



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Luís Fernando Faulstich Neves

**COMPARAÇÃO AMBIENTAL ENTRE TRECHOS DO RIO PARAÍBA DO SUL,
COM E SEM ILHAS FLUVIAIS**

Rio de Janeiro
2017



UFRJ

Luís Fernando Faulstich Neves

**COMPARAÇÃO AMBIENTAL ENTRE TRECHOS DO RIO PARAÍBA DO
SUL, COM E SEM ILHAS FLUVIAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cristina Aparecida Gomes Nassar

Rio de Janeiro

2017

Neves, Luís Fernando Faulstich

Comparação ambiental entre trechos do rio Paraíba do Sul, com e sem ilhas fluviais / Luís Fernando Faulstich Neves. – 2017. 135f. : il. 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2017.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cristina Aparecida Gomes Nassar

1. Avaliação ambiental. 2. Faixa Marginal. 3. Qualidade da água e do sedimento. 4. Comunidade de peixes. 5. Rio Paraíba do Sul. I. Nassar, Cristina Aparecida Gomes. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Comparação ambiental entre trechos do rio Paraíba do Sul, com e sem ilhas fluviais.



UFRJ

COMPARAÇÃO AMBIENTAL ENTRE TRECHOS DO RIO PARAÍBA DO SUL, COM E SEM ILHAS FLUVIAIS

Luís Fernando Faulstich Neves

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cristina Aparecida Gomes Nassar

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Prof.^a Dr.^a Cristina Aparecida Gomes Nassar
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Orientadora

Prof. Dr. Sergio Luiz Costa Bonecker
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Membro interno

Prof. Dr. Eduardo Ildelfonso Lardosa
Instituto Estadual do Ambiente/RJ – Membro externo

Prof. Dr. Antonio Ferreira da Hora
Universidade Federal Fluminense – Membro externo

Rio de Janeiro
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Agência de bacia do rio Paraíba do Sul (AGEVAP), o auxílio financeiro (oriundo da cobrança pelo uso da água bruta na região), concedido por intermédio do Comitê de bacia do Médio Paraíba do Sul (CBHMPS); um exemplo de incentivo à pesquisa, que deve ser replicado por todos os comitês de bacia do país;

Agradeço ao Serviço de Informação e Monitoramento da Superintendência Regional do Médio Paraíba (SUPMEP) nas figuras do José Roberto Araújo *In memoriam*, Michel Bastos e Sandra Mitsue, que me deram respaldo técnico e instrucional; figuras que foram imprescindíveis neste trabalho;

Agradeço à Gerência de Informações Hidrometeorológicas e de Qualidade de Água (GEIHQ), especialmente ao André Leone, Leonardo Daemon e Leonardo Fidalgo, o fornecimento dos dados secundários da qualidade da água, e a realização da análise dos sedimentos;

Agradeço a todos os amigos da Gerência de Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos do Inea (GEIRH). Primeiro, por minha liberação para realização do mestrado e segundo, por todo conhecimento que adquiro nesses anos convividos;

Agradeço ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica (PEA/UFRJ) o aprendizado alcançado que vai me acompanhar em minha carreira técnica me beneficiando como profissional;

Agradeço à Professora Cristina Nassar todos os ensinamentos a mim repassados;

Agradeço aos Docentes, membros da banca, pela disponibilidade do tempo e principalmente pela transferência do conhecimento;

Agradeço aos pescadores “Ligeirinho” e “Seu Agenor” a grande ajuda com os trâmites logísticos de campo, sem eles isso não teria acontecido, com certeza;

Agradeço ao amigo Clayton Lameiras (GEGET/INEA) com a ajuda na confecção dos mapas no *ArcGIS*;

Agradeço (em especial) à minha família por todo apoio que sempre me deram...;

A todos o meu Muito Obrigado!

RESUMO

NEVES, Luís Fernando Faulstich. **Comparação Ambiental entre Trechos do rio Paraíba do Sul, com e sem Ilhas Fluviais**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

O presente estudo contemplou quatro variáveis investigativas do ambiente na região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul: a cobertura vegetal da Faixa Marginal do rio, as substâncias físico-químicas e biológicas da água e do sedimento e a comunidade de peixes. Tendo como objetivo identificar se trechos providos de ilhas fluviais apresentam melhores condições ambientais em relação a trechos desprovidos de ilhas. Para tal, foram determinados dois trechos de rio para serem comparados: o Trecho-I (sem ilhas) e o Trecho-II (com ilhas), ambos na região hidrográfica supracitada. A avaliação da série histórica da qualidade de água (2000 a 2015) indicou que os parâmetros mais preocupantes na região de estudo estavam Coliformes Termotolerantes, Fósforo e Mercúrio. A avaliação da cobertura vegetal mostrou que ambos os trechos detêm taxas modestas de vegetação remanescente nos limites de suas Faixas Marginais, em torno de 23% no trecho sem ilhas e 20% no trecho com ilhas; em relação à ausência de vegetação, na intersecção solo-água, foi quantificado 26,15% no trecho sem ilhas e 52,98% no trecho com ilhas. A avaliação espacial do sedimento indicou que o trecho sem ilhas, deteve 14,4% das amostras de sedimento foras dos limites de referência utilizados no estudo, contra 9,2% do trecho com ilhas sendo os parâmetros mais críticos identificados o Ferro, o Cromo, o Mercúrio e o Alumínio. A avaliação da ictiofauna, através do Índice de Integridade Biótica de Peixes, apresentou classificação ruim em ambos os trechos avaliados. Entretanto o trecho com ilhas obteve melhor condição, com valor do Índice contido em 26, comparado ao trecho sem ilhas que deteve seu valor em 22. Deste modo, há evidências que a presença das ilhas fluviais contribui de forma positiva para manutenção da qualidade ambiental do rio Paraíba do Sul, resultados que embasam o início das discussões, perante aos gestores da Bacia, para a transformação das ilhas do rio Paraíba do Sul em unidade de conservação, nos moldes da Lei Federal 9.982/2000. O rio Paraíba do Sul apresentou, na região estudada, níveis de degradação relevantes, tanto na vegetação marginal; como também na qualidade da água e no sedimento; e na comunidade de peixes. Logo, ações de restauração ecossistêmica são urgentes e fundamentais para resolver esses passivos ambientais.

Palavras-chave: Avaliação ambiental. Faixa Marginal. Qualidade da água e do sedimento. Comunidade de peixes. Rio Paraíba do Sul.

ABSTRACT

NEVES, Luís Fernando Faulstich. **Environmental Comparison between Excerpts of the Paraíba do Sul River, with and without the River Islands.** Rio de Janeiro, 2017. Dissertation (Master Degree in Environmental Engineering) - Environmental Engineering Program, Polytechnic School and School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
Environmental Comparison between Extracts of the Paraíba do Sul River,

The present study contemplated four environmental research variables in the Médio Paraíba do Sul river basin: the vegetal cover of the Marginal Protection; The physicochemical and biological substances of water and sediment; and the fishes community. The objective of this study is to identify if stretches provided with fluvial islands present better environmental conditions in relation to stretches of islands. For this purpose, 2 stretches of river were determined to be compared: Excerpt-I (without islands) and Excerpt-II (with islands), both in the hydrographic region mentioned above. The evaluation of the historical series between 2000 and 2015 of water quality, which included both stretch together, indicated that the most worrisome parameters in the study region were the Thermotolerant Coliforms, Phosphorus and Mercury. The evaluation of the vegetation cover showed that both excerpts have modest rates of vegetation remaining in the limits of their Marginal Protection (around 23% in E-I, without islands and 20% in E-II, with islands); In relation to the absence of vegetation, at the ground-river intersection, 26.15% in the (E-I) and 52.98% in the (E-II) were quantified. The spatial evaluation of the sediment indicated that Excerpt - I, without islands, detained 14.4% of the sediment samples outside the reference limits used in the study, against 9.2% of Excerpt - II, with islands being the most critical parameters identified as Iron, Chromium, Mercury and Aluminum. The evaluation of the fishes community, through the Index of Biotic Integrity (IBI), presented a poor classification in both evaluated excerpts. However, E-II, with islands, obtained a better condition, with a value contained in (26), compared to E-I, with no islands that presented its IBI value in (22). In this way, it was possible to identify that the presence of the fluvial islands contributes in a positive way to the maintenance of the environmental quality of the Paraíba do Sul River, results that begin the discussions (before the managers of the Basin) for the transformation of the islands of the RPS in a conservation unit, in accordance with Law 9.982 / 2000. The Paraíba do Sul River presented (in the studied region) significant levels of degradation, both in marginal vegetation; as well as on water quality and sediment; and in the fishes community. Therefore, ecosystem restoration actions are urgent and fundamental to solve these environmental liabilities.

Keywords: Environmental assessment. Riparian vegetated buffer strips. Water and sediment quality. Community of fishes. Paraíba do Sul River.

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO.....	1
	INTRODUÇÃO GERAL.....	2
	A Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.....	3
	OBJETIVO GERAL.....	4
	HIPÓTESE GERAL.....	5
	ÁREA DE ESTUDO.....	5
	Trechos de estudo.....	8
	Trecho I – sem ilhas fluviais.....	8
	Trecho II – com ilhas fluviais.....	10
	Ilhas do Trecho II.....	10
Capítulo I	Diagnóstico da Qualidade da Água na Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.....	13
	Introdução.....	13
	Objetivos.....	15
	Metodologia.....	15
	Área de estudo.....	15
	Dados amostrais.....	16
	Resultados e discussão.....	17
	Conclusão.....	24
	Agradecimentos.....	25
	Referências.....	25
Capítulo II	Quantificação dos remanescentes florestais contidos na Faixa Marginal de trechos da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.....	28
	Introdução.....	28
	Referencial Teórico.....	30
	Área de Preservação Permanente (Base Legal).....	30
	Faixa Marginal	31
	Hipótese.....	32
	Objetivos.....	32

	Descrição da Área	32
	Metodologia	33
	Resultados	35
	Estimativa dos Remanescentes.....	36
	Áreas prioritárias ao reflorestamento.....	39
	Discussão	42
	Conclusão	43
	Bibliografia	44
Capítulo III	Avaliação e Comparação da Qualidade do Sedimento entre Trechos da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, Brasil	47
	Introdução	47
	O Monitoramento Ambiental.....	48
	Hipótese	49
	Objetivos	49
	Descrição da Área	49
	Metodologia	49
	Coleta e análise do Sedimento.....	49
	Referencial teórico.....	54
	Parâmetros analisados no estudo, em ordem alfabética.....	54
	Resultados	58
	Análise dos dados.....	58
	Análise dos parâmetros.....	61
	Discussão	63
	Conclusão	65
	Bibliografia	66
Capítulo IV	Usos de peixes como ferramenta para a caracterização e comparação ambiental entre trechos da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, Brasil	68
	Introdução	68
	Peixes como indicadores.....	69
	Premissas do IIBP.....	71
	Estruturações das Métricas.....	73

	Métricas funcionais consolidadas da comunidade de peixes para a região de estudo.....	73
	Métricas ecológicas avaliadas na comunidade de peixes na B.M.P.S.....	74
	Hipótese	77
	Objetivos	77
	Descrição da área	77
	Metodologia	77
	Programa de amostragem.....	77
	Logística de campo.....	77
	Métodos de amostragens.....	79
	Características dos petrechos.....	79
	Coletas por redes.....	80
	Coletas por tarrafa.....	80
	Coletas por puçá.....	80
	Triagens.....	81
	Resultados	85
	Avaliação e interpretação dos valores do IIBP.....	85
	Avaliação do Índice de Integridade Biótica de Peixes para os Trechos de estudo; campanhas de Verão – Outono – Inverno – Primavera.....	85
	Deformidades.....	91
	Ataques de petrecho pela fauna nativa.....	91
	Discussão	92
	Conclusão	95
	Bibliografia	95
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	BIBLIOGRAFIA GERAL	100
APÊNDICE I	Inventário Ictofaunístico	103
APÊNDICE II	Dados brutos refinados das campanhas do Índice de Integridade Biótica de Peixes – IIBP	116
APÊNDICE III	Lista das espécies	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH-III, conforme Resolução CERHI nº 107 de 22 de maio de 2013.....	7
Figura 2	Vista do início do Trecho I – sem ilhas (ponte da saída 297, BR116 município de Porto Real).....	9
Figura 3	Por do Sol entre árvores da FMP (4ª campanha do IIBP), Trecho I, sem Ilhas....	9
Figura 4	Visão do Trecho-I sobre a ponte Quatis-Floriano (intersecção entre os trechos de estudo).....	9
Figura 5	Trecho I, sem ilhas em destaque, imagem Google Earth.....	9
Figura 6	Parte inicial do Trecho II - com Ilhas; presença de macroalgas no leito do rio....	12
Figura 7	Trecho II - com Ilhas, presença de rochedos com vegetação no leito do rio.....	12
Figura 8	Trecho II - com Ilhas; rochedos e corredeiras no leito do rio.....	12
Figura 9	Trecho II, com ilhas em destaque; imagem Google Earth.....	12
 Capítulo I		
Figura 1	Mapa da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH-III, demarcada pela Resolução nº 107 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Estações de coletas demarcadas pelo retângulo: PS415; PS418; PS419 e PS421.....	15
Figura 2	Resultados da análise sazonal conforme as Médias dos parâmetros analisados (2000 a 2015), com inclusão dos limites legais (Resoluções do CONAMA) representada pelas linhas horizontais.....	22
 Capítulo II		
Figura 1	Delimitação da faixa marginal no trecho de estudo (R.P.S.).....	32
Figura 2	Réguas delimitadoras de 100 metros para demarcação da Faixa Marginal (em vermelho); imagem: Google Earth de 11/04/2016 (local: Trecho I, sem ilhas - Bulhões).....	33
Figura 3	Polígono demarcado da Faixa Marginal; imagem Google Earth de 11/04/2016 (local: Trecho I, sem ilhas - Bulhões).....	34
Figura 4	Demarcação dos remanescentes florestais (em verde) contidos nos limites da Faixa Marginal; imagem Google Earth de 11/04/2016 (local: Trecho I, sem ilhas - Bulhões).....	34
Figura 5	Representação do Trecho I (sem ilhas), com detalhamento dos remanescentes florestais; elaborado com o software Quantum Gis 2.14.0-Essen.....	37

Figura 6	Representação do Trecho II (com ilhas), com detalhamento dos remanescentes florestais; elaborado com o software Quantum Gis 2.14.0-Essen.....	38
Figura 7	Representação do Trecho I (sem ilhas), com detalhamento para a quilometragem desprotegida de vegetação ripária (prioritárias ao reflorestamento). Elaborado com o software Quantum Gis 2.14.0-Essen.....	40
Figura 8	Representação do Trecho II (com ilhas), com detalhamento para a quilometragem desprotegida de vegetação ripária (prioritárias ao reflorestamento). Elaborado com o software Quantum Gis 2.14.0-Essen.....	41

Capítulo III

Figura 1	Mapa da área de estudo: Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (RH-III) com destaque para os trechos de estudo e para as estações de coletas de sedimento.....	51
Figura 2	Ponto 4b no Trecho - II, com ilhas; as setas em azul indicam os quatros pontos de coleta que abrangem cerca de 400/800 m ² de área amostrada, conforme metodologia do Quarteamento sedimentológico para margens de rio.....	52
Figura 3	Busca fundo modelo Van-Veen. (coleta em 21/03/2016 – margem direita R.P.S.).....	53
Figura 4	Processo de homogeneização das amostras (coleta em 26/09/2016 – margem direita R.P.S.).....	53
Figura 5	Armazenamento das amostras em sacos <i>WydaZip</i> (1/4 partes do Quarteamento)	53
Figura 6	Trémimo das coletas, amostras ensacadas e etiquetadas; T-I em amarelo e T-II em azul.....	53

Capítulo IV

Figura 1	Mapa da área amostrada com os Trechos de estudo: (T-I, sem ilhas) em amarelo e (T-II, com ilhas) em azul, destaque para os pontos de coleta das campanhas do Índice de Integridade Biótica de Peixes – IIBP.....	78
Figura 2	Conjunto das 11 redes de emalhar (5 metros).....	83
Figura 3	Tarrafa com 18 metros de roda e 3kg.....	83
Figura 4	Conjunto de puçás de mão.....	83
Figura 5	Pescador Agenor lançando a rede de 25 mm. (T-I, sem Ilhas).....	83
Figura 6	Lançamento de rede à margem direita R.P.S. (T-I, sem Ilhas).....	83
Figura 7	Pescador Ligeirinho tarrafando a margem esquerda do R.P.S.....	83
Figura 8	Etiquetas e sacos plásticos de campo (T-I em amarelo e T-II em azul).....	84
Figura 9	Balança e Ictiômetro.....	84
Figura 10	<i>Astyanax Bimaculatus</i> sendo triados em sequência.....	84

Figura 11	<i>Prochilodus vimbooides</i> (espécie de soltura capturada com estágio avançado de reprodução).....	84
Figura 12	Medição das variáveis da água no Pós-coleta.....	84
Figura 13	Sonda multiparâmetros modelo: YSI -6600 V2.....	84
Figura 14	<i>Astyanx bimaculatus</i> (T-II), capturado em 19/01/2016; rede 15 mm - superfície.....	91
Figura 15	<i>Hoplosternum affinis</i> (T-II), capturado em 19/01/2016; rede 50 mm - fundo.....	91
Figura 16	<i>Randia quelem</i> , atacada por lontra (T-I, em 19/01/2016).....	92
Figura 17	<i>Oligosarcus herpentinus</i> atacado por crustáceo (T-II, em 12/04/2016).....	92

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1	Métodos de análise da qualidade da água utilizados pelo INEA/RJ, conforme <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (USA)</i>	17
Tabela 2	Média e desvio padrão dos parâmetros analisados na Região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, entre 2000 a 2015, bem como os padrões de referência conforme as resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011.....	21

Capítulo II

Tabela 1	Valores (em hectares) da FMP conforme margens e trechos de estudo.....	35
Tabela 2	Valores detalhados (em hectares) dos fragmentos florestais na FMP, conforme o trecho de estudo.....	36
Tabela 3	Cálculo das percentagens dos remanescentes florestais por trecho de estudo na Região do Médio Paraíba do Sul.....	36
Tabela 4	Distância em quilômetros dos pontos de ausência na vegetação ripária, conforme o trecho de estudo.....	39
Tabela 5	Estimativa da quilometragem dos trechos de estudo desprovidos de vegetação.....	39

Capítulo III

Tabela 1	Pontos de coleta de sedimento destacados por trechos de estudo, com frequência de amostragem semestral.....	50
Tabela 2	Ensaio de sedimento realizados no estudo e seus respectivos métodos. Fonte: Gerência de Análises Laboratoriais (GELAB/INEA).....	54
Tabela 3	Dados brutos da qualidade do sedimento por campanha e trechos de estudo, com os limites de referência internacionais para metais em sedimentos: ISQC =	

	Interim Sediment Quality (CANADA, 2002) e TEC = Threshold Effects Concentrations (WISCONSIN, 2003).....	59
Tabela 4	Média dos dados de sedimentos por trecho de estudo, em ambas as coletas, com os limites de referência internacionais para metais em sedimentos: ISQC = Interim Sediment Quality (CANADA, 2002) e TEC = Threshold Effects Concentrations (WISCONSIN, 2003).....	60
Capítulo IV		
Tabela 1	Cronograma de amostragens para o índice de integridade biótica de peixes na Região do Médio Paraíba do Sul.....	81
Tabela 2	Variáveis da água coletadas na calhas principal do R.P.S. por sonda multiparametro nas campanhas do IIBP.....	82
Tabela 3	Planilha geral dos trechos de estudo para classificação das métricas relativas às espécies de peixes capturadas na calha principal da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.....	86
Tabela 4	Planilha geral dos cálculos das métricas ecológicas do Índice de Integridade Biótica de Peixes para calha principal da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, conforme cada trecho de estudo.....	88
Tabela 5	Resultados do IIBP após avaliação da pontuação e peso das Métricas, conforme cada trecho de estudo (adaptado INEA, 2010).....	90
Tabela 6	Valores referentes às métricas complementares, vinculadas às planilhas anteriores, conforme o trecho de estudo; adaptado de (INEA, 2010).....	90
Apêndice II		
Tabela 1	Quadro geral de capturas do IIBP (indivíduos/peso) destacados por campanhas, trecho de estudo (T-I e T-II) e petrecho utilizado.....	116
Tabela 2	Quadro geral de capturas do IIBP (espécies) destacados por campanhas, trecho de estudo (T-I e T-II) e petrecho utilizado.....	117
Tabela 3	Quadro geral dos ataques aos petrechos, destacado por campanhas, trecho de estudo (T-I e T-II) e tipo de rede.....	118
Apêndice III		
Tabela 1	Relação de captura das 28 variedades de espécies por trecho de estudo na Bacia do Médio Paraíba do Sul, totalizando 561 indivíduos.....	119

LISTA DE QUADROS

Capítulo III

Quadro 1	Planilha padrão para o cálculo da pontuação das Métricas e obtenção do resultado do IIBP (Fonte: SUPMEP/INEA).....	72
Quadro 2	Critérios para interpretação do índice de integridade biótica de peixes (IIBP) para bacia do Médio Paraíba do Sul; adaptado (INEA, 2010).....	72
Quadro 3	Matriz de suporte à definição das métricas relativa às espécies de peixes nativas e exóticas ocorrentes na calha do Rio Paraíba do Sul; as espécies exóticas estão assinaladas com um asterisco. Fonte: INEA, 2010.....	74
Quadro 4	Relação das redes de emalhar utilizadas para amostragem quantitativa da ictiofauna do rio Paraíba do Sul, fonte: (INEA, 2010).....	81

LISTA DE EQUAÇÕES

Capítulo II

Equação1	Regra de três simples direta, para estimativa das percentagens dos remanescentes e das áreas desprotegida de vegetação dos trechos de estudo.....	35
----------	---	----

APRESENTAÇÃO

O presente estudo se propõe a investigar se trechos de rio providos de ilhas fluviais apresentam condições ambientais mais favorecidas à ictiofauna, comparadas a trechos desprovidos de ilhas. Para isso, são abordadas quatro variáveis ambientais da bacia hidrográfica, capazes de fornecer um diagnóstico confiável da integridade ambiental do manancial, distribuídas em quatro capítulos distintos. Deste modo o trabalho inicia pela parte introdutória, que expõe uma visão geral, onde serão apresentadas as características da região estudada, incluindo os principais problemas ambientais existentes. Após os capítulos, o trabalho é finalizado com sugestões de práticas de gestão ambiental (aos dirigentes da bacia hidrográfica), sendo essas, subsidiadas pelos principais resultados encontrados no estudo.

É importante salientar que a variável ambiental Qualidade da Água, disposta no Capítulo I, será apresentada de forma extensiva, ou seja, abrangendo uma área de rio na região do Médio Paraíba do Sul, superior a efetivamente contemplada por este trabalho. Esse panorama mais abrangente é justificado devido aos dados brutos de qualidade da água terem sido fornecidos pelo Instituto Estadual do Ambiente, e suas estações de monitoramento da água estarem dispostas em regiões não específicas ao objetivo deste estudo. Nas demais variáveis investigativas, os dados brutos foram obtidos precisamente dentro da área estudada.

Outras variáveis a serem abordadas são a vegetação ripária remanescente (Capítulo II), a qualidade do sedimento (Capítulo III) e ainda a integridade da comunidade de peixes (Capítulo IV).

Ao final do estudo são fornecidos três apêndices contendo o inventário ictiofaunístico das espécies capturadas, os dados brutos da comunidade de peixes e a listagem das espécies capturadas destacadas por ordem, família, gênero e trecho de estudo.

INTRODUÇÃO GERAL

Em se tratando de recursos hídricos, o Brasil apresenta uma situação relativamente confortável, comparado a outros países, pois detém aproximadamente 13% da água doce do planeta (ESTEVES, 1998). A disponibilidade hídrica per capita, determinada a partir de valores totalizados para o país, indica uma situação satisfatória, quando comparada aos valores dos demais países, no entanto, apesar desse aparente conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro (ANA, 2012). Enquanto nos estados nordestinos predominam-se regiões semiáridas, a região amazônica possui abundância em água, e essa disparidade representa desafios para a gestão dos recursos hídricos, hoje e futuramente (OCDE, 2015).

A gestão dos recursos hídricos, nos moldes da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Lei Federal 9.433 de 8 de janeiro de 1997) preconiza que a água é um bem de domínio público, limitado e de valor econômico. Define também, que esta gestão deve proporcionar o uso múltiplo da água, beneficiando diversos atores, sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para a implementação desta política.

As bacias hidrográficas podem fornecer diversos serviços ambientais. Os interligados ao fluxo hídrico, como usos diretos da água, preservação de fontes hídricas, regulação de fluxo e controle de enchentes; os relacionados aos ciclos biogeoquímicos, como o armazenamento e fixação de carbono e armazenamento e reciclagem de nutrientes; os associados à proteção e produção biológica, como a manutenção da vida silvestre e a fertilização e formação dos solos; e os relacionados com a beleza cênica natural ou para fins turísticos, recreativos e científicos (JÍMENEZ e FAUSTINO, 2003).

A Bacia do Rio Paraíba do Sul, doravante BRPS, faz parte da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste; abrange área de drenagem de aproximadamente 55.500 km², envolvendo os estados de São Paulo (13.900 km²), do Rio de Janeiro (20.900 km²) e de Minas Gerais (20.700 km²) (CEIVAP, 2006). É responsável pelo abastecimento de maneira integral ou parcial de 184 municípios inseridos em seu território, sendo 39 no Estado de São Paulo, 57 no Rio de Janeiro e 88 em Minas Gerais, fornecendo água para uma população de mais de 17 milhões de habitantes (FORMIGA-JOHNSSON *et al.*, 2015). No Rio de Janeiro abrange 62% da área do Estado, abastecendo cerca de 12,3 milhões de habitantes. No seu percurso dentro do Estado Fluminense, o rio Paraíba do Sul abastece 17 municípios além de nove cidades na

Região Metropolitana, através da transposição de suas águas para o rio Guandu (PERHI, 2014). Em termos de arrecadação financeira (oriundo do instrumento de outorga), é o segundo rio no ranking nacional, com pouco mais de 150 milhões de reais arrecadados somente em 2015, valor que também inclui a transposição para o rio Guandu (ANA, 2016).

Entretanto, o desenvolvimento da bacia ao longo dos anos vem causando a degradação da qualidade de suas águas e conseqüente redução de sua disponibilidade hídrica. Em relação ao uso e ocupação do solo a BRPS vem sofrendo ações equivocadas por séculos, conforme o histórico apresentado por Coelho (2012), que contextualizou essa ocupação e as conseqüências para a cobertura vegetal original da Bacia e afirmou que a destruição das florestas intensificou-se na segunda metade do século XVIII. Segundo o relatório do plano de recursos hídricos da BRPS (CEIVAP, 2007), outro fato contribuinte foi o tripé colonial da monocultura-latifúndio-trabalho escravo que subsidiou o desenvolvimento das lavouras de cana-de-açúcar na Baixada Fluminense. Já a cafeicultura contribuiu por extensas queimadas e de plantios "morro acima", resultando em rápidas perdas de produtividade, erosão e degradação das terras, que se perpetuaram com a substituição do café pelas pastagens.

Ao longo do trajeto do rio Paraíba do Sul e de seus principais rios contribuintes, indústrias se instalaram e cidades cresceram, despejando efluentes em suas águas, na maioria das vezes sem qualquer tipo de tratamento (CEIVAP, 2006). Ainda segundo Coelho (2012), um bilhão de litros de esgoto doméstico, praticamente sem tratamento, são despejados diariamente nos rios da bacia do Paraíba do Sul. Além disso, cerca de 90% dos municípios que compõem a bacia não contam com estação de tratamento de esgoto. Da carga poluidora total da bacia do Paraíba do Sul, aproximadamente 86% são oriundos de efluentes domésticos e 14% de efluentes industriais.

A Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul

A Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul - RH-III, demarcada pela Resolução 107/2013 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, é composta pela bacia do Rio Preto e pelas bacias dos rios afluentes do curso médio superior do rio Paraíba do Sul. Abrange, de maneira integral, os municípios de Itatiaia, Resende, Porto Real, Quatis, Barra Mansa, Volta Redonda, Pinheiral, Valença, Rio das Flores, Comendador Levi Gasparian e, de maneira parcial, os municípios de Mendes, Rio Claro, Pirafé, Barra

do Pirai, Vassouras, Miguel Pereira, Paty do Alferes, Paraíba do Sul e Três Rios, com um total de 19 municípios (Figura 1).

A região hidrográfica possui área de 6.426 km², ocupando 10,48 % do território do estado do Rio de Janeiro, é uma das grandes sub-bacias formadoras do rio Paraíba do Sul detendo percentuais de cobertura florestal nativa composto por 16% de florestas contínuas e 26% por fragmentos florestais (CEIVAP, 2014). O rio apresenta, na altura da região, vazão média de longo termo de 278 m³/s (ANA, 2017) e a precipitação total anual varia de 1300 – 1490 mm, entre as cidades de Resende a Barra Mansa. Segundo o relatório de Situação da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul até o ano de 2016, a região possuía 63 usuários de recursos hídricos outorgados em finalidades como aquicultura, indústria, mineração, saneamento entre outros, que totalizaram em 2016 um montante de R\$ 871.376,54 arrecadados pelo uso da água bruta na região (AGEVAP, 2016).

