62 + 1.18x$ $r^2 = 0.92$).

10 *Netuma barba*

11 K^+ : st ($y = 14.96 + 0.18x$ $r^2 = 0.73$), ai ($y = 83.22 - 1.72x$ $r^2 = 0.75$), pi ($y = 7.95 + 0.43x$ $r^2 = 0.97$). mi = no significant relationship was found.

13 Ca^{+2} : st ($y = 48.75 - 0.66x$ $r^2 = 0.98$), ai ($y = 32.16 - 0.52x$ $r^2 = 0.96$), mi ($y = 52.68 - 1.11x$ $r^2 = 0.98$), pi ($y = 68.07 - 1.58x$ $r^2 = 0.94$).

15 Mg^{+2} : st ($y = 11.56 + 0.62x$ $r^2 = 0.86$), ai ($y = 2.39 + 0.64x$ $r^2 = 0.86$), mi ($y = 29.19 + 1.53x$ $r^2 = 0.77$), pi ($y = 21.49 + 5.08x$ $r^2 = 0.92$).

17 Where x = salinity (‰) and y = ion levels in the fluid phase ($mmol L^{-1}$).

18 Different letters indicate significant difference among salinities to the same ion ($P < 0.05$).

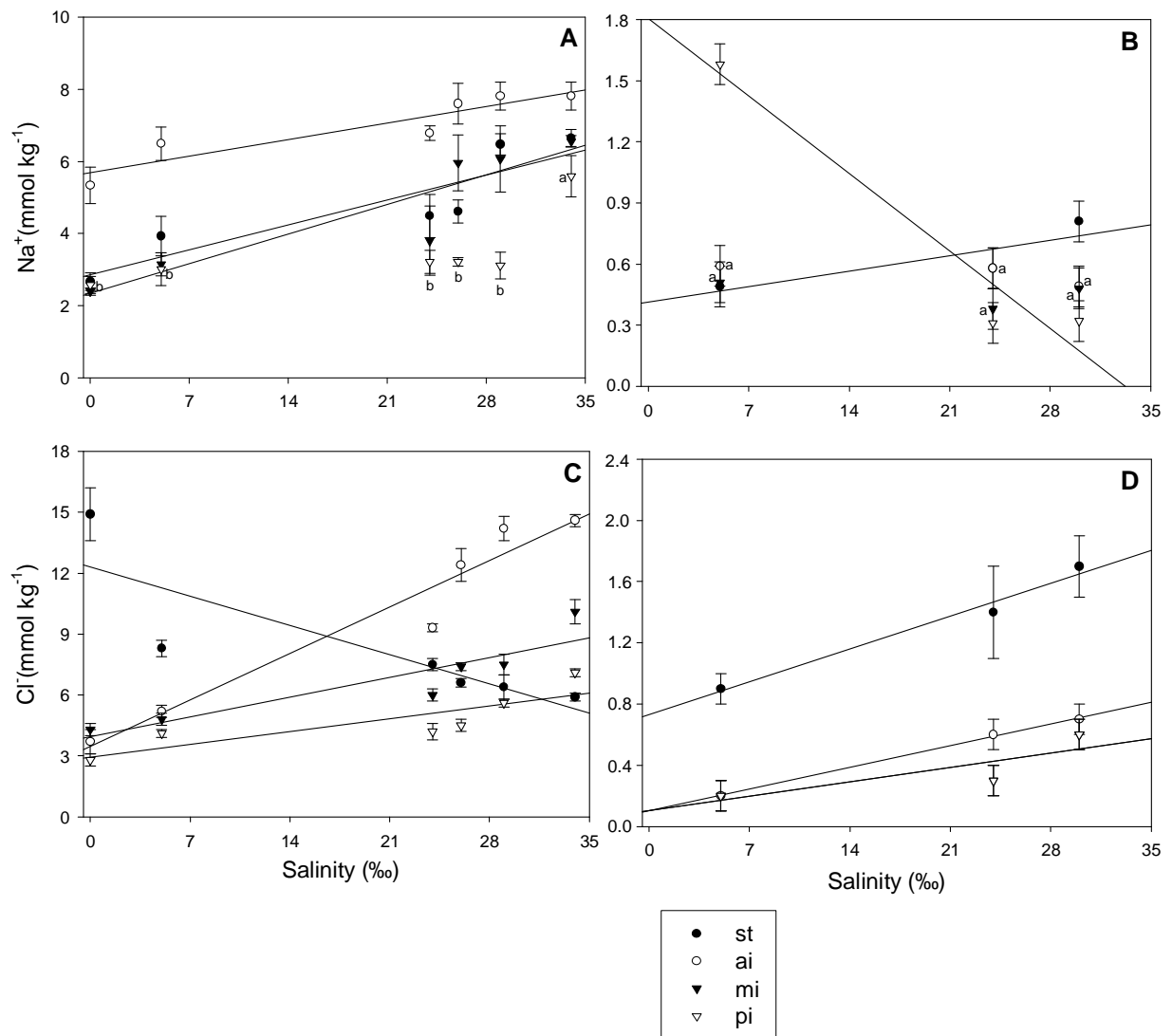


Figure 4. Total amount of Na^+ and Cl^- in the different segments of the gastrointestinal tract of *Micropogonias furnieri* (A and C, respectively) and *Netuma barba* (B and D, respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel. st-stomach; ai- anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.

Data expressed as mean \pm SEM (n = 12). The following equations were fitted to the data:

Micropogonias furnieri

Na^+ : st ($y = 2.86 + 0.10x$ $r^2 = 0.80$), ai ($y = 5.69 + 0.06x$ $r^2 = 0.85$), mi ($y = 2.19 + 0.12x$ $r^2 = 0.85$). pi = no significant relationship was found.

Cl^- : st ($y = 12.31 - 0.20x$ $r^2 = 0.71$), ai ($y = 3.47 + 0.33x$ $r^2 = 0.94$), mi ($y = 3.94 + 0.14x$ $r^2 = 0.82$), pi ($y = 2.95 + 0.10x$ $r^2 = 0.71$).

