

## AVALIAÇÃO DE HABITAT FÍSICO EM RIACHOS DE CABECEIRA DA BACIA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE, SUDESTE DO BRASIL

Rubens A.F. Turin<sup>1</sup> e Mauricio Cetra<sup>2</sup>.

1. Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, MG
2. Professor da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Sorocaba, SP/Orientador.

### Resumo

Em riachos, os elementos do habitat estão estritamente ligados ao estado e composição das estruturas físicas, à água, e sua avaliação é essencial ao entendimento da integridade ecológica e manejo de bacias hidrográficas. Aqui, apresentamos o Índice de Habitat Físico (IHF) em riachos da Bacia do Rio Ribeira de Iguape, sudeste do Brasil. Conduzimos avaliações visuais em trechos de 100 metros de 28 riachos de cabeceira entre agosto-novembro/2019, e pontuamos e classificamos dez parâmetros em quatro categorias de condição: ótimo, bom, razoável e ruim. Vinte e cinco riachos foram classificados como ótimos, enquanto três foram classificados como bons. Os resultados revelam a condição bem preservada dos riachos associados a maior porção de Mata Atlântica no Brasil. Nós destacamos a heterogeneidade ambiental e as Unidades de Conservação da bacia como fatores que podem ajudar a explicar sua ictiofauna associada e a ótima condição dos riachos.

**Autorização legal:** SISBIO 13352-1/IBAMA/MMA e SMA 006.674/2018.

**Palavras-chave:** Ecologia; bacias hidrográficas; integridade ambiental.

**Apoio financeiro:** Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (processos: 2017/25860-3 e 2018/19872-1).

### Introdução

Os riachos da Mata Atlântica podem ser divididos em três tipos: de cabeceira, de terras baixas e os costeiros (Oyakawa et al., 2006). Os primeiros são estreitos e ocorrem em regiões íngremes, próximas a nascentes, com dinâmica própria em relação ao contínuo da bacia (Vannote et al., 1980). Eles apresentam águas claras, rasas, frias, alta velocidade, e variados substratos (Oyakawa et al., 2006). Além da dimensão longitudinal e vertical, as margens e zona ripária (dimensão lateral) aos riachos garantem estabilidade microclimática, contribuem ao transporte de matéria orgânica, aumentam a heterogeneidade espacial no riacho, controlam o nível de escoamento das chuvas, com importância ecológica, hidrológica e limnológica (Barrela et al., 2001).

Barbour et al. (1999) consideraram habitat como os aspectos constituintes físicos e químicos dos riachos, havendo subdivisões em mesohabitats e microhabitats. Os mesohabitats dizem respeito à heterogeneidade espacial e mecânica tais como corredeiras, rápidos e poções. Os microhabitats são aqueles onde os animais realizam suas atividades vitais (Oyakawa et al., 2006). Estudos de integridade biótica tem considerado variados índices e métricas, dentre os quais está o Índice de Habitat Físico (IHF) (Barbour et al., 1999; Peressin et al., 2020). Tal índice tem sido utilizado para avaliar os habitats, explicar o potencial dos riachos em abrigar espécies, inferir a qualidade local e regional, e auxiliar no manejo de microbacias (Casatti et al., 2006a,b).

A Bacia do Rio Ribeira de Iguape (BRR) se localiza nos Estados de São Paulo e Paraná, com inúmeras Unidades de Conservação (UC) (CBH-RB, 2016), é conhecida como o maior remanescente de Mata Atlântica no Brasil (BRASIL, 2010) e abriga muitas espécies endêmicas, incluindo as de peixes (Oyakawa et al., 2011). Estudos recentes têm confirmado essa variedade ictiofaunística em riachos de cabeceira (Frota et al., 2019), com registros de espécies endêmicas e criticamente ameaçadas (Cetra et al., 2020), tornando cada vez mais necessário avaliar os habitats desses riachos. Este trabalho teve como objetivo levantar o IHF de riachos de cabeceira da bacia do BRR, sudeste do Brasil, verificando se há diferenças de IHF em diferentes UC. Esperávamos que o grau de proteção da UC refletisse seu IHF.

### Metodologia

A área de estudo foi a região de cabeceira da BRR (e.g. Cetra et al., 2020). Ao todo, avaliamos 28 trechos de riachos de 1ª a 3ª ordem (Strahler, 1957) localizados em três grupos de Unidade de Conservação (UC): (1) Proteção Integral (PI), (2) Uso Sustentável (US) ou fora dessas áreas (AU). Consideramos trechos de 100 metros de cada riacho como unidade amostral, os quais foram visitados entre os meses menos chuvosos para a Bacia (agosto-novembro/2019) (CBH-RH, 2016). Cada trecho foi selecionado quanto à acessibilidade, viabilidade e fidelidade, o que em algumas ocasiões nos levou a realizar expedições prévias de reconhecimento.