Outra característica importante da bacia é que a região detém 44 unidades de conservação, criadas nas esferas Federal, Estadual e Municipal, sendo que 27 delas são de Uso Sustentável e 17 de Proteção Integral. No entanto, é possível perceber processos erosivos significativos decorrentes dos diversos ciclos econômicos ocorridos na bacia e da falta de conservação atual do solo (CEIVAP, 2014). Segundo estudo intitulado Avaliação Ambiental do rio Paraíba do Sul, trecho Funil – Três Rios (INEA, 2015), a bacia está consideravelmente descaracterizada em relação às condições ambientais originais, não somente pela devastação significativa da cobertura vegetal, mas também pela depleção da qualidade da água provocada pela expansão urbana e industrial e pela descaracterização da ictiofauna nativa gerada pelas barragens das hidroelétricas e pela poluição.

OBJETIVO GERAL

Avaliar e comparar as características ambientais entre dois trechos do rio Paraíba do Sul: com e sem a presença de ilhas fluviais.

Os objetivos específicos para os trechos analisados na região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul consistiram em:

- caracterizar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água na região;
- mensurar e comparar a cobertura remanescente da vegetação ripária atual, nos trechos de estudo;
- analisar e comparar parâmetros físico-químicos dos sedimentos dos trechos de estudo;
- aplicar o Índice de Integridade Biótica de peixes para caracterização e comparação dos trechos de estudo;
- gerar o inventário ictiofaunístico das espécies capturadas no estudo.

HIPÓTESE GERAL

O presente estudo pressupõe que trechos de rio providos de ilhas fluviais tendem a apresentar melhores condições biológicas para a comunidade de peixes, devido à influência que as ilhas podem gerar em relação à qualidade ambiental do manancial como, por exemplo: (a) maior disponibilidade de abrigo para vida aquática e reprodução das espécies; (b) oxigenação, variação de fluxo e depuração hídrica, devido ao hidrodinamismo causado por afloramentos rochosos; (c) maior cobertura vegetal com sombreamento e disponibilidade de material alóctone como alimento para as espécies frutíferas e insetívoras, entre outras.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se ao sul do estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Porto Real e Barra Mansa, na Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (RH-III), é caracterizada por receber os efluentes da cidade de Resende, do Tecnopolo industrial e das cidades de Porto Real, Quatis, e do distrito de Floriano em Barra Mansa (Figura 1).

Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (CEIVAP, 2014), os principais impactos ambientais que a região sofre estão vinculados às atividades de mineração; ocupações irregulares de encosta; atividades agropecuárias; desmatamento de áreas protegidas; hidroelétricas e efluentes não tratados urbanos e industriais.

A área de estudo específica foi escolhida por apresentar trechos distintos (com e sem a presença de ilhas fluviais), bem demarcados e próximos entre si, e que por esta proximidade, estão submetidos às mesmas características ambientais.

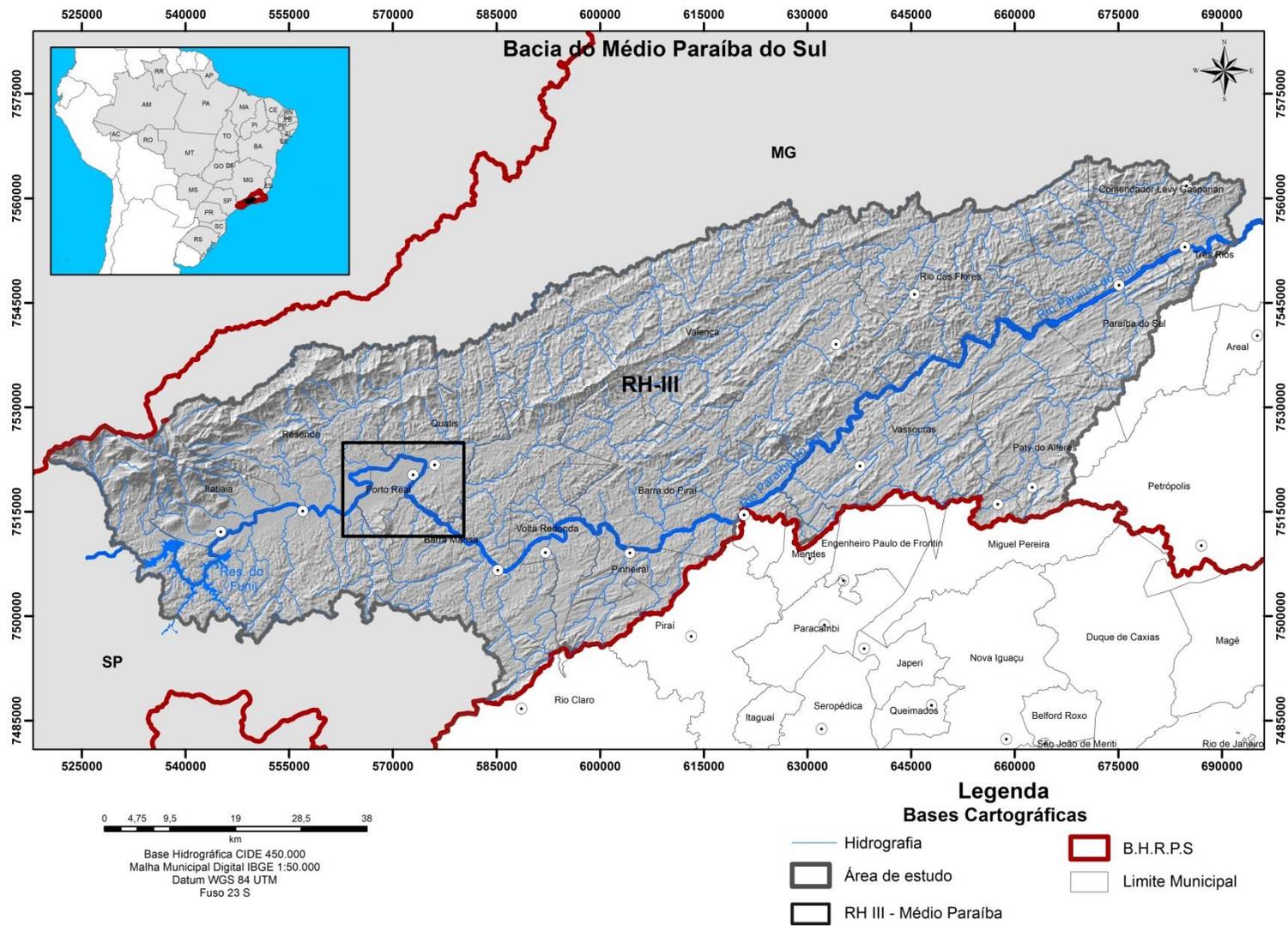


Figura 1: Mapa da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (RH-III), regulamentada pela Resolução CERHI n° 107 de 22 de maio de 2013; com destaque para região de estudo. Fonte: Autor

Trechos estudados

Trecho I – sem ilhas fluviais

Trecho iniciado na ponte da saída do km 298 da BR 116 (Rodovia Presidente Dutra) nas proximidades do bairro de Bulhões, na cidade de Porto Real (Figura 2), e terminando na ponte limítrofe entre os municípios de Quatis e Barra Mansa. O Trecho I caracteriza-se pela proximidade do tecnopólo industrial da cidade de Porto Real, que possui empresas do ramo automotivo, siderúrgico, de bebidas, petroquímico, mineração, entre outros. Essas empresas fazem uso da água bruta do trecho do rio, com uma vazão aproximada de 1,6 milhões de m³/ano. O uso é regulamentado pelo instrumento de outorga de recursos hídricos concedida pela Agência Nacional de Águas – ANA, por ser este um rio de dominialidade federal (CNARH, 2016). Outras características do Trecho I são a de possuir uma pequena lagoa marginal sazonal (22°24'20.00”S – 044°16'29.74” O) e por apresentar fortes curvas que modificam em até quatro vezes sua direção (Figura 5) e pela uniformidade de sua largura, com média aproximada de 106 metros (Figuras 3 e 4). A extensão do Trecho I é de aproximadamente 25 km, e declividade média em torno de 1m/Km (AB’SABER e BERNARDES, 1958 *apud* INEA, 2010). A vegetação ripária apresenta estratos arbóreo e arbustivo ao longo do trecho, em ambas as margens, com relativo grau de degradação.



Figura 2: Vista do início do Trecho I – sem ilhas (ponte da saída 297, BR116 município de Porto Real) do Rio Paraíba do Sul. Figura 3: Por do Sol entre a vegetação ripária do Rio Paraíba do Sul - Trecho I, sem Ilhas. Figura 4: Panorama do Trecho-I sobre a ponte Quatis-Floriano (intersecção entre os trechos de estudo) no Rio Paraíba do Sul. Figura 5: Visão geral do Trecho I sem ilhas no Rio Paraíba do Sul. Imagem Google Earth. Fonte: Autor

Trecho II – com ilhas fluviais

O segundo trecho da área de estudo é provido de ilhas suaves, meandros e afloramentos rochosos. Na maior parte é constituído por pontos de corredeiras, fundos de pedra, substrato de cascalho ou areia grossa (Figuras 6, 7 e 8). Inicia-se exatamente após o fim do primeiro trecho, na ponte limítrofe entre os municípios de Quatis e Barra Mansa, terminando na ponte ferroviária do Rio Paraíba do Sul, nas adjacências do bairro Vista Alegre na cidade de Barra Mansa. Possui aproximadamente 12 km de extensão e largura heterogênea, com média de 136 metros* (Figura 9), diferença que se dá devido ao alargamento das margens nos agrupamentos de ilhas fluviais que o compreende. A declividade média é em torno de 1m/Km (AB'SABER e BERNARDES, 1958 *apud* INEA, 2010).

No quesito empreendimentos instalados, o Trecho II apresenta menor relação comparado ao Trecho I, com empresas do ramo de mineração, química entre outras; que utilizam uma vazão aproximada de 272 mil m³ de água por ano do rio Paraíba do Sul (CNARH, 2016).

A vegetação ripária também apresenta relativo grau de degradação, com exceção para as ilhas fluviais que ainda detém certo grau de vegetação.

Ilhas do Trecho II

O referido trecho apresenta (23) vinte e três ilhas fluviais em sua extensão, em diversos tamanhos e formatos, distribuídas em (6) seis séries distintas, sendo que algumas dessas séries são representadas por pequenos agrupamentos de ilhas; detendo área total de 23,5 hectares.**

→ A primeira série é composta por um agrupamento com quatro ilhas (sendo que a segunda maior delas apresenta pequena ocupação antrópica). Está localizada próximo à empresa de mineração de areia quartzosa (Capuri Mineração S.A.), situada na margem esquerda do rio. É caracterizada pelo aumento abrupto de largura das margens do rio, e por conter rochedos aparentes em suas proximidades, que ficam mais evidentes em períodos de seca.

→ A segunda série é composta por um agrupamento de cinco ilhas, com ocupação antrópica na maior delas, está localizada próximo ao quilômetro 286, a cerca de 900 metros da pista Norte da BR 116, na margem direita. Caracteriza-se por apresentar a maior distância entre suas margens, afloramentos rochosos e vegetação moderadamente preservada dentro das ilhas.

→ A terceira série é composta por um agrupamento com 11 ilhas de diversos tamanhos. Está localizada próximo à Pedreira Pombal LTDA, na margem direita e caracteriza-se por apresentar a maior ilha (com presença antrópica) e vários refúgios aquáticos, remansos, pouco afloramento rochoso e vegetação relativamente impactada.

→ A quarta série é composta por apenas uma ilha, localizada a cerca de 500 metros a jusante da empresa White Martins Gases Industriais, na margem direita; caracteriza-se por ter um formato levemente triangular, poucas rochas em seu redor e vegetação razoavelmente preservada.

→ A quinta série, representada por uma ilha, situa-se próximo a empresa química DuPont do BRASIL S/A, na margem direita; caracterizada por deter pequenos rochedos em sua adjacência, ocupação antrópica com plantio de hortaliças e conseqüentemente baixa vegetação. Outra característica relevante é por estar próxima ao descarte de efluente, da empresa supracitada, o que aparentemente não deve causar dano significativo, devido à relação entre a baixa vazão do efluente descartado e a vazão perene do rio Paraíba do Sul.

→ A sexta e última série é representada por uma única ilha, de pequeno porte, localizada nas proximidades do pátio P2-14 da ferrovia do aço em Barra Mansa, na margem esquerda. Pode ser caracterizada por apresentar vegetação relativamente preservada e pouco afloramento de rochas em suas cercanias.

* Média calculada através da coleta de 10 pontos distintos entre as margens do trecho do rio.

** Perímetro calculado através do software *Free Maps Tools* disponível em: <http://www.freemaptools.com/area-calculator.htm>. O perímetro das ilhas extremamente próximas foi calculado conjuntamente.



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

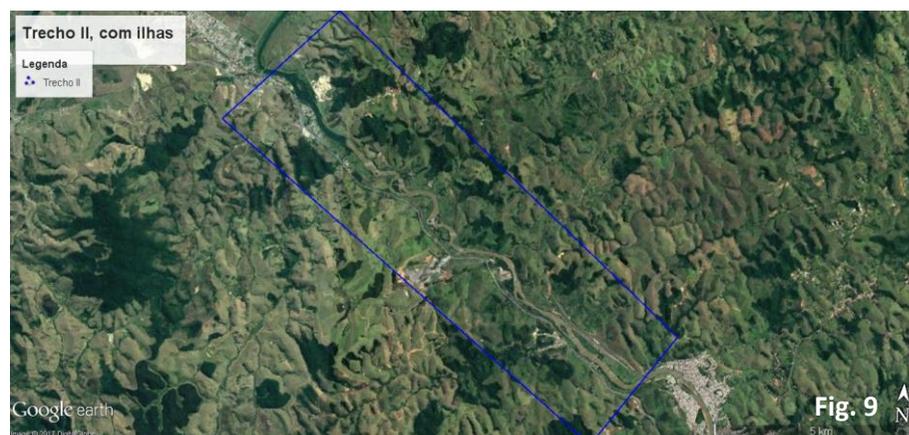


Fig. 9

Figura 6: Parte inicial do Trecho II - com Ilhas; presença de macroalgas no leito do Rio Paraíba do Sul. Figura 7: Trecho II - com Ilhas, presença de rochedos com vegetação no leito do Rio Paraíba do Sul. Figura 8: Trecho II - com Ilhas; rochedos e corredeiras no leito do Rio Paraíba do Sul. Figura 9: Visão geral do Trecho II, com ilhas em destaque no Rio Paraíba do Sul. Fotos 6 a 8: Autor; Imagem 9: Google Earth.

Capítulo I

Diagnóstico da Qualidade da Água na Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Diagnosis of Water Quality in the Hydrographic Region of the Middle Paraíba do Sul, Southern Fluminense Region of the State of Rio de Janeiro, Brazil.

Luís Fernando Faulstich Neves; Cristina Aparecida Gomes Nassar e Luiz Constantino da Silva Junior

Resumo: O presente estudo avalia a variação temporal da qualidade de água de um trecho da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, localizado entre os municípios de Porto Real a Volta Redonda, entre os anos 2000 e 2015. Foram avaliados parâmetros físicos, químicos e biológicos, coletados pelas estações de amostragem do Instituto Estadual do Ambiente/RJ na calha principal do rio Paraíba do Sul. Os resultados mais preocupantes encontrados foram nos parâmetros Coliformes Termotolerantes, com todos os valores referentes às médias por estações do ano em desacordo com a resolução do CONAMA, seguido pelo Fósforo Total que também apresentou todas as médias irregulares e pelo parâmetro Mercúrio, com a média referente à estação inverno fora do padrão CONAMA 357 e 430. Políticas eficientes, conscientização ambiental da população envolvida e principalmente investimentos voltados ao reflorestamento e no saneamento urbano, são imprescindíveis para melhoria do atual quadro da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.

Palavras Chaves: Qualidade da Água; Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos; Rio Paraíba do Sul.

Introdução

Em se tratando de recurso hídrico é de senso comum que o Brasil possui uma situação privilegiada. No entanto, não existe uniformidade nem na sua abundância no território e nem ao longo do ano (ANA, 2012). A distribuição desigual não é atípica em países de proporções continentais como o Brasil, e por isso, representa um desafio para a gestão hídrica atual e futura (OCDE, 2015). Dentro desta perspectiva, a gestão dos recursos hídricos, nos moldes da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal 9.433 de 8 de Janeiro de 1997) define, entre seus fundamentos, que a água é um bem de domínio público, limitado e de valor econômico e instrui também que esta gestão deve proporcionar os usos múltiplos da água, sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para a implementação desta política.

A Bacia do Rio Paraíba do Sul, doravante BRPS, faz parte da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste englobando os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Essa

bacia é responsável pelo abastecimento, integral ou parcial, de 184 municípios inseridos em seu território, fornecendo água para uma população de mais de 17 milhões de habitantes. Apenas no Rio de Janeiro ela abrange 62% da área do Estado, abastecendo cerca de 12,3 milhões de habitantes. Em seu percurso dentro desse Estado, o rio Paraíba do Sul abastece 17 municípios além de nove cidades na Região Metropolitana, através da transposição de suas águas para o rio Guandu (FORMIGA-JOHNSON *et al.*, 2015). Tais fatos determinam sua importância para o sudeste brasileiro, em especial para o Rio de Janeiro.

O desenvolvimento econômico e o crescimento urbano na BRPS vêm causando a queda na qualidade de suas águas e, também a redução da disponibilidade hídrica. Essa deterioração se deve não somente à diluição excessiva de esgoto urbano no manancial do Rio Paraíba do Sul, mas também, conforme alertado no estudo CEIVAP (2006), pelo crescimento desordenado das cidades e pelo aumento no número de indústrias instaladas. A situação é ainda agravada pela ocupação de suas margens, que compromete a vegetação marginal, o que influencia sua função ecológica no ecossistema. Segundo COELHO (2012), no tocante ao saneamento básico, a situação é preocupante uma vez que 1 bilhão de litros de esgoto doméstico são despejados diariamente nos rios da BRPS. A situação se agrava devido alguns municípios da bacia hidrográfica não possuírem estação de tratamento de esgoto. Neste sentido, Tundisi & Tundisi (2016) alerta para o conjunto de substâncias tóxicas dissolvidas na água, que podem se acumular no sedimento e na cadeia alimentar por meio do processo de bioacumulação. Esse acúmulo nos organismos pode gerar toxicidade crônica e/ou aguda podendo inclusive afetar o homem.

Em função dos crônicos problemas levantados é essencial o monitoramento da qualidade de água da bacia, e também estudos de série temporal, que permitam avaliar as alterações na hidroquímica da água ao longo dos anos. Uma longa série temporal pode fornecer informações para o processo de gestão desse recurso hídrico, bem como para seus diversos usos (abastecimento público e industrial, irrigação, geração de energia, pesca e recreação).

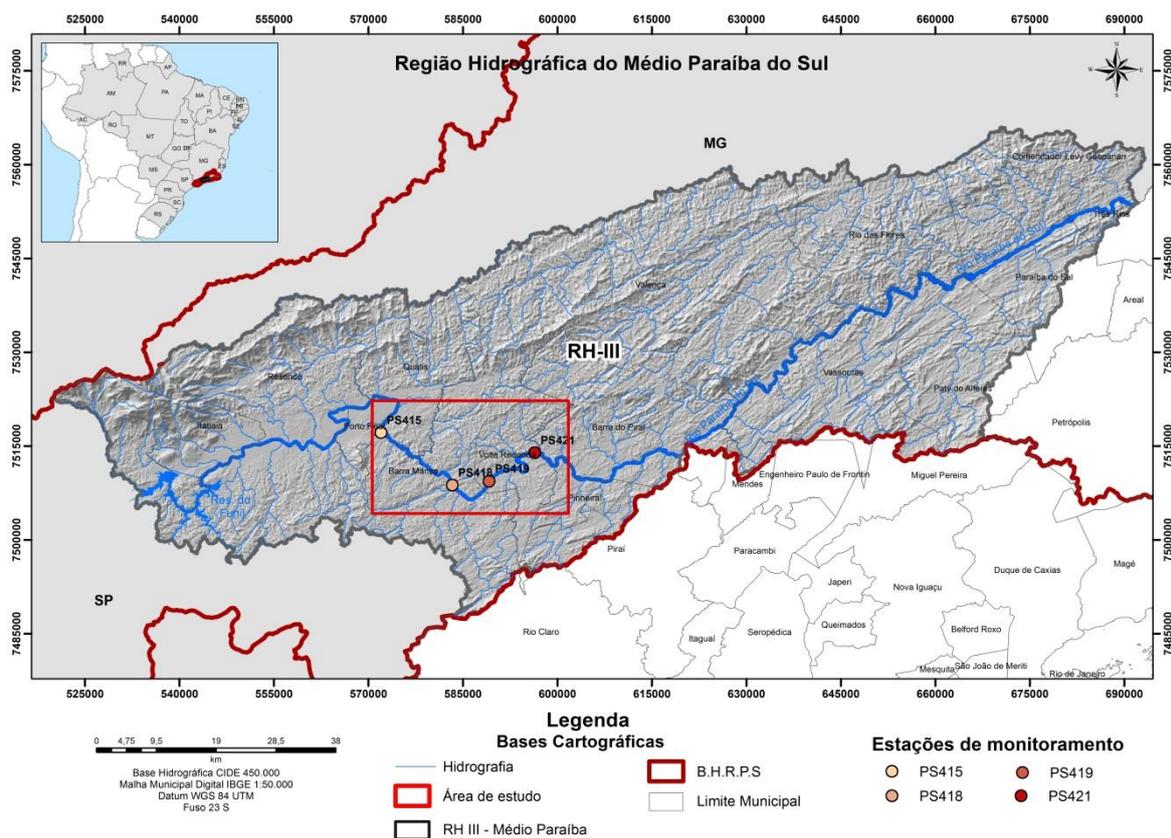


Figura 1: Mapa da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH-III, demarcada pela Resolução nº 107 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Estações de coletas demarcadas pelo retângulo: PS415; PS418; PS419 e PS421. Fonte: Autores

Objetivos

Avaliar a variação sazonal de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água em um trecho de rio da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. O estudo visa ainda listar os principais impactos ambientais gerados pelas atividades humanas existentes.

Metodologia

Área de estudo

O trecho estudado na BRPS faz parte da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (Figura 1), onde se localizam as estações de monitoramento da qualidade da água, gerenciadas pelo Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA). As estações de monitoramento estão dispostas entre o Tecnopolo do município de Porto Real e o Parque Siderúrgico do município de Volta Redonda, abrangendo 38 km de distância na calha principal do rio Paraíba

do Sul. As quatro estações têm estas denominações e localização: PS415, ponte entre os municípios Floriano/Quatis; PS418, ponte à jusante da siderúrgica de Barra Mansa; PS419, ponte de pedestre, próxima à fábrica Cimento Tupi, em Barra Mansa e PS421, na BR 116, primeira ponte adentrando o município de Volta Redonda.

Nesse trecho, o rio é caracterizado por receber efluentes municipais, e de empresas do ramo automobilístico, mineração, químico e siderúrgicos (INEA, 2015). A vazão média de longo termo é de 178 m³/s na altura da cidade de Três Rios e os índices pluviométricos são de 1.000mm a 1.250mm, entre os municípios de Vassouras a Cantagalo (CEIVAP, 2014).

Dados amostrais

Nove parâmetros da qualidade da água foram selecionados (Tabela 1) para análise por: (i) serem bons indicadores dos impactos conhecidos na calha do Rio Paraíba do Sul: despejo de efluentes domésticos e industriais (MALM *et al.*, 1988; CEIVAP, 2006 e 2014; COELHO, 2012 e INEA, 2010, 2012 e 2015); e (ii) apresentarem um número elevado de amostras dentro do período histórico analisado, entretanto cabe enfatizar que as vazões do rio não foram relacionadas aos valores dos parâmetros analisados. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estão discriminados na Tabela 1, bem como seus métodos de análise, conforme regulamentação da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (USA). As informações analisadas neste estudo foram disponibilizadas pelo INEA/RJ e compõem um intervalo temporal entre os anos 2000 e 2015, com amostragens semanais.

Cabe destacar que os dados provenientes das estações de monitoramento foram agrupados para a realização dos testes estatísticos. Desta forma, o diagnóstico refere-se à região de Porto Real a Volta Redonda como um todo.

Para comparação com a legislação vigente, foram inseridos os valores de referência para rios de classe II das resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente: CONAMA 357 de 2005 e CONAMA 430 de 2011 (que complementou e alterou a anterior); resoluções que apresentam os referenciais de classificação dos corpos hídricos, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água.

Tabela 1: Métodos de análise da qualidade da água utilizados pelo INEA/RJ, conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – USA* (EATON *et al.*, 1995).

ENSAIO	MÉTODO
Coliformes termotolerantes	SM 9221E2
DBO	SM 5210 A/B
Fósforo Total	SM 4500-P A/B/E
Merúrio	SM 3112B
Nitrogênio amoniacal dissolvido	SM 4500-NH3 A/F
Oxigênio dissolvido (OD)	SM 4500-O A/C
pH	SM 4500-H+
Temperatura	Sonda multiparâmetros
Turbidez	SM 2130 A/B

Fonte: Gerência de Avaliação de Qualidade das Águas (GEAG/INEA), 2016.

Os dados foram analisados de acordo com a média aritmética encontrada por estação do ano. O número de amostras não foi semelhante para todos os anos analisados.

Para verificar a ocorrência de diferenças entre as estações do ano, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) para cada parâmetro avaliado, seguido de um teste *post hoc* quando $p < 0,05$. O teste de Correlação de Pearson foi utilizado para correlacionar os parâmetros estudados. Para os testes foi utilizado o software *Statistica for Windows 5.0*.

Resultados e discussão

A média e desvio padrão dos dados da série histórica, de acordo com as estações do ano, foram sintetizados na Tabela 2. A tabela também indica os padrões definidos exigidos pelas resoluções CONAMA 357 e 430.

Temperatura da Água

A temperatura da água na região ficou entre 16 e 30 °C, com média geral em 22,4 °C. Como era de se esperar, as mais baixas temperaturas foram registradas nos meses de junho a agosto (inverno) e as mais altas nos meses de novembro a fevereiro (verão) (Figura 2a).

Não foi possível detectar violação nos padrões estipulados pela CONAMA 430, através dos dados analisados, pois o valor de referência (não superior a 40°C) refere-se à temperatura do efluente descartado, e não o mensurado no corpo receptor. O teste ANOVA

indicou diferença significativa entre as estações do ano ($H=35,57$; $p<0,05$), sendo que primavera e outono são semelhantes entre si (Tabela 2).

Oxigênio Dissolvido (OD)

Os valores de OD variaram entre 1,2 e 9,8 mg/L, tendo a mínima registrada no outono de 2007 e máxima no verão de 2006. A média de OD para a série temporal foi 7mg/L. O padrão de referência (não inferior a 5 mg/L) da resolução CONAMA 357 foi infringido por 11 vezes, valores entre 1,2 a 4,8 mg/L, nos anos de 2002, 2004, 2007, 2010, 2014 e 2015 (Figura 2b). O OD mostrou um comportamento oscilante, fato este que pode ter relação com aportes pontuais de esgoto e/ou chuvas torrenciais, atrelado à boa capacidade depurativa do rio, pois o trecho analisado apresenta corredeiras capazes de aumentar a taxa de OD no rio. Houve diferença significativa entre as estações do ano ($H=14,08$; $p<0,05$), sendo o inverno diferente das demais estações do ano, por apresentar valores mais altos (Tabela 2).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO_5^{20} apresentou variações entre 2 e 20 mg/L, com o pico máximo registrado no verão de 2002 (4,6 mg/L.), corroborado com a baixa taxa de OD encontrada no mesmo período. A média geral da série ficou em 2,2 mg/L. O padrão de referência da CONAMA 357 (DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O_2) foi infringido por 10 vezes em toda série analisada, com valores variando de 5,6 a 20,0 mg/L nos anos 2000, 2002, 2003, 2004, 2008, 2010 e 2015 (Figura 2c). A DBO se manteve frequentemente dentro dos limites legais. Os valores mais altos (em desacordo com a resolução) coincidiram com os mesmos períodos de OD mais baixos. Não houve diferença significativa (Tabela 2) entre as estações do ano ($H=1,58$; $p>0,05$).

Fósforo Total

O Fósforo apresentou variações entre 0,01 a 1,2 mg/L, tendo a máxima registrada no verão de 2010. A média geral da série ficou em 0,10 mg/L. O limite máximo de tolerância do Fósforo estipulado pela CONAMA 357 é de até 0,05 mg/L, em ambientes intermediários. Esse parâmetro ultrapassou 436 vezes o limite de referência, significando que 80% das amostras apresentaram Fósforo em concentrações elevadas (Figura 2d). Deste modo, o Fósforo mostrou ser um parâmetro crítico na região, característica que pode ter forte vínculo com aporte de fertilizantes, detergente doméstico e industrial e esgoto *in natura* no corpo

hídrico (DIVISION, 2007). Não houve diferença significativa (Tabela 2) entre as estações do ano ($H=2,65$; $p>0,05$).

Nitrogênio Amoniacal

O Nitrogênio Amoniacal apresentou valores entre 0,01 e 0,81 mg N/L, tendo o pico máximo registrado no verão de 2002, sendo este um evento esporádico. A média da série analisada ficou em 0,08 mg N/L. Não houve registro de violação no padrão da resolução CONAMA 357 (3,7 mg N/L para $pH \leq 7,5$) (Figura 2e). O Nitrogênio apresentou alguma variação em relação às 4 estações, mas não demonstrou ser um problema na região estudada; detendo status Mesotrófico, conforme classificação apresentada por VOLLERNWEIDER (1968). Deste modo, até o presente momento, se dispensa preocupações com proliferações descontroladas de cianobactérias devido à correlação dessas com os compostos nitrogenados. Foi observada diferença significativa entre as estações do ano ($H=4,80$; $p<0,05$), sendo que os valores observados no verão, primavera e outono foram semelhantes entre si (Tabela 2).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH variou de 3,6 a 8,5 com a mínima registrada no verão de 2005, em contrapartida com a máxima registrada na primavera dos anos 2011 e 2012. O padrão de referência da CONAMA (pH entre 6,0 a 9,0), foi violado em 10 vezes, totalizando 2% das amostras, com valores de pH entre 3,5 a 5,9 nos anos 2004, 2005, 2006, 2007 e 2009 (Figura 2f). No período analisado a variação do pH mostrou um comportamento tendente à neutralidade, conforme a média geral encontrada (6,8).