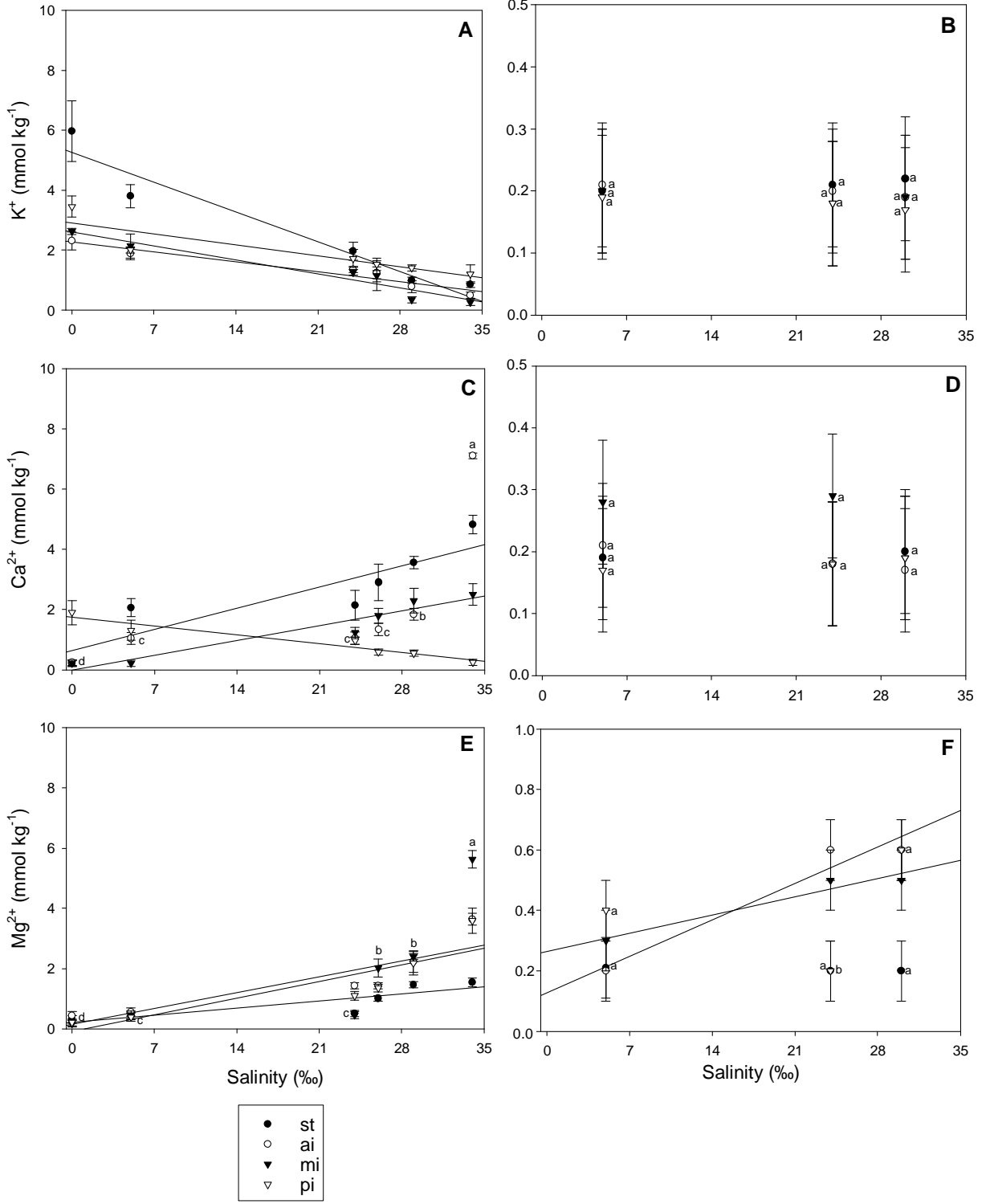
1 *Netuma barba*

2 Na^+ : st ($y = 0.43 + 0.01x$ $r^2 = 0.78$), pi ($y = 1.83 - 0.05x$ $r^2 = 0.95$). ai and mi = no significant
3 relationship was found.

4 Cl^- : st ($y = 0.73 + 0.03x$ $r^2 = 0.98$), ai ($y = 0.10 + 0.02x$ $r^2 = 0.98$), mi ($y = 0.10 + 0.01x$ $r^2 =$
5 0.71), pi ($y = 0.10 + 0.01x$ $r^2 = 0.71$).

6 Where x = salinity (‰) and y = total amount of ion (mmol kg^{-1}).

7 Different letters indicate significant difference among salinities to the same ion ($P < 0.05$).



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23

1 **Figure 5.** Total amount of K^+ , Ca^{+2} and Mg^{+2} in the different segments of the gastrointestinal
 2 tract of *Micropogonias furnieri* (A, C and E, respectively) and *Netuma barba* (B, D and F,
 3 respectively) as a function of salinity of collect in the São Gonçalo channel. st-stomach; ai-
 4 anterior intestine; mi- mid- intestine; pi- posterior intestine.

5 Data expressed as mean \pm SEM (n = 12). The following equations were fitted to the data:

6 *Micropogonias furnieri*

7 K^+ : st ($y = 5.26 - 0.14x$ $r^2 = 0.94$), ai ($y = 2.18 - 0.04x$ $r^2 = 0.93$), mi ($y = 2.60 - 0.07x$ $r^2 =$
 8 0.93), pi ($y = 2.91 - 0.05x$ $r^2 = 0.79$).

9 Ca^{+2} : st ($y = 0.64 + 0.10x$ $r^2 = 0.78$), mi ($y = -0.05 + 0.07x$ $r^2 = 0.92$), pi ($y = 1.75 - 0.04x$ $r^2 =$
 10 0.94). ai = no significant relationship was found.