Para levantar o IHF, aplicamos um protocolo adaptado de avaliação visual de habitat de riachos de alto gradiente desenvolvido por Barbour et al. (1999), e somamos a pontuação de 10 parâmetros, incluindo características internas aos riachos (1-substrato, 2-prevalência de obstáculos, 3-regime velocidade/profundidade, 4-sedimentos, 5-estado do fluxo, 6-alteração, 7-frequência de corredeiras), margens (8-estabilidade e 9-proteção vegetal) e (10) zona de vegetação ripária. Consideramos a margem como a região justaposta de 1.5 m da borda

d'água, de ambos os lados; consideramos à zona ripária, a proporção da cobertura vegetal dos lados dos riachos em relação à média de largura de quatro transectos transversais ao trecho do riacho (BRASIL, 2012). Os equipamentos utilizados foram: 1 m<sup>2</sup> de PVC, boia espelho (visualização do fundo), iPad (para fotografias), trena de medição, e aparelho GPS (eTrex 10). Fizemos coletas adicionais de variáveis de qualidade da água (pH, condutividade e temperatura) com uma sonda multiparamétrica (YSI-556MPS). Uma mesma pessoa realizou as avaliações de todos os sítios (e.g. Casatti et al., 2006a). O tempo médio de avaliação de cada trecho foi de aproximadamente 60 minutos.

Com base em critérios específicos encontrados em Barbour et al. (1999) e Casatti et al. (2006a), cada parâmetro foi ranqueado entre 0 e 20 (cada lado das margens e da zona ripária poderia alcançar 10) e classificado em um contínuo de condição de qualidade: ótimo, bom, razoável e ruim (tabela 1); ao todo, cada riacho poderia obter no máximo 200 pontos. Na tabela 2 estão as categorias de classificação para a qualidade da água. Comparamos os grupos com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, utilizando o software PAST 4.03.

**Tabela 1.** Categorias de condição de qualidade do Índice de Habitat Físico (adaptado de Casatti et al., 2006a).

Categorias	Pontuações	Descrição
Ótimo	>75%	Trechos sem alterações (condição referência de preservação)
Bom	50-75%	Trechos minimamente alterados
Razoável	25-50%	Trechos com alterações marcantes, e indícios de degradação
Ruim	0-25%	Trechos com alterações substanciais e bem degradados

**Tabela 2.** Categorias de condição de qualidade da água (adaptado de Casatti et al., 2006a).

Parâmetros	Categorias			
	Ótimo	Bom	Razoável	Ruim
pH	6-9	5-5,9	4-4,9	<4
Condutividade (uS/cm)	≤50	51-100	101-150	≥151
Temperatura (°C)	-	-	-	-

### Resultados e Discussão

Dos 28 riachos amostrados, 25 (89,3%) tiveram IHF > 150, enquanto 3 (10,7%) tiveram IHF > 100 < 150. Os primeiros tiveram IHF médio de 182,28 (s= 14,29; amplitude= 153-200), enquanto os segundos tiveram 135,33 (s= 6,35; amplitude= 128-139). 61,4 % dos campos preenchidos foram ótimos, 35 % bons e 3,5 % razoáveis - os últimos distribuídos nos parâmetros 9 e 10. Vinte e dois riachos apresentaram parâmetros bons; outros cinco, incluindo quatro em UC US, apresentaram parâmetros razoáveis; porém não houve parâmetro ruim. Todos os parâmetros referentes às características internas aos riachos (1-7) foram classificados, em média, como ótimos, e os demais (8-10) como bons; com exceção dos parâmetros 2 e 10e, todos apresentaram diferenças significativas entre os grupos. Todos os três grupos de riachos tiveram IHF médio > 150, e foram classificados como ótimos. Aqueles em UC de PI apresentaram cinco de seis riachos com todos os parâmetros ótimos, IHF > 193, e foram significativamente diferentes de UC e AU; entre estes últimos não houve diferença significativa quanto ao IHF (tabela 3; figura 1a).