O pH demonstrou comportamento com pequenas oscilações ao longo da série, com variações associadas aos períodos de cheia (de outubro a março) e seca (de abril a setembro), como também à descartes de efluentes e particulados oriundos da mineração. Não houve diferença significativa entre os valores de pH (Tabela 2) nas estações do ano ($H=0,23$; $p>0,05$).

Turbidez

A Turbidez mostrou taxas variando entre 1,5 e 170 uT, com a mínima registrada no inverno de 2013 (período seco) e a máxima no verão de 2010 (período chuvoso). A série apresentou intervalo de amostragens entre os anos 2003 – 2007 e 2009. A média geral ficou registrada em 18,4 uT. O padrão de referência CONAMA 357 (até 100 UNT) foi infringido por 3 vezes, em cerca de 2 % da série temporal, nos anos de 2010, 2011 e 2015. (Figura 2g).

Os valores de Turbidez apresentaram diferenças significativas ao longo das estações ($H=5,49$; $p<0,05$). O verão apresentou semelhança com os valores de primavera, por serem esses os mais altos (Tabela 2).

Coliformes Termotolerantes

Este parâmetro apresentou valores entre 200 a 300000000 NMP/100 ml, com a mínima registrada no verão de 2015 e máxima no outono de 2006. Em relação à Média geral da série histórica foi encontrado o valor de 895964 NMP/100 mL, valor considerado acima do limite legal permitido. O padrão CONAMA 357 de (1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros), foi violado em 98% das amostras. Tal fato indica o aporte excessivo de efluente sanitário no manancial, conforme já alertado por diversos trabalhos (MALM *et al.*,1988); CEIVAP, 2006; 2007 e 2014; COELHO, 2012 e INEA, 2010, 2012 e 2015). O gráfico referente às médias por estações do ano, ao longo da série histórica, foi expresso em escala logarítmica para melhor visualização (Figura 2h). Em relação às variações sazonais (Tabela 2) não houve diferença significativa ($H=0,88$; $p>0,05$) entre as estações do ano, possivelmente, pela grande variação dos valores entre as coletas.

Mercúrio (Hg)

O Hg apresentou variações entre 0,0001 mg/L a 0,0060 mg/L, com a máxima registrada no Inverno de 2001. Aproximadamente 13% das amostras ficaram acima do limite máximo permitido pela legislação, característica que pode estar vinculada ao descarte de indústrias de metais e de agroquímicos que contenha Hg em sua composição. A média geral da série se manteve em 0,0001 mg/L (valor limite máximo permitido pela resolução CONAMA 357), porém a média referente ao período do inverno foi a única que se manteve em desacordo com a legislação. A Figura 2i apresenta as médias conforme as estações do ano, sendo que nos anos de 2003, 2007 e 2014 não houve amostragens. Não foi encontrada diferença significativa (Tabela 2) entre as estações do ano ($H=0,69$; $p>0,05$).

Tabela 2: Média, desvio padrão e número de amostras dos parâmetros da qualidade da água analisados na Região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, entre os anos de 2000 a 2015, bem como os padrões de referência conforme as resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Parâmetro / Unidade de medida / N° de amostras	Verão	Outono	Inverno	Primavera	CONAMA
Temperatura - °C (n. 513)	24,6 ± 0,98	22,2 ± 1,37 ^a	19,8 ± 1,93	22,9 ± 1,75 ^a	≤ 40 ⁽¹⁾
Oxigênio Dissolvido - mg/L (n. 537)	6,34 ± 0,38 ^b	7,01 ± 0,30 ^a	7,70 ± 0,69	6,69 ± 0,58 ^b	≥ 5
DBO - mg/L * (n. 550)	2,59 ± 0,99	2,03 ± 0,75	2,17 ± 0,30	2,25 ± 0,83	≤ 5
Fósforo Total - mg/L * (n. 542)	0,13 ± 0,08	0,08 ± 0,08	0,08 ± 0,06	0,14 ± 0,07	≤ 0,05
Nitrogênio Amoniacal - mg N/L (n. 539)	0,06 ± 0,03 ^a	0,07 ± 0,03 ^a	0,10 ± 0,03 ^{ab}	0,08 ± 0,02 ^{ab}	3,7 ⁽²⁾
pH * (n. 546)	6,6 ± 0,48	6,8 ± 0,40	6,8 ± 0,37	6,7 ± 0,60	6,0 a 9,0
Turbidez - uT (n. 277)	44,1 ± 25,07 ^b	12,1 ± 4,92 ^a	8,2 ± 3,4 ^a	22,8 ± 21,4 ^{ab}	≤ 100 ⁽³⁾
Coliformes Termotolerantes NMP/100 mL * (n. 451)	98426 ± 175098	5820141 ± 3212035	527907 ± 193063	883012 ± 41716	≤ 1000
Mercurio- mg/L * (n. 123)	0,0001 ± 0	0,0001 ± 0	0,0002 ± 0,0002	0,0001 ± 0,0001	≤ 0,0002

Legenda:

* sem diferença significativa entre as estações do ano;

^{a,b} Letras indicam semelhança entre as estações do ano;

n. Número de Amostras

⁽¹⁾ valor referente ao lançamento do efluente no corpo hídrico; sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura (redação CONAMA 430);

⁽²⁾ para pH ≤ 7,5 (redação CONAMA 357);

⁽³⁾ até 100 de UNT (redação CONAMA 357).

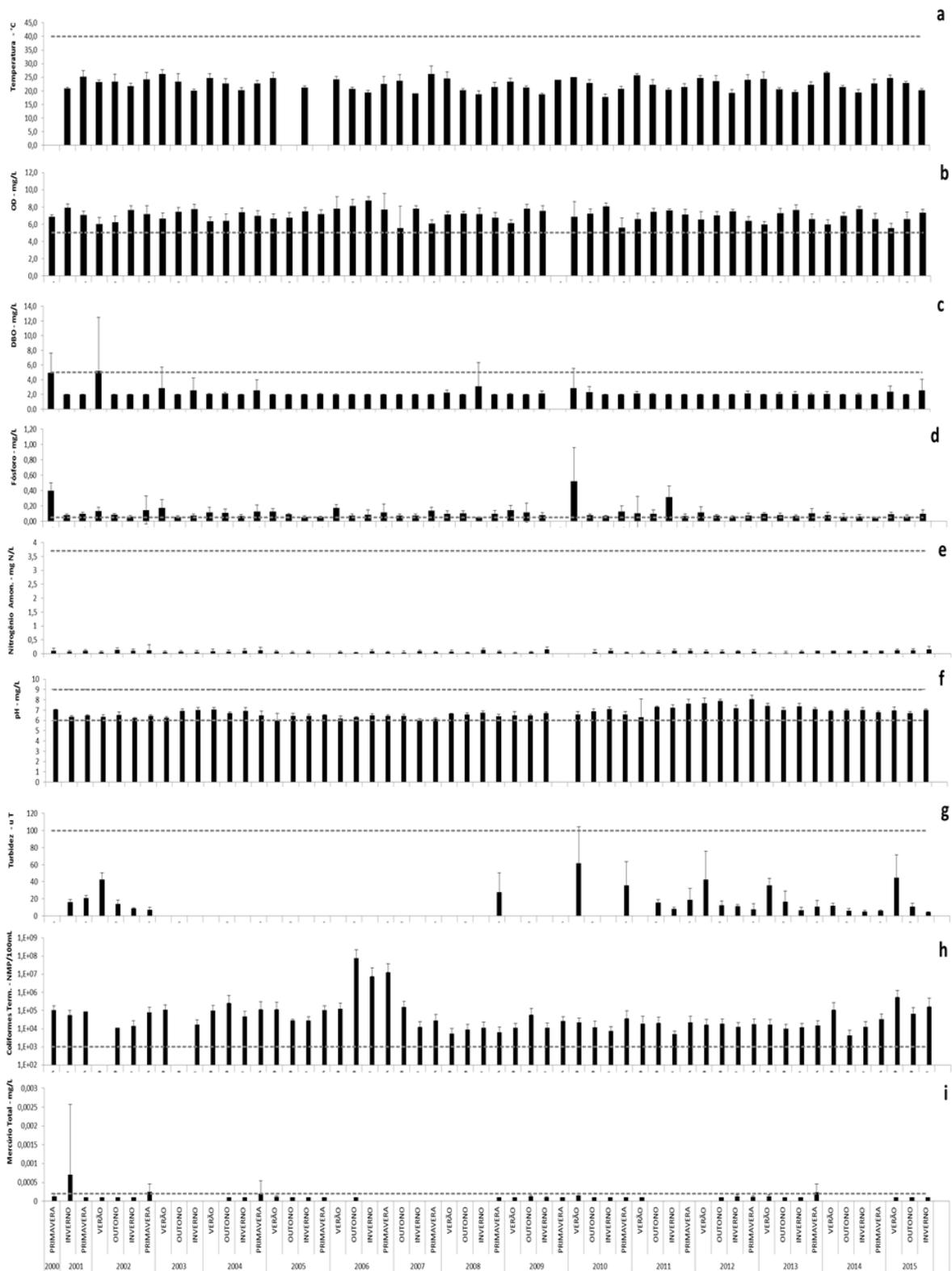


Figura 2: Resultados da análise sazonal conforme as Médias dos parâmetros analisados (2000 a 2015), com inclusão dos limites legais (Resoluções do CONAMA) representada pelas linhas horizontais. (a) Temperatura, limite de tolerância (não superior a 40°C); (b) Oxigênio Dissolvido, limite (não inferior a 5 mg/L O₂); (c) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C), limite de tolerância (até 5 mg/L); (d) Fosforo total, limite de tolerância (até 0,050 mg/L); (e) Nitrogênio Amoniacal total, limite de tolerância (3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5); (f) Potencial Hidrogeniônico - pH, limite de tolerância (entre 6 a 9); (g) Turbidez, limite de tolerância (até 100 de UNT); (h) Coliformes Termotolerantes, limite de tolerância (até 1000 NMP/100 mL) o gráfico foi expresso em escala logarítmica ($\times 10^{1000}$) para uma melhor visualização do comportamento do parâmetro ao longo da série; e (i) Mercúrio total, limite de tolerância (0,0002 mg/L Hg).

A análise de Correlação de Pearson indicou que a Demanda Bioquímica de Oxigênio teve correlação positiva ($p < 0,05$) com Nitrogênio Amoniacal ($r = 0,47$) e com Coliformes Termotolerantes ($r = 0,64$). O Oxigênio Dissolvido teve correlação negativa ($p < 0,05$) com Temperatura ($r = -0,52$) e com Turbidez ($r = -0,52$). Já a Turbidez apresentou correlação positiva com o Fosforo ($r = 0,71$) e negativa com o Nitrogênio ($r = -0,59$).

O estudo de Malm e colaboradores (1988) apresentou os seguintes valores para BRPS, incluindo o rio Guandu: Coliformes fecais (210000 mg/L); DBO ($2,4 \text{ mg L}^{-1}$); Partículas em suspensão (80%) e pH (6,6). O parâmetro Coliformes corresponde a valores acima dos indicados pela resolução vigente à época (CONAMA nº 20 de 1986). Os autores afirmam que o alto nível de matéria orgânica particulada presente deve ser considerado o principal veículo transportador de metais pesados no rio Paraíba do Sul, sendo um amplificador do problema na região.

O plano de recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul (CEIVAP, 2007) apresentou dados sobre a qualidade da água de toda a bacia. Nesse estudo, foram estabelecidas as percentagens de violações dos índices para classe II, perante à resolução CONAMA. Dentre os parâmetros que apresentaram valores mais preocupantes estavam: Mercúrio; compostos fosfatados; Coliformes e DBO. Tal fato indica que o contínuo processo de poluição por material orgânico nessa bacia já dura décadas.

O trabalho de COELHO (2012), na mesma região da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em Volta Redonda, no período de 1990 a 2001, apresentou os seguintes valores para os parâmetros: OD ($7,0 \text{ mg/L}$); DBO ($2,0 \text{ mg/L}$); Fósforo ($0,09 \text{ mg P/L}$); Ph (6,9); Coliformes Termotolerantes (50.000 NMP/100ml) e Mercúrio ($< 0,10 \text{ mg/L}$). Para o Nitrogênio Amoniacal o estudo detectou entre os anos de 2002 e 2003 concentrações que variaram de $0,08$ e $0,07 \text{ mg/L}$ no trecho a montante da CSN e $0,13$ e $0,12 \text{ mg/L}$ no trecho a jusante. Todos esses valores estão próximos aos encontrados no presente estudo, o que confirma a progressiva degradação do rio desde o ano de 1990.

Nos trabalhos de monitoramento realizado pela Superintendência do INEA da região, intitulado “Avaliação Ambiental do rio Paraíba do Sul trecho Funil – Três Rios” foi analisada a qualidade da água, por meio do convênio entre as empresas Votorantim-CSN-Servatis, entre os anos de 2007 a 2010 (INEA, 2010), 2010 a 2012 (INEA, 2012) e 2012 a 2014 (INEA, 2015). Nos dados obtidos nas estações de coletas PS6, PS7 e PS8 (entre os municípios de Floriano a Volta Redonda), a média do Fósforo foi de $19,7 \text{ mg/L}$ (2010), $0,37 \text{ mg/L}$ (2012) e $0,04 \text{ mg/L}$ (2015); para o Nitrogênio $0,26 \text{ mg/L}$

(2010), 0,11 mg/L (2012) e 1,6 mg/L (2015); para o pH 6,7 (2010), 7,0 (2012) e 6,42 (2015); para o OD 6,5 mg/L (2010), 8,54 mg/L (2012) e 7,72 mg/L (2015); para a Temperatura foi encontrado 23,9 °C (2010), 23,5 °C (2012) e 21,6 °C (2015); para a Turbidez 37,3 uT (2010), 115 uT (2012) e 11,17 uT (2015).

No que se refere às concentrações de Mercúrio, no conjunto das amostras, não foram detectadas violações do padrão legal.

O estudo denominado “Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul” (CEIVAP, 2014) investigou a região do distrito de Floriano, encontrando valores médios em 2011 de: 6,85 mg/L para o parâmetro OD; 15000 mg/L para Coliformes Termoresistentes; 2 mg/L para DBO e 0,1 mg/l para Fosforo total. Esses valores estão próximos aos encontrados no presente trabalho, o que corrobora, mais uma vez, a afirmação do estado delicado do manancial, fruto do aporte excessivo de efluentes de diversas categorias. Este mesmo estudo (CEIVAP, 2014) alerta ainda para a possível piora da região analisada, caso investimentos intensos em saneamento básico e tratamento de efluentes não sejam realizados para reverter o quadro atual e, conseqüentemente, o futuro.

Conclusão

Dentre os parâmetros mais críticos analisados na calha principal do rio Paraíba do Sul estão: Coliformes Termotolerantes, com todos os valores (referentes às médias por estações do ano) em desacordo com a resolução do CONAMA 357, caracterizando 98% das amostras da série analisada fora dos padrões legais. O Fósforo também apresentou 80% das amostras da série fora do limite legal. No caso do Mercúrio 13% de todas as amostras estavam fora dos limites da resolução CONAMA 357.

Os estudos pretéritos encontraram valores muito próximos ao deste diagnóstico, comprovando impactos ambientais no trecho do rio, pelo menos, desde 1990. Neste sentido, desenvolver políticas públicas voltadas ao aperfeiçoamento do sistema de esgotamento sanitário na região poderá melhorar o quadro atual e futuro. Um exemplo seria intensificar esforços no programa Pacto pelo Saneamento do Estado do Rio de Janeiro, promulgado pelo Decreto nº 42.930 em 2011, que objetiva tratar 80% do esgoto até o ano 2018, visando à redução dos impactos negativos decorrentes da prestação ineficiente dos serviços de saneamento no estado.

Cabe ressaltar ainda que mesmo com o crônico impacto antrópico que o rio Paraíba do Sul sofre, há décadas, o rio mostra um relativo grau de resiliência, pois é

capaz de suportar tais efeitos, devido ao seu porte, perenidade e sua capacidade de aeração. Contudo, esses atributos naturais do rio não deveriam justificar a diluição de efluentes com tratamento deficiente ou até mesmo ausente no manancial. Ações como recuperação e proteção das nascentes, reflorestamento da vegetação marginal, gerenciamento do solo, conscientização da população envolvida e, principalmente, melhora contínua dos índices de tratamento do esgoto lançado no corpo hídrico são imprescindíveis para a revitalização ecossistêmica da bacia, e assim garantir água em qualidade e quantidade para as gerações presente e futura.

Agradecimentos

À Gerência de Avaliação de Qualidade da Água do Inea (GEAG), pelo fornecimento dos dados de monitoramento qualitativo, base deste estudo.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, Informe 2012. Ed. Especial. Brasília 215 p. Il. (2012) Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. Plano de Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Diagnóstico dos Recursos Hídricos, Relatório Final, PSR-010-R0. (2006) Fundação COPPETEC - Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente, 121. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/PSR-010-R0.pdf>

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo. Relatório Contratual - R-10. Fundação COPPETEC - Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente, 147. (2007) Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdyy/~edisp/inea0062140.pdf>

COMITÊ DE INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Relatório de Diagnóstico, Tomos i, ii e iii. COHIDRO – Consultoria Estudos Projetos – maio de 2014. (2014) Disponível em: <http://ceivap.org.br/prodcohidro.php>

DIVISION, R. Phosphorus: Sources, Forms, Impact on Water Quality - A general overview. Minnesota Pollution Control Agency, July of 2007. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw3-12.pdf>

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S. and GREENBERG, A.E. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed. American Public Health Association Washington, DC, 1995. 1325 p. ISBN 0875532233.

RIO DE JANEIRO. Resolução CERHI nº 107 de 22 de maio de 2013. Aprova nova definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a Resolução CERHI nº 18, de 08 de novembro de 2006. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/legirj/ResolucoesCERHI/Resolucao-CERHI%20107.pdf>

RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual nº 42.930 de 18 de abril de 2011. Cria o Programa Estadual Pacto pelo Saneamento. Publicado no D. O. de 19/04/11. Disponível em: http://www.silep.planejamento.rj.gov.br/decreto_42_930_-_18042011_-_cr.htm

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial Republica Federativa do Brasil, Brasília, DF. 09/01/1997, P. 470

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterado pela Resolução CONAMA 397/2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm> Acesso em: 04 set. 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. 9 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm> Acesso em: 04 set. 2015.

COELHO, V. M. B., 2012: Paraíba do Sul: um rio estratégico. 1ª ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012. 336p. il.

FORMIGA-JOHNSON, R. M., FARIAS JÚNIOR, J. E. F., COSTA, L. F., ACSERALD, M. V. 2015. Segurança hídrica do Estado do Rio de Janeiro face à transposição paulista de águas da Bacia Paraíba do Sul: relato de um acordo federativo. Revista Ineana v. 3 n. 1 p. 48 - 69 jul dez 2015 - ISSN 2238-2496 http://200.20.53.3:8081/cs/groups/public/@inter_vpres_geiat/documents/document/zwe w/mte4/~edisp/inea0118249.pdf

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul - trecho Funil Santa Cecília. Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico. Novembro de 2010. 119p (2010) Disponível em <http://www.ceivap.org.br/downloads2011/REL%20INEA%20AA%20Funil.pdf>

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul - trecho Funil Santa Cecília. Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico. Novembro de 2012. 109p. (2012) Disponível em: http://200.20.53.3:8081/cs/idcplg?IdcService=GET_FILE&fldFile=fFileGUID:3F0E658FDD47E3210E8536409438848E&fldBrowsingMode=contribution

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul - trecho Funil Santa Cecília. Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico. Junho 2015. 130p (2015).

MALM, O., PFEIFFER, W. C., FISZMAN, M., & AZCUE, J. M., 1988. Transport and availability of heavy metals in the Paraíba do Sul-Guandu river system, Rio de Janeiro state, Brazil. *Science of the Total Environment*, The, 75(2-3), 201–209. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(88\)90033-2](https://doi.org/10.1016/0048-9697(88)90033-2)

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Governanças dos Recursos Hídricos, OECD. Publishing, Paris. 304p. (2015) Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150902_OCDE-GovernancadosRecursosHidricosnoBrasil.pdf Acesso em 04 de setembro 2015.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. *Limnologia*. Instituto Internacional de Ecologia. Ed. Oficina de Texto. 631p (2016).

VOLLERNWEIDER, R. A. *Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication*. PARIS: Organization for Economic cooperation and Development 192 p. DAS/CSI/68.27; (1968)

Capítulo II

Quantificação dos remanescentes florestais contidos na Faixa Marginal de trechos da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Luís Fernando Faulstich Neves e Cristina Aparecida Gomes Nassar

Resumo: A partir do pressuposto de que a integridade da vegetação tende a diminuir com a proximidade de zonas antropizadas, o estudo caracterizou a cobertura vegetal ripária remanescente compreendida na Faixa Marginal de trechos de rio da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. A avaliação dos fragmentos florestais mostrou que ambos os trechos detêm taxas modestas de vegetação nos limites de suas faixas marginais (em torno de 23% no Trecho-I, sem ilhas e 20% no Trecho-II, com ilhas); em relação à ausência de vegetação, na intersecção solo-água, foi quantificado 26,15% no (Trecho-I, sem ilhas) e 52,98% no (Trecho-II, com ilhas). O trecho com ilhas apresentou taxas mais críticas comparado com o trecho sem ilhas, não somente em relação aos remanescentes florestais como nas áreas completamente desprovidas de vegetação ripária. Outro fato constatado foi que o trecho com ilhas, mesmo sendo o trecho com menor ocupação humana mostrou ser o trecho que mais necessita de reflorestamento dentro dos limites da Faixa Marginal.

Palavras chaves: Vegetação Ripária; Faixa Marginal; Remanescentes Florestais; e rio Paraíba do Sul.

Introdução

A vegetação ripária também conhecida como mata de galeria, ou simplesmente mata ciliar são típicas das margens e das áreas adjacentes dos corpos d'água, tendo como característica principal a presença de espécies tolerantes à sazonalidade do nível d'água, como também, a de atuar na manutenção das condições-tampão para o manancial (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2016); em outras palavras é a mata que protege o rio. Para Palhiarini & Pagoto (2015) essa vegetação é relevante para manutenção da estrutura física e biótica dos ecossistemas aquáticos e, segundo Zakia (1998), exerce funções ecológicas, sociais e econômicas muito importantes na manutenção do microclima e da qualidade da água dos mananciais, pois age como: (1) protetora das nascentes e dos leitos dos rios; (2) conservadora do solo, contra o empobrecimento químico e erosivo nas margens; (3) barreira de lixiviados; (4) mantenedora do patrimônio genético sendo sítio reprodutivo e refúgio para diversas espécies. Características que a consolida como grande mantenedora da saúde do manancial.

Segundo Gregory e colaboradores (1992), a vegetação ripária também funciona como corredores para a movimentação da fauna e para a dispersão vegetal; desta forma, são consideradas fontes importantes de sementes para o processo de regeneração natural. Outro fator diz respeito à conservação da comunidade aquática e terrestre; uma vez que o material oriundo de sua biomassa é importante para o crescimento de insetos aquáticos e fonte energética para cadeia alimentar do ambiente circundante. Para Smith e colaboradores (2005) os ecossistemas aquáticos apresentam grande comunicação com os ecossistemas terrestres, portanto, as perturbações que ocorrem no meio terrestre são refletidas também no meio aquático.

Conforme apresentado por Teresa & Casatti (2010), a vegetação ripária tem a capacidade de mitigar impactos decorrentes das interferências antrópicas sobre a bacia de drenagem. O estudo observou que riachos providos de tal vegetação apresentaram taxas uniformes, bem diferentes de riachos com predomínio de pastagens nas suas margens. Outro fator observado pelos autores foi que além da largura, a qualidade da vegetação ripária também é importante na conjectura da estrutura e composição da comunidade ictiológica. Outro estudo correlato, apresentado por Vieira (2011), corrobora estes argumentos, afirmando que a comunidade de peixes é influenciada pela vegetação ripária, uma vez que o material alóctone fornecido por essa vegetação é diretamente consumido pelas espécies íctias. O estudo realizado por Ferreira (2007) analisou o conteúdo estomacal de espécies de peixes de riachos no estado de São Paulo, encontrando evidências de que a vegetação ripária tem grande relevância na alimentação e no hábitat de diferentes grupos taxonômicos, especialmente nos peixes, pois disponibiliza material orgânico e itens alimentares para diferentes espécies. Neste estudo foi registrado, nos conteúdos estomacais de 13 diferentes espécies de peixes, que 65% dos itens alimentares consumidos são autóctones, 32% alóctones e 3% são de origem desconhecida. Os itens alimentares mais encontrados no trato digestório destes organismos foram insetos terrestres oriundos das áreas terrestres adjacentes, com exemplo das taxas *Hymenoptera*, *Coleoptera* e *Diptera*. Tais dados corroboram a intrínseca relação entre a comunidade de peixes e a vegetação ripária.

Desta forma, estes estudos convergem no sentido de alertar sobre o comprometimento da vegetação ripária resultar no aumento da representatividade de algumas espécies, sobretudo daquelas capazes de explorar novas oportunidades criadas, as consideradas tolerantes, em detrimento da redução das populações ou desaparecimento total de espécies de hábitos mais especializados, as consideradas intolerantes. Neste sentido, o equilíbrio das condições de vida dos organismos aquáticos

tende a ser influenciado fortemente por quaisquer alterações no ambiente terrestre adjacente, o que pode gerar consequências graves sobre a integridade ambiental do manancial.

A bacia do rio Paraíba do Sul encontra totalmente inserida no bioma da Mata Atlântica (um dos mais ameaçados do mundo), cerca de 20 mil espécies de plantas vasculares, das quais, aproximadamente, 6 mil são restritas a este bioma (CEIVAP, 2014). No estado do Rio de Janeiro, os esforços necessários à preservação dos remanescentes florestais, especialmente os ribeirinhos contidos na Mata Atlântica, são urgentes, conforme alertado no estudo denominado Restauração da Mata Ciliar, de 2002, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio de Janeiro (KAGEYAMA, 2002), onde já se destacava o cenário atual da vegetação e sua relevância para o estado:

“... as áreas de matas ciliares degradadas em todo o Estado do Rio de Janeiro são evidentes. Refletem o grande desconhecimento da sociedade da importância dessas formações arbóreas para a manutenção dos ecossistemas característicos das margens e áreas adjacentes, em especial, de rios, lagos, lagoas represadas, córregos, nascentes e várzeas.”

Neste sentido, os trechos de estudo não são exceções à regra, pois até o presente momento, o grau de devastação da vegetação marginal do rio Paraíba do Sul ainda é elevado, principalmente nas proximidades de regiões urbanizadas. Segundo Coelho (2012) a exploração excessiva do solo, aliada ao mau uso, resultou ao longo dos séculos intensa degradação da vegetação, entre os anos de 1850 e 1870. A região do vale do Paraíba Fluminense chegou a ser a zona de maior produção cafeeira do mundo. Essa atividade iniciou o declínio da vegetação ripária do Médio rio Paraíba do Sul deixando um passivo ambiental considerável, como será mostrado neste capítulo.

Referencial Teórico

Área de Preservação Permanente (Base Legal)

A preocupação com a vegetação em território brasileiro teve início com a colonização Portuguesa, quando as primeiras normas começaram a ser implementadas. Tais normas foram criadas não com o intuito de preservação das florestas, mas sim, com o de assegurar o valor econômico e proteger a matriz energética da época, que no século XVI, estava ligada ao consumo da madeira em forma de carvão. O primeiro instrumento legal foi adotado por Portugal, seguindo um modelo filipino, que previa algumas regras

referentes às florestas, dentre elas, o crime pelo corte da vegetação (ROCCO, 2012). Assim, o monopólio da coroa Portuguesa, em relação à exploração desses bens, estava garantido. Mais tarde, em 1605, surgiram normas relacionadas ao pau-brasil (Regimento do Pau-Brasil de 1605), sendo criada a primeira legislação florestal brasileira. Posteriormente, em 1934 o governo de Getúlio Vargas publicou o Código das Águas (Decreto Federal nº 24.643 de 1934) considerado o primeiro código a abordar aspectos florestais; neste, a preocupação era em que brasileiros explorassem o recurso (MMA, 2004). Em 1965, o primeiro Código Florestal foi publicado através da (Lei Federal nº 4.771 de 1965), onde o avanço no sentido de proteção de recursos naturais foi devido à entrada de outras formas de vegetação, como os manguezais, as dunas, os morros, as margens de rio, etc.; além disso, foi inserido o conceito de Área de Preservação Permanente (APP), um importante avanço de políticas públicas preservacionistas, pois ampliou a proteção de áreas essenciais em serviços ambientais, principalmente no sentido de colocar ecossistemas como a vegetação ripária protegidos, tornando assim legítima sua importância. Recentemente, em 2012 este código foi revogado pela (Lei Federal nº 12.651\2012), a nova Lei trouxe como principal avanço a implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) que constitui base de dados para controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do país.

