

DESENVOLVIMENTO DE TANQUES DE TESTE DE INFLUÊNCIA DE GASES DISSOLVIDOS EM ÁGUA EM PEIXES NEOTROPICAIS

André Luiz Morais Rennó¹ (IC), Carlos Barreira Martinez (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Supersaturação gasosa, TDG, aparatos de teste, impactos sobre a ictiofauna.

Introdução

A expansão das usinas hidrelétricas (UHE) nas últimas décadas tem provocado fragmentação dos rios e alterações ambientais relevantes (Zarfl et al., 2015). Um dos principais efeitos são os episódios de mortalidade de peixes, relatados por diversos autores (Zarfl et al., 2015; Agostinho et al., 2012; Andrade et al., 2012; Deng et al., 2020), que comprometem os ecossistemas aquáticos e geram impactos econômicos e de imagem para as empresas. Parte dessas mortalidades decorre de choques com turbinas, comportas e estruturas hidráulicas (Silva et al., 2018; Loures et al., 2017; Cada et al., 2006). Outras estão associadas a fatores menos perceptíveis, como a qualidade da água e a supersaturação de gases dissolvidos.

Neste contexto, este estudo propõe um método para o dimensionamento de tanques experimentais em laboratório de campo, voltados à avaliação dos efeitos da supersaturação gasosa em espécies neotropicals. O método baseia-se na definição de parâmetros geométricos e hidráulicos que asseguram condições de escoamento laminar e adequada renovação da água, descrevendo procedimentos que possibilitam a padronização de ensaios com diferentes classes de tanques.

Metodologia

Para avaliar os efeitos da supersaturação gasosa em peixes, foi necessário dimensionar tanques de teste capazes de manter diferentes níveis de saturação. O critério fundamental adotado foi a manutenção do regime de escoamento laminar, definido pelo Número de Reynolds (Re), que deveria permanecer abaixo de 2000 para minimizar a turbulência e a dissipação de gases (Equação 1).

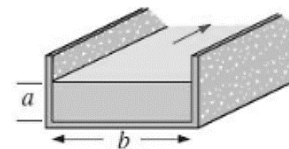
$$Re = \frac{V \times D_h}{\nu} \quad (\text{Equação 1})$$

onde V é a velocidade média na seção do tanque (m/s),

D_h o diâmetro hidráulico (m) e ν a viscosidade cinemática da água a 20 °C ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

O cálculo do Re considerou a velocidade média do escoamento e o diâmetro hidráulico (D_h) do tanque, sendo este último obtido a partir da relação entre a área molhada e o perímetro da seção (Equações 2 e 3). A geometria do tanque foi tratada como equivalente a um canal retangular (Figura 1).

Figura 1 - Seção de canal de teste



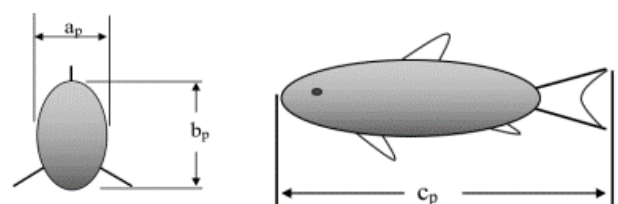
$$D_h = \frac{4A}{P} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: A é a área molhada da seção (m^2) e P é o perímetro molhado (m). Aplicando a altura de lâmina d'água do canal (a_c) e a largura do canal (b_c) à equação 2 se obtém a equação do diâmetro hidráulico (D_{hc}) de um canal (Equação 3)

$$D_{hc} = \frac{4 a_c b_c}{2 a_c + b_c} \quad (\text{Equação 3})$$

A seção transversal dos peixes foi aproximada por uma elipse, permitindo calcular um diâmetro hidráulico representativo (D_{Hp}) a partir das dimensões corporais médias das espécies as quais o dimensionamento dos tanques teve como foco. (Figura 2, Equação 4).

