

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de **23/09/2023**.

LIMITES DE TOLERÂNCIA TÉRMICA E RESPOSTAS
FISIOLÓGICAS DE *Phalloceros caudimaculatus* (HENSEL, 1868)
ACCLIMATADOS À DIFERENTES TEMPERATURAS

LUIZ FERNANDO BARBI DE SOUZA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA

LIMITES DE TOLERÂNCIA TÉRMICA E RESPOSTAS
FISIOLÓGICAS DE *Phalloceros caudimaculatus* (HENSEL, 1868)
ACLIAMATADOS À DIFERENTES TEMPERATURAS

LUIZ FERNANDO BARBI DE SOUZA

PROF. DR. RAFAEL MENDONÇA DUARTE

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências,
Câmpus do Litoral Paulista, UNESP, para obtenção
do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade de Ambientes Costeiros.

São Vicente - SP
2022

S729l

Souza, Luiz Fernando Barbi de

LIMITES DE TOLERÂNCIA TÉRMICA E RESPOSTAS
FISIOLÓGICAS DE *Phalloceros caudimaculatus* (HENSEL, 1868)
ACCLIMATADOS À DIFERENTES TEMPERATURAS / Luiz
Fernando Barbi de Souza. -- São Vicente, 2022
65 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Rafael Mendonça Duarte

1. Fisiologia. 2. Tolerância Térmica. 3. Resposta Fisiológicas. 4.
Aclimação. 5. Temperatura. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.

Biblioteca do Instituto de Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus do Litoral Paulista



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LUIZ FERNANDO BARBI DE SOUZA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE AMBIENTES COSTEIROS, DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA.

Aos 23 dias do mês de março do ano de 2022, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LUIZ FERNANDO BARBI DE SOUZA, intitulada *Limites de tolerância térmica e respostas fisiológicas de Phalloceros caudimaculatus (Hensel, 1868) aclimatados à diferentes temperaturas*. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. RAFAEL MENDONÇA DUARTE (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Instituto de Biociências Câmpus do Litoral Paulista / UNESP, Profa. Dra. TÂNIA MARCIA COSTA (Participação Virtual) do(a) Instituto de Biociências Câmpus do Litoral Paulista / UNESP, Prof. Dr. EDUARDO ANTÔNIO SANCHES (Participação Virtual) do(a) Curso de Engenharia de Pesca / UNESP, Câmpus de Registro, Registro-SP. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. RAFAEL MENDONÇA DUARTE

AGRADECIMENTOS

Na construção da presente dissertação tive apoio das pessoas que me cercam, principalmente a minha esposa e as minhas filhas. Sou grato pela ajuda, compreensão, paciência, amor e apoio incondicional. Vocês são a base de tudo isso e com certeza sem vocês eu não estaria aqui hoje....

Gostaria de agradecer meus familiares, principalmente aos meus pais, Célio Pedro de Souza e Helena Barbi de Souza. Esses, sempre lutaram pela minha educação e me motivaram a sempre estudar, zelaram com todo cuidado e muito amor pelo meu bem estar, sempre me ensinaram a superar todas as dificuldades impostas pela vida, minha infinita gratidão.

Meus Avós em particular aos avós maternos, que estimo tanto, Barbara Mack Barbi e João Barbi pela rica contribuição na minha formação cultural, assim como minha tia Anne Barbi, familiares que despertaram o desejo de viver perto do mar e entender o funcionamento da natureza. Minha infinita gratidão a eles e a todos os meus antepassados. Sou infinitamente grato pelo alicerce deixado que permanece até hoje, rico em ensinamentos e exemplos de superação, que motivam a enfrentar qualquer adversidade da vida. Por eles e com eles alcanço todos meus objetivos.

Ainda se tratando da minha família, em meio a um dos meus grandes passos acadêmicos, agradeço à minha esposa Fernanda e minhas filhas Ana Clara e Ana Beatriz, que me fazem progredir em muitos aspectos. Elas me ensinaram a aproveitar e valorizar os momentos e as oportunidades, a aumentar minha produtividade e organização e, principalmente, a amar a vida cada vez mais. E, em meio as tribulações da pandemia e da dissertação.

Agradeço meu orientador, Professor Doutor Rafael Mendonça Duarte, por acreditar no meu desejo de continuar no caminho da ciência, pelos seus inestimáveis ensinamentos e aperfeiçoamentos que me proporcionou e pela credibilidade, dedicação, liberdade, paciência e confiança depositada em mim. Por sempre incentivar a conquista de novos conhecimentos, pelas palavras sábias, pelo exemplo profissional, pela amizade e pelas enriquecedoras conversas. Pelas aulas como aluno ouvinte e posteriormente as inúmeras horas-aulas no estágio de docência, serei eternamente grato.

Ao meu amigo, Guilherme Ramos Panizza, aluno de graduação da universidade e membro do laboratório LECTA/CLP UNESP, pelo grande apoio durante todo período de mestrado compreendendo também o período de pandemia da Covid-19 até a data atual. Um companheiro sempre atencioso, prestativo que me ajudou desde o início a realizar as tarefas do

mestrado. Agradeço infinitamente pela sua ajuda e esforço, pelo apoio nas coletas, viagens, nos testes laboratoriais, especialmente o de “Amônia”, no auxílio, manutenção e montagens dos sistemas e análises estatísticas. Foram infinitos os momentos de alegria e descontração vividos dentro e fora do laboratório, minha eterna gratidão.

Posso exaltar minha gratidão aos meus colegas de laboratório e amigos do CLP Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LABECOM) e Laboratório de Aquicultura Sustentável (LAS), que não mediram esforços para ajudar nos trabalhos experimentais. Também enalteço meu agradecimento aos Professores do CLP, Dr^a. Tânia Marcia Costa, Dr. Ivan Sergio Nunes Silva Filho, Dr^a. Alessandra S. Augusto, Dr. Milton Costa Lima Neto, Dr. Denis Moledo de Souza Abessa, Dr. Leandro Mantovani de Castro, que gentilmente cederam materiais, tempo e seus laboratórios e equipamentos para realização dos experimentos e para a concretização desse trabalho. Ao Professor Dr. Eduardo Antônio Sanches, da Unesp de Registro pelo apoio nas coletas e valioso auxílio com equipamentos e sua avaliação na qualificação; e ao Dr. Fernando Rafael De Grande (UNESP/Botucatu) pela gentileza no LABCOM e grande contribuição na minuciosa avaliação do trabalho na qualificação.

À empresa *Nutricom* pelo fornecimento de alimento aos nossos animais, e pelo fornecimento de alguns produtos para manutenção dos aquários.

À banca examinadora, por aceitarem o convite e me concederem a honra de sua presença nesta defesa de dissertação. Por serem referência e exemplo de profissionais.

Aos demais integrantes do LABCOM pela grande ajuda na utilização do laboratório úmido e da sala de equipamentos de termoregulação. Agradeço também pelas orientações, incentivo, pelas conversas enriquecedoras e valiosas dicas durante esse período do mestrado.

Agradeço a tia Sandra e sua filha Carol pelo carinho em servir as refeições na cantina do CLP e que certamente fizeram toda a diferença no meu estado emocional e físico durante esse período.

Ao programa de Pós-graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros, pelo excelente trabalho e dedicação.

Ao corpo docente do programa de pós-graduação que contribuiu para meu enriquecimento científico neste curto período.

Ao pessoal da secretaria de pós-graduação que sempre esclareceu todas as dúvidas prontamente, neste momento de Pandemia.

Em resumo, minha dissertação colaborou muito para meu desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal. Sou extremamente grato pela inestimável riqueza de conhecimento.

OBRIGADO!!!

*“Seguirei para o amanhã agarrado aos braços da
inteligência, amparado pela força de vontade e pelo
respeito; buscando a todo custo a felicidade.”*

Luiz Fernando Barbi de Souza

RESUMO

A temperatura é um dos fatores abióticos que mais têm influência na fisiologia de organismos ectotérmicos aquáticos. A determinação da temperatura crítica máxima (CTM_{ax}) e a avaliação do metabolismo são ferramentas importantes na compreensão dos limites fisiológicos dos peixes e de suas respostas frente ao estresse térmico. Em nosso estudo avaliamos os limites de Tolerância Térmica Crítica Máxima (CTM_{ax}) e respostas do metabolismo (consumo de oxigênio, excreção de nitrogênio, fluxo iônico líquido de cloreto e sódio) em indivíduos da espécie *Phalloceros caudimaculatus*. Os animais, com peso médio de $0,670 \pm 0,119$ g, ficaram durante 7 dias nas temperaturas de aclimação (20-25-30°C). Avaliamos a CTM_{ax} na salinidade 6‰ ($38,567 \pm 0,207$, $39,833 \pm 0,111$ e $41,756 \pm 0,194$) e a CTM_{ax} na salinidade 11‰ ($39,138 \pm 0,172$, $39,983 \pm 0,06$ e $41,057 \pm 0,121$), em cada um dos regimes térmicos selecionados, respectivamente. Houve variação significativa entre as temperaturas de aclimação no CTM_{ax} ($P < 0,05$). Não houve um aumento nas taxas de consumo de oxigênio em função do aumento nas temperaturas de aclimação (20-25-30°C), e as taxas médias foram de ($263,497 \pm 43,338$, $217,892 \pm 61,594$, $287,803 \pm 28,248$), respectivamente. O valor do coeficiente de temperatura (Q_{10}) calculado entre as temperaturas de 20-30°C foi (Q_{10}) = 1,24. Na excreção de amônia foi observada diferenças estatísticas entre 25-30°C e 20-30 °C ($P < 0,05$). Não foi observada diferenças estatísticas significativas na excreção de amônia entre 20-25°C ($P = 0,259$). O fluxo líquido de cloreto (J^{Cl}_{net}) não apresentou diferenças significativas entre as diferenças temperaturas de aclimação ($P = 0,261$). Por outro lado, o fluxo líquido de sódio (J^{Na}_{net}), foi significativamente aumento em 25°C ($-48,607 \pm 10,05$), em comparação com os demais regimes térmicos testados. No entanto, não foram observadas diferenças estatísticas significativas no fluxo líquido de sódio entre as temperaturas de 20-30°C ($P = 0,261$). Nossos resultados indicam que o aumento da temperatura de aclimação resulta no aumento do limite máximo de tolerância térmica (como indicado pela CTM_{ax}) e redução da capacidade de aclimação térmica de *Phalloceros caudimaculatus*, promovendo pequenos distúrbios na excreção de produtos nitrogenados e balanço de Na^+ nos animais.