Faixa Marginal

A Faixa Marginal, um tipo específico de APP, entra no cenário estadual através da Constituição do Estado do Rio de Janeiro de 1989, em seu artigo 268, § III, que regulamenta as nascentes e as faixas marginais de proteção de águas superficiais, como APP. Segundo definição publicada na série Gestão Ambiental 2 (INEA, 2010), as faixas marginais são faixas de terra contidas às margens dos rios, lagos, lagoas e reservatórios d'água, necessárias à proteção, defesa, conservação e operação de sistemas fluviais e lacustres. Essas regiões de terra são públicas e suas extensões são determinadas em projeção horizontal, tendo como base os níveis máximos de água em períodos de cheia. A Lei Estadual nº 650 de 1983, considera essa região área *non aedificandi*, aquelas onde não se podem erguer construções em virtude tanto da proteção do ambiente quanto da segurança das edificações e das pessoas que nelas habitam ou delas fazem uso. A demarcação dos limites da Faixa Marginal de Proteção no estado do Rio de Janeiro é oficializada pela Gerência de Licenciamento de Recursos Hídricos GELIRH/INEA, conforme promulgado pela Resolução Inea nº 130 de 2015.

Na Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, a demarcação da faixa marginal está fundamentada pela alínea “C” do § I do artigo 4º do novo código florestal (Lei 12.651 de 2012, alterada pela Lei 12.727 de 2012), que considera como APP:

“as zonas rurais ou urbanas as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 100 (cem) metros para os cursos d’ águas que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura.” (Figura 1)

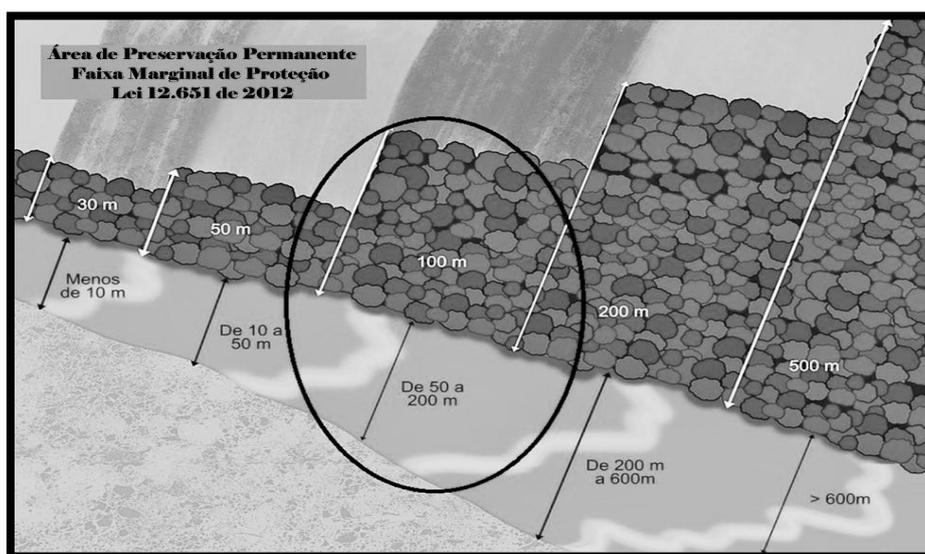


Figura 1: Delimitação da faixa marginal no trecho de estudo (R.P.S.) Fonte: adaptado da cartilha do Novo Código Florestal

Hipótese

Partimos do pressuposto que a integridade da vegetação ripária na faixa marginal tende a diminuir nas proximidades de regiões antropizadas.

Objetivos

Quantificar os remanescentes florestais contidos na Faixa Marginal dos trechos de estudo;

Comparar as porcentagens em cada trecho (T-I, sem ilhas e T-II, com Ilhas), para identificar o grau de devastação nas APPs;

Identificar áreas prioritárias para o reflorestamento na região estudada.

Descrição da Área

(vide item ÁREA DE ESTUDO na parte introdutória, página 5)

Metodologia

Para a estimativa da faixa marginal, bem como dos fragmentos florestais e das áreas desprovidas de vegetação contidas nos trechos de estudo (vide descrição da área de estudo, página 5), foi utilizado o *software Google Earth*, devido à necessidade de se ter um *shapefile* mais atualizado da região, uma vez que o objetivo foi identificar o atual quadro da vegetação remanescente. Foi tomado como referência a imagem do dia 11/04/2016, para todos os *shapes*, sendo esta a mais recente até o período inicial de quantificação da vegetação. Posteriormente foram confeccionados representações cartográfica dos trechos no *software Quantum Gis 2.14.0-Essen* utilizando os polígonos gerados pelo *Google Earth*.

Primeiramente foi demarcada a faixa marginal dos trechos usando como base de referencia, réguas de 100 metros plotadas perpendicular às margens do rio, distribuídas por toda sua extensão (Figura 2), para se precisar os detalhes geográficos do rio; logo em seguida, usando as réguas como referência, foi demarcando o polígono referente à faixa marginal em cada margem (Figura 3). Posteriormente, foi realizada a demarcação dos remanescentes ripários, sendo quantificados apenas os estratos arbóreos e arbustivos distribuídos nos limites dos 100 metros da faixa marginal (Figuras 4, 5 e 6).



Figura 2: Réguas delimitadoras de 100 metros para demarcação da faixa marginal (em vermelho); imagem: Google Earth de 11/04/2016 (local: Trecho I, sem ilhas em Bulhões na Região do Médio Paraíba do Sul).



Figura 3: Polígono demarcado da faixa marginal; imagem Google Earth de 11/04/2016 (local: Trecho I, sem ilhas em Bulhões, na Região do Médio Paraíba do Sul).



Figura 4: Demarcação dos remanescentes florestais (em verde) contidos nos limites da faixa marginal; imagem Google Earth de 11/04/2016 (local: Trecho I, sem ilhas em Bulhões na Região do Médio Paraíba do Sul).

Após a mensuração dos polígonos da vegetação remanescente e das margens sem vegetação, foram geradas tabelas no *software Microsoft Excel* com os valores em hectares e em quilômetros; em seguida, quantificou-se as percentagens da vegetação remanescente e das margens sem vegetação, tomando como base a área total da faixa marginal de ambas as margens conjuntas. Para os cálculos de proporcionalidade utilizou-se o método de três elementos: a regra de três simples e direta, conforme (equação 1):

$$\begin{array}{l}
 at = 100\% \\
 frg = X
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 frg \cdot 100 / at = X
 \end{array}$$

Onde:

at: área total da Faixa Marginal de ambas as margens juntas;

100%: fator multiplicador;

frg: somatório dos fragmentos da vegetação remanescentes de ambas as margens;

X: valor a ser descoberto (o quarto elemento).

Equação1: Regra de três simples direta, para estimativa das percentagens dos remanescentes e das áreas desprotegida de vegetação dos trechos de estudo.

Resultados

O Trecho I apresentou valores referentes à área da faixa marginal no montante de 265,29 hectares na margem esquerda e 259,91 na margem direita, totalizando 525,20 hectares. No Trecho II a área da faixa marginal encontrada na margem esquerda foi de 137,18 hectares e 136,16 hectares na margem direita, totalizando 273,34 hectares (Tabela 1). Para os fragmentos dos remanescentes florestais foi quantificado no Trecho I, 66,29 hectares na margem esquerda, e 54,63 na margem direita, totalizando 120,92 hectares. Para o Trecho II foi quantificado 24,59 hectares na margem esquerda e 31,14 na margem direita, com total de 55,73 hectares (Tabela 2).

Tabela 1: Valores (em hectares) da faixa marginal nos trechos de estudo na Região do Médio Paraíba do Sul.

FAIXA MARGINAL (em ha)			
Trecho I - sem ilhas		Trecho II - com Ilhas	
Margem esquerda	Margem direita	Margem esquerda	Margem direita
265,29	259,91	137,18	136,16
Total: 525,20 hectares		Total: 273,34 hectares	

Fonte: Autor

Tabela 2: Valores detalhados (em hectares) dos fragmentos florestais na Faixa Marginal, conforme o trecho de estudo na Região do Médio Paraíba do Sul.

FRAGMENTOS FLORESTAIS NAS FAIXAS MARGINAIS				
Margens: valores em hectares				
Número do Fragmento	Trecho I - sem ilhas		Trecho II - com Ilhas	
	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita
1	11,51	0,17	0,38	2,14
2	1,92	2,10	3,50	2,38
3	2,99	0,22	5,05	1,48
4	26,15	5,01	0,27	3,02
5	1,43	7,88	0,98	0,58
6	0,49	1,17	0,88	0,80
7	0,35	2,69	1,33	0,94
8	9,66	3,84	0,19	0,76
9	4,04	22,51	0,71	7,88
10	5,40	4,47	2,19	7,98
11	0,92	11,46	1,65	0,97
12	1,51	1,98	8,27	6,23
13	0,90	4,61	0,92	0,14
14	1,05	2,27	1,14	0,52
15	2,01	2,76	1,42	
Total (margem)	66,29	54,63	24,59	31,14
Total Geral	(T-I) 120,92 ha		(T-II) 55,73 ha	

Fonte: Autor

Estimativa dos remanescentes

A justificativa do uso da Regra de Três, simples direta, para os cálculos das áreas da vegetação foi em virtude dos trechos apresentarem características distintas em suas dimensões, uma vez que o Trecho I (sem ilhas) possui aproximadamente 25 km de extensão, e o Trecho II (com ilhas), 13 km. Logo realizar a proporcionalidade pelo uso da referida Regra de Três é devida à necessidade de comparação entre os trechos de estudo uma vez que estes possuem tamanhos distintos (Tabela 3).

Tabela 3: Cálculo das percentagens dos remanescentes florestais por trecho de estudo na Região do Médio Paraíba do Sul.

<i>Porcentagem dos remanescentes florestais</i>				
Trecho	Área Total dos Fragmentos (ha)	Fator Multiplicador	Área total (F.M.) (ha)	%
T-I (sem ilhas)	120,92	100	525,20	23,02
T-II (com ilhas)	55,73	100	273,34	20,39

Fonte: Autor

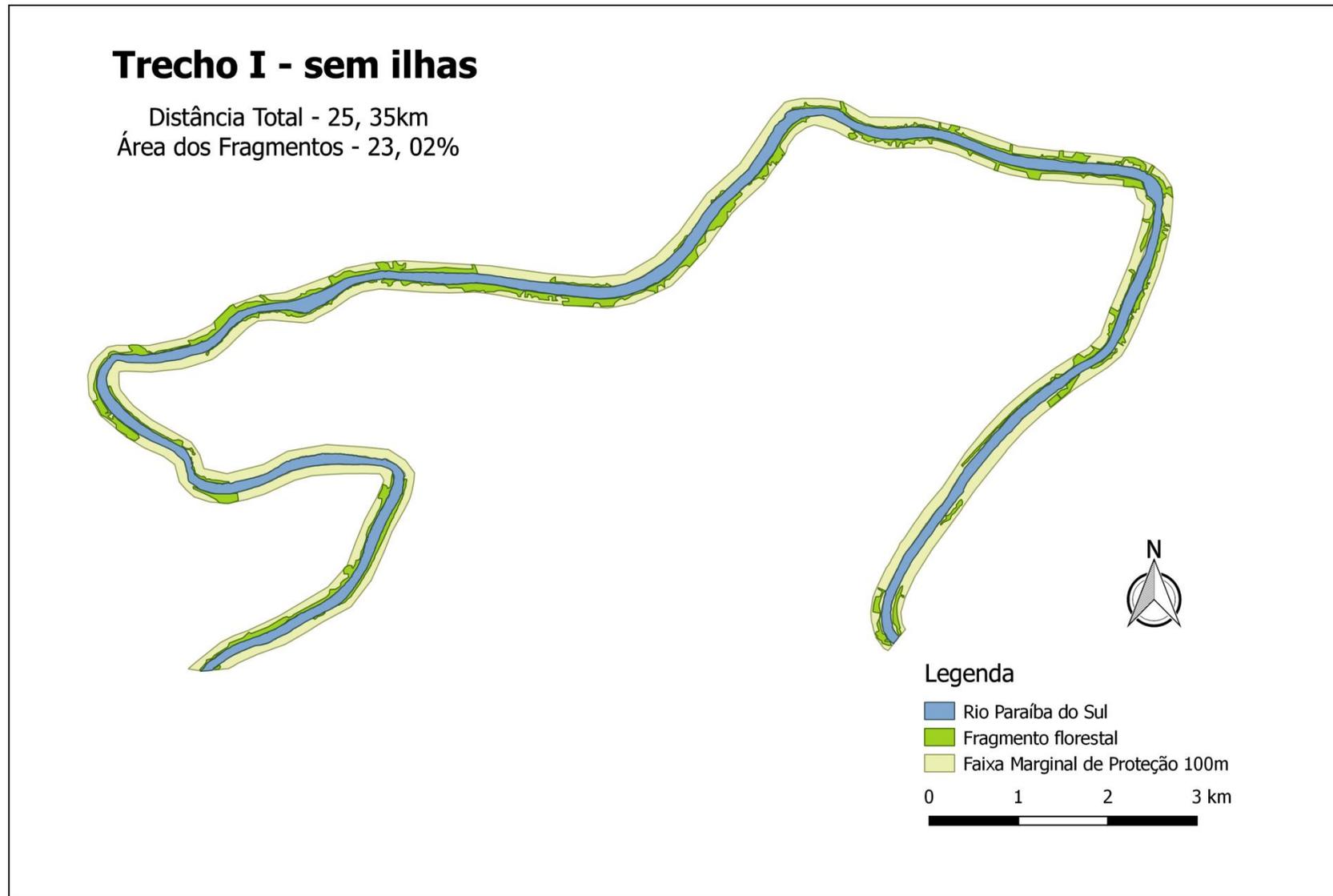


Figura 5: Representação do Trecho I (sem ilhas) na Região do Médio Paraíba do Sul, com detalhamento dos remanescentes florestais; elaborado com o software *Quantum Gis 2.14.0-Essen*. Fonte: Autor.

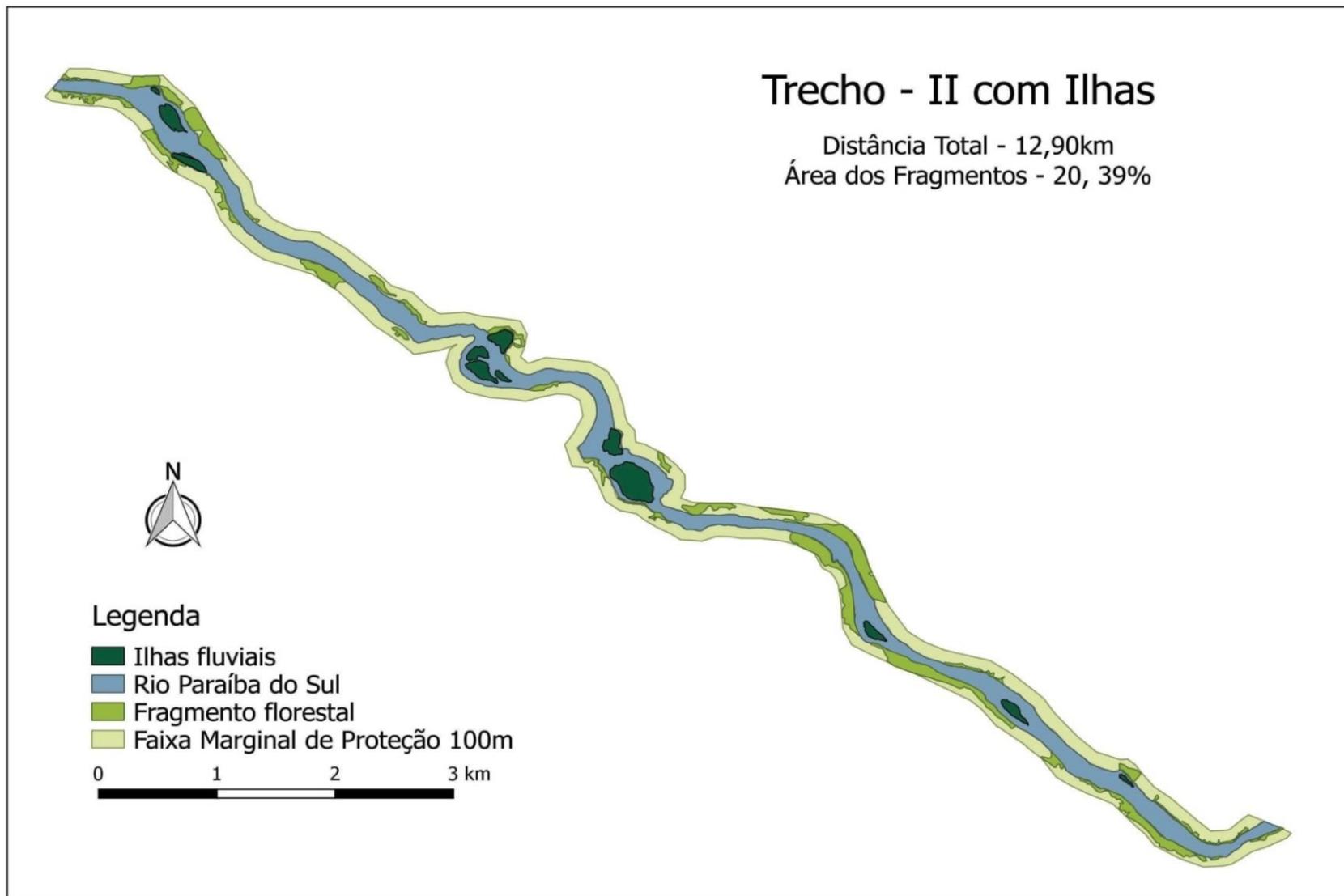


Figura 6: Representação do Trecho II (com ilhas) na Região do Médio Paraíba do Sul, com detalhamento dos remanescentes florestais; elaborado com o software *Quantum Gis 2.14.0-Essen*. Fonte: Autor.

Áreas prioritárias ao reflorestamento

Foi realizada a quantificação da quilometragem das margens dos trechos onde não há qualquer presença de vegetação, ou seja, as partes das margens na interseção (solo-água) completamente desprotegida pela vegetação ripária, com o objetivo de identificar essas áreas como prioritárias ao reflorestamento na Faixa Marginal (uma vez que a integridade do manancial está intimamente ligada a esse tipo de vegetação), conforme demonstrado pelos estudos supracitados; posteriormente foi calculada a porcentagem de cada trecho para fins de comparação, seguindo o mesmo formato da metodologia da quantificação dos remanescentes florestais.

O Trecho I, sem ilhas, apresentou 8,28 km da margem esquerda desprotegido pela vegetação e 4,98 km na margem direita, totalizando 13,26 km. O Trecho II, com ilhas, apresentou 7,81 km na margem esquerda e 5,86 km na margem direita, com total de 13,67 km completamente desprotegido pela vegetação ripária (Tabela 4).

Tabela 4: Distância em quilômetros dos pontos de ausência na vegetação ripária, conforme o trecho de estudo.

AUSÊNCIA DE VEGETAÇÃO RIPÁRIA NA FAIXA MARGINAL				
Margens: distância em quilômetros				
Ponto	Trecho I - sem Ilhas		Trecho II - com ilhas	
	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita
1	1,15	0,19	0,18	0,24
2	0,49	0,5	0,5	0,58
3	0,93	0,35	1,11	2,23
4	0,80	1,28	0,54	0,91
5	0,78	0,59	2,42	0,19
6	0,52	0,36	0,66	0,99
7	1,15	1,71	0,81	0,42
8	0,19		1,21	0,3
9	2,27		0,23	
10			0,15	
<i>Total (margem)</i>	8,28	4,98	7,81	5,86
Total Geral	(T-I): 13,26 km		(T-II): 13,67 km	

Fonte: Autor

Tabela 5: Estimativa da extensão dos trechos de estudo desprovidos de vegetação.

<i>Ausência de vegetação ripária</i>				
Trecho	Pontos Extensão (km)	Multiplicador	Dobro da Distância Total por Trecho	%
T- I	13,26	100	50,70	26,15
T- II	13,67	100	25,80	52,98

Fonte: Autor

Trecho I - sem ilhas

Distância Total - 25,35 km
Distância Descoberta - 13,26 km
Área Descoberta - 26,15%

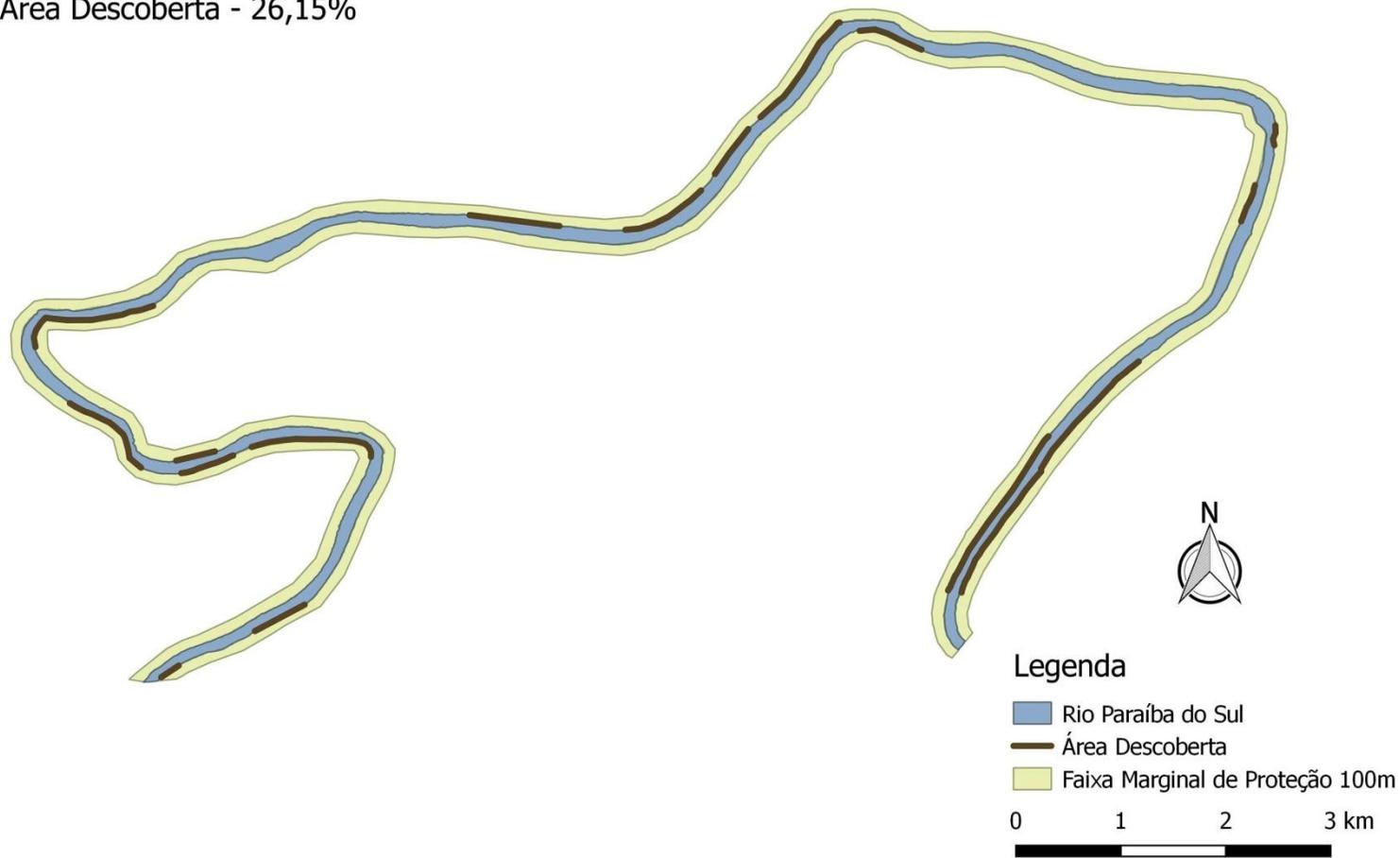


Figura 7: Representação do Trecho I (sem ilhas) na Região do Médio Paraíba do Sul, com detalhamento para a quilometragem desprotegida de vegetação ripária (prioritárias ao reflorestamento). Elaborado com o software *Quantum Gis 2.14.0-Essen*. Fonte: Autor

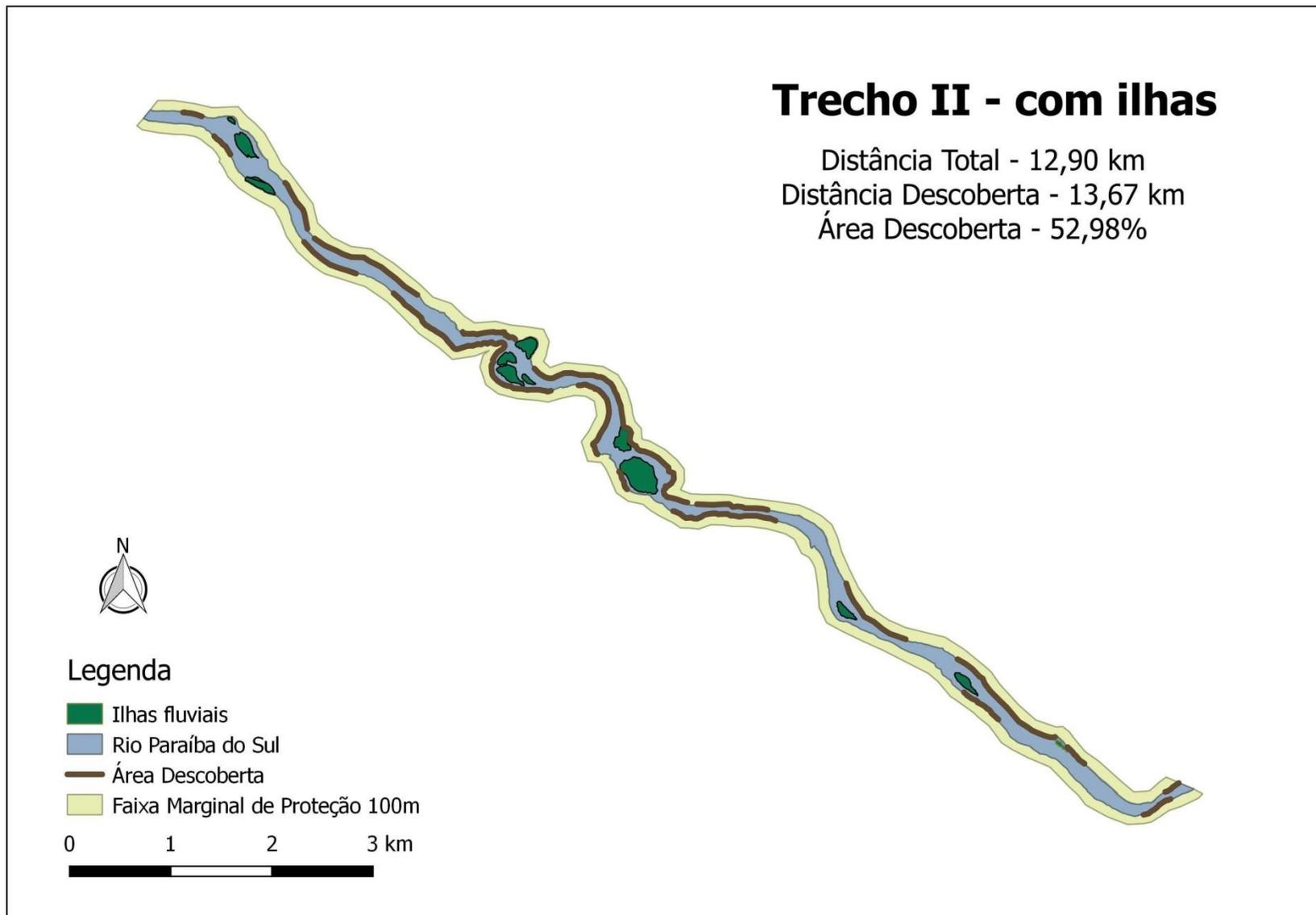


Figura 8: Representação do Trecho II (com ilhas) na Região do Médio Paraíba do Sul, com detalhamento para a quilometragem desprotegida de vegetação ripária (prioritárias ao reflorestamento). Elaborado com o software *Quantum Gis 2.14.0-Essen*. Fonte: Autor

Discussão

Conforme evidenciado, ambos os trechos apresentaram baixa ocorrência de vegetação remanescente nos limites de suas Faixas Marginais (em torno de 23% no T-I, sem ilhas e 20% no T-II, com ilhas) (Figuras 5 e 6). Em relação à interface “solo-água”, a ausência de vegetação foi estimada em 26,15% no trecho sem ilhas e 52,98% no trecho com ilhas (Figuras 7 e 8), indicando que existe uma grande percentagem de rio completamente desprotegido pela vegetação ripária nos trechos avaliados, especialmente o Trecho-II. Desta forma, a hipótese que afirma que a degradação na faixa marginal ter relação direta com a presença humana e de empreendimentos, não foi comprovada, uma vez que o trecho mais antropizado, apresentou taxas relativamente melhores dos fragmentos florestais contidos na faixa marginal do rio. E, talvez, exatamente por isso, esse resultado foi encontrado; a presença destes empreendimentos instalados acaba protegendo as áreas ripárias, por estas estarem em terrenos particulares.

Entretanto esses resultados são realmente preocupantes, pois as características físico-químicas do corpo hídrico, bem como das comunidades aquáticas, estão totalmente vinculadas à integridade da vegetação, como demonstrado pelos estudos de (ZAKIA, 1998; GREGORY, 1992; SMITH, 2005; FERREIRA, 2007; TERESA & CASATTI, 2010; PALHIARINI & PAGOTTO, 2015 e VIEIRA, 2011). Dentre as principais implicações está à erosão das margens que gera assoreamento da calha principal e alteração da morfometria, devido à ausência dos sistemas radiculares, que funcionam como filtro/retentor de particulados (ZAKIA, 1998 e PALHIARINI & PAGOTTO, 2015). Também o aumento no aporte de adubos e defensivos agrícolas, carregados para o rio em períodos chuvosos, provocam proliferações de algas e contaminação da biota aquática (SMITH, 2005). Outro fator é a redução temporal das taxas de entrada e saída da água que afeta drasticamente a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica (D'AGOSTINE & CUNHA, 2007). Outros, não menos importantes, são modificações na temperatura da água gerando aquecimento, diminuição do material alóctone (sementes e insetos) proveniente da vegetação ripária, e redução dos corredores ecológicos que permitem o intercâmbio gênico entre espécies inerentes à vegetação, e por fim, a diminuição de abrigo e alimento para as espécies aquáticas (GREGORY, 1992 e TERESA & CASATTI, 2010).