Figura 2 - Dimensões dos peixes



“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

$$D_{hp} = \frac{2 a_p b_p}{\sqrt{a_p^2 + b_p^2}} \quad (\text{Equação 4})$$

A vazão de operação foi determinada pela equação da continuidade, considerando a velocidade do escoamento e a seção transversal (Equação 5). O volume de água dos tanques (V_{tq}) foi estimado a partir da proporção mínima de 16,5 L para cada quilograma de massa viva de peixe (M_{vp}) (Equação 6).

$$Q = v \times S \quad (\text{Equação 5})$$

Onde Q é a vazão (m^3/s); v é a velocidade (m), e; S é a seção transversal do escoamento (m^2).

$$V_{tq} = 16,5 \times M_{vp} \quad (\text{Equação 6})$$

Por fim, as dimensões principais dos tanques (comprimento C_{tq} , largura L_{tq} e altura A_{tq}) foram relacionadas diretamente às dimensões características dos peixes por meio das Equações 7, 8 e 9, definindo critérios para o projeto e posterior aplicação.

$$C_{tq} = 1,3 \times c \quad (\text{Equação 7})$$

$$L_{tq} = 2,3 \times c \quad (\text{Equação 8})$$

$$A_{tq} = 2,4 \times c \quad (\text{Equação 9})$$

Resultados e discussão

Para o dimensionamento dos tanques de teste, foram considerados tamanhos e pesos representativos dos indivíduos das espécies Pintado e Curimbatá (Fig. 3 e 4), adotando-se o maior valor obtido para simplificação. Os tanques terão formato retangular, com dimensões adequadas para testes de exposição, sendo apresentadas na Tabela 1

Figura 3 - Dimensões da espécie Pintado

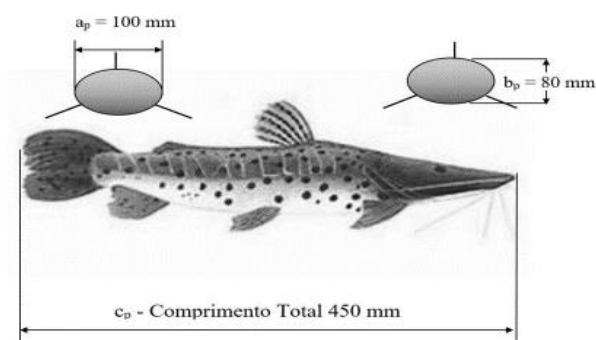


Figura 4 - Dimensões da espécie Curimbatá

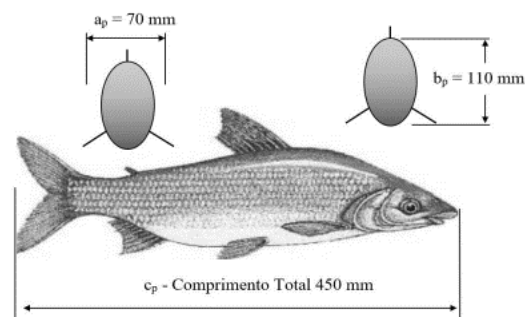


Tabela 1 - Dimensões do tanques de teste

Peso (Kg)	c_p (mm)	a_p (mm)	b_p (mm)	C_{tq} (mm)	L_{tq} (mm)	A_{tq} (mm)	V_{tq} (L)
3,00	500	110	125	650	250	300	48,8
1,54	400	90	100	520	200	240	25,0
0,65	300	65	75	390	150	180	10,5
0,19	200	45	50	260	100	120	3,1
0,05	100	25	25	250	50	60	0,8
0,01	50	12	10	250	25	30	0,2

A Tabela 2 apresenta os valores calculados de velocidade e vazão nos tanques para testes individualizados, obtidos a partir das Equações 1, 2, 3 e 5, considerando como premissa a manutenção de escoamento laminar ($Re = 2000$).