11 Mg^{+2} : st ($y = 0.22 + 0.03x$ $r^2 = 0.73$), ai ($y = 0.14 + 0.07x$ $r^2 = 0.76$), pi ($y = -0.08 + 0.08x$ $r^2 =$
 12 0.74). mi = no significant relationship was found.

13 *Netuma barba*

14 K^+ : st, ai, mi and pi = no significant relationship was found.

15 Ca^{+2} : st, ai, mi and pi = no significant relationship was found.

16 Mg^{+2} : ai ($y = 0.13 + 0.02x$ $r^2 = 0.95$), mi ($y = 0.26 + 0.01x$ $r^2 = 0.95$). st and pi = no
 17 significant relationship was found.

18 Where x = salinity (‰) and y = total amount of ion ($mmol\ kg^{-1}$).

19 Different letters indicate significant difference among salinities to the same ion ($P < 0.05$).

20

6 CONCLUSÕES

Considerando-se a hipótese de que os níveis iônicos no plasma e no conteúdo do trato gastrointestinal variam de acordo com a salinidade onde o peixe é capturado, este estudo teve como principais conclusões:

1. Não há relação entre os íons no plasma, na fase fluida e na quantidade total dos conteúdos dos segmentos do trato gastrointestinal e a salinidade quando se consideram várias espécies juntas em diferentes salinidades.
2. Espécies (*Micropogonias furnieri* e *Netuma barba*) capturadas em três ou mais salinidades mostraram relação significativa entre os íons no plasma, na fase fluida e na quantidade total do conteúdo dos segmentos do trato gastrointestinal e a salinidade. Com base nisso, pode-se inferir que uma transferência gradual de espécies eurialinas, da água doce para a salgada, ou ainda, em espécies habitantes de regiões estuarinas, a mudança de ambiente acarreta em alterações nos níveis iônicos do plasma, mas também no trato gastrointestinal indicando, assim, a participação dessa estrutura nos processos de osmorregulação.
3. Há variação dos níveis iônicos ao longo do trato gastrointestinal, sugerindo uma possível absorção.

7 REFERÊNCIAS

- ANDO, M.; MUKUDA, T.; KOZAKA, T. Water metabolism in the eel acclimated to seawater: from mouth to intestine. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.136, p. 621–633, 2003.
- ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquíicultura**: uma revisão para peixes e camarões. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004. 231 p.
- ARAÚJO, F. G. **Distribuição, abundância, movimentos sazonais e hábitos alimentares de bagres marinhos (Siluriformes, Ariidae) no estuário da Lagoa dos Patos (RS), Brasil**. 1983. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2002. 212 p.
- _____. Osmoregulatory adaptations of freshwater teleosts. In: VAL, A.L.; KAPOOR, B. G. (Org.). **Fish Adaptations**. Enfield: Science Publishers, 2003. p. 179-201.
- BALDISSEROTTO, B.; MIMURA, O. M. Ion transport across the isolated intestinal mucosa of *Anguilla anguilla* (Pisces). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.108, n. 2-3, p. 297-302, 1994.
- _____. Ion and water transport in the gut of the freshwater teleost *Prochilodus scrofa*. **Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v.47, n. 1/2, p. 83-85, 1995.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. Jundiá (*Rhamdia* sp.). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2005. p. 303-325.
- BALDISSEROTTO, B.; MIMURA, O. M.; SALOMÃO, L. C. The effect of pH on ion and water transport in the gut of the freshwater teleost *Synbranchus marmoratus*. **Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v.45, p. 396-398, 1993.
- BALDISSEROTTO, B. et al. Effect of urotensin II on water and ion fluxes in the intestine, gallbladder and urinary bladder of the freshwater teleost, *Hoplias malabaricus*. **Ciência e Natura**, v.18, p. 71-82, 1996.
- _____. A protective effect of dietary calcium against acute waterborne cadmium uptake in rainbow trout. **Aquatic Toxicology**, v.67, p. 57-73, 2004.
- BECKER, A. G. et al. Ion levels in the gastrointestinal tract content and plasma of four teleosts with different feeding habits. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.32, n. 2, p. 105-112, 2006.