Neste contexto, a ocupação irregular nas margens do rio (problema comum de urbanizações que surgem e expandem-se coligadas a um manancial) deve ser combatida pelo poder público. Uma importante estratégia está no reflorestamento das áreas identificadas como prioritárias na bacia, com espécies nativas da vegetação ripária, que deve ser implementado mediante dispositivos legais como, Medidas Compensatórias e o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC); instrumentos que o poder público dispõem que permite reparar regiões adjacentes às que tenham sofrido dano ambiental causado por pessoas físicas ou jurídicas, conforme as diretrizes elencadas na Resolução INEA nº 89 de 03 junho de 2014.

Segundo o estudo denominado Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul e Planos de ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes (CEIVAP, 2014) do total da área da bacia estudada (6.426 km²) apenas (18,1 km²) são compostos por áreas de florestamento/reflorestamento o que representa menos que 1% do total da Bacia do Médio Paraíba do Sul. Tal fato demonstra o passivo ambiental na cobertura vegetal da região e, o quanto deve ser feito para recuperá-la.

Outra forma para contribuir com a recuperação dessas áreas desflorestadas está vinculada à arrecadação oriunda da cobrança pelo uso de recursos hídricos, garantida pelo instrumento de outorga que no estado do Rio de Janeiro está regulamentada pela Lei Estadual 4.247 de 2003, posteriormente alterada pela Lei 5.234 de 2008. Deste montante, 90% devem ser destinados à bacia hidrográfica arrecadadora, conforme redação da Lei. O relatório de cobrança e arrecadação oriundas de fontes (federal e estadual), apresentado no sítio do (CBHMPS, 2016), para o ano de 2015 mostra o valor arrecadado de R\$ 835.783,04 na região, portanto, parte do recurso pode ser empregado exclusivamente para combater/resolver esses problemas ambientais. Deste modo, a água bruta da bacia do rio Paraíba do Sul é consolidada como um insumo tendo poder de recuperar a própria bacia hidrográfica.

Conclusão

Os resultados encontrados neste capítulo nos permite concluir que ambos os trechos demonstraram relativo grau de impacto nos limites de suas Faixas Marginais; com pequena diferença em relação aos remanescentes florestais, e um pouco mais relevante na ausência de vegetação encontrada na intercessão solo-água. Deste modo o Trecho II, com ilhas apresentou piores taxas de preservação da vegetação ripária. Outro

fato constatado foi que o T-II, mesmo sendo o trecho com menor ocupação humana, mostrou ser o trecho que mais necessita de reflorestamento na faixa marginal.

Mesmo com a existência de um embasamento legal preservacionista, conforme apresentado neste capítulo, ainda é necessário intensificar esforços no sentido de recuperar as áreas desmatadas na região estudada. Somente a união dos gestores da bacia (Agência Nacional de Águas; Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Instituto Estadual do Ambiente) será factível efetuar a recuperação da região hidrográfica, através de uma gestão transversal e participativa desses órgãos, com foco na recuperação da qualidade do manancial, no ordenamento sustentável do solo e principalmente na recomposição (com espécies nativas) das áreas prioritárias florestais.

Bibliografia

_____. Faixa Marginal de Proteção – Série Gestão Ambiental. Governo Do Estado do Rio De Janeiro Secretaria de Estado do Ambiente – SEA e Instituto Estadual do Ambiente – Inea (Vol. 2). 37p. (2010).

_____. Matas Ciliares – Compilação do Seminário sobre Recomposição de Matas Ciliares das Bacias Hidrográficas Fluminenses e do Rio Paraíba do Sul. IBAMA\MMA. 127p. (2004).

BRASIL. Lei Federal n.º 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. . Diário Oficial Republica Federativa do Brasil, de 28.5.2012 Brasília, DF.

CBMPS, 2016. Comitê de Bacia Médio Paraíba do Sul: Cobrança e Arrecadação na Região Hidrográfica – III Médio Paraíba do Sul. Disponível em: <http://www.cbhmedioparaiba.org.br/cobranca-arrecadacao.php>. Acesso em: 01/08/2016.

CEIVAP, 2014. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Relatório de Diagnóstico, Tomos I, II e III (COHIDRO) – maio de 2014.

COELHO, V. M. B. Paraíba do Sul: um rio estratégico. 1ª ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra. 336p. il. (2012).

D'AGOSTINE, L.R & CUNHA, A. P. P. Ambiente. 1ª ED. Rio de Janeiro: Garamond Universitária. 184p. (2007)

FERREIRA, K.M. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 5, n. 3, p. 311-326. (2007).

GREGORY, S.V.; F.J. SWANSON; W.A. McKEE; K.W. CUMMINS. An ecosystem perspective of riparian zones (1992). *BioScience*, 41 (8):540-551.

KAGEYAMA, P. Y. Restauração da mata ciliar: manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias. Rio de Janeiro: Semads/GTZ - Projeto Planagua, v. 13 (2002).

PALHIARINI, W. S. & PAGOTTO, J. P. A. A Importância da Vegetação Ripária para Ambientes Aquáticos Continentais. *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, v.10, n.2, p.66-74, mai./ago., (2015).

RIO DE JANEIRO. Lei 3239, de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; Regulamenta a Constituição Estadual, em seu Artigo 261, Parágrafo 1º, Inciso VII; e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ. Lei Ordinária.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 650 de 11 de janeiro de 1983. Dispõe sobre a Política Estadual de Defesa e Proteção das Bacias Fluviais e Lacustres do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. Lei Ordinária.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 5.234 de 05 de maio de 2008. Altera a Lei nº 4.247, de 16 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ. Lei Ordinária.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual n.º 4.247 de 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do estado do rio de janeiro e dá outras providências. Publicada no DOE em 17/12/2003.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual n.º 5234, de 05 de maio de 2008. Altera a Lei nº 4.247, de 16 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do estado do rio de janeiro e dá outras providências. Publicada no DOE em 06/05/2008.

RIO DE JANEIRO. Resolução INEA n.º 89 de 03 de junho de 2014. Dispõe sobre as proporções mínimas aplicáveis para reposição florestal, decorrentes do corte ou supressão de vegetação pertencente às formações florestais nativas e ecossistemas associados do Bioma Mata Atlântica, bem como de intervenções em Áreas de Preservação Permanente - APP, para fins de Licenciamento Ambiental e/ou de Autorização para Supressão de Vegetação Nativa - ASV no Estado do Rio de Janeiro. Publicado no DOE em 5 junho de 2014

RIO DE JANEIRO. Resolução Inea Nº 130 de 10 de dezembro De 2015. Aprova a Norma Operacional 33 (Nop-Inea-33), para demarcação das Faixas Marginais de

Proteção e das Faixas *Non Aedificandi* de Cursos d'Água no Estado do Rio de Janeiro. Boletim de Serviço n 5 – INEA, 26p.

ROCCO, R. História da Legislação Ambiental Brasileira: um passeio pela legislação, pelo direito ambiental e por assuntos correlatos. In. Ahmed, F. & Coutinho, R. Cor. (s). Curso de Direito Ambiental. Rio de Janeiro (2012) 3-27p.

SMITH, W.S., *et al.* A bacia do rio Sorocaba: caracterização e principais impactos. IMAPES, v. 3, n. 3, p. 51-57, maio. (2005).

TERESA, F.B. & CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2010), 5(3): 444-453.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. Instituto Internacional de Ecologia. Ed. Oficina de Texto. 631p (2016).

VIEIRA, T. B. Influência da Mata Ripária da Estrutura das Assembleias de Peixes de Riachos da Bacia do Alto Rio Paraná em Goiás, Brasil. Tese de Doutorado: Universidade Federal de Goiás Instituto de Ciências Biológicas Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução (2011)

ZAKIA, M. J. B. Identificação e caracterização da zona ripária em uma bacia hidrográfica experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas. 1998. 98 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade Paulista, São Carlos, (1998).

Capítulo III

Avaliação e Comparação da Qualidade do Sedimento entre Trechos da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Luís Fernando Faulstich Neves e Cristina Aparecida Gomes Nassar

Resumo: Foram caracterizados os parâmetros físico-químicos do sedimento, em dois trechos de rio da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (Trecho-I, sem ilhas e T-II, com Ilhas), com o propósito de identificar o status de contaminação em cada um deles e compará-los. Este estudo parte do pressuposto que a qualidade do sedimento tende a apresentar melhores condições nas proximidades de regiões detentoras de ilhas fluviais. A avaliação espacial dos parâmetros da qualidade do sedimento demonstrou que o Trecho - I, sem ilhas, deteve 14,4% das amostras de sedimento fora dos limites de referência utilizados no estudo, contra 9,2% do Trecho - II, com ilhas. Os parâmetros da qualidade do sedimento mais críticos identificados foram Ferro, Cromo e Mercúrio apresentando média amostral fora dos limites de referência, em ambos os trechos, violando os padrões internacionais de referência.

Palavras-chaves: Qualidade Ambiental, Parâmetros físico-químicos do Sedimento e rio Paraíba do Sul.

Introdução

O crescimento desordenado da sociedade moderna, aliado à intensificação das atividades de caráter poluidor e de utilização dos recursos naturais tem provocado o comprometimento da integridade dos ecossistemas, de tal forma, que muitos destes podem se tornar irrecuperáveis (TOROGO, 2006). Segundo Pereira (2004), as consequências do aporte de um determinado poluente dependem das suas concentrações, do tipo de corpo receptor e do uso da água. A criticidade da qualidade das águas no Brasil (diagnosticada de forma generalizada) evidencia esse problema, sendo reconhecidos como seus principais agentes (i) os esgotos de origem urbana e industrial; (ii) os efluentes de atividades intensivas de criação animal; (iii) e atividades extensivas da agricultura (GEO BRASIL, 2007).

Os sedimentos, não diferente da água e da biota, representam um importante compartimento para o monitoramento da qualidade ambiental dos corpos d'água. Através deles é possível avaliar e identificar a presença de substâncias tóxicas persistentes e suas possíveis fontes de contaminação. Entretanto, nos rios, os sedimentos não são estáticos e são transportados em época das cheias, principalmente os sedimentos mais finos (INEA, 2015).

A crescente pressão sobre os recursos hídricos, somado ao aumento das fontes poluidoras, faz com o que o acompanhamento sistemático das variações da qualidade do manancial fundamental para subsidiar ações de proteção e recuperação ambiental, visando à garantia dos usos atuais e futuros (INEA, 2016).

Neste contexto, o prognóstico apresentado por Corcoran e colaboradores (2010), fez um importante alerta, que não podemos negligenciar, sobre o crescimento da população mundial, que deverá ultrapassar os nove bilhões de pessoas até 2050, com as maiores taxas nos países em desenvolvimento, especialmente em áreas urbanas, que possuem precários sistemas de tratamento de efluentes, cenário esse, similar ao da região de estudo. Deste modo, o estudo enfatiza que os custos financeiros, ambientais e sociais tenderão aumentar drasticamente, a menos que a gestão dos recursos hídricos receba atenção iminente.

O Monitoramento Ambiental

Segundo (ESTEVEZ, 1998), o sedimento é considerado como o resultado da interação de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. A capacidade do sedimento em admitir compostos faz deste compartimento fundamental para a avaliação do nível de contaminação de ecossistemas continentais aquáticos; os compostos indicadores de contaminação ambiental encontrados no sedimento podem ser de origem orgânica, como inseticidas e herbicidas ou inorgânica como os elementos-traço. A concentração de elementos-traço no sedimento e sua distribuição vertical é um importante indicador da evolução de impactos antrópicos sobre o ambiente aquático.

Em relação aos metais, a distribuição, o transporte e a biodisponibilidade nos ambientes aquáticos são controlados pelo sedimento e pela coluna d'água. Os sedimentos superficiais da calha do rio Paraíba do Sul na região de estudo são constituídos em sua quase totalidade por areia, cascalho e pedras, com pequena proporção de finos (silte e argilas) (INEA, 2010).

Até o presente momento a legislação ambiental brasileira não estabelece padrões ou limites para as substâncias químicas orgânicas e inorgânicas encontradas nos sedimentos que objetive enquadrar corpos d'água ou dar proteção à vida aquática (INEA, 2015). Por esse motivo, foram adotados os limites de referências estipulados pelos órgãos internacionais de proteção ambiental, (os mesmos utilizados pelo Instituto Estadual do Ambiente na região) através do documento: *Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines* do ISQG - *Interim sediment quality guideline*

(CANADA, 2002), como também, do *Consensus-Based Sediment Quality Guidelines* do TEC - *Threshold Effects Concentrations* (WISCONSIN, 2003); servindo assim como referência para o presente estudo.

Hipótese

O sedimento tende a apresentar melhores parâmetros físico-químicos nas proximidades de regiões detentoras de ilhas fluviais.

Objetivos

Analisar e comparar os parâmetros físico-químicos do sedimento, coletados nos pontos de coleta distribuídos pelos trechos de estudo.

Descrição da Área

(vide item ÁREA DE ESTUDO na parte introdutória, página 5)

Metodologia

Coleta e análise do Sedimento

As amostras de sedimento foram oriundas de quatro pontos no rio Paraíba do Sul, dispostos no início e fim de cada trecho de estudo (Figura 1 e Tabela 1). As coletas do material sedimentológico foram realizadas por meio do equipamento busca fundo da marca *Hydro-Bios Apparatebau GmbH* modelo *Van-Veen* (Figura 3). Para as coletas, foi adaptado o método de amostragem quarteada em margens de rios, visando à redução de massa das amostras, conforme orientado pelo estudo Guia de Práticas Sedimentométricas (CARVALHO *et. al.*, 2000). Da seguinte forma: para cada ponto de coleta, duas amostras em cada margem foram coletadas (distantes cerca de 100/200 metros umas das outras), posteriormente foram homogeneizadas e então selecionada uma fração de aproximadamente 250g de cada subponto, totalizando cerca de 1 kg de amostra para análise laboratorial, deste modo se obteve maior área amostrada com menor custo de análise (Figuras 2, 5 e 6). As coletas foram realizadas em profundidade máxima de 4,0 metros. Posteriormente, as amostras foram ensacadas e etiquetadas contendo informações de cada ponto de coleta por trecho (Figura 6) e acondicionadas

em caixa de isopor com gelo, sendo, no dia posterior, encaminhadas para o laboratório de análise laboratoriais do INEA, onde foram analisadas. As campanhas ocorreram em dois dias: 21/03/2016, coleta de período chuvoso e 26/09/2016, coleta de período seco, os ensaios realizados, bem como os respectivos métodos de análise estão descritos conforme (Tabela 3).

Tabela 1: Pontos de coleta de sedimento, na região hidrográfica do Médio Paraíba dos Sul, destacados por trecho de estudo; com frequência de amostragem semestral. (vide figura 1)

SEDIMENTOS			
Estação de Coleta	Localização	Coordenada Geográfica	
		Lat. (Sul)	Long. (Oeste)
Ponto 1a	Trecho - I, sem ilhas	22°26'45.20"	44°21'22.91"
Ponto 2b		22°25'45.64"	44°17'21.02"
Ponto 3a	Trecho – II, com ilhas	22°27'29.69"	44°17'12.56"
Ponto 4b		22°30'20.23"	44°13'17.86"

Fonte: Autor

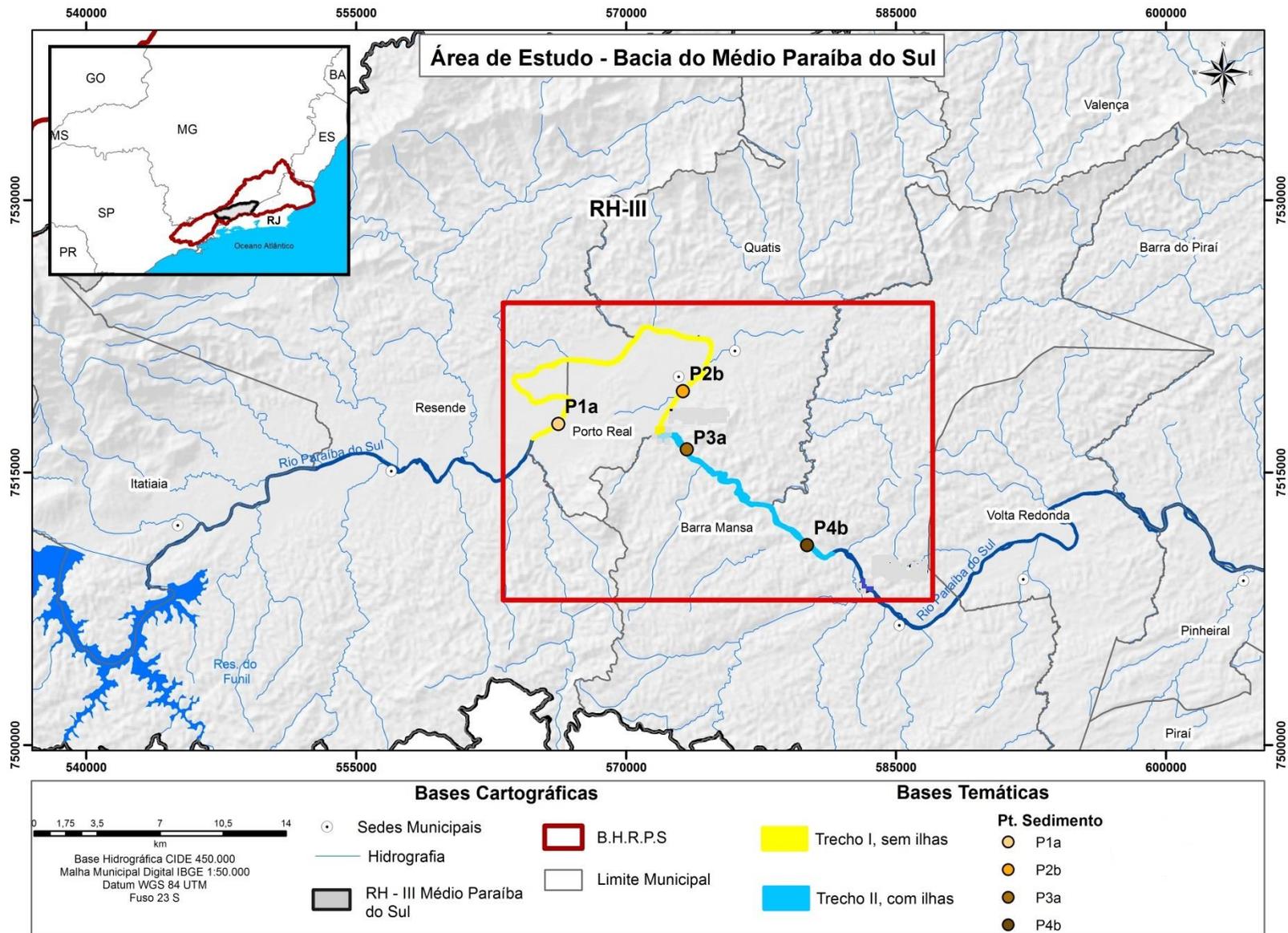


Figura 1: Mapa da área de estudo: Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul (RH-III) com destaque para os trechos de estudo e para as estações de coletas de sedimento. Fonte: Autor

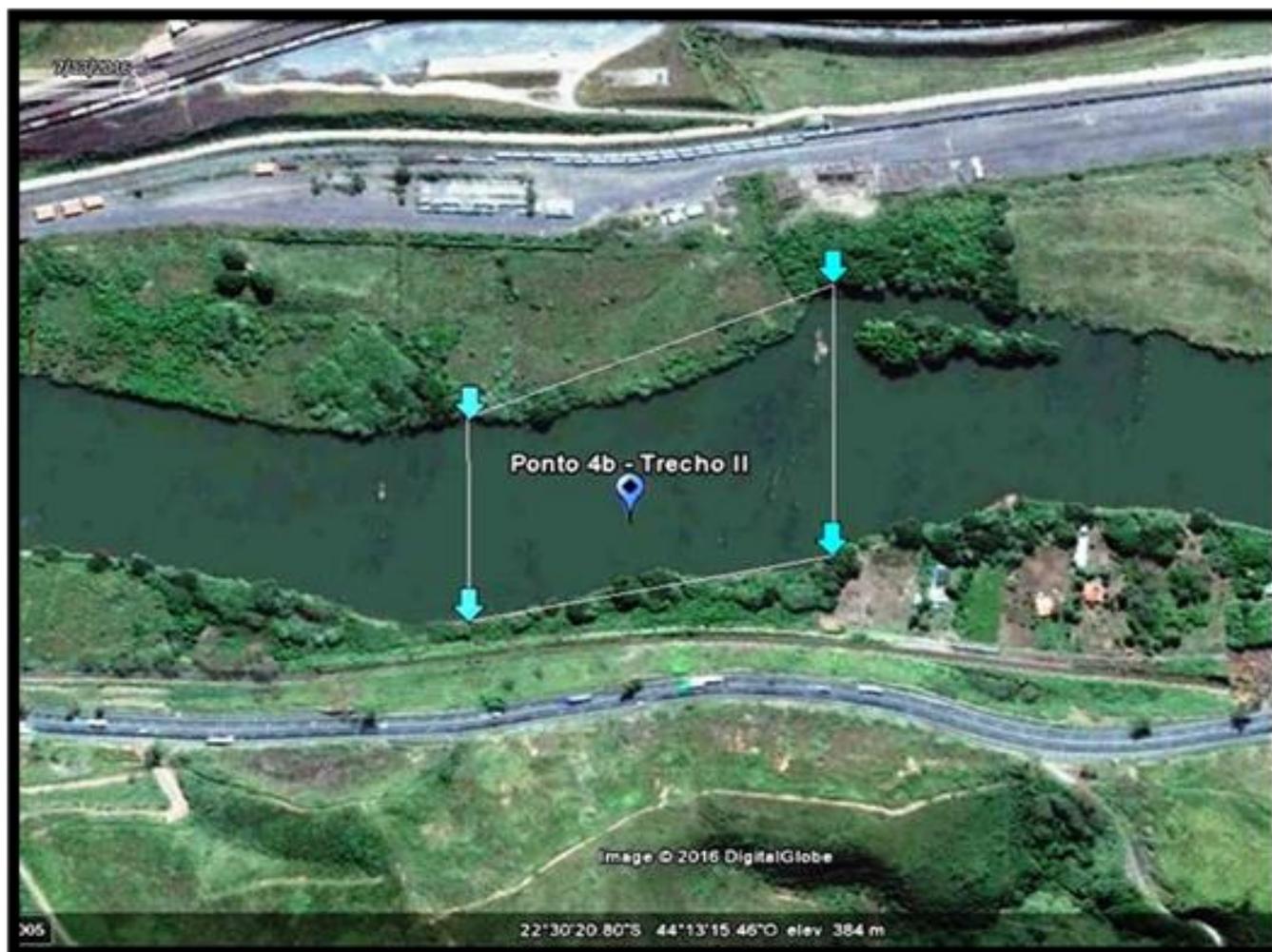


Figura 2: Ponto 4b no Trecho - II, com ilhas na Região do Médio Paraíba do Sul; as setas em azul indicam os quatros subpontos de coleta que abrangem cerca de 400/800 m² de área amostrada, conforme metodologia do Quarteamento sedimentológico para margens de rio, adaptada neste estudo. Foto: *Google Earth*.



Fig.3



Fig.4



Fig.5



Fig.6

Figura 3: Busca fundo modelo *Van-Veen*. (coleta em 21/03/2016 – margem direita R.P.S.). Figura 4: Processo de homogeneização das amostras (coleta em 26/09/2016 – margem direita R.P.S.). Figura 5: Armazenamento das amostras em sacos *WydaZip* (1/4 partes do Quarteamento). Figura 6: Término das coletas, amostras ensacadas e etiquetadas; T-I em amarelo e T-II em azul. Fotos 3, 5 e 6: Autor - Foto 4: Sandra Mitsue

Tabela 2: Ensaio de sedimento realizados no estudo na Região do Médio Paraíba do Sul e seus respectivos métodos de análise.

ENSAIO	MÉTODO
Alumínio	EPA 200.9-1992
% Carbono	USEPA, 2002
Cádmio	EPA 200.9-1992
Chumbo	EPA 200.9-1992
Cobre	EPA 200.9-1992
Cromo	EPA 200.9-1992
Ferro	EPA 200.9-1992
Fósforo Total	NELAC, 2009 - <i>Determination of TPP</i>
Mercúrio	EPA 245.5
Níquel	EPA 200.9-1992
Zinco	EPA 200.9-1992
Umidade	APHA, 2005
Granulometria (2mm)	Separação por peneiras
Granulometria (1mm)	Separação por peneiras
Granulometria (0,42mm)	Separação por peneiras
Granulometria (0,149mm)	Separação por peneiras
Granulometria (0,074mm)	Separação por peneiras
Argila <i>silte</i> - grupo granulometria	ABNT NBR 6457:1986

Fonte: Gerência de Análises Laboratoriais (GELAB/INEA)

Referencial teórico

Parâmetros analisados no estudo, em ordem alfabética

Alumínio (Al)

O alumínio é um elemento comum na crosta terrestre; na água ocorre em diversas formas e pode ser influenciado por parâmetros como pH, temperatura, sulfatos, matéria orgânica e presença de fluoretos entre outros. Segundo o relatório da região do Médio Paraíba do Sul (INEA, 2015), as altas concentrações de alumínio na região devem-se provavelmente às características dos solos predominantemente álicos com concentrações de alumínio superiores a 50%. Os solos da região do Médio Paraíba são constituídos principalmente por Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Podzólicos Vermelho-Amarelos, Afloramentos Rochosos do maciço do Itatiaia e, em menor parte por Cambissolos, Solos Litólicos e Solos Aluviais (INEA, 2010).

Cádmio (Cd)

O cádmio é um elemento relativamente raro na natureza, mas quando encontrado no ambiente aquático, mesmo em baixas concentrações, afeta significativamente a biota, por ser uma substância de características bioacumulativas: com propriedade de acumulação nos tecidos dos seres vivos. Para o ser humano, implica destruição do tecido testicular e das hemácias sanguíneas.

O cádmio é um metal utilizado em inúmeras atividades industriais, e sua presença no meio provoca diversos problemas ambientais, uma vez que é um metal pesado tóxico. As principais fontes antrópicas de geração de Cádmio no corpo hídrico são mineração, metalúrgica do zinco, processos de galvanoplastia, produção de ferro e aço, pigmentos e fertilizantes. Estas atividades estão presentes na região de estudo (INEA, 2010).

Porcentagem de Carbono orgânico (CO)

O Carbono orgânico (CO) origina-se principalmente da decomposição de plantas, animais e a partir de produtos de excreção destes organismos, são basicamente compostos por proteínas, carboidratos, lipídios e compostos húmicos. Segundo (ESTEVES, 1998), o CO influencia na dinâmica dos ecossistemas aquáticos de várias maneiras, como importante agente complexador de metais, notadamente metais pesados (Cd, Zn, Cu, Ni, Pb, Co, Mn, Mg, Cr). Uma vez complexados ao CO, os metais são arrastados para o sedimento. Outra forma é que certos compostos orgânicos, principalmente aqueles excretados por algas cianofíceas, podem, em concentrações elevadas, tornar-se tóxicos ou causar outros problemas estéticos como, por exemplo, mau cheiro, além de conferir à água sabor desagradável (INEA, 2010).

Chumbo (Pb)

O chumbo, não diferente do cádmio, também é um contaminante que não tem função fisiológica natural com o metabolismo dos seres vivos, e tampouco desempenha funções nutricionais. Está totalmente relacionado com a poluição, e no ambiente é um dos metais mais nocivos, pela severidade dos seus efeitos. Na saúde humana, afeta diversos órgãos como o sistema nervoso central, produzindo alterações nas enzimas e proteínas estruturais. As principais fontes antrópicas geradoras de chumbo são: encanamentos, soldas, tubos de raios catódicos, plásticos, tintas, pigmentos, baterias chumbo ácidas, forros para cabos e etc. (INEA, 2010).

Cobre (Cu)

O cobre geralmente se apresenta nas águas superficiais caracterizado como íon cúprico (Cu^{+2}), e não diferente dos outros metais, pode se associar à matéria orgânica na fração particulada e a compostos orgânicos e inorgânicos na fração dissolvida. As fontes geradoras deste metal no ambiente são provenientes das minas de cobre, de corrosão de tubulações de latão e cobre, de efluentes de indústria e de estações de tratamento de esgotos, do escoamento superficial e do uso agrícola do cobre, da chuva ácida, dentre outros. O cobre ocorre de forma natural em todas as plantas e animais sendo um nutriente essencial em baixas doses. Em níveis relativamente elevados, o cobre se torna tóxico no ambiente aquático podendo causar efeitos adversos na biota, afetando na reprodução e causando mortandades significativas (INEA, 2010).

Cromo (Cr)

O cromo é um elemento que pode ser encontrado nas águas, ar, minerais, solos e em toda matéria biológica, não sendo comum a ocorrência natural de concentrações elevadas em águas; é obtido do minério cromita. O cromo possui dois estados de oxidação no ambiente natural: trivalente e hexavalente. O Cr^{+3} é pouco móvel nas águas e apresenta toxicidade relativamente baixa para os organismos aquáticos, já o Cr^{+6} é altamente móvel e comprovadamente carcinogênico e tóxico, mesmo em baixas concentrações. Nas águas naturais ricas em matéria orgânica, o cromo Cr^{+6} tem vida relativamente curta, pois reage com a matéria orgânica e outros agentes redutores formando Cr^{+3} (INEA, 2010).