Palavras chaves: temperatura, tolerância, aclimação, salinidade, estresse.

ABSTRACT

Temperature is one of the abiotic factors that most influence the physiology of aquatic ectothermic organisms. The determination of the maximum critical temperature (CTMax) and the assessment of routine metabolism are important tools to understanding the physiological limits of fish and their responses to heat stress. In our study, we evaluated the limits of Maximum Critical Thermal Tolerance (CTMax) and metabolic responses (oxygen consumption, nitrogen excretion and net ion fluxes of chloride and sodium) in individuals of the species *Phalloceros caudimaculatus*., weighing. The animals weighting in average 0.670 ± 0.119 g were kept for 7 days in three thermal regimes (20-25-30°C). We evaluated the CTMax at salinity 6‰ (38.567 ± 0.207 , 39.833 ± 0.111 and 41.756 ± 0.194) and the CTMax at salinity 11‰ (39.138 ± 0.172 , 39.983 ± 0.06 and 41.057 ± 0.121), at each thermal regime selected, respectively. There was a significant variation in CTMax between the three temperatures acclimation ($P < 0.05$). No statistically significant differences were observed in routine oxygen consumption with the increment in temperature. The value of the temperature coefficient (Q10) calculated between 20-30°C was $(Q10) = 1.24$. Regarding to the ammonia excretion, there is statistical differences between temperature acclimation of 25-30°C and 20-30°C ($P < 0.05$). No statistically significant differences were observed in ammonia excretion between 20-25°C ($P = 0.259$). The net chloride flux (J^{Cl}_{net}) was not statistically different between the acclimation temperatures tested ($P = 0.261$). On the other hand, sodium net fluxes sodium (J^{Na}_{net}) was significantly increased at 25°C (-48.607 ± 10.05) compared to 20 and 30°C. However, no differences were seen in J^{Na}_{net} between the acclimation temperatures of 20-30°C ($P = 0.261$). The results indicate that increases in temperature acclimation promote the increase of maximum thermal limits (as seen as by CTMax) and reduce the thermal acclimation capacity of *Phalloceros caudimaculatus*, also resulting in smaller disturbances in both the excretion of nitrogenous waste products and Na^+ balance in animals.

Key words: temperature, tolerance, acclimatization, salinity, stress.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. – Exemplar de <i>Phalloceros caudimaculatus</i>	24
FIGURA 2.1. – Mapa da área de coleta dos exemplares de <i>P. caudimaculatus</i> em Ilha Comprida (SP) identificando o local onde fica a balsa do município de Cananeia. SP-Brasil.....	25
FIGURA 2.2. – Mapa da área de coleta dos exemplares de <i>P. caudimaculatus</i> em Ilha Comprida (SP).	25
FIGURA 2.3. – Mapa da área de coleta dos exemplares de <i>P. caudimaculatus</i> em Ilha Comprida (SP) vista aproximada do ponto de coleta.	26
FIGURA 2.4. – Mapa da área de coleta dos exemplares de <i>P. caudimaculatus</i> em Praia de Fora, Ilha Comprida – litoral Sul – SP –Brasil (25°00'00.6"S 47°86'52.1"W) . Cerca de 4 h 3 min, (253 km) via BR-101 e BR-116 de distância do Instituto de Biociências – Câmpus do Litoral Paulista – Unesp – São Vicente. (A) A face sudeste, voltada para praia, é formada por área plana. (B) A face leste e oeste, faixa de areia e vegetação. (C) Amostras de <i>P. caudimaculatus</i> em poças de maré. (D) A face nordeste, o continente, com moradias.	26
FIGURA 2.5. – Ponto coleta dos exemplares de <i>P. caudimaculatus</i> em Praia de Fora, Ilha Comprida. (A) Acondicionamento dos animais em sacos com oxigênio para o transporte ao Câmpus do Litoral Paulista (B) Atividade de coleta com rede, cercando os peixes no capim onde esses animais ficam refugiados e protegidos. (C) Equipamento Multiparâmetro (pH/Cond./OD/Temp.) - AK88 (D) Verificação dos parâmetros pH, oxigênio dissolvido, condutividade do ambiente nas poças de maré. Fonte: Manual do equipamento. https://www.akso.com.br/produto/ph-do-solo/multiparametro_ph_cond_od_temp_ak 88-238 (E) Verificação da salinidade com Medidor de (Instant ocean Hydrometer).	27
FIGURA 3. – Diagrama demonstrando os passos do ensaio para a determinação da temperatura crítica (CTMáx).	30
FIGURA 4. – (A) Equipamento de banho Ultratermostático Microp. com circ. - Q214M (Quimis) . (B) Verificação de temperatura e pH, (PHMETRO de bancada com ATC. PH0-14). (C) Controlador de temperatura Stc-3008 Termostato e Controlador de temperatura duplo, ligados a termostatos eletrônicos 50 Watts e equipamentos de aeração e recirculação (Compressor De Ar Maxxi Power Pro-9000). (D) Peixes <i>P. caudimaculatus</i> colocado para reduzir período de estresse (30 min). (E) e (F) <i>P. caudimaculatus</i> em situação de estresse térmico na (CTMáx) próximo a perda do equilíbrio natatório end point (loss of equilibrium – LOE) (Beitinger et al., 2000).	30
FIGURA 5. – (A) Banho ultratermostático microp. com circ. - Q214M (Quimis) (B) termostato TIC-17RGTi - Full Gauge Controls (Full Gauge) (C) <i>Phalloceros caudimaculatus</i> (D) Compressor De Ar Maxxi Power Pro-9000 3w A 6w 220v Spid Fish.	31
FIGURA 6. – Experimento de Consumo de Oxigênio, (A) termostatos TIC-17RGTi - Full Gauge Controls (Full Gauge) (B) Compressor De Ar Maxxi Power Pro-9000 3w A 6w 220v Spid Fish (C) Oxímetro (D) bandeja com recipiente de 200ml (E) realizando a verificação do oxigênio.	32

FIGURA 7. – (A) *P. caudimaculatus* período para reduzir estresse (120 min). (B) Equipamento para verificar pH e temperatura no início e fim do experimento. (C) *P. caudimaculatus* após os experimentos. (D) *P. caudimaculatus* no fim do experimento após 8h, verificação do peso. (E) Animal no final do experimento. (F) Equipamentos: câmara de plástico com (200ml), areação e recirculação feita com cateter de polietileno, período de trocas parciais de água para o início do experimento. (G) Experimento 20°C com refrigeração. (F) Experimento 25°C (F) Experimento 30°C estoque e controladores de temperatura para garantir precisão.33

FIGURA 8. – Efeito da temperatura de aclimação sobre a temperatura crítica máxima (CTMáx) de *Phalloceros caudimaculatus* mantidos em salinidade 6 (barras pretas) e 11 ‰ (barras cinzas). (média ± SEM). Letras maiúsculas diferentes representam diferenças na CTMáx entre as temperaturas de aclimação nos peixes mantidos a 6 ‰, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferenças na CTMáx entre as temperaturas de aclimação dos animais mantidos a 11 ‰. Asteriscos (*) representam diferenças na CTMáx entre as duas salinidades testadas, em uma mesma temperatura de aclimação. (Anexo III).36

FIGURA 9. – Efeito da temperatura de aclimação sobre a capacidade de aclimação térmica (CAT) (Acclimation response ratio_ARR) de *Phalloceros caudimaculatus* mantidos em salinidade 6 (barras pretas) e 11 ‰ (barras cinzas). (média ± SEM). Letras maiúsculas diferentes representam diferenças na CAT entre as temperaturas de aclimação nos peixes mantidos a 6 ‰, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferenças na CAT entre as temperaturas de aclimação dos animais mantidos a 11 ‰. Asteriscos (*) representam diferenças na CAT entre as duas salinidades testadas, em uma mesma temperatura de aclimação. (Anexo III).37

FIGURA 10. – Efeito da temperatura de aclimação sobre a taxa de consumo de oxigênio (VO₂ mg O₂/kg/h) de *Phalloceros caudimaculatus* mantidos em salinidade 6 ‰. (média ± SEM). O valor do coeficiente de temperatura (Q₁₀) calculado entre as temperaturas de 20°C-30°C está notado acima na figura. (Anexo III).38

FIGURA 11. – Efeito da temperatura de aclimação sobre a taxa de excreção de amônia (J_{Amm}) de *Phalloceros caudimaculatus* mantidos em salinidade 6 ‰. (média ± SEM). Letras diferentes representam diferenças no J_{Amm} entre as temperaturas de aclimação. (Anexo III).39

FIGURA 12. – Efeito da temperatura de aclimação sobre os fluxos líquidos de sódio (J_{Nanet}) (A) e de cloreto (J_{Clnet}) (B) de *Phalloceros caudimaculatus* mantidos em salinidade 6 ‰. (média ± SEM). Letras diferentes representam diferenças no fluxo líquido dos íons entre as temperaturas de aclimação. (Anexo III).40

LISTA DE TABELAS

ANEXO – I Tabela 1. Parâmetros do local da coleta de <i>Phalloceros caudimaculatus</i>	66
ANEXO – II Tabela 2. Características físico-químicas da água medida ao longo do período experimental (CTMáx).	67
ANEXO – III Tabela 3. Tolerância crítica termal (CTMáx), Capacidade de aclimação térmica (CAT) (Acclimation response ratio ARR), consumo de oxigênio, Q10, excreção de amônia, fluxo líquido de cloreto e sódio de <i>Phalloceros caudimaculatus</i> aclimatados por uma semana em diferentes temperaturas (20°C, 25°C e 30°C) em salinidades (6‰).	68
ANEXO – IV Tabela 4. Os valores médios de temperatura (°C) e pH de <i>P. caudimaculatus</i> na primeira e segunda série experimental nas temperaturas de aclimação 20, 25, 30°C na CTMáx, em duas salinidades (6‰) e (11‰). Os valores médios do peso (g) de <i>P. caudimaculatus</i> na série experimental consumo de oxigênio em 20,25, 30°C e salinidade 6‰.	69
ANEXO – V Fig.1. Variação na temperatura de aclimação de <i>Phalloceros caudimaculatus</i> por 7 dias as temperaturas de 20, 25, 30°C, nas salinidades de (6‰) e (11‰).	70

LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES DE MEDIDAS

-(CAT)	<i>Acclimation response ratio</i> _ARR
-NH ₃	Amônia não ionizada
- CC	Células de cloreto
-Q10	Coefficiente de temperatura
- NaCl	Cloreto de sódio
- <i>J</i> _{out}	Efluxo
- EP	Erro padrão
- (<i>J</i> _{Amm_N})	Excreção de amônia
- <i>J</i> _{net}	Fluxo líquido
- (<i>J</i> _{net} ^{Cl})	Fluxo líquido de cloreto
- (<i>J</i> _{net} ^{Na})	Fluxo líquido de sódio
- g	Gramas
- g/dL	Gramas por decilitro
- °C	Graus celsius
- h	Horas
- <i>J</i> _{in}	Influxo
- NH ₄ ⁺	Íon amônio
- HCO ₃ ⁻	Íon bicarbonato
- Cl ⁻	Íon cloreto
- H ⁺	Íon hidrogênio
- Na ⁺	Íon sódio
-LAS	Laboratório de Aquicultura Sustentável
-LECTA	Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia Aquática
-LABECOM	Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal
- L	Litros
- µl	Microlitro
- mg	Miligramas
- ml	Mililitros
- mm	Milímetros
- ppm	Partes por milhão
-PP	Polipropileno
- pH	Potencial hidrogeniônico
-ILT	Temperatura letal incipiente
- <i>VO</i> ₂	Taxa de consumo de oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	23
2.1. Objetivos Gerais	223
2.2. Objetivos Específicos	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Animais Experimentais e caracterização do ponto de coleta	24
3.2 Aclimação.....	27
3.3. Determinação dos limites de tolerância térmica máxima (CTMáx).....	28
3.4. Determinação do consumo de oxigênio e respostas ionoregulatórias	331
3.5. Técnicas Analíticas e Cálculos	33
3.6. Análise Estatística	34
4. RESULTADOS	35
5. DISCUSSÃO.....	411
5.1. Efeitos da temperatura e salinidade na tolerância térmica de <i>Phalloceros caudimaculatus</i>	411
5.2. Efeitos do aumento da temperatura sobre o metabolismo de rotina e excreção de amônia de <i>Phalloceros caudimaculatus</i>	45
5.3. Efeitos do aumento da temperatura sobre respostas ionorregulatórias de <i>Phalloceros caudimaculatus</i>	49
6. CONCLUSÕES.....	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS.....	66

1.INTRODUÇÃO

Existem hoje uma série de estudos sobre os limites superiores e inferiores de tolerância térmica em diferentes espécies de peixes, onde condições ambientais distintas atuam como fator determinante na determinação da vulnerabilidade das espécies às alterações no clima. Isso é válido também para a grande maioria dos microrganismos que habitam o mesmo ambiente aquático e fazem parte da cadeia alimentar (Zavala-Camin, 1996). Os organismos ectotérmicos aquáticos não apresentam a capacidade de regular fisiologicamente sua temperatura corporal, sendo essa controlada diretamente pela temperatura do meio ambiente externo (Schulte, 2015). A preferência térmica de diferentes espécies de organismos ectotérmicos pode ser influenciada pela idade, alimento disponível, época do ano, estresse, tamanho e história de vida dos animais (Angilletta Jr. & Sears, 2004; Barton & Iwana, 1991; Beitinger et al., 2000; Breau et al., 2011; Chung & Méndez, 1993; Heally & Schulte, 2012; Pérez et al., 2003; Pörtner, 2010; Reyes et al., 2011; Sloman et al., 2006). Além disso, as taxa de longevidade, taxa de excreção de compostos do metabolismo intermediário e o metabolismo basal, bem como parâmetros populacionais, como mortalidade, taxa de recrutamento, tamanho da população e sua distribuição pelos ambientes aquáticos, dependem de forma direta da temperatura da água (Brey, 1995; Kröncke et al., 1998; Perry et al., 2005; Pörtner et al., 2008; Shaw e Bercaw, 1962; Southward et al., 1995).

A temperatura é um dos mais importantes fatores abióticos que afetam sobrevivência e crescimento de organismos aquáticos (Lutterschmidt e Hutchison, 1997), e muitos teleósteos desenvolveram os seus próprios mecanismos adaptativos, tanto fisiológico quanto comportamentais, como estratégia para enfrentar às flutuações naturais na temperatura da água (Prosser e Heath 1991). A tolerância à temperatura nos peixes difere entre as diferentes espécies, temperatura de aclimação, bem como a duração da aclimação (Das et al., 2004; Diaz et al., 2007; Manush et al., 2004) e salinidade (Jian et al., 2003; Kumlu et al., 2010).

Estudos vêm demonstrando que organismos aquáticos costeiros podem ter menor capacidade de aclimação ao aumento de temperatura, quando comparados a outros organismos que vivem em regiões continentais, o que pode ser crucial para sua sobrevivência nesses ecossistemas (Vinagre et al., 2016). Em águas rasas das áreas litorâneas os organismos ectotérmicos enfrentam alterações térmicas rápidas e intensas devido a baixa profundidade do

ambiente (Lalli e Parson 1997). Essas alterações diferenciadas na intensidade e na velocidade de variação na temperatura da água ocorre devido à densidade e aquecimento da massa de água, influência direta da radiação solar, cobertura vegetal e sazonalidade do local (Lalli e Parson, 1997, Wetzel, 2001, Webb et al., 2008).

O aquecimento da superfície da terra vem sendo acelerado pelos impactos antropogênicos que tem contribuído para o aquecimento da superfície da terra, que podem ter consequências drásticas sobre os processos fisiológicos dos organismos ectotérmicos, alterando, por exemplo, o crescimento, a reprodução e sua distribuição pelos ambientes aquáticos (Pörtner, 2002b). Dessa forma, considerando cenários de alterações climáticas globais, o aumento da temperatura pode tornar os animais aquáticos vulneráveis ao estresse térmico. Assim, a vulnerabilidade ao aquecimento térmico entre as espécies em escala geográfica é uma questão importante na projeção dos possíveis impactos do aquecimento nos ecossistemas aquáticos. O aumento do aquecimento da superfície terrestre amplifica a exposição de pequenas ilhas, zonas costeiras baixas e deltas aos riscos relacionados à elevação do nível do mar para muitos sistemas humanos e ecológicos, incluindo secas, elevação do nível do mar, aumento da intrusão de água salgada, inundações e danos as regiões costeiras. (IPCC, 2018a, 2018b) Estudos realizados pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) sobre o efeito do aquecimento em regiões tropicais e temperadas, relatam que a temperatura da água tenderá a aumentar de 1 a 8°C nos próximos 200 anos (IPCC, 2007, 2013). Um grande problema de estresse hídrico e de facilidade de aquecimento ocorre em toda a região tropical, mas é menor nas áreas continentais da América do Sul, que ainda possui a maior cobertura florestal (Greenpeace, 2006). Assim, informações dos efeitos diretos da temperatura sobre o metabolismo das espécies ectotérmicas, e suas relações com os limites de tolerância térmica, são fundamentais para a compreensão de mudanças provocadas pelo aquecimento global. Embora as regiões tropicais possam aquecer a uma taxa lenta do que as latitudes temperadas, os alguns organismos ectotérmicos tropicais tendem a ser vulneráveis ao aumento da temperatura média da água (Vinagre et al., 2016).

A capacidade de um organismo para lidar com diferentes temperaturas é escrita por uma curva de desempenho térmico em forma de sino inclinada à esquerda, que aumenta junto com a temperatura a partir de um mínimo térmico crítico (CTMín), até uma temperatura ótima, e então cai rapidamente para atingir o máximo térmico crítico (CTMáx) (Pörtner et al., 2010; Schulte, 2015). A utilização da determinação da temperatura crítica máxima (CTMáx), e de informações sobre a tolerância e plástica térmica, proporcionam importantes informações sobre a ecologia e

distribuição dos peixes, sendo muito utilizada para identificar estratégias de sobrevivência às temperaturas críticas (Bennett e Beitinger,1997), prever a propagação de espécies exóticas (Bennett et al.,1997), quantificar as espécies ameaçadas (Walsh et al.,1998) e determinar as condições ótimas para piscicultura (Das et al.,2004).

Com os estudos dos limites térmicos as pesquisas fornecem informações fisiológicas fundamentais para mostrar os efeitos das mudanças climáticas globais em uma determinada região. Projeção de vulnerabilidade foram feitas para água doce (Comte & Olden, 2017a, 2017b), marinha (Comte & Olden, 2017a; Pinsky et al., 2019) e terrestre (Deutsch et al.,2008) e mostram que peixes que vivem em áreas próximas aos trópicos correm um risco maior ao aquecimento climático, mesmo que o aquecimento seja maior em altas latitudes (Deutsch et al.,2008). Por exemplo, Sunday et al. (2011) demonstraram que a tolerância térmica superior diminui de forma rápida em direção aos polos, mas a amplitude da tolerância térmica, ou seja, a diferença entre os limites térmicos superior e inferior, aumenta em direção às altas latitudes. Portanto, a tolerância superior parece ser compensada pelas variações latitudinais na temperatura experimentadas pelas espécies em suas faixas. Como resultado, a margem de segurança térmica (TSM; a diferença entre o limite térmico e a temperatura máxima do habitat) tende a ser mais baixa para espécies que vivem em regiões quentes próximas aos trópicos (Comte & Olden, 2017a; Dahlke et al., 2020; Giomi et al., 2014). Todos esses dados sugerem que as espécies que vivem em habitats térmicos com altas temperaturas e estáveis apresentam tolerância térmica fisiológica limitada, e uma curva de desempenho térmica estreita.