Tabela 2 - Velocidade e vazão para escoamento laminar

c_p (mm)	C_{tq} (mm)	L_{tq} (mm)	A_{tq} (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (l/s)
500	650	250	300	0,005	0,40
400	520	200	240	0,007	0,32
300	390	150	180	0,009	0,24
200	260	100	120	0,013	0,16
100	250	50	60	0,027	0,08
50	250	25	30	0,053	0,04

Para simplificação, foram definidas duas classes de tanques de teste. A Classe I é destinada a indivíduos de até 200 mm de comprimento total e peso aproximado de 190 g, enquanto a Classe II pode abrigar indivíduos de até 500 mm e 3 kg. Cada tanque contará com um vertedor na saída, cuja função é manter o nível constante, preservando o volume da seção de teste, e possibilitar a medição da vazão. Considerando uma manutenção e operação mais eficazes, a largura mínima dos tanques não foi inferior a 150 mm, fixando-se essa dimensão na

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

Classe I. Os resultados podem ser visualizados nas Figuras 5, 6 e 7, com as dimensões de cada tanque nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Dimensões dos tanques Classe I

c_p (mm)	Peso (Kg)	Dimensões dos tanques					
		C_{tq}	L_{tq}	A_{tq}	L_{borda} livre	L_{desc}	V_{tq} (L)
200	0,19	260	150	120	150	150	4,68

Tabela 4 - Dimensões dos tanques Classe II

c_p (mm)	Peso (Kg)	Dimensões dos tanques					
		C_{tq}	L_{tq}	A_{tq}	L_{borda} livre	L_{desc}	V_{tq} (L)
500	3,00	650	250	300	150	200	48,8

Figura 5 - Dimensões dos tanques

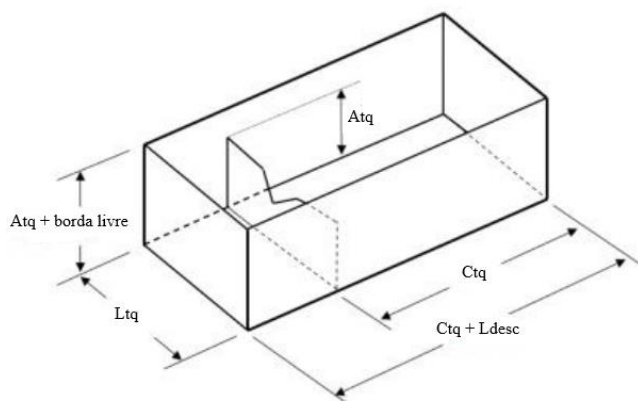


Figura 6 - Dimensões do tanque Classe I

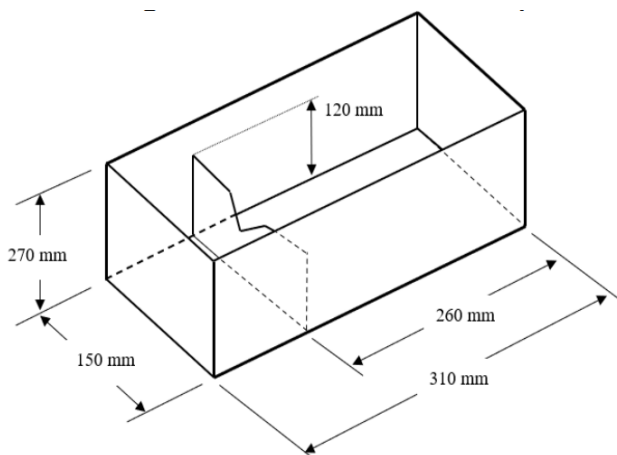
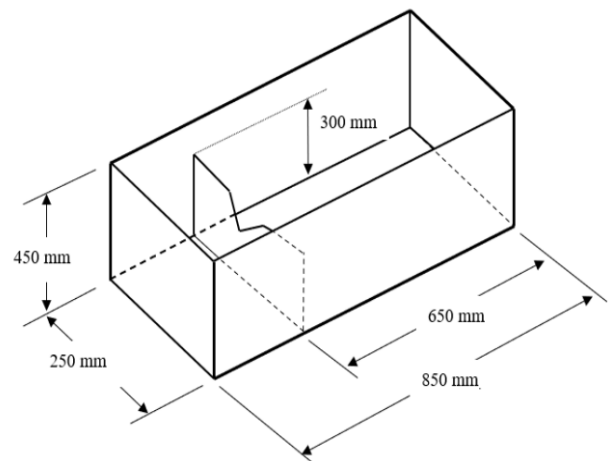