O cromo metálico é encontrado em atividades industriais como: galvanoplastia, soldagens, produção de ligas ferro-cromo, curtume, produção de cromatos, dicromatos, pigmentos e vernizes.

Ferro (Fe)

O Ferro é o metal mais comum na crosta terrestre depois do alumínio. No ambiente natural, a origem desse elemento está relacionada a depósitos orgânicos, detritos de plantas, podendo associar-se a coloides ou ácidos húmicos, dando cor amarelada à água. Teores elevados deste elemento em águas superficiais são encontrados, com maior frequência, nos seguintes casos: águas com matéria orgânica concentrada (nas quais o ferro se apresenta ligado ou combinado), e águas poluídas por resíduos industriais ou atividades de mineração.

Na água da bacia do RPS os teores de Ferro dissolvido e total aumentam significativamente na época das cheias devido ao tipo de solo e ao carreamento de sedimentos, podendo ultrapassar o padrão recomendado pela resolução CONAMA 357/05 (INEA, 2010).

Fósforo Total (P)

O fósforo é um elemento químico essencial, encontrado no interior das células dos tecidos vivos como fosfolipídios, sendo um dos mais importantes constituintes minerais da atividade celular. É um nutriente que influencia o crescimento de plantas, especialmente as de ambientes aquáticos; a presença de fosfatos de origem natural nas águas superficiais depende da natureza dos solos (apatita) e da decomposição por matéria orgânica. Nas águas continentais, o fósforo geralmente é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável, junto com o nitrogênio, pela eutrofização artificial desses ecossistemas. As principais fontes de contaminação das águas superficiais por fósforo na forma de fosfatos estão associadas à aplicação de fertilizantes na agricultura, esgotos domésticos e efluentes industriais, devendo-se ressaltar que os detergentes comercializados no Brasil, tanto para uso doméstico como industrial contém altas concentrações de fosfatos (INEA, 2010).

Mercúrio (Hg)

O Mercúrio ocorre no meio natural em três estados de oxidação: mercúrio elementar, íon mercúrico (Hg^{+2}) e íon mercurioso (Hg^{+2}) o qual é pouco estável em sistemas naturais. As principais fontes antropogênicas de contaminação ambiental por Hg são as indústrias de processamento de metais, produção de cloro-soda, fabricação de pilhas, lâmpadas fluorescentes e agroquímicos contendo Hg, disposição inadequada de componentes contendo mercúrio e atividades de garimpo não regularizadas.

As formas inorgânicas de mercúrio liberadas para o ambiente natural podem ser convertidas em metil mercúrio, mediante a processos biológicos. O processo de metilação do mercúrio, é favorecido em ambientes aquáticos anóxicos ou subóxicos, ou então em ambientes levemente ácidos, com concentrações elevadas de matéria orgânica dissolvida e atividade microbiológica intensa. O metil mercúrio tem alta capacidade de biomagnificação na cadeia alimentar em meio aquático tornando-se a maior preocupação sobre a emissão e a mobilização do mercúrio no ambiente (INEA, 2010).

Níquel (Ni)

O Níquel está presente em toda a biosfera em concentrações traços; segundo (CETESB, 2012), pode ser oriundo de fontes naturais e antrópicas; circula no ambiente natural através de processos químicos e físicos. Pode também ser biologicamente transportado por organismos vivos. É um metal utilizado principalmente na fabricação de aço inoxidável, por ser um elemento resistente à ação corrosiva de muitos ácidos, álcalis e sais. É também utilizado na

galvanoplastia do cromo para conferir adesão do cromo ao ferro e como catalisador em algumas reações de hidrogenação, como na fabricação da margarina e de manteiga a partir de gorduras líquidas. Outras formas de utilização são na produção de ligas, baterias alcalinas, moedas, pigmentos inorgânicos, próteses clínicas e dentárias. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o níquel metálico e ligas como possíveis cancerígenos para o ser humano (INEA, 2010).

Zinco (Zn)

O Zinco compoem vários minerais em diferentes formas (sulfetos ou carbonatos de Zn), é utilizado em grandes quantidades na indústria de galvanização. Também é insumo no processo de produção de baterias, aros e rodas de veículos, tintas, plásticos, borrachas, em alguns tipos de cosméticos, produtos farmacêuticos e fertilizantes.

As principais fontes de poluição de zinco estão associadas à metalurgia e mineração. É um mineral bioacumulativo (como a maioria dos metais pesados); e tem sido comprovado que a contaminação por Zn na água é melhor indentificada por análise de tecidos de peixes, que no sedimentos ou então nos invertebrados (INEA, 2010).

Resultados

Análise dos Dados

Os dados brutos do sedimento coletado foram agrupados por período de coleta e trechos de estudo, conforme descrito na Tabela 5. Foi calculado a Média e Desvio Padrão dos parâmetros analisados, conforme cada trecho de estudo (Tabela 6). Como referência, foram utilizados os padrões estabelecidos por órgão internacionais, uma vez que ainda não há lei regulamentando as diretrizes de qualidade ambiental de sedimento em leito de rio no Brasil.

Tabela 3: Dados brutos da qualidade do sedimento na Região do Médio Paraíba do Sul, por campanha e trechos de estudo, com os limites de referência internacionais para metais em sedimentos: ISQC = *Interim Sediment Quality* (CANADA, 2002) e TEC = *Threshold Effects Concentrations* (WISCONSIN, 2003).

Parâmetro - Unidade de medida	LQ	1ª coleta: Período chuvoso (21/03/2016)				2ª coleta: Período seco (26/09/2016)				CANADÁ CCME/ISQC	WISCONSIN USA - TEC
		Trecho I		Trecho II		Trecho I		Trecho II			
		Ponto 1a	Ponto 2b	Ponto 3a	Ponto 4b	Ponto 1a	Ponto 2b	Ponto 3a	Ponto 4b		
Alumínio - mg/Kg	50	23000	29500	16000	16500	16480	19140	10140	15100		
% Carbono - %		2,2	2,2	2,57	1,85	NR	NR	NR	NR		
Cádmio - mg/Kg	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,99
Chumbo - mg/Kg	7	33	38*	29	25	27	30	21	27	35	36
Cobre - mg/Kg	0,9	24	29	18	17	20	22	19	24	35,7	32
Cromo - mg/Kg	2	40*	46*	35	35	39*	40*	33	38*	37,3	43
Ferro - mg/Kg	10	25500*	42000*	28000*	23500*	38350*	37000*	29525*	35525*		20000
Fósforo Total - mg/kg	0,1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR		
Mercúrio - mg/Kg	0,02	0,2*	0,28*	0,2*	0,1	0,13	0,09	0,13	0,09	0,17	0,18
Níquel - mg/Kg	6	20	23	14	19	15	16	13	18		23
Zinco - mg/Kg	0,8	83	109	76	52	100	120	105	135*	123	120
Umidade - %		59	62	68	49	48	57	53	56		
Granulometria (2mm) - %		1,5	7,6	8	1,1	11,6	28,8	4,4	13,4		
Granulometria (1mm) - %		11,9	16,1	16,5	1,2	10,8	14,2	8	12,6		
Granulometria (0,42mm) - %		7,3	10,5	16,5	3,2	5,4	7	6	7		
Granulometria (0,149mm) - %		18,1	16,5	24,3	28,3	14	12,6	37,2	22,8		
Granulometria (0,074mm) - %		33,2	18,5	13,1	34,5	31,6	15,2	24	21,6		
Argila <i>silte</i> - grupo granulometria - %		28	30,8	21,6	31,7	26,6	22,2	20,4	22,6		

Legenda:

- * Extrapolação dos padrões internacionais
- LQ Limite de quantificação
- NR Problemas operacionais no equipamento

Fonte: Autor

Tabela 4: Média e Desvio Padrão dos dados de sedimentos na Região do Médio Paraíba do Sul por trecho de estudo, em ambas as coletas, com os limites de referência internacionais para metais em sedimentos: ISQC = *Interim Sediment Quality* (CANADA, 2002) e TEC = *Threshold Effects Concentrations* (WISCONSIN, 2003).

Parâmetro - Unidade de medida	Média		Desvio Padrão		CANADÁ CCME/ISQC (mg/kg)	WISCONSIN USA – TEC (mg/kg)
	T - I	T -II	T - I	T -II		
Alumínio - mg/Kg	22030*	14435	5653,8	2921,3		
% Carbono - %	2,2	2,21*	0	0,5		
Cádmio - mg/Kg	<0,5	<0,5	0	0	0,6	0,99
Chumbo - mg/Kg	32*	25,5	4,6	3,4	35	36
Cobre - mg/Kg	23,75*	19,5	3,8	2,6	35,7	32
Cromo - mg/Kg	41,25**	35,25	3,2	2,0	37,3	43
Ferro - mg/Kg	35712,5**	29137,5**	7128,3	4967,4		20000
Fósforo Total - mg/kg	NR	NR	NR	NR		
Mercúrio - mg/Kg	0,175**	0,13	0,08	0,04	0,17	0,18
Níquel - mg/Kg	18,5*	16	3,6	2,9		23
Zinco - mg/Kg	103*	92	15,6	35,9	123	120
Umidade - %	56,5	56,5				
Granulometria (2mm) - %	12,375	6,725				
Granulometria (1mm) - %	13,25	9,575				
Granulometria (0,42mm) - %	7,55	8,175				
Granulometria (0,149mm) - %	15,3	28,15				
Granulometria (0,074mm) - %	24,625	23,3				
Argila <i>silte</i> - grupo granulometria - %	26,9	24,075				

Fonte: Autor

Legenda:

- * Maior valor encontrado entre os trechos
- ** Extrapolação dos padrões internacionais
- NR Problemas operacionais no equipamento

Análise dos parâmetros

Alumínio

O alumínio apresentou valores entre 16480 a 29500 mg/kg no Trecho-I e 10140 a 16500 mg/kg no Trecho-II. A Média e Desvio Padrão dos trechos ficaram respectivamente em 22030 - 5653,8 no T-I e 14435 – 2921,3 no T-II.

Porcentagem Carbono

A porcentagem de carbono pôde ser avaliada somente na 1ª campanha, devido a problemas operacionais com o equipamento de análise. Deste modo, os resultados mostraram que o T-I não teve variações, ficando com valor estabelecido em 2,2 %; no T-II, a mínima ficou em 1,85 e máxima em 2,57 % com Média e Desvio Padrão de 2,21% e 0,05. Não foi possível quantificar anormalidades deste parâmetro.

Cádmio

O parâmetro Cádmio ficou, em todas as amostras, no limite inferior de detecção pelo método de análise (EPA 200.9-1992), não sendo possível avaliar o impacto deste parâmetro nos trechos de estudo.

Chumbo

O Chumbo apresentou valores entre 27 a 38 mg/kg no T-I e valores entre 21 a 29 no T-II; a Média e Desvio Padrão respectivos para os trechos ficaram em 32 mg/kg – 4,6 e 25,5 mg/kg – 3,4.

Cobre

O Cobre apresentou índices no sedimento entre 20 a 29 mg/kg no T-I contra 17 a 24 mg/kg do T-II. A Média e Desvio Padrão ficaram em 23,7 mg/kg – 3,8 no T-I e 19,5 mg/kg – 2,6 no T-II. Não ocorreram nos trechos de estudo extrapolações dos limites internacionais.

Cromo

O Cromo teve valores variando entre 39 a 46 mg/kg no T-I e 33 a 38 mg/kg no T-II. Este parâmetro apresentou valores elevados no T-I, pois todas as amostras extrapolaram os limites legais internacionais, incluindo a Média com 41,25 mg/kg e Desvio Padrão, 3,2. O T-II apresentou apenas 1 (uma) extrapolação no Ponto4b,

localizado nas proximidades de empresas que atuam nos ramos de mineração e químico, localizadas à montante do município de Barra Mansa. A Média e o Desvio Padrão do (Cr) no T-II ficou em 35,25 mg/kg – 2,0.

Ferro

O Ferro mostrou valores com oscilações entre 25500 a 42000 mg/kg no T-I contra 23500 a 35525 mg/kg do T-II; a Média e o Desvio Padrão ficaram em 35712 mg/kg – 7128,3 no T-I e 29137 mg/kg – 4967,4 no T-II.

Fósforo Total

O parâmetro Fósforo não foi analisado (em ambas as campanhas) devido aos problemas operacionais com o equipamento, logo não foi possível identificar interferências do Fósforo nos sedimentos dos trechos de estudo.

Mercúrio

O Mercúrio apresentou valores alternando entre 0,09 a 0,28 mg/kg no T-I e 0,09 a 0,20 mg/kg no T-II; a Média e o Desvio Padrão tiveram seus valores em 0,175 mg/kg – 0,08 no T-I e 0,13 mg/kg – 0,04 no T-II. Os limites estabelecidos pelos órgãos internacionais foram extrapolados no T-I por duas vezes, ambas no período chuvoso, o que acarretou Média, neste trecho, com valor acima do estabelecido internacionalmente. O T-II deteve uma extrapolação no Ponto 3a, também no período chuvoso.

Níquel

O Níquel apontou taxas variando entre 15 a 23 mg/kg no T-I contra 13 a 19 mg/kg do T-II; a Média e Desvio Padrão ficou em 18,5 mg/kg – 3,6 no T-I e 16 mg/kg – 2,9 no T-II. Em ambos os trechos não houve extrapolações dos limites internacionais para esse parâmetro.

Zinco

O Zinco apresentou taxas variando entre 83 a 120 mg/kg no T-I e 52 a 135 mg/kg no T-II; a Média e o Desvio Padrão ficou em 103 mg/kg – 15,6 no T-I e 92 mg/kg – 35,9 no T-II.

Umidade e Granulometria

Ambos os trechos apresentaram composição do sedimento com porcentagem de umidade idêntica, com Média em 56,5% do peso total das amostras.

O T-I apresentou composição granulométrica com 26,9% de argila *silte*; 24,63% de gran. 0,074mm; 15,3% de gran. 0,149mm; 13,25% de gran. 1mm; 12,38% de gran. 2mm e 7,55% de gran. 0,42mm. O T-II apresentou composição das amostras com 28,15% de gran. 0,149mm; 24,08% de argila *silte*; 23,3% de gran. 0,074mm; 9,6% de gran. 1mm; 8,2% de gran. 0,42mm e 6,73% de gran. 2mm.

Discussão

A avaliação espacial dos parâmetros indicou que o Trecho - I, sem ilhas (que percorre o tecnopolo industrial do município de Porto Real), apresentou 14,4% de amostras de sedimento foras dos limites de referência utilizados no estudo, contra 9,2% do Trecho - II, com ilhas.

Em referência ao Alumínio analisado, ambos os trechos mostraram valores consideráveis (mesmo sem valores de referência internacionais), por motivo anteriormente descrito: presença de solos álicos com concentrações de alumínio superiores a 50% na região (INEA, 2010 e 2015). Entretanto a taxa elevada de alumínio encontrada nos trechos estudados deve servir de alerta para as autoridades, devendo ser investigada mais a fundo, pois o impacto desse metal no organismo humano pode acarretar doenças neurodegenerativas como o Alzheimer, por exemplo (FREITAS, *et al.* 2001). Outras fontes de alumínio no manancial são as provenientes do uso de sulfatos de alumínio utilizados como agente floculante em processos de tratamento de águas (PRIMO, 2006).

A porcentagem de Carbono (analisada somente na 1ª campanha) apresentou valores aparentemente baixos para o esperado, com valor máximo ocorrido no Trecho-II (Ponto 3a) com 2,57%; episódio que pode ter correlação com os pontos de coleta escolhidos neste estudo e/ou com a capacidade depurativa vinculada às boas taxas de OD encontradas nos trechos, em especial no Trecho-II (vide Capítulo I).

O Cadmio não demonstrou irregularidades em nenhum dos trechos de estudo; o Chumbo no Trecho-I apresentou valores maiores que o Trecho-II, inclusive com 1 extrapolação dos limites legais exigidos pelos órgãos internacionais (no Ponto 2b), fato que pode ter relação com descarte irregular de atividade de posto de combustível, localizado nas proximidades do referido ponto de coleta.

O Cobre não apresentou problemas nos trechos analisados, sem extrapolações dos limites de referências, em ambos os trechos; em contrapartida, o Cromo demonstrou ser um problema no Trecho-I, pois apresentou 100% das amostras fora dos padrões de referências, contra 25% do Trecho-II, fato que pode estar correlacionado com tipos de atividades do T-I, uma vez que o Cromo faz parte do processo produtivo de indústrias que atuam do ramo de galvanoplastia, presente no referido trecho (INEA, 2010).

O Ferro encontrado no sedimento, tanto no T-I quanto no T-II, deteve amostras superando os limites estipulado internacionalmente pela WISCONSIN USA – TEC; característica que pode estar associada com erosão do solo, pois a região apresenta rochas com predomínio de minerais máficos que são ricos em ferro (CEIVAP, 2014); ou então a outros fatores naturais como, depósitos orgânicos, detritos de plantas e ácidos húmicos. Os valores de Ferro encontrados possuem relação direta com as baixas taxas de vegetação ripária encontradas nos limites da FMP, (conforme o capítulo II), pois esta vegetação tem como principal característica impedir o acúmulo de particulados no leito do rio. Outros fatores correlatos são: taxas elevadas de matéria orgânica na água, ou então águas poluídas por resíduos industriais e de mineração. (INEA, 2010)

O Mercúrio estava fora do padrão no período chuvoso (1ª Campanha) nos dois trechos, com exceção do Ponto 4b, no T-II; característica que pode ter relação com indústrias de processamento de metais e/ou agroquímicos contendo Hg carreados para o leito do rio. O Níquel não apresentou irregularidades nos trechos de estudo; já o Zinco apresentou violação dos padrões internacionais no (Ponto 4b) coletado no período seco; fato provavelmente ligado à indústria de mineração ou então do ramo químico presentes nas proximidades do ponto de coleta.

Segundo o relatório de avaliação ambiental do rio Paraíba do Sul (INEA, 2010) que analisou amostras de sedimentos de pontos bem próximos aos trechos deste estudo, entre abril de 2008 a novembro de 2009, foi encontrado valores médios para os parâmetros do ponto denominado PS5, na localidade de Bulhões próximo do Trecho-I (com ilhas), de: 14,87 mg/Kg para Chumbo; 8,69 mg/Kg para Cobre; 30,9 mg/Kg para Cromo (com 1 violação dos padrões internacionais); 23297 mg/Kg para Ferro (com 2 violações); 0,48 mg/Kg para Mercúrio (com 4 violações); 63,8 mg/Kg para Zinco e 12690 mg/Kg para Alumínio. No ponto (PS5), com exceção do Mercúrio e do Alumínio, todos os parâmetros ficaram abaixo dos valores detectados neste estudo. Para o ponto denominado PS6 em Floriano, nas proximidades do Trecho-II, (com ilhas), foram encontrados valores de: 40,4 mg/Kg para Chumbo; 41,3 mg/Kg para Cobre; 90,4

mg/Kg para Cromo; 31957 mg/Kg para Ferro; 166 mg/Kg para Zinco e 50696 mg/Kg para Alumínio, com exceção desta última, todas amostras violaram os padrões internacionais. Neste último ponto, (PS6) os valores superaram os encontrados neste estudo. Já o trabalho de (COELHO, 2012) apresentou nos anos de 1986 a 1987, na região de Barra Mansa concentrações de Mercúrio e Cádmio respectivamente de 0,12 mg/kg e <1,0 mg/g valores estes equivalentes ao encontrado na Média do Ponto 4b, o mais próximo do município supracitado.

Conclusão

Os parâmetros da qualidade do sedimento mais críticos identificados neste estudo foram o Ferro, o Cromo, o Mercúrio e também o Alumínio mesmo este último não detendo padrão de referência. O Trecho-II (com ilhas) foi o que apresentou melhores condições, possivelmente por dois motivos (i) menor taxa de industrialização, e (ii) maior capacidade depurativa gerada pelas rochas submersas que melhoram a taxa de oxigenação do manancial.

Deste modo, mesmo com o crônico impacto que o rio Paraíba do Sul sofre por décadas, conforme ratificado pelos estudos que serviram como referência deste capítulo (CEIVAP, 2014; COELHO, 2012; INEA, 2010 e 2015), o rio ainda se mostra resiliente, por aparentemente suportar tais efeitos, devido à vazão perene e a boa capacidade depurativa. No entanto, essas características naturais do rio não devem respaldar a diluição excessiva de efluentes doméstico/ou industriais no manancial. É urgente priorizar investimentos em coleta e tratamento de esgoto, especialmente o de origem urbana; fato que geralmente pouco acontece justificado pelos altos custos para tratar efluentes no Brasil, acrescido de morosidade política e do desconhecimento da importância do tema pela população envolvida.

Bibliografia

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterado pela Resolução CONAMA 397/2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 04 set. 2016.

CANADA. Canadian Environmental Quality Guidelines, 2002, Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines. Summary Table, December 2003. 7p. Disponível em: http://www.ccme.ca/assets/pdf/sedqg_summary_table.pdf. Acesso em: setembro de 2016.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL. 2000. 154p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br> Acesso em: setembro 2015.

CEIVAP, 2014; Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Relatório de Diagnóstico, Tomos I, II e III. COHIDRO – Consultoria Estudos Projetos – maio de 2014.

CETESB (2012) Níquel e seus compostos – ficha de informação toxicológica; Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental. Disponível em <http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/niquel.pdf> Acesso em: 17/09/2016.

COELHO, V. M. B., 2012: Paraíba do Sul: um rio estratégico. 1ª ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012. 336p. il.

CORCORAN, E. *et al.* 2010. Central, T. H. E., Of, R., Management, W., & Sustainable, I. N. (2010). Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development. Water. <http://doi.org/10.1007/s10230-011-0140-x>

ESTEVES, F. A. 1988: Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988. 574p.

FREITAS, M.B., BRILHANTE, O. M. & ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 17 (3): 651-660, mai-jun, 2001. <http://www.scielo.br/pdf/csp/v17n3/4647.pdf>

GEO BRASIL, 2007. Recursos Hídricos – Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. MMA/ANA/PNUMA – 267p.

INEA, 2015. Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul Trecho Funil – Três Rios. Instituto Estadual do Ambiente – INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico; junho 2015. 1ª revisão; 130p

INEA, 2016. Instituto Estadual do Ambiente; Monitoramento das Águas Interiores do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: www.inea.rj.gov.br. Acesso em 29/08/2016.

PRIMO, A. R. R. 2006. Avaliação da Influência do Reservatório do Funil na Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul. 2006. 107p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Química, Universidade Federal de São Paulo. São Paulo 01/12/2016

TOROGO, 2006: Qualidade da Água e Integridade Biótica: Estudo de Caso num Trecho Fluminense do Rio Paraíba do Sul. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente; Mestrado em Engenharia Ambiental.

WISCONSIN. Department of Natural Resources, 2003, Consensus-Based Sediment Quality Guidelines. Madison, WI. December, 2003. 40 p. Disponível em: http://dnr.wi.gov/org/aw/rr/technical/cbsqg_interim_final.pdf. Acesso em: setembro de 2016

Capítulo IV

Usos de peixes como ferramenta para a caracterização e comparação ambiental entre trechos da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Luís Fernando Faulstich Neves e Cristina Aparecida Gomes Nassar

Resumo: O estudo partiu do pressuposto que a integridade da comunidade de peixes tende a apresentar melhores condições ambientais nas proximidades das regiões detentoras de ilhas fluviais. Desta forma, a comunidade de peixes da calha principal na região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul foi caracterizada, através de um modelo adaptado do Índice de Integridade Biótica de Peixes, com o objetivo de comparar as condições ambientais entre dois trechos de rio (com e sem presença de ilhas fluviais). A avaliação da comunidade de peixes apresentou classificação ruim em ambos os trechos avaliados, entretanto o trecho com ilhas obteve as melhores condições, apresentando valor do Índice de Integridade Biótica de Peixes de 26, contra 22 do trecho sem ilhas. Deste modo, há indícios que ilhas fluviais contribuem de forma positiva para a integridade da comunidade de peixes local, bem como para manutenção da qualidade ambiental do rio Paraíba do Sul.

Palavras-chaves: Qualidade Ambiental; Índice de Integridade Biótica; Comunidade de Peixes; rio Paraíba do Sul.

Introdução

O índice de integridade biótica de peixes (IIBP) foi desenvolvido pelo professor da Universidade de Washington, *James R. Karr*, em 1981 a pedido da agência ambiental norte-americana (*US Environmental Protect Agency – USEPA*) para avaliar a qualidade de riachos nos Estados Unidos, e desde então vem sendo cada vez mais consolidado como ferramenta no biomonitoramento de ambientes aquáticos.

O IIBP constitui uma das principais ferramentas para avaliação do status da qualidade ambiental de segmentos de rios, sendo capaz de identificar uma grande variedade de alterações ambientais (INEA, 2010). Segundo Polaz (2013), o IIBP parte do pressuposto que as perturbações antrópicas interagem de maneira complexa no ecossistema aquático, e seus efeitos raramente podem ser avaliados usando apenas variáveis físicas e químicas sendo essas medidas indiretas da biótica; esses efeitos precisam ser avaliados diretamente, isto é, vindo da própria biota aquática (FAUSCH *et al.*, 1984), e é exatamente por isso que comunidades de peixes são consideradas boas indicadoras não só do estresse antrópico, mas também das dinâmicas naturais do

ambiente e da reconstituição do ecossistema (PALLER *et al.*, 2000). A abordagem do IIBP constitui um método direto de análises multivariadas que busca uma aproximação ecológica, holística e integradora (ROSET *et al.*, 2007). Segundo Verodonschot (2000 *apud* JARAMILLO-VILLA & CARAMASCHI, 2008) o IIBP permite uma aproximação mais agregada e clara que a oferecida por outros indicadores biológicos, baseados somente na riqueza de espécies, índice de diversidade ou espécies indicadoras.

De acordo com Pacheco e colaboradores (2015), após sua descrição, o IIBP se popularizou passando a ser testado e utilizado, inclusive empregando-se outros grupos taxonômicos, além de peixes. Deste modo, o índice foi sendo adaptado para usos em outros contextos, nas bacias hidrográficas como em rios de grande porte (ARAÚJO, 1998), em córregos (FERREIRA & CASATTI, 2006), lagoas (SIMON, 1998) e em reservatórios (TERRA, 2009). Entretanto como alertado por (JARAMILLO-VILLA & CARAMASCHI, 2008 e PACHECO *et al.*, 2015) o uso deste índice como instrumento de biomonitoramento em ambientes tropicais e subtropicais é um pouco mais recente e ainda está sendo aplicado em caráter preliminar, ou seja, ainda não se testou de maneira sistemática a adequação dessa metodologia em região tropical. Logo, adaptações continuadas do IIBP pela academia e pelos órgãos gestores ambientais serão essenciais para consolidação desta metodologia em regiões tropicais, principalmente para assessorar gestores públicos a tomada de decisões direcionadas à recuperação das bacias hidrográficas brasileiras, por exemplo.

Peixes como indicadores

O estudo de revisão realizado por (JARAMILLO-VILLA & CARAMASCHI, 2008) sobre o uso de alguns tipos de adaptações do IIBP em regiões tropicais e subtropicais elencou a relevância de se utilizar comunidade de peixes em monitoramentos de ecossistemas aquáticos, justamente pelo táxon possuir grande importância biológica e socioeconômica. Tais fundamentos foram iniciados por Karr (1981) e posteriormente foram complementados por outros autores como (ARAÚJO *et al.*, 1998 e 2001; PINTO *et.al.*, 2006; TERRA, 2009; INEA, 2010 e 2015). Segundo estes pesquisadores peixes são ótimos indicadores da saúde de ecossistemas aquáticos por: “1) *Assembleias de peixes geralmente contêm espécies que representam vários grupos tróficos (onívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros, piscívoros) que se alimentam de matéria de origem terrestre e aquática; 2) Estão posicionados no topo da teia alimentar aquática; quando são comparados com organismos de níveis tróficos*

mais baixos, como por exemplo diatomáceas e invertebrados, por isso, oferecem uma visão mais confiável do corpo hídrico; 3) Estão praticamente presentes em todas as comunidades aquáticas, de rios muito pequenos até grandes lagos; 4) Indicam com margem de segurança os efeitos de longo prazo e as alterações do hábitat numa escala amplificada, pois peixes têm ciclos de vida relativamente mais longos, de 3 a 10 anos, comparado aos outros tipos organismos utilizados como bioindicadores; 5) A escala de ocorrência espacial dos peixes no ambiente aquático é maior, isso os torna menos suscetíveis a alterações naturais no micro hábitat comparados à comunidades de organismos de menor ocupação. Isso os torna adequados para a avaliação de diferenças de macro hábitat e regionais; 6) Peixes vivem todo seu ciclo de vida na água, logo as variações física, química e biológica dos corpos d'água incide diretamente neles; 7) As comunidades de peixes são resilientes e podem se recuperar dos distúrbios naturais de forma célere; 8) Apresentam um amplo espectro de tolerância, sendo que cada espécie possui um padrão específico para cada tipo de alteração; 9) Possuem, de certa forma, biologia conhecida pela comunidade científica para a maioria das espécies de peixes. 10) Possuem certa facilidade de serem coletados e amostrados, por técnicos com relativo grau de treinamento; 11) Variações populacionais nos táxons podem ser facilmente avaliadas na comunidade dos peixes, sendo que essas variações podem ajudar a identificação dos períodos de estresse pouco usuais no ambiente aquático; 12) Podem ser amostrados durante todo o ano, proporcionando confiabilidade na identificação das variações espaciais nos períodos sazonais; 13) Contaminantes antropogênicos podem gerar deformidades morfológicas nos peixes que servem como indicadores dos efeitos adversos na saúde do manancial; 14) Áreas com baixo nível de impacto, na comunidade de peixes, podem servir como comparadoras para outras áreas e até mesmo para tempos diferentes; 15) É possível ter uma frequência mais espaçada de amostragem no monitoramento dos peixes, comparadas a outros tipos de organismos menores; 16) A comunidade de peixes possuem grande importância cultural e social para o homem, possivelmente por fazerem parte de seu cardápio, logo, qualquer acontecimento como mortandades de peixes geralmente são denunciadas rapidamente pela população; 17) Resultados obtidos provenientes de estudos usando peixes podem influenciar diretamente as leis relativas à pesca e à qualidade da água.”