Segundo dados de tolerância térmica, o risco de extinção atual é muito alto em áreas tropicais em comparação com áreas temperadas, e as espécies tropicais da América do Sul parecem ser as mais ameaçadas pelas mudanças no clima (Urban, 2015). No entanto, a chance de sobreviver e diminuir as consequências das mudanças no clima irá depender de dois fatores os limites superiores de tolerância das populações, e da sua plasticidade fenotípica por meio da capacidade de aclimação (Bozinovic et al.,2011; Seebacher et al.,2015). A capacidade de aclimação é uma resposta fundamental relacionada a plasticidade fenotípica para compensar os desafios ambientais, que pode ser utilizada para prever se as espécies vão conseguir modificar suas respostas fisiológicas e diminuir os riscos de extinção (Gunderson & Stillman, 2015). No entanto, a tolerância térmica superior e a plasticidade também podem evoluir em paralelo, refletindo uma troca evolutiva entre essas duas características devido a pressões seletivas (Bozinovic et al., 2011; Stillman, 2003). Assim, espécies de peixes tropicais com altos limites

térmicos podem estar em maior risco de aquecimento, não apenas porque já estão vivendo perto de seus limites de tolerância térmica, mas porque exibem plasticidade fenotípica reduzida (Sgrò et al., 2016).

A técnica de temperatura letal incipiente (ILT; Fry et al., 1942), em que grupos de peixes são expostos em uma série de temperaturas altas e baixas, é utilizada para determinar temperaturas letais a 50% da população (Fry, 1967 para uma descrição completa). Polígonos derivados de dados ILT são bastante onerosos, exigindo grande número de peixes e equipamento. Desde o início da década de 1950 a ILT não têm sido mais amplamente utilizadas, tendo sido substituída pela metodologia que determina a temperatura crítica máxima (CTMáx) para determinar a tolerância térmica dos organismos (Lutterschmidt e Hutchinson, 1997; Beitinger et al., 2000). Os testes de capacidade térmica crítica requerem, relativamente, poucos animais, equipamentos de pouca complexidade e a avaliação da tolerância térmica não é letal (Fry, 1967; Beitinger et al., 2000). Ela é um parâmetro empregado em estudos macrofisiológicos e visa compreender melhor, e comparar as variações de parâmetros fisiológicos dos organismos ao longo de gradientes geográficos onde existem marcadas alterações na temperatura do ambiente aquático (Cowles & Bogert 1944, Lutterschmidt e Hutchison 1997, Carveth et al., 2006, Rezende et al., 2014, Vinagre et al., 2015).

A capacidade de suportar grandes variações térmicas entre as espécies de peixes tem uma forte influência filogenética, o que pode indicar um problema sério à evolução das espécies tropicais. Ou seja, além de viver mais perto aos seus limites térmicos, as espécies tropicais podem ter muito mais sensibilidade e menor adaptabilidade a mudança no clima. Os processos fisiológicos auxiliam na determinação dos limites de tolerância a fatores abióticos como a temperatura, e contribuem para o entendimento dos impactos gerados por alterações na temperatura do ambiente (Pörtner, 2002, Tomanek, 2008, Tomanek, 2010). Porém, há um limite térmico a partir do qual as reações bioquímicas, como o funcionamento de enzimas e ativação de proteínas, diminuem drasticamente, onde os efeitos da temperatura podem ser letais para o organismo (Pörtner 2002, Willmer et al., 2005, Somero 2011, (Madeira et al., 2012).

Nesse contexto, a extensão do impacto do aumento da temperatura é variável e depende da janela de tolerância térmica das espécies. As mudanças climáticas devem favorecer organismos com amplas faixas térmicas (euritérmicos) e que, conseqüentemente, são capazes de tolerar maiores variações na temperatura (Stillman e Somero 2000; Calosi et al., 2008;

Tewksbury et al., 2008; Schulte, 2015). Ela é descrita como uma faixa favorável de temperatura ou amplitude de desempenho para cada espécie. Inclui uma zona ótima e uma zona sub ótima, em que acima ou abaixo dessa faixa o desempenho é afetado negativamente e a sobrevivência da espécie é comprometida, a menos que seja por um curto período. Além disso, os ectotérmicos são capazes apenas de realizar regulação térmica comportamental (Neill e Magnuson, 1974; Neill et al., 1972; Rozin e Mayer, 1961), que pode implicar na seleção de novos ambientes com base nas características termais do habitat.

Os peixes captam o oxigênio dissolvido na água por meio de trocas gasosas ocorridas no epitélio branquial, onde há intensa aproximação entre o sangue e a água (Wedemeyer, 1996). O aumento da temperatura em ambientes aquáticos reduz a concentração de oxigênio dissolvido disponível, o que pode acarretar situações de hipóxia. Nessas condições, ocorre perda de desempenho do indivíduo ocasionado primariamente pelo estresse bioquímico. O metabolismo é reduzido e a demanda metabólica por oxigênio se mantém em níveis basais por meio da redução da atividade aeróbica, levando a um maior recaimento sobre o metabolismo anaeróbico (Pörtner et al., 2004; Pörtner & Lanning, 2009; Schulte, 2015).

Assim, a capacidade dos peixes em manter seu desempenho ótimo em um ambiente termicamente mais quente e estressante estaria associado com a habilidade em manter a produção de energia para suprir as demandas metabólicas. Nesse contexto, a teoria da tolerância térmica limitada pela capacidade de oxigênio (Oxygen and Capacity-Limited Thermal Tolerance, OCLTT) indica que em altas temperaturas, ou próximos das temperaturas críticas da espécie, a taxa metabólica basal de um organismo é aumentada e seu escopo aeróbico é reduzido (Revisto por Schulte, 2015). O metabolismo basal também depende da temperatura de aclimação, do tempo de aclimação dos indivíduos e das espécies (Das et al., 2004). As taxas metabólicas são medidas indiretamente através das taxas de consumo de oxigênio (Brett, 1964, 1979; Kutty, 1968, 1981). As temperaturas ideais para os peixes podem ser estimadas indiretamente com base na relação entre o consumo de oxigênio e a aclimação e temperatura (Kita et al., 1996). Além disso, a capacidade de aclimação térmica do metabolismo, ou coeficiente de temperatura (Q_{10}), é um parâmetro calculado a partir da taxa metabólica dos animais em diferentes regimes térmico e é utilizado nos estudos de tolerância térmica para avaliação da sensibilidade das espécies em função do aumento da temperatura. Espécies em fase de crescimento são capazes de se aclimatar e deslocar a janela térmica por meio de mudanças nas densidades mitocondriais e outras adaptações nas capacidades funcionais de seus sistemas fisiológicos (Pörtner, 2001, 2002, 2006).

As espécies podem assim apresentar diferentes respostas a esse agente estressores, o que tem levado muitos trabalhos a investigar os efeitos da exposição de peixes a este metabólito (Val & Almeida-Val, 2000).

Outro fator que pode influenciar no metabolismo e tolerância térmica das espécies de peixes é a salinidade, uma vez que, ela é considerada um dos fatores ambientais com grande importância na biologia das espécies, assim como a temperatura (Kir & Sunar, 2018; Kir et al., 2019). Os níveis de salinidade ideais podem variar de acordo com a espécie e estágio de vida, e precisam ser levados em conta em cada caso particular. As concentrações de sais na água interferem no gasto de energia o metabolismo de peixes eurialinos, relacionado ao controle da quantidade de água e sais no organismo, processo conhecido como osmorregulação (Boeuf; Payan, 2001; Chabot; Guénette, 2013).

A salinidade é composta pela concentração de íons dissolvidos na água (Tucker, 1998). Muitas espécies de teleósteos que habitam as regiões costeiras são reconhecidamente eurialinas, e podem facilmente ajustar o funcionamento de seus sistemas fisiológicos às condições de salinidade dos ambientes marinho, estuarino e de água doce. Essas adaptações fisiológicas, particularmente de sua capacidade osmo e ionoregulatória, ocorrem em dois momentos distintos e são dependentes do tempo em que o animal permanece em cada ambiente. A primeira fase é conhecida como “período adaptativo” onde a osmolaridade dos fluidos corpóreos do animal (e.g. plasma) é alterada em função da salinidade do meio; ou seja, quando o animal se move para um ambiente mais diluído (e.g. estuários e água doce) a osmolaridade do plasma é reduzida devido à perda de sais por difusão e ganho de água por osmose. Por outro lado, quando o animal se move para o ambiente marinho ocorre o inverso, aumento da osmolaridade plasmática em decorrência do ganho de sais e perda de água. Na segunda fase, chamada de “período regulatório”, a osmolaridade e concentração de sais dissolvidos no plasma tendem a ser ativamente reguladas para que estas sejam mantidas dentro dos limites fisiológicos da homeostase (Prodocimo & Freire, 2006). Durante a exposição a variações naturais na salinidade do ambiente, as espécies eurialinas exibem profundas alterações no padrão morfofuncional de seus epitélios transportadores, tais como as brânquias e rins, particularmente durante a movimentação entre condições totalmente marinhas até ambientes salobros ou de água doce, ou vice-versa (Bystriansky & Schulte, 2011; Evans et al., 2005)

Portanto, a aclimação à mudança de salinidade requer uma reorganização estrutural e metabólica para satisfazer o aumento da demanda energética associada à exposição ao novo

ambiente. Assim, a salinidade da água interfere no gasto de energia provocando alterações no consumo de oxigênio e no seu metabolismo, isso acontece em peixes de água doce e também de peixes marinhos, relacionado ao controle da quantidade de água e sais do seu corpo (Boeuf; Payan, 2001; Chabot; Guénette, 2013). Além disso, o aumento da temperatura da água pode desestabilizar as junções paracelulares nas brânquias dos peixes aumentando a sua permeabilidade a íons, que pode resultar em severos desequilíbrios iônicos e plasmáticos (Baldisserotto & Val, 2002).