BEMVENUTI, M. A. Abundância, distribuição e reprodução de peixes-rei (Atherinidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. **Atlântica**, v.9, n. 1, p. 5-32, 1987.

BIJVELDS, M. J. C. et al. Magnesium transport in freshwater teleosts. **Journal of Experimental Biology**, v.201, p. 1981-1990, 1998.

BOGÉ, G.; LOPEZ, L.; PÉRES, G. An in vivo study of the role of pyloric caeca in water absorption in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.91, p. 9-13, 1988.

BOYD, C. E. **Water quality for pond aquaculture**. Research and development series, International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, n. 43, 1998. 37p.

BUDDINGTON, R. K.; DIAMOND, J. M. Pyloric ceca of fish: a “new” absorptive organ. **American Journal of Physiology – Gastrointestinal and Liver Physiology**, v.252, p. G65-G76, 1987.

BURNS, M. D. M. et al. Evidence of habitat fragmentation affecting fish movement between the Patos and Mirim coastal lagoons in southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.4, n. 1, p. 69-72, 2006.

BURY, N. R. et al. Intestinal iron uptake in the European flounder (*Platichthys flesus*). **Journal of Experimental Biology**, v.204, p. 3779–3787, 2001.

CARNEIRO, M. H. **Reprodução e alimentação dos linguados *Paralichthys patagonicus* e *Paralichthys orbignyanus* (Pleuronectiformes, Bothidae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. 1995. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande.

CARRICK, S.; BALMENT, R. J. The renin–angiotensin system and drinking in the euryhaline flounder, *Platichthys flesus*. **General and Comparative Endocrinology**, v.51, p. 423–433, 1983.

CARROLL, S., et al. Effect of temperature on the drinking rates of two species of flatfish, flounder and turbot. **Journal of Fish Biology**, v.44, p. 1097-1099, 1994.

CASTELLO, J. P. Distribucion, crecimiento y maduración sexual de la corvina juvenil (*Micropogonias furnieri*) en el estuario de la Lagoa dos Patos, Brasil. **Physis – Sec. A**, v.44, p. 21-36, 1986.

CURTIS, B. J.; WOOD, C. M. The function of urinary bladder “in vivo” in the freshwater rainbow trout. **Journal of Experimental Biology**, v.155, p. 567-583, 1991.

DABROWSKI, K. et al. Protein digestion and ion concentrations in rainbow trout (*Salmo gairdnerii* Rich.) digestive tract in sea- and fresh water. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.83, n. 1, p. 27-39, 1986.

EVANS, D. H. Osmotic and Ionic regulation. In: EVANS, D. H. (Org.). **The Physiology of Fishes**. Boca Raton: CRC Press, 1993. p. 315-341.

EVANS, D. H.; PIERMARINI, P. M.; CHOE, K. P. The multifunctional fish gill: Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. **Physiological Reviews**, v.85, p. 97-177, 2005.

FAO. **Desarrollo de la cuenca hidrográfica de la Laguna Merin**, 1972. 86p.

FISCHER, L. G.; PEREIRA, L. E. D.; VIEIRA, J. P. **Peixes estuarinos e costeiros**. Rio Grande: Ecoscientia, 2004. 139p.

FLIK, G.; VAN RIJS, J. H.; WENDELAAR BONGA, S. E. Evidence for high-affinity Ca^{2+} -ATPase activity and ATP-driven Ca^{2+} transport in membrane preparations of the gill epithelium of the cichlid fish *Oreochromis mossambicus*. **Journal of Experimental Biology**, v.119, p. 335-347, 1985.

FONSECA NETO, J. C.; SPACH, H. L. Effect of environmental salinity on the apical surface of chloride cells of the euryhaline teleost, *Mugil platanus* (Pisces, Mugilidae). **Iheringia, Série Zoologia**, v.85, p. 151-156, 1998.

GROSELL, M. Intestinal transport processes in marine fish osmoregulation. In: BALDISSEROTTO, B.; MANCERA, J.M.; KAPOOR, B.G. (Org.). **Fish Osmoregulation**. Enfield: Science Publishers, 2007. p. 333-357.