**Tabela 3.** Média, desvio padrão e amplitude do Índice de Habitat Físico – IHF e comparações entre parâmetros (P) e de grupos (UC) de Proteção Integral (PI), Uso Sustentável (US), Ausência de Unidade (AU). n= unidade amostral; d- lado direito, e- lado esquerdo. Na última coluna estão os valores de p para o teste de Kruskal-Wallis.

P	Média de pontos	Médias de pontos por UC			Kruskal-Wallis
		PI (6)	US (12)	AU (10)	
1	18,5 ± 2,2 (13-20)	20	17,4 ± 2,8 (13-20)	19 ± 1,3 (16-20)	< 0,05
2	18,4 ± 2,3 (12-20)	19,6 ± 0,5 (19-20)	17,3 ± 3 (12-20)	19 ± 1,3 (16-20)	= 0,22
3	18,2 ± 2 (14-20)	19,8 ± 0,4 (19-20)	17,3 ± 2,5 (14-20)	18,3 ± 1,5 (16-20)	< 0,05
4	17,7 ± 2,2 (12-20)	19,8 ± 0,4 (19-20)	17,2 ± 2,3 (14-20)	17 ± 2,2 (12-19)	< 0,01
5	18,2 ± 1,9 (14-20)	19,8 ± 0,4 (19-20)	17,4 ± 2,2 (14-20)	18,3 ± 1,7 (15-20)	< 0,05
6	17,7 ± 2,1 (13-20)	19,8 ± 0,4 (19-20)	16,2 ± 2,1 (13-20)	18,1 ± 1,6 (16-20)	< 0,01
7	18 ± 2,3 (13-20)	19,8 ± 0,4 (19-20)	16,8 ± 2,5 (13-20)	18,2 ± 2,1 (15-20)	< 0,05
8d	8,9 ± 1,4 (5-10)	10	8,1 ± 1,5 (5-10)	9,2 ± 1 (7-10)	< 0,05
8e	8,6 ± 1,5 (5-10)	10	7,5 ± 1,5 (5-10)	9 ± 1,1 (7-10)	< 0,05
9d	8,7 ± 1,5 (5-10)	10	8 ± 1,4 (5-10)	8,8 ± 1,5 (6-10)	< 0,01
9e	8,4 ± 1,7 (5-10)	10	7,3 ± 1,5 (5-10)	8,7 ± 1,5 (6-10)	< 0,01
10d	8,3 ± 1,7 (5-10)	10	7,4 ± 1,5 (5-10)	8,3 ± 1,5 (5-10)	< 0,01
10e	7,6 ± 2 (4-10)	9 ± 2,4 (4-10)	7,1 ± 2 (5-10)	7,3 ± 1,5 (6-10)	= 0,14
IHF	177,2 ± 20 (128-200)	197,8 ± 2,85 (193-200)	165,4 ± 22 (128-195)	179,1 ± 11,69 (162-194)	< 0,001

O índice revela ótima preservação nos riachos e boa dimensão lateral (margens e zona ripária). Segundo Barbour et al. (1999) os critérios para a classificação dos parâmetros 1 a 7 como ótimos, são: (1) o substrato apresenta um misto de blocos, matações, cascalho, areia, folhas, troncos, havendo variedades de microhabitats à fauna, (2) o trecho de riacho apresenta nenhum/pouco sedimento fino cobrindo substratos maiores no trecho,