Phalloceros caudimaculatus - etimologia: *Phalloceros*, do grego *phallos*, que significa ‘pênis’, e *kéras* que significa ‘chifre’. *caudimaculatus*, do latim *caudi*, que significa ‘cauda’, e *maculatus*, que significa ‘manchado’ – são peixes popularmente conhecidos como Barrigudinho ou “Guarú”, um termo em tupi-guarani que tem por significado “peixe que come de tudo”. São peixes actinoptérgeos pertencentes à ordem Cyprinodontiformes, da família Poeciliidae, (Mega & Bemvenuti, 2006). Vivem geralmente micro-habitats marginais (Meffe & Snelson, 1989) e tendem a suportar marcadas alterações na salinidade e temperatura da água. Os *Phalloceros caudimaculatus* estão presentes nas latitudes tropicais e subtropicais do novo mundo, concentrando-se nas Américas Central e do Sul, ocorrendo em ambientes de água doce e salobra (Nelson, 1984). Esta espécie ocorre na região neotropical da Argentina, Uruguai, Paraguai e no Sul e Sudeste do Brasil, sendo encontrado até o Espírito Santo e Bahia (Wolff et al., 2007). Maltchik et al., (2010) associaram essa espécie a áreas úmidas áreas com baixo fluxo de água, com maior diversidade de habitat e matéria orgânica e menor concentração de fósforo. A espécie vive em uma faixa de temperatura média de 20° a 28°C em outras regiões, em específico na região tropical; 20°C – 24°C (Fishbase), em seu ambiente natural. De acordo com Akanksha et al., (2010), é um organismo de testes adequado de acordo com suas características, pois seu grupo é ecologicamente representativo, ovovivíparo com ciclo reprodutivo curto, de fácil disponibilidade, cosmopolita e uma espécie nativa do Brasil (Wolff et al., 2007). Portanto, as informações obtidas com esse estudo tem como proposito contribuir e ser utilizada como referências para novos trabalhos sobre a ecofisiologia térmica da espécie *Phalloceros caudimaculatus*, bem como uma possível base para explicar a futuras distribuições, e/ou mudanças no padrão de distribuição das espécies nas regiões costeiras relacionadas a alterações no regime térmico em regiões estuarinas Neotropicais. Este estudo também tem a intenção de ajudar a conservação da espécie frente às mudanças no clima.

6. CONCLUSÕES

O aumento da temperatura de aclimação, simulando cenários extremos para as mudanças climáticas (IPCC, 2013, 2018), promove um aumento do limite máximo de tolerância térmica (como indicado pela CTMáx) e uma redução da capacidade de aclimação térmica na espécie *Phalloceros caudimaculatus*. Os valores indicam que os peixes são sensíveis ao aumento da temperatura e estariam próximos aos seus limites térmicos nesse regime térmico (30°C) no ambiente natural. Por outro lado, o aumento da temperatura de aclimação não influenciou as taxas de consumo de oxigênio da espécie, mas promoveu aumento substancial na taxa de excreção de amônia. Além disso, pequenas alterações no padrão ionoregulatório da espécie foram observadas, especialmente nas perdas líquidas de Na^+ ($J^{\text{Na}}_{\text{net}}$) que foram significativamente aumentadas na temperatura de 25°C.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akanksha, J. ; Brahma N. & Singh, S.P. 2010. Exploring Biodiversity as Bioindicators for Water Pollution. Uttar Pradesh State Biodiversity Board. National Conference on Biodiversity, Dev and Poverty Alleviation; 22: 50–56.
- Alkindi A.Y.A.; Brown J.A.; Waring, C.P. & Collins, J.E. 1996. Endocrine, osmoregulatory, respiratory and hematological parameters in flounder exposed to the water-soluble fraction of crude oil. *Journal of Fish Biology*, 49(6): 1291-1305.
- Almeida-Val, V.M.F. & Hochachka, P.W. 1995. Air-breathing fishes: metabolic biochemistry of the first diving vertebrates. 45-55. *In: Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*, (eds Elsevier Science). Environmental and Ecological Biochemistry, Amsterdam.
- Almeida-Val, V.M.F.; Val, A.L.; Duncan, W.P.; Souza, F.C.A.; Paula-Silva, M.N. & Land, S. 2000. Scaling effects on hypoxia tolerance in the Amazon fish *Astronotus ocellatus* (Perciformes: Cichlidae): contribution of tissue enzyme levels. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part B, 125: 219-226.
- Angilletta, M.J.Jr. & Sears M.W. 2004. Evolution of Thermal Reaction Norms for Growth Rate and Body Size in Ectotherms: An Introduction to the Symposium. *Integrative and Comparative Biology*, 44(6): 401-402.
- Anjos, M.B.; De Oliveira, R.R. & Zuanon, J. 2008. Hypoxic environments as refuge against predatory fish in the Amazonian floodplains. *Brazilian Journal of Biology*, 68: 45–50.
- Baker, S.C. & Heidinger, R.C. 1996. Upper lethal temperature of fingerling black crappie. *Journal of Fish Biology*, 48:1123–1129
- Baldisserotto, B. & Val, A.L. 2002. Fluxos iônicos em *Metynnis hypsauchen*, um teleósteo do rio Negro, Amazonas, exposto a aumento de temperatura. *Brazilian Journal of Biology*. [online], 62(4b): 749-752. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842002000500003>.
- Baldisserotto, B. 2002. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria, Ed. UFSM, 212p.
- Ballantyne, J.S. 1997. Jaw: The Inside story. The Metabolism of Elasmobranch Fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 118(4): 703-742.
- Ballantyne, J.S. 2001. Amino acid metabolism. *In: Wright, P.A. & Anderson, P. (Eds.). Nitrogen Excretion*. San Diego, Academic Press, pp. 77–108.
- Barton, B.A.; George, K. & Iwama, G.K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1: 3-26.
- Beitinger, T.L. & Bennett, W.A. 2000. Quantification of the role of acclimation temperature in temperature tolerance of fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 58(3): 277-288.
- Beitinger, T.L.; Bennett, W.A. & McCauley, R.W. 2000. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 58: 237–275.

- Beitinger, T.L. & W.A. Bennett, 2000. Quantification of the role of acclimation temperature in temperature tolerance of fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 58: 277- 288.
- Beitinger, T.L.; Bennett W.A. & McCauley, R.W. 2000. temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. *Environmental biology of fishes*, 58: 237-275.
- Bennett, W.A. & Beitinger, T.L. 1997. Temperature tolerance of the sheepshead minnow, *Cyprinodon variegatus*. *Copeia* 1: 77–87.
- Bennett, W.A.; Currie, R.J.; Wagner, P.F. & Beitinger, T.L. 1997. Cold tolerance and potential overwintering of the Red-Bellied Piranha, *Pygocentrus nattereri*, in the United States. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126(5): 841-849.
- Boeuf, G. & Payan, P. 2001. How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology: Part C*, 130: 411- 423.
- Blanchard, J. & Grosell, M. 2006. Copper toxicity across salinities from freshwater to seawater in the euryhaline fish *Fundulus heteroclitus*: is copper an ionoregulatory toxicant in high salinities? *Aquatic toxicology*, 80(2): 131-139.
- Breau, C.; Cunjak, R.A. & Peake, S.J. 2011. Behavior during elevated water temperatures: can physiology explain movement of juvenile Atlantic salmon to cool water? *Journal of Animal Ecology*, 80(4): 844-853.
- Brett, J.R. 1964. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 21(5): 1183-1226.
- Brett, J.R. 1971. Energetic responses of salmon to temperature. A study of thermal relations in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *American zoologist*, 11(1): 99-113.
- Brett, J.R., & Groves, T.D.D. 1979. Physiological energetics. *Fish physiology*, 8(6): 280-352.
- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. *In*: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.). *Fish Physiology*, vol. VIII. London, Academic Press, pp. 599–675.
- Brey, T.; Pearse, J.S.; Basch, L.; McLintock, J.B. & Slattery, M. 1995. Growth and production of *Sterechinus neumayeri* (Echinoidea: Echinodermata) in McMurdo Sound. Antarctica. *Marine Biology*, 124(2): 279-292.
- Bozinovic, F.; Calosi, P. & Spicer, J.I. 2011. Physiological correlates of geographic range in animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42(1): 155–179. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145055>
- Bucking, C. 2017. A broader look at ammonia production, excretion, and transport in fish: a review of impacts of feeding and the environment. *. Journal of Comparative Physiology B*, 187(1): 1-18. doi:10.1007/s00360-016-1026-9
- Calosi, P.; Bilton, D.T. & Spicer J.I. 2008. Thermal tolerance, acclimatory capacity and vulnerability to global climate change. *Biology letters*, 4(1): 99-102.
- Campos, D.F.; Jesus, T.F.; Kochhann, D.; Heinrichs-Caldas, W.; Coelho, M.M. & Almeida-Val, V.M.F. 2017. Metabolic rate and thermal tolerance in two congeneric Amazon fishes: *Paracheirodon axelrodi* Schultz, 1956 and *Paracheirodon simulans* Géry, 1963 (Characidae). *Hydrobiology*, 789:

- Campos, D.F. 2019. Os peixes amazônicos vivem perto dos seus limites térmicos? O efeito das mudanças climáticas sobre o metabolismo de peixes de Igarapé da Amazônia Central. Manaus-AM. Instituto Nacional de pesquisa da Amazônia – INPA divisão do curso da Pós-Graduação em Biologia de Águas Doce e Pesca Interior – DIBAD, Manaus-AM, 117p. (Tese de Doutorado)
- Carveth, C. J.; Widmer, A. M. & Bonar, S.A. 2006. Comparison of upper thermal tolerances for native and nonnative fish species in Arizona. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135:1433–1440.
- Cech, J.J. & Brauner, C.J. 2011. Respiration: an introduction. In: Farrell, A.P. (Ed.), **Encyclopedia of Fish Physiology: from Genome to Environment**. Elsevier, pp. 791–795.
- Chabot, D. & Guénette, S., 2013. Physiology of water breathers: Effects of temperature, dissolved oxygen, salinity and pH. Ch. 2, 16–44p. In: Shackell, N.L.; Greenan, B.J.W.; Pepin, P.; Chabot, D.; Warburton, A. (eds.). **Climate Change Impacts, Vulnerabilities and Opportunities Analysis of the Marine Atlantic Basin**. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 3012p.
- Chatterjee, N.; Pal, A.K.; Manush, S.M.; Das, T. & Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Labeo rohita* and *Cyprinus carpio* early fingerlings acclimated to three different temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 29: 265–270. doi:10.1016/j.jtherbio.2004.05.001
- Christensen, E.A.F.; Norin, T.; Tabak, I.; Van Deurs, M. & Behrens, J.W. 2021. Effects of temperature on physiological performance and behavioral thermoregulation in an invasive fish, the round goby. *Journal of Experimental Biology*, 224(1): 1–10. <https://doi.org/10.1242/jeb.237669>.
- Chung, K.S. 1981. Rate of acclimation of the tropical saltmarsh fish *Cyprinodon dearborni* to temperature changes. *Hydrobiologia*, 78: 177–181.
- Chung, K. & Méndez, S. 1993. Tolerancia termica comparativa en algunos peces tropicales de Venezuela. *Ciencia*, 1(1): 1-7.
- Clarke, A. & Johnston, N.M. 1999. Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish. *Journal of Animal Ecology*, 68: 893–905.
- Comte, L. & Olden, J. D. 2017a. Climatic vulnerability of the world's freshwater and marine fishes. *Nature Climate Change*, 7(10): 718–722. <https://doi.org/10.1038/nclimate3382>
- Comte, L. & Olden, J. D. 2017b. Evolutionary and environmental determinants of freshwater fish thermal tolerance and plasticity. *Global Change Biology*, 23(2): 728–736. <https://doi.org/10.1111/gcb.13427>
- Cowles, R.B. & Bogert, C.M. 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 83(5): 265–296.
- Dahlke, F.T.; Wohlrab, S.; Butzin, M. & Pörtner, H. 2020. Thermal bottlenecks in the life cycle define climate vulnerability of fish. *Science*, 369(6499): 65–70. <https://doi.org/10.1126/science.aaz3658>
- Dalvi, R.S.; Pal, A.K.; Tiwari, L.R.; Das, T. & Baruah, K. 2009. Thermal tolerance and oxygen consumption rates of the catfish *Horabagrus brachysoma* (Günther) acclimated to acclimated to different temperatures. *Aquaculture*, 295(1-2): 116-119.
- Das, T.; Pal, A.K.; Chakraborty, S.K.; Manush, S.M.; Chatterjee, N. & Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of Indian Major Carps acclimated to four temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 29: 157–163.

- Das, T.; Pal, A.K.; Chakraborty, S.K.; Manush, S.M.; Sahu, N.P. & Mukherjee, S.C. 2005. Thermal tolerance, growth and oxygen consumption of *Labeo rohita* fry (Hamilton, 1822) acclimated to four temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 30: 378–383.
- Debnath, D.; Pal, A.K.; Sahu, N.P.; Baruah, K.; Yengkokpam, S.; Das, T. & Manush, S.M. 2006. Thermal tolerance and metabolic activity of yellowtail catfish *Pangasius pangasius* (Hamilton) advanced fingerlings with emphasis on their culture potential. *Aquaculture*, 258: 606–610. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.04.037
- Dent, L. & Lutterschmidt, W.I. 2003. Comparative thermal physiology of two sympatric sunfishes (Centrarchidae: Perciformes) with a discussion of microhabitat utilization. *Journal of Thermal Biology*, 28: 67–74.
- Deutsch, C.A.; Tewksbury, J. J.; Huey, R.B.; Sheldon, K.S.; Ghalambor, C.K.; Haak, D.C. & Martin, P.R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(18): 6668–6672. <https://doi.org/10.1073/pnas.0709472105>
- Diaz, F.; Re, A.D.; Gonzalez, R.A.; Sanchez, L.N.; Leyva, G. & Valenzuela, F. 2007. Temperature preference and oxygen consumption of the largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepede) acclimated to different temperatures. *Aquaculture research*, 38(13): 1387–1394.
- Edwards, S.L. & Marshall W.S. 2012. Osmoregulation and euryhalinity in fishes, 1-44. In: McCormick, S.D.; Farrel A.P. Brauner C. (Eds). **Euryhaline Fishes**. Oxford, Academic Press. Vol 32.
- Edwards, S.L. & Marshall, W.S. 2012. Principles and patterns of osmoregulation and euryhalinity in fishes. Vol. 32, 1-44. In: **Fish physiology**. Oxford, Academic Press.
- Edwards, S.L. & Marshall, W.S. 2013. Principles and Patterns of Osmoregulation and Euryhalinity in Fishes. In: Fish Physiology: Euryhaline Fishes. p. 558.
- Engelhardt, F.R.; Wong, M.P. & Duey, M.E. 1981. Hydromineral balance and gill morphology in rainbow trout *Salmo gairdneri*, acclimated to fresh and sea water, as affected by petroleum exposure, *Aquatic Toxicology*, 1(3-4): 175-186.
- Evans, D.H.; Claiborne, J.B.; Farmer, L.; Mallery, C. & Krasny, E.J. 1982. Fish gill ionic transport: methods and models. *The Biological Bulletin*, 163(1): 108-130.
- Evans, H.D.; Piermarini, M.P. & Choe, K.P. 2005. The Multifunctional Fish Gill: Dominant Site of Gas Exchange, Osmoregulation, Acid-Base Regulation, and Excretion of Nitrogenous Waste. *Physiological reviews*, 85(1): 97-177.
- Fanta, E.; Luvizotto, M.F. & Meyer, A.P. 1995. Gill structure of the Antarctic fishes *Notothenia (Gobionotothen) gibberifrons* and *Trematomus newnesi*, Nototheniidae stressed by salinity changes and some behavioral consequences. *Nankyoku Shirio* (Antartic Record), 39(1): 25-39.
- Fishbase. Disponível em: < <http://www.fishbase.org>>. Acessado em: 17 jan 2022
- Frick, N.T. & Wright. P.A. 2002. Nitrogen metabolism and excretion in the mangrove killifish *Rivulus marmoratus*. The influence of environmental salinity and external ammonia. *Journal of experimental biology*, 205(1) 91-100.
- Franz, R. & Burgess, G.H. 1983. *Limia rivasi* Franz and Burgess. Cap. 41. In: Lee, D.S.; Platania, S.P. & Burgess, G.H. (Eds). **Atlas of North American freshwater fishes**, supplement, North Carolina, Biological Survey Press.

- Friedlander, M.J.; Kotchabhakdi, N. & Prosser, C.L. 1976. Effects of cold and heat on behavior and cerebellar function in goldfish. *Journal of Comparative Physiology A*, 112: 19–45. <https://doi.org/10.1007/BF00612674>.
- Frisk, M.; Skov, P.V. & Steffensen, J.F. 2012. Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate. *Aquaculture*, 324: 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.10.024>.
- Fry, F.E.J.; Brett, J.R. & Clawson, G.H., 1942. Lethal limits of temperature for young goldfish. *Revue Canadienne de Biologie*, 1: 50–56.
- Fry, F.E.J. 1967. Responses of vertebrate poikilotherms to temperature. 375-406p. In: Rose, A.H. (Ed.), *Thermobiology*. London, Academic Press.
- Greenpeace. The world's last intact forest landscapes. Disponível em: <<http://www.intactforests.org/>>. Acesso em: 30 jun. 2019.
- Gillooly, J.F.; Brown, J.H.; West, G.B.; Savage, V.M. & Charnov, E.L. 2002. Effects of size and temperature on metabolic rate. *Science*, 293: 2248–2251.
- Gillooly, J.F.; Charnov, E.L.; West, G.B.; Savage, V.M. & Brown, J.H. 2001. Effects of size and temperature on developmental time. *Nature*, 417: 70–73.
- Giomi, F.; Fusi, M.; Barausse, A.; Mostert, B.; Pörtner, H.O. & Cannicci, S. 2014. Improved heat tolerance in air drives the recurrent evolution of air-breathing. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1782). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2927>
- Goss, G.G.; Perry S.F.; Wood C.M. & Laurent P. 1992. Mechanisms of ion and acid-base regulation at the gills of freshwater fish. *Journal of Experimental Zoology*, 263(2): 143-159.
- Guderley, H. 2004. Metabolic responses to low temperature in fish muscle. *Biological reviews*, 79(2): 409-427.
- Gunderson, A.R. & Stillman, J.H. 2015. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from Global Warming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1808). <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0401>
- Haney, D.C. & Walsh, S.J. 2003. Influence of salinity and temperature on the physiology of *Limia melanonotata* (Cyprinodontiforme: Poeciliidae): a search for abiotic factors limiting insular distribution in Hispaniola. *Caribbean Journal of Science*, 39(3): 327-337.
- Healy, T.M. & Schulte, P.M. 2012. Thermal acclimation is not necessary to maintain a wide thermal breadth of aerobic scope in the common killifish (*Fundulus heteroclitus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, 85(2): 107-119. <https://doi.org/10.1007/s00360-011-0595-x>.
- Heath, A.G.; Turner, B.J. & Davis, W.P. 1993. Temperature preferences and tolerances of three fish species inhabiting hyperthermal ponds on mangrove islands. *Hydrobiologia*, 259: 47–55. <https://doi.org/10.1007/BF00005964>
- Hiatt, R.W. & Strasburg, D.W. 1960. Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs the Marshall Islands. *Ecological Monographs*, 30(1): 65-127.
- Hoar, W.S. 1988. 4 The physiology of smolting salmonids. In *Fish physiology* (Vol. 11, pp. 275-343). Academic Press.