Premissas do IIBP

Os índices bióticos para avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos são desenvolvidos empregando valores que mensuram atributos perceptíveis destas comunidades aquáticas. Consiste em síntese de atributos biológicos capazes de representar os efeitos da influência humana sobre a qualidade biológica do ecossistema estudado. O IIBP é estimado por atributos funcionais vinculados aos processos biológicos do ecossistema aquático, que influenciam a comunidade de peixes.

As métricas para compor o IIBP são escolhidas a partir da avaliação estrutural funcional da ictiofauna, vinculadas às características fitogeográficas da região. No estudo original de Karr (1981), as métricas foram definidas levando em consideração que cada espécie ou grupo de espécies apresentam diferentes níveis de tolerância à qualidade da água, ao hábitat ou a outras condições ambientais, logo, alterações física, química ou biológica (stress ecológico) podem afetar a estrutura da ictiofauna, com maior ou menor intensidade (INEA, 2010).

As métricas utilizadas para as espécies de peixes nativas e exóticas que atualmente ocorrem na calha principal do rio Paraíba do Sul (de acordo com a metodologia adaptada pela SUPMEP/INEA e empregada neste estudo) utilizam como fundamentos ecológicos: riqueza e composição, comportamento migratório, nível de tolerância, hábitos físico-alimentares, abundância e condições da comunidade. Tais conceitos dão respaldo a dez métricas/atributos da comunidade de peixes que são empregados no IIBP, conforme: 1) Número de espécies nativas; 2) Índice de Diversidade de Shannon; 3) Número de espécies migratórias; 4) Número de espécies intolerantes; 5) Porcentagem de espécies tolerantes; 6) Número de espécies bentônicas nativas; 7) Número de espécies reofílicas nativas; 8) Porcentagem de indivíduos generalistas e oportunistas; 9) Esforço de pesca (CPUE) e 10) Porcentagem de ocorrência de anomalias (Quadro 1). Essas métricas recebem escores, máximo, médio e mínimo, que são estipulados em 5, 3 e 1 respectivamente, o que leva em consideração a resposta de cada uma das perturbações ambientais, que variam de acordo com a proximidade ou distanciamento dos valores de referência (com seus limites contidos entre ictiofauna saudável a fortemente impactada). Deste modo, a soma aritmética das pontuações obtidas pelas métricas corresponde ao valor final do IIBP que representa o estado da comunidade ictiológica (Quadro 1). Em seguida, o valor obtido é

transportado para uma matriz ordenada em (5) cinco classes de integridade biológica do manancial: Péssima, quando o somatório das métricas incide entre 0 a 9; Ruim, entre 10 a 28; Regular, entre 29 a 36; Boa, entre 37 a 44 e Ótima, entre 45 a 50 pontos. (Quadro 2).

Quadro 1: Planilha padrão para o cálculo da pontuação das Métricas e obtenção do resultado do IIBP (Fonte: SUPMEP/INEA).

MÉTRICAS	Pontuação			Resultado	Pontuação IIBP
	5	3	1		
Riqueza e composição					
n° de espécies nativas	>23	23 a 16	<16		
Índice de Shannon – H (todas as espécies)	>3,0	3,0 a 2,4	>2,4		
Comportamento migratório					
n° espécies migratórias (migração longa e moderada)	>10	10 a 5	<5		
Tolerância					
n° de espécies intolerantes (todas as espécies)	>4	4 a 1	0		
% de espécies tolerantes (todas as espécies)	<26	26 a 37%	>37%		
Habitat Físico					
n° de espécies bentônicas nativas	>7	7 a 4	<4		
n° de espécies reofílicas nativas	> 9	9 a 7	<7		
Hábito alimentar					
% de indivíduos generalistas oportunistas (todas as espécies)	<35%	35 a 70%	>70%		
Abundância e condições					
Esforço de pesca (CPUEn) – excl. as espécies Exóticas e Tolerantes	>10	10 a 5	<5		
% Ocorrência de anomalias* (todas as espécies)	<0,5%	0,5 a 3%	>3%		
				IIBP →	

* Baumann, P. *et al.*, 2000.

Quadro 2: Critérios para interpretação do índice de integridade biótica de peixes (IIBP) para Bacia do Médio Paraíba do Sul; adaptado (INEA, 2010).

Valor do IIBP	Classes de integridade (status de qualidade ambiental do manancial)	Diagnóstico da Ictiofauna
45 até 50	Ótima	Condição excelente da ictiofauna, próxima ao estado inalterado;
37 até 44	Boa	Decréscimo na riqueza das espécies, especialmente espécies intolerantes e migratórias;
29 até 36	Regular	Redução de espécies intolerantes e de migração longa e redução das populações de espécies de migração moderada; Redução de resultados do esforço de pesca e do índice de diversidade de Shannon;
10 até 28	Ruim	Poucas espécies intolerantes e de migração longa; aumento de peixes tolerantes e oportunistas; presença/aumento de anomalias; redução e desequilíbrio das populações;
0 até 9	Péssima	Presença de pouquíssimas espécies tolerantes ou ausência.

Estruturações das Métricas

Métricas funcionais consolidadas da comunidade de peixes para a região de estudo

Para obtenção dos valores das métricas foi utilizada inicialmente uma planilha matriz com as bases de orientação contendo os atributos funcionais que se correlacionam com as características biológicas da comunidade de peixes, como: NATIVAS – EXÓTICAS – MIGATÓRIAS – INTOLERANTES – TOLERANTES – BENTÔNICAS NATIVAS – REOFÍLICAS NATIVAS – OPORTUNISTAS GENERALISTAS – RARAS\AMEAÇADAS – OCORRÊNCIA ESPORÁDICA OU DIFÍCIL CAPTURA – FREQUENTES; tais fundamentos (atributos) da ictiofauna local baseiam-se em informações coletadas por trabalhos técnico-científico, desenvolvidos pela SUPMEP/Inea na região, desde 2002 (INEA, 2010), que fornecem embasamento para a validação desta metodologia no local de estudo, no formato: *atributos*→*métricas*→*classes de integridade*, uma vez que eles vêm sendo testados e aprimorados sistematicamente ao longo desse tempo. Deste modo, é possível determinar, com boa margem de segurança, a tolerância trófica e ambiental de várias espécies de peixes ocorrentes na localidade. O (Quadro 3) apresenta os critérios específicos apresentados, servindo como base de orientação para o estabelecimento das métricas biológicas na região de estudo.

Quadro 3: Matriz de suporte à definição das métricas relativa às espécies de peixes nativas e exóticas ocorrentes na calha do Rio Paraíba do Sul (o algarismo 1 marca a métrica correspondente a espécie); as espécies exóticas estão assinaladas inicialmente com um asterisco. Fonte: INEA, 2010.

ESPÉCIES	Nativas	Exóticas	Migratórias	Intolerantes	Tolerantes	Bentônicas nativas	Reofílicas nativas	Oportunistas generalistas	Raras / ameaçadas	Ocorrência esporádica ou difícil captura	Frequentes
*Apareiodon cf. machrissi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Astyanax bimaculatus	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
Astyanax giton	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
Astyanax intermedius	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Astyanax paraguayae	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
Australoheros facetus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Brycon insignis	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
*Brycon orbignyanus	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Callichthys callichthys	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
*Cichla kelberi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Crenicichla lacustris	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
*Clarias gariepinus	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Cyphocharax gilberti	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
*Cyprinus carpio	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Eigenmannia virescens	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geophagus brasiliensis	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Glanidium melanopterus	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Gymnotus carapo	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Harttia loricariformes	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Hoplerethrinus untaeniatus	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Hoplias malabaricus	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Hoplosternum littorale	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Hypostomus affinis	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Hypostomus luetkeni	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Leporinus conirostris	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
Leporinus copelandii	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
Leporinus mormyrops	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
*Metynnis maculatus	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Oligosarcus hepsetus	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
*Oreochromis niloticus	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Pachyurus adspersus	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
*Parachromis managuensis	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
*Piaractus mesopotamicus	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pimelodella eigenmanni	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Pimelodus fur	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
*Pimelodus maculatus	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
*Plagioscion squamosostomus	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pogonopoma paraguayae	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Probolodus heterostomus	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Prochilodus lineatus	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Prochilodus vimboides	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
*Pseudoplatystoma corruscans	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
*Pseudoplatystoma sp	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Rhamdia quelen	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Rimelepis aspera	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Rineloricaria nigricauda	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
*Salminus brasiliensis	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
Steindachneridion paraguayae	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
Symbranchius marmoratus	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
*Tilapia rendalli	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Trachelyopterus striatulus	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
total	36	15	15	15	15	9	10	14	11	19	13

Métricas ecológicas avaliadas na comunidade de peixes na B.M.P.S.

Dando continuidade aos conceitos que complementam as métricas que irão dar respaldo ao cálculo do IIBP, são utilizados princípios ecológicos que permitem avaliar matematicamente de forma abrangente as inter-relações da biota aquática com o ecossistema estudado. São utilizados princípios que avaliam riqueza, diversidade,

equitabilidade e similaridade da comunidade de peixes; que de acordo com Araujo (1998) e INEA (2010) esses princípios são capazes de cobrir uma amplitude ecossistêmica que exploram em níveis de indivíduos, populações a comunidade. Conforme:

⇒ **Índice de Diversidade de Shannon (H'):** utilizado para avaliar a diversidade e abundância relativa de espécies em uma determinada comunidade. O índice de Shannon é calculado através da seguinte fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Onde:

S = número total de espécies;

i = espécies;

N = número total de indivíduos de todas as espécies;

p_i = proporção do total de indivíduos que ocorre na espécie i ($p_i = n_i/N$).

⇒ **Índice de Equitabilidade de Pielou (J'):** é derivado do índice de diversidade de Shannon, utilizado para avaliar a distribuição do número de indivíduos entre as espécies. A equitabilidade de Pielou é calculada através da seguinte fórmula:

$$J' = H' / H_{max}$$

Onde:

$H_{max} = \ln S$ = diversidade máxima;

S = total de espécie coletadas = riqueza;

$J' = H' / \ln S$

⇒ **Coefficiente de similaridade de Sørensen:** usado para comparar a diversidade de espécies entre dois locais ou áreas de amostragem. O índice de Sørensen é calculado através da seguinte fórmula:

$$QS = 2 S_{AB} / (S_A + S_B)$$

Onde:

S_{AB} = número de espécies encontradas em ambos os locais (A e B);

S_A = número total de espécies encontradas em A;

S_B = número total de espécies encontradas em B.

⇒ **Captura por Unidade de Esforço – CPUE:** é um índice de abundancia relativa, utilizado para quantificar amostragens de pesca, proporcionando valores de densidade ou biomassa que variam de acordo com a modalidade de captura utilizada; sendo possível utilizar

variáveis como peso, quantidade ou ambas. Para estimativa do esforço de pesca com redes de emalhar através do CPUE, utiliza-se a relação do número total ou peso total de indivíduos capturados pelo tempo de imersão e área do petrecho. O CPUE é calculado através da seguinte fórmula:

$$CPUE = (n. / Ar \cdot Ti)$$

e/ou

$$CPUE = (m. / Ar \cdot Ti)$$

Onde:

n. = número de indivíduos capturados;

m. = peso dos indivíduos capturados;

Ar = área de uma rede individual ou várias redes como um todo (m^2);

Ti = tempo de imersão de uma rede individual ou várias delas como um todo.

⇒ **Índice well-being modificado – *Miwb***: utilizado para avaliar a abundância relativa de comunidades de peixes fluviais como resposta ao stress ambiental. O well-being modificado exclui dos valores relativos à biomassa, à densidade, as espécies exóticas e híbridas ou classificadas como altamente tolerantes, sendo essas mantidas nos cálculos do índice de Shannon. O well-being modificado é calculado através da seguinte fórmula:

$$Miwb = 05 \ln N + 0.5 \ln B + H (n.) + H (m.)$$

Onde:

N = Número relativo (*CPUE_n*) dos indivíduos das espécies, excluindo exóticas e tolerantes;

B = Peso relativo (*CPUE_m*) dos indivíduos das espécies, excluindo exóticas e tolerantes;

H (*n.*) = Índice de Shannon baseado no número de indivíduos de todas as espécies;

H (*m.*) = Índice de Shannon baseado no peso de indivíduos de todas as espécies.

⇒ **Ocorrência de anomalias anatômicas**: podem ser caracterizadas como efeitos morfológicos da ocorrência de doenças cutâneas ou subcutâneas, visíveis e decorrentes de processos patológicos de origem química, biológica ou de outra natureza. Manifestam-se nos peixes como: deformidades (*D*); erosão de nadadeiras (*E*); lesões cutâneas e ulcerações (*L*); tumores ou neoplasma (*T*); podendo ser citadas coletivamente como *DELT* (BAUMANN, et al., 2000; SANDRES et al., 1999 apud INEA, 2010). A análise de anomalias em peixes é adotada internacionalmente como métrica para a determinação dos índices de integridade biótica, dentro dos critérios *DELT*. Sua utilização isolada, contudo, não serve como ferramenta de diagnóstico das condições ambientais de ecossistemas submetidos a múltiplos e cumulativos stress. (ver Figuras 14 e 15)

Hipótese

Partimos do pressuposto que a integridade da comunidade de peixes tende a apresentar melhores condições ambientais nas proximidades de regiões detentoras de ilhas fluviais.

Objetivos

Aplicar um modelo adaptado do índice de integridade biótica de peixes (para a região de estudo); comparar as condições ambientais dos trechos analisados, com e sem presença de ilhas fluviais.

Descrição da área

(vide item ÁREA DE ESTUDO na parte introdutória, página 5)

Metodologia

No presente estudo, foi empregada uma adaptação da metodologia desenvolvida, desde meados de 2002, pelo Serviço de Informação e Monitoramento da Superintendência Regional do Médio Paraíba do Sul do Instituto Estadual do Ambiente (SUPMEP/INEA). As amostragens ictiológicas foram realizada em conjunto com a referida superintendência com intuito de otimizar o trabalho, como também de proporcionar menor impacto sobre a ictiofauna local, uma vez que os dados brutos de campo serviram como base ao presente estudo e para os relatórios técnicos mensais da região, elaborado pelo referido órgão.

Programa de amostragem

Logística de campo

Foram realizadas 4 campanhas de campo, conforme as estações do ano, com duração de 4 dias cada (Tabela 4). Os trechos de estudo foram amostrados separadamente, sendo padronizado o trecho II (com ilhas) como pioneiro, devido à melhor adequação da logística de campo (Figura 1). As coletas dos trechos foram executadas durante três dias, sendo o quarto e último dia destinado apenas para a triagem dos peixes e para a coleta das variáveis da água realizada por meio da sonda multiparametros (Figuras 13 e 14) e (Tabela 5). Para as campanhas de campo houve a contratação de dois pescadores guias, que deram suporte às operações de campo, técnica de pesca e navegação.

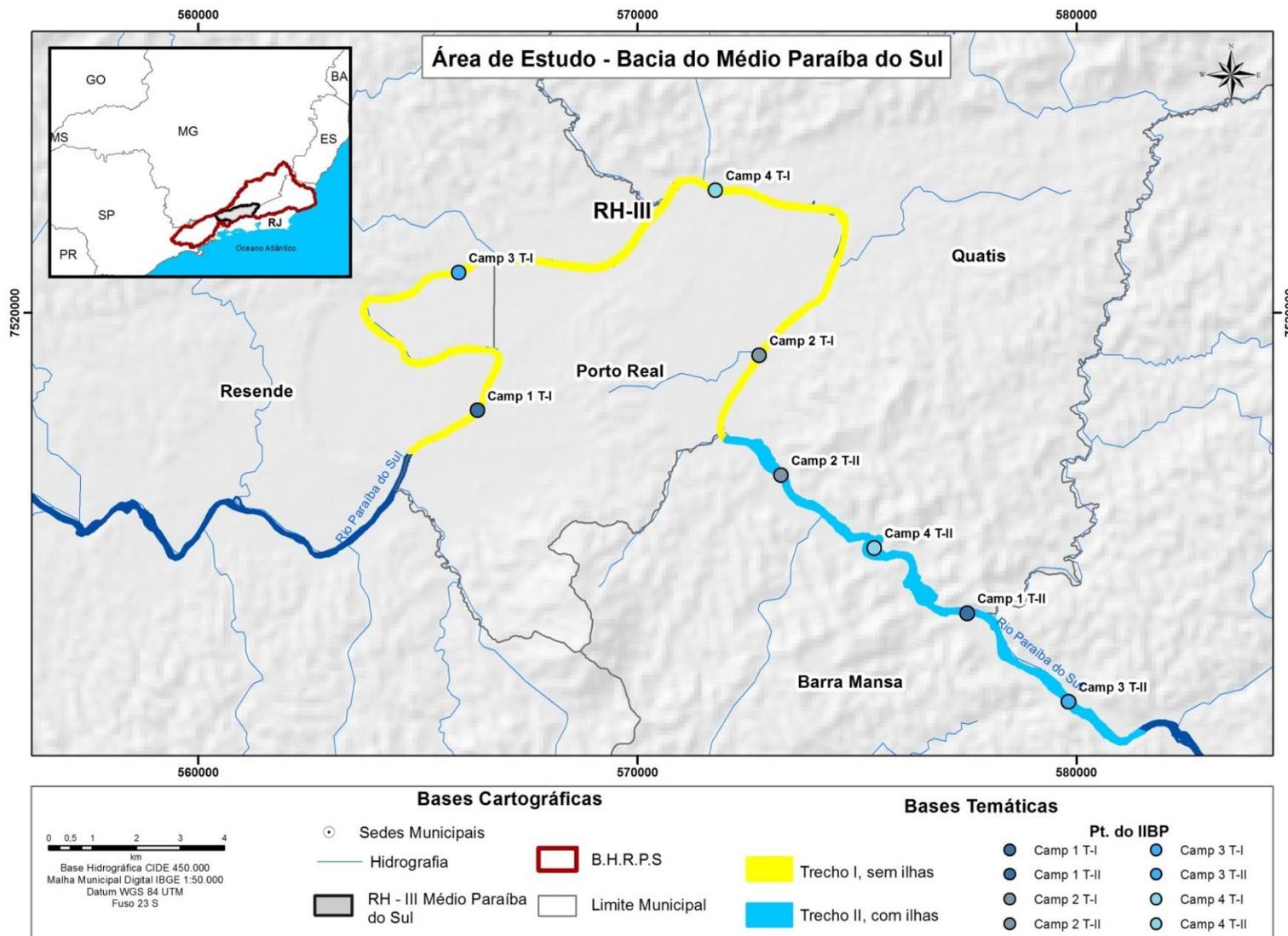


Figura 1: Mapa da área amostrada na Região do Médio Paraíba do Sul, conforme os Trechos de estudo: (T-I, sem ilhas) em amarelo e (T-II, com ilhas) em azul, destaque para os pontos de coleta das campanhas do Índice de Integridade Biótica de Peixes - IIBP. Fonte: Autor.

Métodos de amostragens

No presente estudo foram utilizadas técnicas de amostragem distintas e específicas para a região, visando maior eficiência nas capturas dos extratos populacionais das assembleias de peixes. Em todas as campanhas foram utilizadas fichas de campo (de coloração destacada por modalidade de pesca) para anotações das informações observadas *in loco*, como: hora inicial/final, quantidade de indivíduos capturados, entre outras.

Características dos petrechos

Para a coleta ictiológica foram utilizados petrechos padronizados de pesca passivos e ativos nas amostragens quantitativas e qualitativas (figuras 2 a 7) visando à maior efetividade nas capturas de espécies por habitats, conforme as seguintes características:

→ *Rede de emalhar*: as redes são amplamente utilizadas para a amostragem de peixes em diversos ambientes aquáticos. Consiste basicamente de uma malha transada e retangular (de comprimento e altura variáveis), presa por um cordel superior no qual estão dispostas boias em intervalos regulares. Na parte inferior há um cordel com pesos (chumbos) também dispostos em intervalos regulares. Na região de estudo as redes é indicada, pois pode ser facilmente amaradas na vegetação marginal. Para o estudo, foi utilizado um conjunto de 11 redes padronizadas, de fundo e superfície, com 5 metros de comprimento e distância entre nós adjacentes variando entre 15 a 60 mm (Quadro 4 e Figura 2);

→ *Tarrafa*: a tarrafa é uma rede cônica, presa pelo vértice a um cabo, cuja base circular é equipada com chumbos que se destinam a levar o petrecho ao fundo e ao fechamento do aparelho quando o cabo é tracionado pelo pescador. O lançamento do petrecho é realizado de forma a se abrir no ar, atingindo a superfície da água com maior área possível e afundando rapidamente em virtude da tralha de chumbo. Na região do estudo, a tarrafa foi utilizada em locais apropriados, com baixa profundidade, poucas pedras e onde não havia galhadas submersas para não ficar presa ou se rasgasse. O modelo utilizado possuía 18 metros de diâmetro, 3 metros de altura e malha de 12 mm entre nós adjacentes (Figura 3).

→ *Puçá de mão*: o puçá é destinado à captura dos menores indivíduos da ictiofauna que habitam as margens do rio; é constituído por um círculo de metal ao qual

se prende uma rede de malha diminuta. O círculo de metal é preso a um cabo extenso para facilitar seu manejo. No estudo foi utilizado um modelo de puçá com 1,40 metros de diâmetro, 0,9 metros de profundidade e malha de 1 mm entre nós adjacentes (Figura 4).

Coletas por redes

Foram empregadas 11 modelos de redes distintas, de fundo e superfície, conforme especificado na (Figura 2). As coletas tiveram início no período crepuscular e findavam pela manhã do dia seguinte o que totalizava aproximadamente 12 a 14 horas de imersão das redes, e assim, incidindo por períodos de grande movimentação de peixes: o anoitecer e o amanhecer. As redes eram amarradas à vegetação marginal do rio, dentro do limite da área selecionada para coleta de acordo com a campanha e cada trecho de estudo (Figuras 5 e 6).

Após a retirada das redes, os peixes capturados eram ensacados e etiquetados conforme o tipo de rede, em seguida, era anotado (na ficha de campo) quantos exemplares foram capturados pelo referido lance de rede e se havia algum ataque aos peixes presos ao petrecho, seja por lontra, crustáceo, peixe predador ou alguma capivara que passava pela rede tornando-a indisponível à pesca. (Figuras 16 e 17) e (Apêndice II).

Coletas por tarrafa

Ao término da coleta com as redes, logo se iniciava a pesca com a tarrafa. Foram padronizados 10 lances de tarrafa distribuídos dentro dos limites da área de coleta conforme a campanha e trecho de estudo. Os lances eram realizados pelo pescador contratado do trecho específico (Figura 7), tendo como objetivo principal a captura dos espécimes não usuais ao petrecho rede de emalhar; deste modo sendo escolhidos os locais não usuais às redes, para diversificar a captura dos extratos populacionais. Após cada lance os peixes eram ensacados e etiquetados e posteriormente anotados na ficha de campo, individualmente por lance (Figura 8).

Coletas por puçá

Seguindo a ordem, após o término da coleta com a tarrafa, logo tinha início a coleta com puçá. Também foram padronizados 10 lances com o petrecho (realizados nas margens da área do trecho de coleta), objetivando capturar os menores espécimes que habitam as bordas do manancial diversificando os extratos populacionais do estudo.

Após a captura, os espécimes eram ensacados e etiquetados de acordo com o lance e o protocolo do trabalho.

Triagens

A triagem do material ictiológico ocorria pela manhã do dia subsequente ao término das coletas de campo (em local propício) por meio de ictiômetro e balança eletrônica, para a mensuração da biometria dos espécimes (Figuras 09 a 11). Após a triagem era coletada as variáveis da água (Tabela 2) por sonda multiparamétrica, na ponte entre os municípios Quatis – Floriano, estação de intersecção entre os trechos (Figuras 12 e 13). Para elaboração do inventário da ictiofauna capturada em ambos os trechos de estudo, foi fotografado um exemplar de cada espécie (Apêndice I).

Tabela 1: Cronograma de amostragens para o índice de integridade biótica de peixes na Região do Médio Paraíba do Sul.

Coleta do IIBP			
Campanha	Data (2016)	Estação	Período
nº 1	18 – 21 Janeiro	Verão	Chuvoso
nº 2	11 – 14 Abril	Outono	Chuvoso
nº 3	18 – 21 Julho	Inverno	Seco
nº 4	31 de outubro a 03 de novembro	Primavera	Seco

Fonte: Autor

Quadro 4: Relação das redes de emalhar utilizadas para amostragem quantitativa da ictiofauna do rio Paraíba do Sul, fonte: (INEA, 2010).

Distância entre nós (mm)	Malha (mm)	Comprimento (m)	Altura (m)	Ø Fio (mm)	Quantidade (*)	Área (m ²)	Posição de imersão	Código de identificação
15	30	5,0	1,0	0,20	01	5	Superfície	15S
15	30	5,0	1,0	0,20	01	5	Fundo	15F
20	40	5,0	1,0	0,20	01	5	Superfície	20S
20	40	5,0	1,0	0,20	01	5	Fundo	20F
25	50	5,0	1,5	0,25	01	7,5	Fundo	25F
30	60	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	30F
35	70	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	35F
40	80	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	40F
45	90	5,0	1,5	0,30	01	7,5	Fundo	45F
50	100	5,0	1,5	0,35	01	7,5	Fundo	50F
60	120	5,0	1,5	0,35	01	7,5	Fundo	60F

(*) As quantidades, tipos e áreas de redes podem ser alteradas, desde que se adote o mesmo critério para todas as áreas a serem comparadas.

Tabela 2: Variáveis da água coletadas na calha principal do Rio Paraíba Sul, por sonda multiparametro nas campanhas do IIBP.

<i>Variáveis da Água</i>									
<i>Ponto de coleta: Ponte Quatis – Floriano/RJ</i>									
<i>Coordenadas Geográfica: 22° 27' 01.4"S – 044° 18' 00.5"O</i>									
Campanha IIBP	Data	Hora	Temp Celsius	Pressão mBars	Turbidez NTU	ORP Millivolts	pH	O₂ mg/L	Condutividade µs/cm
1ª (verão)	28/01/2016	14:10	25,58	971	14,1	220,6	6,7	5,89	68
2ª (outono)	14/04/2016	10:57	26,92	731	17,5	192,2	6,3	5,95	98
3ª (inverno)	21/07/2016	11:35	19,45	978	7.1	179,1	5,2	7.46	111
4ª (primavera)	03/11/2016	12:00	25,27	975	---	211,1	5,5	6.09	---

Fonte: Autor

EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	ORIGEM
Sonda multiparamétrica	YSI	6600 V2 - 2	Estados Unidos



Fig. 2



Fig. 3

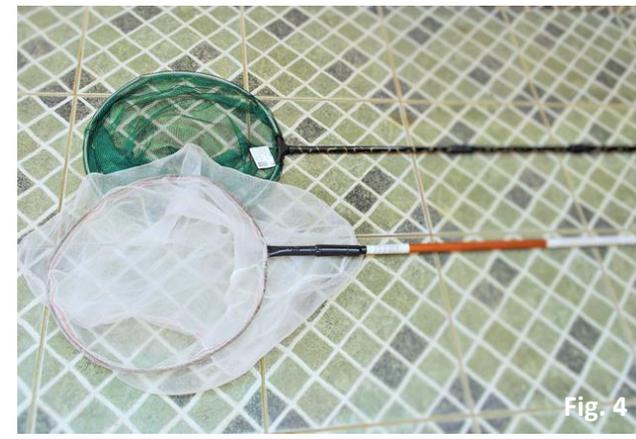


Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

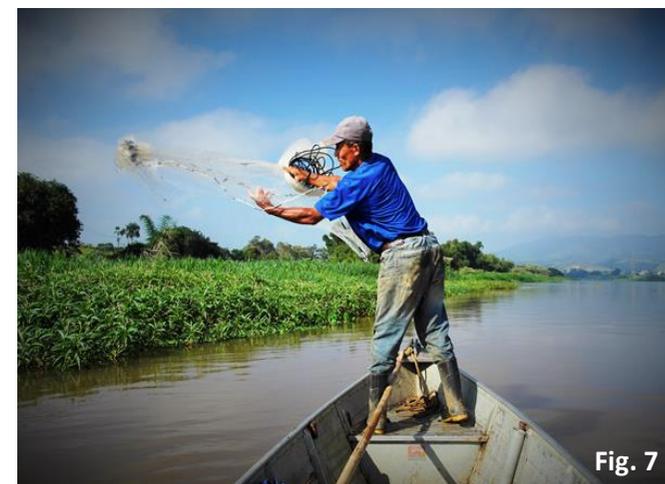


Fig. 7

Figura 2: Conjunto das 11 redes de emalhar (5 metros). Figura 3: Tarrafa com 18 metros de roda e 3kg Figura 4: Conjunto de puçás de mão. Figura 5: Pescador Agenor lançando a rede de 25 mm. (T-I, sem Ilhas) Figura 6: Lançamento de rede à margem direita R.P.S. (T-I, sem Ilhas) Figura 7: Pescador Ligeirinho tarrafando a margem esquerda do R.P.S. (T-I, sem ilhas) Fotos: Autor.