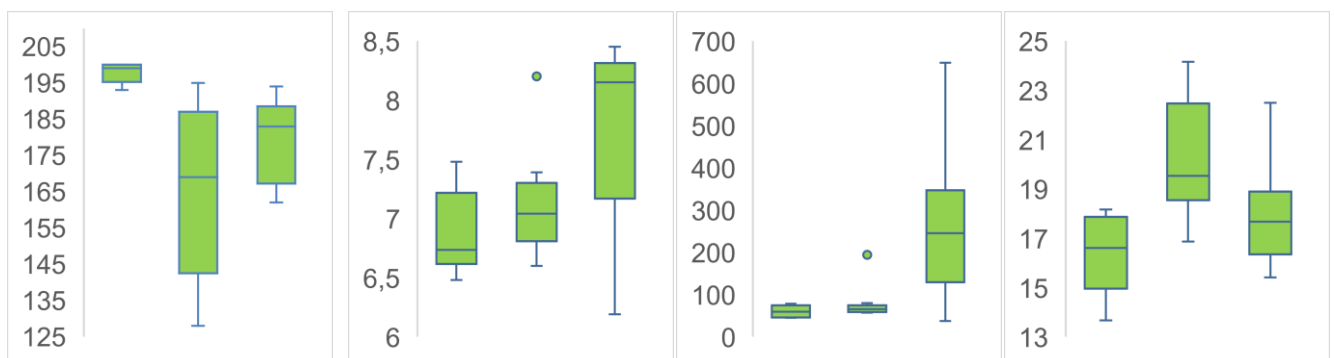
(3) há variações de regime de fluxo velocidade/profundidade, tal como lento/profundo, lento/raso, veloz/profundo e veloz/raso, (4) há ausência de ilhas ou barreira nos riachos, (5) a água dos riachos alcança a base de ambas as margens, (6) os trechos apresentam pouca ou nenhuma interferência, por mínima que seja, (7) há ocorrência frequente de corredeiras e uma maior variedade de habitat pela presença contínua de obstruções naturais do curso d'água. Já os parâmetros 8, 9 e 10 foram classificados como bons, o que Barbour et al. (1999) atribuem às (8) margens moderadamente estáveis e com poucas marcas de erosão, (9) os trechos de riachos em torno de 70-90% da superfície da margem coberta com vegetação nativa, e > 50% restante da biomassa vegetal depositada no solo, (10) vegetação ripária parcialmente preservada, com largura da faixa marginal de três vezes a largura média do corpo d'água (ao parâmetro 10, também ver Brasil, 2012). Inclusive, nestes riachos Cetra et al. (2020) registraram 50 espécies de peixes, 19 delas endêmicas, três novos registros de espécies de outras bacias, e uma criticamente em perigo (BRASIL, 2018). Estes autores destacam a diversidade entre riachos (beta) como crítica à diversidade total (gama), o que reforça a heterogeneidade intra e entre riachos como aspecto importante desses riachos por um indicador biótico.

A diferença entre os grupos foi explicada pelos valores de IHF, porém não quanto à sua classificação de condição de qualidade, já que os três grupos foram classificados como ótimos por apresentarem IHF > 150. Conforme esperado, os riachos de PI se mostram muito preservados, pois essas UC se caracterizam pela preservação natural e proibição de uso direto de seus recursos (BRASIL, 2000). Embora os riachos em UC de US e AU tenham sido diferentes quanto ao IHF, eles foram classificados como ótimos. Devido haver preocupação com o uso sustentável dos recursos nas UC de US, incluindo suas zonas de amortecimento (BRASIL, 2000), esses riachos estão em bom estado. Aliado a isso, os corpos d'água e seu entorno são Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2012), o que contribui para sua preservação. Dado que os parâmetros envolvem contínuos de condições (Barbour et al., 1999), e que o vale do Ribeira abriga o maior remanescente de extensão contínua de Mata Atlântica do país (BRASIL, 2010), tendo cerca de 40 UCs (CBH-RB, 2016), esses riachos podem servir como referência em estudos sobre IHF de riachos de alto gradiente da Mata Atlântica, pois permitem a comparação de estados preservados ótimos (Barbour et al., 1999) num bioma com extremamente fragmentado e com aproximadamente 3% protegidos em UC de PI (BRASIL, 2010).

O mesmo padrão se seguiu quanto à qualidade da água: os riachos amostrados em UC de PI foram melhor classificados. O pH foi classificado como ótimo nos três grupos; já a condutividade se mostrou razoável, porém com diferenças: os de PI entre ótimo e bom, US entre ótimo e razoável, enquanto os AU entre bom e ruim (tabela 4, figura 1b, c e d). Houve regressão linear positiva entre pH e condutividade ( $r = 0,79$ ,  $p < 0,05$ ), indicando que atividades antrópicas no entorno das áreas de US e AU podem estar alterando as condições químicas na água dos riachos, já que há diferenças quanto os riachos de PI. Estudos caracterizando a cobertura e o uso da terra tem sido importante para determinar as causas dessas alterações (e.g. Casatti et al., 2006b; Tanaka et al., 2016), o que sugerimos como estudos futuros para averiguar essas diferenças. Já a temperatura da água foi maior em riachos de UC de US quando comparada aos outros grupos, e não apresentou regressão linear com os horários das amostragens e largura dos riachos ( $p > 0,05$ ); este parâmetro não foi ranqueado.

**Tabela 4.** Valores médios, desvio padrão e amplitude para pH, condutividade e temperatura da água, em riachos dos três grupos (PI – Proteção Integral, US – Uso Sustentável e AU – Ausência de Unidade), e a comparação com Kruskal-Wallis e valor de  $p$ .