- Hochachka, P.W. & Somero, G.N. 2002. **Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution**. New York, Oxford University Press.
- Hossain, S.; Miah, M.I.; Islam, M.S. & Shahjahan, M. 2016. Changes in hepatosomatic index and histoarchitecture of liver in common carp exposed to organophosphate insecticide sumithion. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 2(2): 164-170.
- Ip, Y.K. & Chew, S.F. 2010. Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: A review. *Frontiers in physiology*. 1. 134 doi:10.3389/fphys.2010.00134
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. In: Pachauri, R.K., Reisinger, A. (Eds.), Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 104.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In: Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. & Midgley, P.M. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom/New York, NY, USA, Cambridge University Press.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014, Impacts, adaptation, and vulnerability. IPCC Working Group II Contribution to AR5. Geneva: IPCC. on-line version released on 31 March at 2014.
- IPCC, 2018. Intergovernmental Panel on Climate Change. Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.- O. Pörtner, D. Roberts, J. Skeea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Pres. pp. 539-562.
- IPCC, 2018. Intergovernmental Panel on Climate Change. Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren, and G. Zhou. pp. 177-284.
- Irvin, D.G.; Newman, K. & Hoar, W.S. 1957. Effects of dietary phospholipid and cholesterol on the temperature resistance of goldfish. *Canadian Journal of Zoology*, 35(6): 691-709. doi:10.1139/z57-059
- Jian, C.Y.; Cheng, S.Y. & Chen, J.C. 2003. Temperature and salinity tolerances of yellowfin sea bream, *Acanthopagrus latus*, at different salinity and temperature levels. *Aquaculture Research*, 34(2): 175-185.
- Kellog, R.L. & Gift, J.J. 1983. Relationships between optimum temperatures for growth and preferred temperatures for the young of four fish species. *Transactions of the American Fisheries Society*, 112(3): 424-430.
- Kir, M. & Sunar, M.C. 2018. Acute Toxicity of Ammonia and Nitrite to Sea Bream, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758), in Relation to Salinity. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(3): 516–522. <https://doi.org/10.1111/jwas.12448>

- Kır, M.; Sunar, M.C. & Gök, M.G. 2019. Acute ammonia toxicity and the interactive effects of ammonia and salinity on the standard metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 511: 734273. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734273>
- Kita, J.; Tsuchida, S. & Setoguma, T. 1996. Temperature preference and tolerance and oxygen consumption of the marbled rock-fish, *Sebastiscus marmoratus*. *Marine Biology*, 125(3): 467-471.
- Kröncke. 1998. Macrofauna communities in the Amundsen Basin, at the Morris Jesup Rise and at the Yermak Plateau (Eurasian Arctic Ocean). *Polar Biology*, 19(6): 383-392.
- Kumlu, M.; Kumlu, M. & Turkmen, S. 2010. Combined effects of temperature and salinity on critical thermal minima of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae). *Journal of Thermal Biology*, 35: 302-304.
- Kutty, M.N. 1968. Respiratory quotient in goldfish and rainbow trout. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 25(8): 1689-1728.
- Kutty, M.N. 1981. Energy metabolism in mullet. 219-253p. In: Oren, O.H. (Ed.), **Aquaculture of Grey Mullet**. London, Cambridge University Press.
- Lalli, C.M. & Parsons, T.R. 1997. **Biological Oceanography: An Introduction**. Oxford, UK, Butterworth-Heinemann Ltd, 2 Ed.
- Lowe, C.H. & Heath, W.G. 1969. Behavioral and physiological responses to temperature in the desert pupfish *Cyprinodon macularius*. *Physiological Zoology*, 42(1): 53-59.
- Lutterschmidt, W.I. & Hutchison, V.H. 1997. The critical thermal maximum: history and critique. *Canadian Journal of Zoology*, 75: 1561-1574. <https://doi.org/10.1139/z97-783>.
- Machado, M.R. 1999. Uso de brânquias de peixes como indicadores de qualidade das águas. *Journal of Health Sciences*, 1(1): 63-76.
- Madeira, D.; Narciso, L.; Cabral, H. & Vinagre, C. 2012. Thermal tolerance and potential impacts of climate change on coastal and estuarine organisms. *Journal of Sea Research*, 70: 32-41.
- Madeira, D.; Narciso, L.; Cabral, H.N.; Vinagre, C. & Diniz, M.S. 2012. HSP70 production patterns in coastal and estuarine organisms facing increasing temperatures. *Journal of sea research*, 73: 137-147.
- Maltchik, L.; Esteban, L.; Lanés, K.; Stenert, C. & Medeiros, E.S.F. 2010. Species-area relationship and environmental predictors of fish communities in coastal freshwater wetlands of southern Brazil. *Environmental Biololgy of Fishes*, 88: 25-35. doi:10.1007/s10641-010-9614-0.
- Manush, S.M.; Pal, A.K.; Chatterjee, N.; Das, T. & Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 29: 15-19.
- Mariano, W.D.S.; Oba, E.T.; Santos, L.R.B.D. & Fernandes, M.N. 2009. Respostas fisiológicas de jeju ("Hoplerythrinus unitaeniatus") expostos ao ar atmosférico. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(1): 210-223
- Marshall, W.S.; Bryson, S.E. & Luby, T. 2000. Control of epithelial Cl⁻ secretion by basolateral osmolality in the euryhaline teleost *Fundulus heteroclitus*. *Journal of experimental biology*, 203(12): 1897-1905.

- Mccormick, S.D.; Regish, M. & Christensen, K. 2009. Distinct freshwater and seawater isoforms of Na⁺/K⁺ -ATPase in gill chloride cells of Atlantic salmon. *The Journal of Experimental Biology*, 212(24): 3994-4001.
- McKenzie, D.J.; Piraccini, G.; Felskie, A.; Romano, P.; Bronzi, P. & Bolis, C.L. 1999. Effects of plasma total ammonia content and pH on urea excretion in Nile tilapia. *Physiological and biochemical zoology*, 72(1): 116-125.
- Meffe, G.K.; Weeks, S.C.; Mulvey, M. & Kandl, K.L. 1995. Genetic differences in thermal tolerance of eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*; Poeciliidae) from ambient and thermal ponds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52(12): 2704–2711.
- Mega, D.F. & Bemvenuti, M.A. 2006. Guia didático sobre alguns peixes da Lagoa Mangueira, RS. *Cadernos de Ecologia Aquática*, 1(2): 1-15.
- Mora, C. & Ospina, A. 2001. Tolerance to high temperatures and potential impact of sea warming on reef fishes of Gorgona Island (tropical eastern Pacific). *Marine Biology*, 139(4): 765-769.
- Morgan, R.; Finnoen, M.H.; Jensen, H.; Pelabon, C. & Jutfelt, F. 2020. Low potential for evolutionary rescue from climate change in tropical fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(52): 33365–33372.
- Neill, W.H. & Magnuson, J.J. 1974. Distributional ecology and behavioral thermoregulation of fishes in relation to heated effluent from a power plant at Lake Monona, Wisconsin. *Transactions of the American Fisheries Society*, 103: 663–710.
- Neill, W.H.; Magnuson, J.J. & Chipman, G. 1972. Behavioral thermoregulation by fishes: a new experimental approach. *Science*, 176: 1443–1445.
- Nelson, J.S. 1984. **Fishes of the world**. 2 Ed. New York, Wiley-Interscience.
- Otto, R.G. 1973. Temperature tolerance of the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Baird). *Journal of Fish Biology*, 5: 575-585.
- Pérez, E.; Díaz, F. Espina, S. 2003. Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae). *Journal of Thermal Biology*, 28: 531-537.
- Perry, A.L.; Low, P.J.; Ellis, J.R. & Reynolds, J.D. 2005. Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science*, 308: 1902–1905.
- Piermarini, P.M., Evans, D.H., 2000. Effects of environmental salinity on Na(+)/K (+)- ATPase in the gills and rectal gland of a euryhaline elasmobranch (*Dasyatis sabina*). *J. Exp. Biol.* 203: 2957–2966.
- Pinsky, M.L.; Eikeset, A.M.; McCauley, D.J.; Payne, J.L. & Sunday, J.M. 2019. Greater vulnerability to warming of marine versus terrestrial ectotherms. *Nature*, 569(7754): 108–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1132-4>
- Pörtner, H.O. 2001. Climate change and temperature dependent biogeography: oxygen limitation of thermal tolerance in animals. *Naturwissenschaften*, 88: 137–146.
- Pörtner, H.O. 2002. Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A*, 132: 739-761.
- Pörtner, H.O. 2004. Climate variability and the energetic pathways of evolution: the origin of endothermy

- in mammals and birds. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77: 959- 981.
- Pörtner, H.O.; Langebuch, M. & Reipschläger, A. 2004. Biological impact of elevated ocean CO₂concentration: lessons from animal physiology and Earth history. *Journal of Oceanography*, 60: 705-718.
- Pörtner, H.O. & R. Knust. 2007. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. *Science*, 315: 95–97. <https://doi.org/10.1126/science.1135471>.
- Pörtner, H.O. & Farrell, A.P. 2008. Physiology and climate change. *Science*, 322(5902): 690–692. <https://doi.org/10.1126/science.1163156>.
- Pörtner, H.O. & Lannig G. 2009. Oxygen and Capacity Limited Thermal Tolerance. 147-191. In: Jeffrey G. Richards, Anthony P. Farrell, & Colin J. Brauner (Eds.). **Fish Physiology**, Burlington: Academic Press.
- Pörtner, H.O. 2010. Oxygen-and capacity-limitation of thermal tolerance: a matrix for integrating climate-related stressor effects in marine ecosystems. *Journal of Experimental Biology*, 213: 881-893.
- Pörtner, H.O.; Schulte, P.M.; Wood, C.M. & Schiemer, F. 2010. Niche dimensions in fishes: An integrative view. *Physiological and Biochemical Zoology*, 83(5): 808–826. <https://doi.org/10.1086/655977>
- Prodócimo, V. & Freire, C. 2006. The Na⁺, K⁺, 2Cl⁻ cotransporter of estuarine pufferfishes (*Sphoeroides testudineus* and *S. greeleyi*) in hypo and hyper regulation of plasma osmolality. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, C, 142: 347- 355.
- Prosser, C.L. & Heath, J.E. 1991 Temperature. 109-165. In: Prosser, C.L. (ed). **Environmental and metabolic animal physiology**. New York, Wiley-Liss.
- Randall, D.J.; Baumgarten, D. & Malyusz, M. 1972. The relationship between gas and ion transfer across the gills of fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 41(3): 629-637.
- Reyes, I.; Díaz F.; Re, A.D.; Pérez, J. 2011. Behavioral thermoregulation, temperature tolerance and oxygen consumption in the Mexican bullseye puffer fish, *Sphoeroides annulatus* Jenyns (1842), acclimated to different temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 36(3): 200-205.
- Rezende, E. L.; Castañeda, L. E.; Santos, M. 2014. Tolerance landscapes in thermal ecology. *Functional Ecology*, 28: 799–809.
- Rivas, L.R. & Fink, W.L. 1970. A new species of poeciliid fish of the genus *Limia* from the island of Grand Cayman, B.W.I. *Copeia*, 1970: 270-274.
- Rosa, R.; Rummer, J.L.; Munday, P.L. 2017. Biological responses of sharks to ocean acidification. *Biology letters*. 13(3): 20160796. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2016.0796>
- Rozin, P.N.; Mayer, J. 1961. Thermal reinforcement and thermoregulatory behavior in the goldfish, *Carassius auratus*. *Science*, 134: 942–943.
- Sarma, K.; Pal, A.K., Ayyappan, S.; Das, T.; Manush, S.M.; Debnath, D. & Baruah, K. 2010. Acclimation of *Anabas testudineus* (Bloch) to three test temperatures influences thermal tolerance and oxygen consumption. *Fish physiology and biochemistry*, 36(1): 85-90.
- Schimidt-Nielsen, K. 1999. Cap.9, 353-392. In: **Fisiologia animal, adaptação e meio ambiente**. São Paulo, Santos Livraria e Editora.