Figura 7- Dimensões do tanque Classe II



Conclusões

Os tanques desenvolvidos para avaliar os efeitos da supersaturação gasosa em peixes neotropicais foram dimensionados considerando duas espécies: Pintado e Curimatá. A principal premissa de projeto estabeleceu que o escoamento ao longo dos indivíduos deveria permanecer em regime laminar ($Re \leq 2000$), a fim de reduzir a diluição do ar por turbulência. Para os ensaios, foram definidas duas classes de tanques. A Classe I foi projetada para peixes de até 190 g e 200 mm de comprimento total. A Classe II é destinada a indivíduos de até 3 kg e 500 mm de comprimento total. Ambos os modelos contam com um vertedor triangular acoplado à saída, cuja função é manter o nível constante e, conseqüentemente, o volume da seção de teste, além de possibilitar a medição da vazão do sistema.

Os resultados demonstram que a metodologia proposta oferece condições de ser aplicada em estudos voltados à quantificação da letalidade e do comportamento de peixes expostos à supersaturação gasosa em rios sob influência de usinas hidrelétricas.

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Carlos Barreira Martinez pela orientação, Ao M.Sc. Dieimys Santos Ribeiro que me auxiliou na confecção deste trabalho, à UNIFEI, ANEEL, SINOP e aos órgãos financiadores CNPq, FAPEMIG e CAPES pelo incentivo à pesquisa científica.

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”**Referências**

AGOSTINHO, A. A.; ALVES, D. C.; GOMES, L. C.; DIAS, R. M.; PETRERE JR, M.; PELICICE, F. M. **Fish die-off in river and reservoir: a review on anoxia and gas supersaturation.** Neotropical Ichthyology, v. 19, n. 3, 2021.

ANDRADE, F.; PRADO, I. G.; LOURES, R. C.; GODINHO, A. L. **Evaluation of techniques used to protect tailrace fishes during turbine maneuvers at Três Marias Dam, Brazil.** Neotropical Ichthyology, v. 10, n. 4, p. 723-730, 2012.

ČADA, G.; LOAR, J.; GARRISON, L.; et al. **Efforts to reduce mortality to hydroelectric turbine-passed fish: locating and quantifying damaging shear stresses.** Environmental Management, v. 37, n. 6, p. 898-906, 2006.

DENG, Y.; CAO, C.; LIU, X.; YUAN, Q.; FENG, C.; SHI, H.; YANG, Y.; WU, Y. **Effect of Total Dissolved Gas Supersaturation on the Survival of Bighead Carp (*Hypophthalmichthys nobilis*).** Animals, v. 10, n. 1, p. 166, 2020.

LOURES, R. C.; GODINHO, L. A.; ANDRADE, F. R.; RÊGO, A. C. L.; CARVALHO, M. R.; PRADO, I. G.; ARAÚJO, Á. R.; SILVA, T. T.; RAONI, R. R.; RESENDE, L. C. **Methodology for risk assessment of fish death at hydropower plants.** In: FISH AND HYDROPOWER PLANTS. Belo Horizonte: CEMIG – Peixe Vivo, 2017. p. 37-70.

SILVA, L. G. M.; BAUMGARTNER, L. J.; DENG, Z. D.; FJELDSTAD, H. P. **Hydropower development and fish management: a food-water-energy nexus requiring international and multidisciplinary approach.** Marine and Freshwater Research, v. 69, n. 12, p. I-III, 2018.

ZARFL, C.; LUMSDON, A. E.; BERLEKAMP, J. **A global boom in hydropower dam construction.** Aquatic Sciences, v. 77, p. 161-170, 2015.