	UC (n)			Kruskal Wallis
	PI (6)	US (12)	AU (10)	
pH	6,9 ± 0,36 (6,5-7,5)	7,1 ± 0,41 (6,6-8,2)	7,74 ± 0,82 (6,2-8,4)	< 0,05
Condutividade (uS/cm)	60 ± 15 (45-78)	76,4 ± 37,8 (57-194)	255 ± 178 (37-648)	< 0,05
Temperatura (°C)	16,36 ± 1,7 (14-18)	20,1 ± 2,35 (17-24)	18,04 ± 2,14 (15,4-22,5)	< 0,001



**Figura 1.** Diagramas de caixa, envolvendo (a) IHF, (b) pH, (c) condutividade (uS/cm) e (d) temperatura da água (°C), tendo as UC (ordem: PI, US e AU) no eixo x.

## Conclusões

As estruturas físicas internas e externas aos riachos, suas margens e zona ripária, garantem a heterogeneidade ambiental dos riachos, o que pode servir como referência de condição de qualidade para futuros estudos de IHF para riachos de cabeceira da Mata Atlântica. Destacamos os riachos no interior de UC de PI, porém ressaltamos a necessidade de acompanhamento de atividades em UC de US e em seu entorno, principalmente quanto ao uso da terra e qualidade da água. O gerenciamento de recursos hídricos somente se faz com estudos de avaliação, e estudos envolvendo índices de integridade biótica (e.g. Peressin et al., 2020), podem auxiliar no entendimento do uso de habitat por peixes, dinâmica de comunidades associada do sistema lótico, e servir para manejo de recursos hídricos, auxiliando no processo de proteção de espécies endêmicas e raras e restauração ambiental.

## Referências bibliográficas

Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Stribling JB. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

Barrela W, Petrere Jr M, Smith WS, Montag LFA. 2001. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: Rodrigues RR, Leitão Filho HF (Ed.): Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. São Paulo: EDUSP. p. 187-208.

Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, VII da Constituição Federal, Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 19 de julho. 2000. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acesso em 08 de março de 2021.

Brasil. 2010. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Mata Atlântica: Patrimônio Nacional dos Brasileiros. Brasília: MMA. 408 p. (Série Biodiversidade, 34).

Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em 18 de abril de 2021.

Brasil. 2018. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI - Peixes. Brasília, DF: ICMBio/MMA.

Casatti L, Langeani F, Silva AM, Castro RMC. 2006a. Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** 66(2B): 681-696.

Casatti L, Langeani F, Ferreira CP. 2006b. Effects of Physical Habitat Degradation on the Stream Fish Assemblage Structure in a Pasture Region. **Environmental Management** 38: 974–982

CBH-RB - Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. 2016. Relatório Técnico – Fase II (Relatório Final). Projeto: Elaboração do Mapa de Zoneamento da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos da UGRHI-11– RB-250 – Contrato FEHIDRO 171/2014. [https://comiterb.websiteseuro.com/app/rb250/RELATORIO\\_TECNICO\\_FINAL\\_RB250.pdf](https://comiterb.websiteseuro.com/app/rb250/RELATORIO_TECNICO_FINAL_RB250.pdf).

Cetra M, Mattox G, Romero PB, Escobar SH, Guimarães EA, Turin RAF. 2020. Ichthyofauna from “serranias costeiras” of the Ribeira de Iguape River basin, Southeast Brazil. **Biota Neotropica** 20(4): e20200994.

Frota A, Message HJ, Oliveira RC, Benedito E, Graça WJ. 2019. Ichthyofauna of headwater streams from the rio Ribeira de Iguape basin, at the boundaries of the Ponta Grossa Arch, Paraná, Brazil. **Biota Neotropica** 19(1): e20180666.

Oyakawa OT, Akama A, Mautari KC, Nolasco JC. 2006. Peixes de riachos da Mata Atlântica nas unidades de conservação do vale do Rio Ribeira de Iguape no Estado de São Paulo. São Paulo: Editora Neotrópica.

Oyakawa OT, Menezes NA. 2011. Checklist dos peixes de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica** 11(1a).

Peressin A, Casarim R, Prado IG, Cetra M. 2020. Physical habitat as predictor of fish trophic structure in Brazilian Atlantic rainforest streams. **Neotropical Ichthyology** 18(2): e190076.

Strahler AN. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union** 38(6): 913–20.

Tanaka MO, Souza ALT, Moschini LE, Oliveira AK. 2016. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 216: 333–339.

Vannote RC, Minshall GW, Cummins K, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. **Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences** 37: 130-137.