- Schmidt-Nielsen, K. 2002. **Fisiologia animal, adaptação e meio ambiente**. 5ª Ed. São Paulo, Santos Livraria e Editora.
- Schulte, P.M. 2015. The effects of temperature on aerobic metabolism: Towards a mechanistic understanding of the responses of ectotherms to a changing environment. *Journal of Experimental Biology*, 218(12): 1856–1866. <https://doi.org/10.1242/jeb.118851>
- Seebacher, F.; White, C.R. & Franklin, C.E. 2015. Physiological plasticity increases resilience of ectothermic animals to climate change. *Nature Climate Change*, 5(1): 61–66. <https://doi.org/10.1038/nclimate2457>
- Shaw, R.B. & B.L. Bercaw. 1962. Temperature and life-span in poikilothermous animals. *Nature*, 196: 454–457.
- Sharmin, S.; Shahjahan, M.; Hossain, M.A.; Haque, M.A. & Rashid, H., 2015. Histopathological changes in liver and kidney of common carp exposed to sub-lethal doses of malathion. *Pakistan Journal of Zoology*, 47: 1495–1498.
- Shrimpton, J. M.; Patterson, D.A.; Richards, J.G.; Cooke, S.J.; Schulte, P.M.; Hinch, S.G. & Farrell, A.P. 2005. Ionoregulatory changes in different populations of maturing sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* during ocean and river migration. *Journal of Experimental Biology*, 208(21): 4069–4078.
- Sgrò, C.M.; Terblanche, J.S. & Hoffmann, A.A. 2016. What can plasticity contribute to insect responses to climate change? *Annual Review of Entomology*, 61: 433–451. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023859>
- Sloman, K. A.; Wood C.M.; Scott G.R.; Wood S.; Kajimura M.; Johannsson O.E.; Almeida-Val V.M.F. & Val A.L. 2006. Tribute to RG Boutilier: the effect of size on the physiological and behavioral responses of oscar, *Astronotus ocellatus*, to hypoxia. *Journal of Experimental Biology*, 209: 1197–1205.
- Somero, G.N. 2010. The physiology of climate change: How potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine “winners” and “losers”. *Journal of Experimental Biology*, 213: 912–920.
- Somero, G.N. 2011. Comparative physiology: a “crystal ball” for predicting consequences of global change. *American Journal of Physiology -Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 30 (1): R1–R14.
- Southward, A.J.; Hawkins, S.J. & Burrows, M.T. 1995. Seventy years’ observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. *Journal of Thermal Biology*, 20: 127- 155.
- Stillman, J.H. 2003. Acclimation capacity underlies susceptibility to climate change. *Science*, 301: 65. <http://www.jstor.org/stable/3834630>
- Sunday, J.M.; Bates, A.E. & Dulvy, N.K. 2011. Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1713): 1823–1830. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1295>
- Tewksbury, J.J.; Huey, R.B.; Deutsch, C.A. 2008. Putting the heat on tropical animals. *Science*, 320: 1296–1297.
- Tipsmark, C.K.; Madsen, S.S.; Seidelin, M.; Christensen, A.S.; Cutler, C.P. & Cramb, G. 2002. Dynamics of Na⁺, K⁺, 2Cl⁻ cotransporter and Na⁺, K⁺-ATPase expression in the branchial epithelium of brown trout (*Salmo trutta*) and atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Experimental*

Zoology, 293(2): 106-118.

- Tomanek, L. & Somero, G.N. 1999. Evolutionary and acclimation-induced variation in the heat-shock responses of congeneric marine snails (*genus Tegula*) from different thermal habitats: implications for limits of thermotolerance and biogeography. *Journal of Experimental Biology*, 202(21): 2925-2936.
- Tomanek, L. & Somero, G.N. 2002. Interspecific and acclimation induced variation in levels of heat-shock proteins 70 (hsp70) and 90 (hsp90) and heat-shock transcription factor-1 (HSF1) in congeneric marine snails (*genus Tegula*): implications for regulation of hsp gene expression. *Journal of Experimental Biology*, 205(5): 677-685.
- Tomanek, L. 2005. Two-dimensional gel analysis of the heat-shock response in marine snails (*genus Tegula*): interspecific variation in protein expression and acclimation ability. *Journal of Experimental Biology*, 208: 3133-3143.
- Tomanek, L. 2008. The importance of physiological limits in determining biogeographical range shifts due to global climate change: the heat shock response. *Physiological and Biochemical Zoology*, 81:709-717.
- Tomanek, L. 2010. Variation in the heat shock response and its implication for predicting the effect of global climate change on species biogeographical distribution ranges and metabolic costs. *Journal of Experimental Biology*, 213: 971-979.
- Tucker, J.W. 1998. **Marine fish aquaculture**, 1st Ed. Boston, USA, Springer.
- Tsuchida, S. 1995. The relationship between upper temperature tolerance and final preferendum of Japanese marine fish. *Journal of Thermal Biology*, 20: 35-41.
- Urban, M.C. 2015. Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234): 571-573. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4984>
- Verdouw, H.; Van Echteld, C.J.A. & Dekkers, E.M.J. 1978. Ammonia determination based on indophenol formation with sodium salicylate. *Water Research*, 12: 399-402. doi:10.1016/0043-1354(78)90107-0
- Vinagre, C.; Leal, I.; Mendonça, V. & Flores, A.A.V. 2015. Effect of warming rate on the critical thermal maxima of crabs, shrimp and fish. *Journal of Thermal Biology*, 47:19-25.
- Vinagre, C.; Leal, I.; Mendonca, V.; Madeira, D.; Narciso, L. & Diniz, M. 2016. Vulnerability to climate warming and acclimation capacity of tropical and temperate coastal organisms. *Ecological indicators*, 62: 317-327. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.11.010
- Walsh, S.J.; Haney, D.C.; Timmerman, C.M. & Dorazio, R.M. 1998. Physiological tolerances of juvenile robust redbreast, *Moxostoma robustum*: conservation implications for an imperiled species. *Environmental Biology of Fishes*, 51: 429-444.
- Webb, B.W.; Hannah, D.M.; Moore, R.D.; Brown, L.E. & Nobilis, F. 2008. Recent advances in river and stream temperature. *Hydrological Processes*. 22: 912-918.
- Wedemeyer, G.A. 1996. **Physiology of fish in intensive culture systems**. New York, Chapman & Hall.
- Wendelaar Bonga, S.E. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77(3): 591-625.
- Wetzel, R.G. 2001. **Limnology**: lake and river ecosystems. San Diego, Elsevier Academic Press. 1006 p

- Winkaler, E.U.; das Graças Silva, A.; Galindo, H.C. & dos Reis Martinez, C.B. 2001. Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de ribeirões de Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 23: 507-514.
- Willmer, P.; Graham, S. & Johnston, I. 2005. Environmental physiology of animals. 2nd edition, Blackwell Publishing. P. 179-215.
- Wilson, J.M.; Leitão, A.; Gonçalves, A.F.; Ferreira, C.; Reis-Santos, P.; Fonseca, A.V. & Coimbra, J. 2007. Modulation of branchial ion transport protein expression by salinity in glass eels (*Anguilla anguilla* L. *Marine biology*, 151(5): 1633-1645.
- Wolff, L.L.; Hreciuk, E.R.; Viana, D.; Zaleskii, T. & Donatti, L. 2007. Population structure of *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) collected in a brook in Guarapuava, PR. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(3): 417-423. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132007000300008>.
- Wood, C.M. 2001. Influence of feeding, exercise, and temperature on nitrogen metabolism and excretion. Vol. 20: 201-238. In: Wright, P.A. & Anderson, P.M.(Eds.). **Nitrogen Excretion, Fish Physiology**. New York , Academic Press.
- Wood, C.M.; Brix, K.V.; De Boeck, G.; Bergman, H.L.; Bianchini, A.; Bianchini, L.F.; Maina, J.N.; Johannsson, O.E.; Kavembe, G.D.; Papah, M.B.; Letura, K.M. & Ojoo, R.O. 2016. Mammalian metabolic rates in the hottest fish on earth. *Scientific reports*. 6: 26990. <https://doi.org/10.1038/srep26990>.
- Wright, P.A. & Wood C.M. 2012. Seven things fish know about ammonia and we don't. *Respiratory physiology & neurobiology*, 184: 231-240.
- Zall, D.M.; Fisher, D. & Garner, M.Q. 1956. Photometric determination of chlorides in water. *Analytical Chemistry*, 28: 1665–1668. doi:10.1021/ac60119a009
- Zavala-Camin, L.A. 1996. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá, EDUEM.