GROSELL, M.; WOOD, C. M. Branchial versus intestinal silver toxicity and uptake in the marine teleost *Parophrys vetulus*. **Journal of Comparative Physiology**, v.171, p. 585-594, 2001.

GROSELL, M. et al. The effects of silver on intestinal ion and acid-base regulation in the marine teleost fish, *Papophrys vetulus*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.124, p. 259-270, 1999.

_____. Intestinal HCO_3^- secretion in marine teleost fish: evidence for an apical rather than a basolateral $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ exchanger. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.24, p. 81-95, 2001.

_____. Effects of prolonged copper exposure in the marine gulf toadfish (*Opsanus beta*). I. hydromineral balance and plasma nitrogenous waste products. **Aquatic Toxicology**, v.68, p. 249-262, 2004.

_____. Active bicarbonate secretion plays a role in chloride and water absorption of the European flounder intestine. **American Journal of Physiology**, v.288, p. R936-R946, 2005.

HICKMAN, C. P. Ingestion, intestinal absorption, and elimination of seawater and salts in the southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. **Canadian Journal of Zoology**, v.46, p. 457-466, 1968.

HIGUCHI, H.; REIS, E. G.; ARAÚJO, F. G. Uma nova espécie de bagre marinho do litoral do Rio Grande do Sul e considerações sobre o gênero nominal *Netuma* Bleeker, 1858 no Atlântico Sul Ocidental (Siluriformes, Ariidae). **Atlântica**, v.5, p. 1-15, 1982.

HIRANO, T.; MAYER-GOSTAN, N. Eel esophagus as an osmoregulatory organ. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.73, p. 1348–1350, 1976.

JOBLING, M. **Environmental Biology of Fishes**. London: Chapman & Hall, 1995.

KARNAKY, K. J. Osmotic and ionic regulation. In: EVANS, D. H. (Org.). **The Physiology of Fishes**. Boca Raton: CRC Press, 1998. p. 157-176.

KERSTETTER, T. H.; WHITE, R. J. Changes in intestinal water absorption in coho salmon during short-term seawater adaptation – a developmental study. **Aquaculture**, v.121, p. 171-180, 1994.

KIRSCH, R.; MEISTER, M. F. Progressive processing of ingested water in the gut of sea-water teleost. **Journal of Experimental Biology**, v. 98, p. 67–81, 1982.

KOCH, W. R.; MILANI, P. C.; GROSSER, K. M. **Guia ilustrado; peixes Parque Delta do Jacuí**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 2000. 91p.

LUCENA, C. A. S.; MALABARBA, L. R.; REIS, R. E. Resurrection of the neotropical Pimelodid Catfish *Pimelodus nigribarbis* (Boulenger), with a phylogenetic diagnosis of the genus *Parapimelodus* (Teleostei:Siluriformes). **Copeia**, v.1, p. 138-146, 1992.

MANN, K.H.; LAZIER, J.R.N. **Dynamics of marine ecosystems – biological – physical interactions in the oceans**. Boston: Blackwell, 1991.

MARSHALL, W. S.; GROSELL, M. Ion transport, osmoregulation and acid-base balance. In: EVANS, D.; CLAIBORNE, J. B. (Org.). **Physiology of fishes**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.

MARVÃO, P. et al. Ion transport in the intestine of *Anguilla anguilla*: gradients and translocators. **Journal of Experimental Biology**, v.193, p. 97-117, 1994.

McDONALD, M. M.; GROSELL, M. Maintaining osmotic balance with an aglomerular kidney. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.143, p. 447-458, 2006.

NAKAMURA, Y. “In vitro” absorption of inorganic phosphate and other electrolytes in the carp intestine. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.80, p. 17-20, 1985.

NORMAN, S. **A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata)**. London: British Museum of the Natural History, 1934.

- PARMELEE, J. T.; RENFRO, J. L. Esophageal desalination of seawater in flounder: role of active sodium transport. **American Journal of Physiology**, v.245, p. R888-R893, 1983.
- PRODOCIMO, V.; FREIRE, C. A. Ionic regulation in aglomerular tropical estuarine pufferfishes submitted to seawater dilution. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.262, p. 243–253, 2001.
- RANKIN, J. C. et al. Circulating angiotensins in the river lamprey, *Lametra fluviatilis*, acclimated to freshwater and seawater: possible involvement in the regulation of drinking. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.129, p. 311-318, 2001.
- RODRÍGUES et al. Osmoregulation in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.26, p. 345-354, 2002.
- SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. **Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic**. New York: Springer-Verlag, 1996.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente**. São Paulo: Livraria Santos Editora Ltda, 1999. 600p.
- SHEHADEH, Z. H.; GORDON, M. S. The role of the intestine in salinity adaptation of the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.30, p. 397–418, 1969.
- SKADHAUGE, E. The mechanism of salt and water absorption in the intestine of the eel (*Anguilla anguilla*) adapted to waters of various salinities. **Journal of Physiology**, v.204, p. 135-158, 1969.
- SLEET, R. B.; WEBER, L. J. The rate and manner of seawater ingestion by a marine teleosts and corresponding seawater modification by the gut. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.72, p. 469-475, 1982.
- SMITH, H. W. The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts. **American Journal of Physiology**, v.93, p. 480–505, 1930.
- SMITH, M. W. The “in vitro” absorption of water and solutes from the intestine of goldfish, *Carassius auratus*. **Journal of Physiology**, v.175, p. 38-49, 1964.
- TAYLOR, J. R.; GROSELL, M. Evolutionary aspects of intestinal bicarbonate secretion in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.143, p. 523-529, 2006a.
- _____. Feeding and osmoregulation: dual function of the marine teleosts intestine. **Journal of Experimental Biology**, v.209, p. 2939-2951, 2006b.

- VEILLETTE, P. A.; BREVES, J. P.; REARDON, D. R.; SPECKER, J. L. Adaptation for ionic balance in the partial gastrointestinal tract of summer flounder. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.143, p. 211–217, 2006.
- WALSH, P. J. et al. Carbonate deposits in marine fish intestines: a new source of biomineralization. **Limnology and Oceanography**, v.36, p. 1227–1232, 1991.
- VAZZOLER, A. E. A. M. Síntese de conhecimentos sobre a biologia da corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), da costa do Brasil. **Atlântica**, v.13, n. 1, p. 55-74, 1991.
- WHITFIELD, A. K. Ichthyofaunal assemblages in an estuarine a South African case study. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.9, p. 151–186, 1999.
- WILSON, R. W. A novel role for the gut of seawater teleosts in acid-base balance. **Regulation of Acid-Base Status in Animals and Plants**, SEB seminar series, Cambridge University Press, Cambridge, v.68, p. 257–274, 1999.
- WILSON, R. W.; GROSELL, M. Intestinal bicarbonate secretion in marine teleost fish - source of bicarbonate, pH sensitivity, and consequence for whole animal acid-base and divalent cation homeostasis. **Biochimique and Biophysique Acta**, v.1618, p. 163–193, 2003.
- WILSON, R. W. et al. Intestinal base excretion in the seawater-adapted rainbow trout: a role in acid-base balance? **Journal of Experimental Biology**, v.199, p. 2331–2343, 1996.
- WILSON, R. W.; WILSON, J. M.; GROSELL, M. Intestinal bicarbonate secretion by marine teleost fish-why and how? **Biochimique and Biophysique Acta**, v.1566, p. 182–193, 2002.
- WOOD, C. M. Toxic responses of the gill. In: SCHLENK, D.; BENSON, W. H. (Org.). **Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts**. London: Taylor & Francis, 2001. v.1- Organs. p. 1- 89.
- ZALL, D. M.; FISHER, M. D.; GARNER, Q. M. Photometric determination of chlorides in water. **Analytical Chemistry**, v.28, p. 1665-1678, 1956.