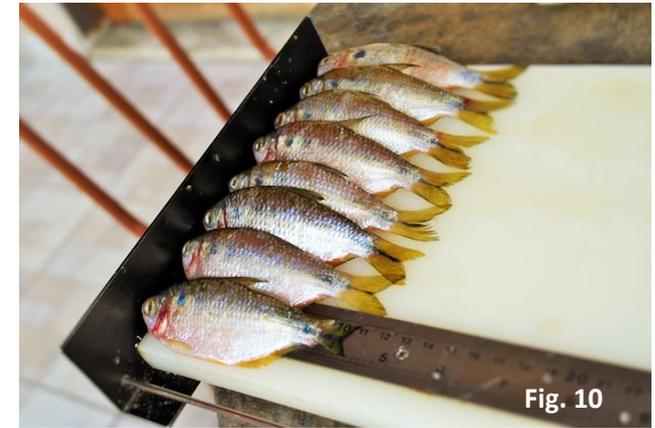
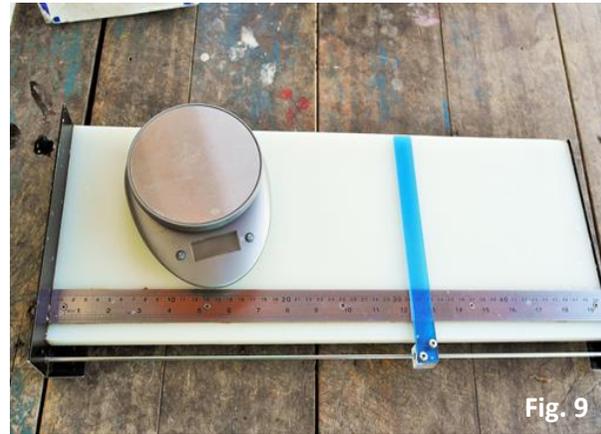


Figura 8: Etiquetas e sacos plásticos de campo (T-I em amarelo e T-II em azul). Figura 9: Balança e Ictiômetro. Figura 10: *Astyanax Bimaculatus* sendo triados em sequência. Figura 11: *Prochilodus vimbooides* (espécie de soltura capturada com estágio avançado de reprodução, T-II). Figura 12: Medição das variáveis da água no Pós-coleta. Figura 13: Sonda multiparâmetros modelo: YSI -6600 V2. Fotos 8 a 11: Autor; Fotos 12 e 13: Sandra Mitsue

Resultados

Foram capturados 561 exemplares em todas as campanhas realizadas, sendo 325 no Trecho-I e 236 capturados no Trecho-II (apêndice II, tabela 1). Ocorreram 28 espécies totais, sendo 24 em cada trecho estudado (apêndice I). Dentre as cinco espécies mais representativas no estudo, em ordem decrescente, estavam a *Oligosarcus hepsetus* com 60 indivíduos capturados no (T-I), contra 77 do (T-II); *Astyanax bimaculatus* com 72 capturados no (T-I) contra 33 do (T-II); *Probolodus heterostomus* com 62 capturados no (T-I), contra (10) do (T-II); *Astyanax parahybae* com 38 capturados no (T-I) contra 17 do (T-II) e *Hypostomus affinis* com 13 indivíduos capturados no (T-I), contra 16 no (T-II), conforme (apêndice III).

Para a elaboração do cálculo do IIBP (T-I e T-II) foram incorporados todos os petrechos utilizados neste estudo, com suas respectivas adaptações necessárias ao cálculo da CPUE (Tabelas 6 a 13).

Avaliação e interpretação dos valores do IIBP

Os dados brutos dos trechos de estudo utilizados para o cálculo do índice de integridade biótica de peixes foram agrupados em planilha única, conforme as Tabelas 3 a 6, englobando todas as amostragens realizadas objetivando um número amostral significativo; uma vez que a aplicação do IIBP com base em amostragens individuais e isoladas pode levar à classificação totalmente equivocada e distorcida da qualidade do ecossistema estudado, conforme recomendado pelo estudo denominado *Crítérios e Procedimentos para o Monitoramento da Ictiofauna do Rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecília* (INEA, 2010).

Avaliação do Índice de Integridade Biótica de Peixes para os Trechos de estudo; campanhas de Verão – Outono – Inverno – Primavera de 2016.

Tabela 3: Planilha geral dos trechos de estudo para classificação das métricas relativas às espécies de peixes capturadas na calha principal da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.

ESPÉCIES	Número de indivíduos (n)		Peso total (g)		Nativas		Exóticas		Migratórias		Intolerantes		Tolerantes		Bentônicas nativas		Reofílicas		Oportunistas generalistas		Raras / ameaçadas		Ocorrência esporádica ou difícil captura		Frequentes		Anomalias			
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
	<i>Apareiodon cf. piracicabae</i>	1	1	20	27			1	1																					
<i>Astyanax bimaculatus</i>	72	33	1599	756	1	1							1	1						1	1					1	1		T	
<i>Astyanax paraguayae</i>	38	17	1429	604	1	1			1	1							1	1							1	1				
<i>Australoheros facetus</i>	4	1	100	25	1	1																								
<i>Crenicichla lacustris</i>	1	2	91	95	1	1					1	1																		
<i>Crenicichla lepidota</i>	6	13	207	555	1	1					1	1																		
<i>Eigenmannia virescens</i>	3	1	94	47	1	1																								
<i>Geophagus brasiliensis</i>	7	12	1633	2324	1	1							1	1	1	1											1			
<i>Glanidium melanopterus</i>	4		328		1								1							1										
<i>Gymnotus carapo</i>	4	3	134	152	1								1	1												1	1			
<i>Hoplias malabaricus</i>	1		424		1								1													1				
<i>Hoplosternum littorale</i>	7	5	845	549	1	1							1	1						1	1					1	1			
<i>Hypostomus affinis</i>	13	16	4127	8809	1	1									1	1										1	1		E	
<i>Hypostomus luetkeni</i>	1	10	188	1357	1	1									1	1										1	1			
<i>Leporinus copelandii</i>		7		7333		1				1								1			1									
<i>Metynnis maculatus</i>	1		31				1																							
<i>Oligosarcus hepsetus</i>	60	77	3731	5458	1	1			1	1			1	1			1	1		1	1					1	1			
<i>Oreochromis niloticus</i>	1	1	474	1506			1	1					1	1												1	1			
<i>Pimelodella eigenmanni</i>	1	3	30	153	1	1					1	1			1	1						1	1							
<i>Pimelodus fur</i>	6	5	793	713	1	1											1	1		1	1									
<i>Pimelodus maculatus</i>	4	3	1057	1420			1	1	1	1			1	1												1	1			
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	1		324				1																							
<i>Probolodus heterostomus</i>	62	10	928	308	1	1											1	1		1	1					1	1			

Tabela 4: Planilha geral dos cálculos das métricas ecológicas do Índice de Integridade Biótica de Peixes para calha principal da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, conforme cada trecho de estudo.

Espécies	Número		CPUE _n		% No.		Peso (g)		CPUE _m		% Peso		H (n.)		H (m.)	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
<i>Apareiodon cf. piracicabae</i>	1	1	0,04	0,04	0,31%	0,42%	20	27	0,72	0,98	0,09%	0,08%	-0,018	-0,023	-0,007	-0,006
<i>Astyanax bimaculatus</i>	72	33	2,61	1,19	22,15%	13,98%	1599	756	57,89	27,37	7,52%	2,15%	-0,334	-0,275	-0,195	-0,082
<i>Astyanax parahybae</i>	38	17	1,38	0,62	11,69%	7,20%	1429	604	51,74	21,87	6,72%	1,72%	-0,251	-0,189	-0,181	-0,07
<i>Australoheros facetus</i>	4	1	0,14	0,04	1,23%	0,42%	100	25	3,62	0,91	0,47%	0,07%	-0,054	-0,023	-0,025	-0,005
<i>Crenicichla lacustres</i>	1	2	0,04	0,07	0,31%	0,85%	91	95	3,29	3,44	0,43%	0,27%	-0,018	-0,04	-0,023	-0,016
<i>Crenicichla lepidota</i>	6	13	0,22	0,47	1,85%	5,51%	207	555	7,49	20,09	0,97%	1,58%	-0,074	-0,16	-0,045	-0,065
<i>Eigenmannia virescens</i>	3	1	0,11	0,04	0,92%	0,42%	94	47	3,4	1,7	0,44%	0,13%	-0,043	-0,023	-0,024	-0,009
<i>Geophagus brasiliensis</i>	7	12	0,25	0,43	2,15%	5,08%	1633	2324	59,12	84,14	7,68%	6,60%	-0,083	-0,151	-0,197	-0,179
<i>Glanidium melanopterus</i>	4		0,14		1,23%		328		11,88		1,54%		-0,054		-0,064	
<i>Gymnotus carapo</i>	4	3	0,14	0,11	1,23%	1,27%	134	152	4,85	5,5	0,63%	0,43%	-0,054	-0,055	-0,032	-0,024
<i>Hoplias malabaricus</i>	1		0,04		0,31%		424		15,35		1,99%		-0,018		-0,078	
<i>Hoplosternum littorale</i>	7	5	0,25	0,18	2,15%	2,12%	845	549	30,59	19,88	3,97%	1,56%	-0,083	-0,082	-0,128	-0,065
<i>Hypostomus affinis</i>	13	16	0,47	0,58	4,00%	6,78%	4127	8809	149,42	318,94	19,41%	25,03%	-0,129	-0,182	-0,318	-0,347
<i>Hypostomus luetkeni</i>	1	10	0,04	0,36	0,31%	4,24%	188	1357	6,81	49,13	0,88%	3,86%	-0,018	-0,134	-0,042	-0,126
<i>Leporinus copelandii</i>		7		0,25		2,97%		7333		265,5		20,84%		-0,104		-0,327
<i>Metynnis maculatus</i>	1		0,04		0,31%		31		1,12		0,15%		-0,018		-0,01	
<i>Oligosarcus hepsetus</i>	60	77	2,17	2,79	18,46%	32,63%	3731	5458	135,08	197,61	17,54%	15,51%	-0,312	-0,365	-0,305	-0,289
<i>Oreochromis niloticus</i>	1	1	0,04	0,04	0,31%	0,42%	474	1506	17,16	54,53	2,23%	4,28%	-0,018	-0,023	-0,085	-0,135
<i>Pimelodella eigenmanni</i>	1	3	0,04	0,11	0,31%	1,27%	30	153	1,09	5,54	0,14%	0,43%	-0,018	-0,055	-0,009	-0,024
<i>Pimelodus fur</i>	6	5	0,22	0,18	1,85%	2,12%	793	713	28,71	25,81	3,73%	2,03%	-0,074	-0,082	-0,123	-0,079
<i>Pimelodus maculatus</i>	4	3	0,14	0,11	1,23%	1,27%	1057	1420	38,27	51,41	4,97%	4,03%	-0,054	-0,055	-0,149	-0,13
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	1		0,04		0,31%		324		11,73		1,52%		-0,018		-0,064	
<i>Probolodus heterostomus</i>	62	10	2,24	0,36	19,08%	4,24%	928	308	33,6	11,15	4,36%	0,88%	-0,316	-0,134	-0,137	-0,041
<i>Prochilodus vimboides</i>		1		0,04		0,42%		924		33,45		2,63%		-0,023		-0,096
<i>Rhamdia quelen</i>	2	7	0,07	0,25	0,62%	2,97%	430	1867	15,57	67,6	2,02%	5,30%	-0,031	-0,104	-0,079	-0,156
<i>Rineloricaria nigricauda</i>		4		0,14		1,69%		44		1,59		0,13%		-0,069		-0,008
<i>Trachelyopterus striatulus</i>	25	2	0,91	0,07	7,69%	0,85%	2249	167	81,43	6,05	10,58%	0,47%	-0,197	-0,04	-0,238	-0,025
<i>Hyphssobrycon eques</i>		2		0,07		0,85%		2		0,06		0,00%		-0,04		0
Total	325	236	11,78	8,54	100%	100%	21266	35195	769,9	1274	100%	100%	-2,287	-2,431	-2,56	-2,3

Fonte: Autor

Legenda:

CPUE_n: *Captura por Unidade de Esforço por número de indivíduos*
% N°: *Percentual do número de indivíduos conforme captura*
CPUE_m: *Captura por Unidade de Esforço por peso (g)*
% Peso: *Percentual do peso conforme captura*
H (n.): *Índice de Shannon baseado no número de indivíduos de todas as espécies*
H (m.): *Índice de Shannon baseado no peso de indivíduos de todas as espécies*
I: *Trecho-I, sem ilhas fluviais*
II: *Trecho-II, com ilhas fluviais*

Tabela 5: Resultados do IIBP após avaliação da pontuação e peso das Métricas, conforme cada trecho de estudo na Região do Médio Paraíba do Sul (adaptado INEA, 2010).

MÉTRICAS	Pontuação		Peso	
	I	II	I	II
Riqueza e composição				
n. de espécies nativas	19	20	3	3
Índice de Shannon - H (todas as espécies)	2,29	2,44	1	3
Comportamento migratório				
n. espécies migratórias (migração longa e moderada)	3	5	1	3
Tolerância				
n de espécies intolerantes (todas as espécies)	3	4	3	3
% de espécies tolerantes (todas as espécies)	45,8	34,8	1	3
Habitat Físico				
n. de espécies bentônicas nativas	4	5	3	3
n. de espécies reofílicas nativas	5	7	1	3
Hábito alimentar				
% de indivíduos generalistas oportunistas (todas as espécies)	86	70,76	1	1
Abundância e condições				
Esforço de pesca (CPUEn) – excl. esp. exóticas e tolerantes	5,97	3,44	3	1
% Ocorrência de anomalias (todas as espécies)(*)	0	0,847	5	3
VALOR do IIBP			22	26

(*) *Baumann, P. et al., 2000* Fonte: Autor

Tabela 6: Valores referentes às métricas complementares, vinculadas às planilhas anteriores, conforme o trecho de estudo na Região do Médio Paraíba do Sul; adaptado de (INEA, 2010).

MÉTRICAS	Trecho -I sem ilhas	Trecho -II com ilhas
Numero total de peixes	325	236
Numero relativo do total de peixes (CPUEn)	11,77	8,54
Peso total dos peixes (g)	21266	35195
Peso Relativo do total de peixes (CPUEn)	770	1274
Shannon H (numero)	2,29	2,44
Shannon H (massa)	2,56	2,3
IIBP	22	26
MIwb	8,78	8,7
Equitabilidade J'	0,718997368	0,78814
N. relativo de Tolerantes e exóticas (CPUEn)	5,79	5,1
Peso relativo de Tolerantes e exóticas (CPUEn)	328,86	480,67
Anomalias		2
N. de amostragens	4	4
Tempo médio de imersão por 24h	15	15
Área total dos petrechos: redes, tarrafa e puçá	110,48	110,48
Unidade de esforço de pesca = 24h x 10m2	240	240

Fonte: Autor

Deformidades

Conforme alertado por Araujo (1998) um importante critério na classificação do ambiente dulcícola é a mensuração da frequência de anomalias em peixes. Tal característica pode ser interpretada mediante ao aparecimento de tumores, lesões ou deformidades nas nadadeiras, parasitas e outros indicadores de doenças, fruto de instabilidades ocorrentes no meio onde os peixes vivem. Deste modo, foram contabilizados, neste estudo, dois espécimes capturados com anomalias do tipo T: tumores ou neoplasmas (papiloma) (Figura 14) e do tipo E: erosão de nadadeiras (Figura 15), conforme descrito pela metodologia DELT (BAUMANN *et al.*; 2000 e SANDRES, 1999) parte integrante do modelo adaptado no IIBP para região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul.



Figura 14: *Astyanx bimaculatus* (T-II), capturado em 19/01/2016; rede 15 mm - superfície. Foto: Autor.



Figura 15: *Hoplosternum affinis* (T-II), capturado em 19/01/2016; rede 50 mm - fundo. Foto: Autor.

Ataques de petrecho pela fauna nativa

Foi inserido a variável (ataque de petrecho), onde se contabilizou o número de ataques às redes provocadas por outros táxons além de peixes. Os ataques aos peixes presos às redes foram provocados por espécimes ocorrentes na calha do rio Paraíba do Sul (sendo os indícios reconhecidos pelos experientes pescadores contratados neste estudo, Figuras 16 e 17), como por exemplo: por lontras, crustáceos, peixes predadores ou então por capivaras que violam o petrecho deslocando-se pelas margens do rio. O objetivo deste tópico foi caracterizar a presença de outros táxons ocorrentes nos trechos de estudo, como também o de quantificar em cada trecho a abundância dos outros táxons que habitam os trechos, conforme apresentado na (Tabela 3) do Apêndice II.



Figura 16: *Randia quelem*, atacada por lontra (T-I, em 19/01/2016). Fonte: Autor



Figura 17: *Oligosarcus herpertinus* atacado por crustáceo (T-II, em 12/04/2016). Fonte: Autor

Discussão

Os dois trechos foram avaliados na classe “ruim” do IIBP, este resultado também foi encontrado em estudos análogos na mesma região (ARAÚJO, 1998 e ARAÚJO *et al.*, 2001; INEA, 2010, 2012 e 2015). Essa classe indica a existência de poucas espécies intolerantes e de migração longa; aumento de peixes tolerantes e oportunistas; aumento de anomalias; redução e desequilíbrio das populações, revelando assim o estado deteriorado do manancial, conforme indicado no (Quadro 2, página 72).

Embora os trechos avaliados tenham apresentado a mesma classificação do IIBP, houve diferenças mensuráveis entre eles, pois o Trecho-I (sem ilhas) apresentou biomassa ictiológica (relação entre o peso total pelo número de indivíduos capturados) com valor de 0.06g por indivíduo, com a captura de 325 exemplares com peso total de 21.266 gramas. Já o Trecho-II (com ilhas) apresentou biomassa ictiológica significativamente maior, com valor em 0.14g por indivíduo, com a captura de 236 exemplares com peso total de 35.204 gramas, conforme (Tabela 1 do Apêndice II). Esses valores podem indicar que o trecho com ilhas sirva como área reprodutiva para as espécies, justamente por abrigar indivíduos de maior porte, conseqüentemente maduros, conforme sugerido pela captura da espécie *Prochilodus vimboides* no trecho com ilhas (Figura 11). É importante salientar que essa variável não fez parte deste estudo, no entanto, deve ser investigada a fim de identificar o quanto as ilhas fluviais podem efetivamente contribuir para a reprodução da ictiofauna local.

No que tange às variáveis físicas da água que influencia no comportamento da ictiofauna - coletadas na estação de convergência entre os trechos de estudo, conforme disposto na (Tabela 2) a média apresentada nas quatro campanhas foram de 24,3 C°

para temperatura; 913 mBars para pressão; 15,8 NTU de turbidez; 200 Millivolts de ORP; 5,92 para o pH; 5,92 mg/L de O₂ e 92,3 µs/cm para a condutividade (vide item 5.3 Triagens).

Em relação aos táxons, ambos os trechos apresentaram diversidade semelhantes, com 24 espécies capturadas por trecho de estudo (Tabela 2 do Apêndice II), com a seguinte variação: o Trecho-I apresentou quatro ordens, compreendidas em doze famílias e vinte gêneros sendo os mais representativos os Characiformes, com predominância de 72% dos indivíduos capturados no trecho. O Trecho-II apresentou quatro ordens, onze famílias e vinte gêneros. Nesse trecho também ocorreu predominância da ordem dos Characiformes, porém de maneira mais equilibrada, com de 62% dos indivíduos (Tabela 1 do Apêndice III). Esses dados são corroborados por Bizzaril e Primo (2001) quando afirmaram que a distribuição deste grupo na bacia do rio Paraíba do Sul, ocorre em todos os domínios geoambientais. Entretanto, esse caso pode ter sido melhor explicado por Araújo e colaboradores em (2001) que para mesma situação (em metodologia análoga), afirmou que isso se deva às amostragens terem sido restringidas basicamente às margens do rio, sendo essas áreas utilizadas mais intensamente pelo grupo dos Characiformes; no referido estudo a Ordem representou (40,38%) dos indivíduos capturados.

Quanto às espécies exóticas (introduzidas), fundamentada pela lista apresentada no relatório (INEA, 2010), o Trecho-I apresentou maior ocorrência com 12,5% destas, contra 8,3% do Trecho-II. Já as espécies tolerantes (aquelas resistentes às condições de stress e distúrbios ambientais) o T-I apresentou maior percentagem (37,5%) que o T-II (33,3%). Quanto aos ataques de petrechos (Tabela 3 do Apêndice II) ambos os trechos detiveram valores similares. No T-I foram sete ataques, sendo quatro de crustáceos, um de peixe predador e duas de lontras. Já no T-II foram seis violações totais, sendo uma de lontra, quatro de crustáceos e uma de capivara, o que de certo modo indica que este último, apresenta diversidade de macrofauna relativamente mais abundante.

A adaptação do Índice de Integridade Biótica para a região de estudo revelou que o trecho sem ilhas obteve valor de 22 (classe ruim), classificação que contempla valores entre 10 a 28 da pontuação do IIBP (Quadro 2, página 72). Já o trecho com ilhas obteve valor de 26, valor contido na mesma classe. Esses números evidenciam a baixa qualidade ambiental em ambos os trechos avaliados. Vale salientar ainda que esse resultado do IIBP é fruto das informações provenientes da comunidade de peixes, estando essas submetidas a 100% das variações ocorrentes no meio, logo sendo bastante

confiáveis. Outro fator relevante foi quanto à ocorrência de anomalias encontrada no Trecho-II, com ilhas (sendo o único trecho detentor de anomalias) que apresentou porcentagem de 0,84%, (considerada como peso Médio pela metodologia DELT) com dois espécimes capturados, um com papiloma e outro com deformidade da nadadeira (Figuras 14 e 15). Característica essa que contribuiu para o rebaixamento da nota do IIBP no referido trecho.

Em relação aos estudos comparativos, o trabalho intitulado *Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul Trecho Funil – Três Rios* (Inea, 2010, 2012 e 2015) avaliou a mesma região através do IIBP, onde se obteve dados de pontos específicos para os trechos de Bulhões (BU) e Floriano (FL) dentre os anos de 2006 a 2014, período que inclusive contempla o pior acidente ambiental registrado na localidade: o vazamento do inseticida Endosulfan. Os valores médios encontrados durante o período supracitado foram exatamente iguais em ambas as localidades com (26,6) valor também contido na classe ruim do IIBP o mesmo encontrado para o Trecho-II, com ilhas. Em relação à porcentagem de anomalias encontradas no referido período, o trecho de BU apresentou média de 0.43% (considerada com peso Normal pela metodologia DELT) o trecho de FL apresentou média de 0.98%, considerada com peso Médio, o mesmo peso encontrado no presente estudo. Entretanto a redução deste fenômeno pode estar acontecendo na região, como se depreende pelo alerta iniciado por Araújo (1983) que identificou esse problema ao constatar a quantidade de peixes com anomalias associadas a uma variedade de poluentes existente há época. Sendo posteriormente corroborado (porém de forma atenuada) pelos estudos do órgão seccional supracitado, onde aparentemente se inicia uma redução dessas anomalias, desde meados de 2013 e mantida conforme os dados encontrados neste estudo.

Já o trabalho realizado por Araujo *et al.*, (1998) avaliou a calha do RPS no período de 1995 a 1996 através de uma adaptação do IIBP entre os municípios de Barra Mansa (BM) a Barra do Pirai (BP) onde, para a localidade próxima ao trecho com ilhas deste estudo (BM), se encontrou a classe de integridade Muito Pobre, o estudo vinculou tal característica à proximidade do parque industrial instalado em área adjacente somado a impactos da construção de barragens que interrompem o curso natural do manancial impossibilitando a migração de cardumes em época reprodutiva e das frequentes mudanças no nível e velocidade das águas decorrentes das atividades das barragens. O mesmo autor e colaboradores em 2001 reavaliaram os estudos sobre a ictiofauna, entre os anos de 1997 a 1999. No estudo os autores encontraram para localidade entre a

barragem do Funil e o município de Barra Mansa (zona I) características da ictiofauna avaliada com o status de “menor riqueza” comparadas as zonas II e III, localizadas à montante da zona I. Outro fator foi quanto às espécies exóticas onde foram encontradas 5 e 3 alóctones, o estudo alertou para o ambiente que embora estivesse bastante alterado pela presença de poluentes, não foi limitante para a ocorrência das espécies, mas sim para a relativa baixa abundância ictiológica registrada.

Conclusão

Os dados indicam que embora os trechos apresentassem grau de semelhança, foi possível identificar diferenças entre eles.

Apesar de caracterizada a classe ruim do IIBP, para ambos os trechos avaliados, as principais diferenças encontradas foram na biomassa do Trecho com ilhas que apresentou espécimes mais desenvolvidos, uma vez que a relação (*Nº de indivíduos x peso*) encontrada obteve valor superior ao do Trecho sem ilhas, podendo sugerir área susceptível à reprodução. Em relação aos táxons ambos os trechos obtiveram resultados semelhantes, com predominância da ordem dos Characiformes. No quesito espécies exóticas e intolerantes o T-II mostrou-se melhor, pois apresentou valores menos preocupantes. E por fim, o valor encontrado do IIBP para o Trecho-II, com ilhas (26) também foi melhor que o observado para o Trecho-I, sem ilhas (22).

Deste modo, é possível sugerir que a presença das ilhas fluviais, na região avaliada, contribui de forma positiva para a integridade da comunidade de peixes local.

Bibliografia

ARAÚJO, F. G.; FICHBERG, I.; PINTO, B. C. T.; PEIXOTO, M. G. 2001. Variações espaciais na assembleia de peixes no rio Paraíba do Sul (Barra Mansa, Barra do Piraí), Rio de Janeiro, Brasil. (2001) *Revta. Bras. Zool.* 18 (2): 483 – 492, 2001.

ARAÚJO, F.G. 1998. Adaptação do Índice de Integridade Biótica usando a comunidade de peixes para o Rio Paraíba do Sul. *Rev. Brasil. Biol.*, 58 (4): 547-558.

BAUMANN, P. et al. 2000. Fish tumors or other deformities. Lake Erie Lakewide Management Plan (LaMP). Technical Report Series. Lake Erie LaMP Technical Report, No. 6, 59 p.

BIZERRIL, C. R. S.F. & PRIMO, P. B. S., 2001, Peixes de Águas Interiores do Estado do Rio de Janeiro. Fundação de Estudos do Mar. 417p.

FAUSCH, K.D.; KARR, J.R.; YANT, P.R. Regional application of an Index of Biotic Integrity based on stream fish communities. *Transaction of the American Fisheries Society*. n. 113, p. 39-55, 1984.

FERREIRA, C. D. P., & CASATTI, L. (2006). Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. *Biota Neotropica*, 6 (3), 1–25. <http://doi.org/10.1590/S1676-06032006000300002>

INEA, 2010. Critérios e procedimentos para o monitoramento da ictiofauna do Rio Paraíba do Sul no trecho Funil – Santa Cecília. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico. Revisão 04. 98p.

INEA, 2012. Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul - trecho Funil Santa Cecília. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico. Novembro de 2012. 109p

INEA, 2015. Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul Trecho Funil – Três Rios. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico; junho 2015. 1ª revisão; 130p

JARAMILO-VILLA, U. & CARAMASCHI, E.P. 2008. Índices de integridade biótica usando peixes de água doce: uso nas regiões tropical e subtropical. *Oecol. Bras.*, 12 (3): 442-462, 2008.

KARR, J. R., 1981, Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6 (6): 21-27

KARR, J.R.; FAUSCH, K.D.; ANGERMEIER, P.L.; YANT, P.R.; SCHLOSSER, I.J. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Special Publication 5. Illinois Natural History Survey, 1986.

PACHECO, A. C. G.; ARAÚJO, J. R. S.; POLAZ, C.N. M. Peixes como indicadores de integridade biótica do Domínio das Ilhas Fluviais na bacia do rio Paraíba do Sul. (2015) 36p. No prelo.

PALLER M.H., REICHERTM.J.M., DEAN J.M., SEIGLE J.C. Use of fish community data to evaluate restoration success of a riparian stream. *Ecological Engineering*, n. 15, 171-187 p., 2000.

PINTO, B. C. T; ARAÚJO, F. G.; HUGHES, R. M. Effects of landscape and riparian condition on a fish index of biotic integrity in a large southeastern Brazil river. *Hydrobiologia* (2006) 556: 69–83 DOI 10.1007/s10750-005-9009-y

POLAZ, C. N. M., 2013. Caracterização da Ictiofauna e Aplicação do Índice de Integridade Biótica no Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense, Poconé, MT, 2013. 195p. (TESE) Universidade de São Paulo/São Paulo. Retrieved from <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-26082013-091018/en.php>

ROSET, N.; GRENOUILLET, G.; GOFFAUX, D.; PONT, D. KESTEMONT, P. A review of existing fish assemblage indicators and methodologies. *Fisheries Management and Ecology*, n.14, p.393-405, 2007.

SANDERS, R.E., MILTNER, R.J., YODER, C.O. & Rankin, E.T., 1999, The use of external deformities, erosion, lesions, and tumors (DELT anomalies) in fish assemblages for characterizing aquatic resources - A case study of seven Ohio streams, in. Simon, T.P., *Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities*: New York, CRC Press. 671 p.

SIMON, T.P. 1998. Modification of an index of biotic integrity and development of reference condition expectations for dunal, palustrine wetland fish communities along the southern shore of Lake Michigan. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, Burlington, v. 1, p. 49-62, 1998.

TERRA B. F. 2009. Variação da ictiofauna ao longo de um trecho longitudinal do sistema rio Paraíba do Sul – reservatório da UHE do Funil e adaptação do Índice de Integridade Biótica. 2009. 86 p. (Dissertação) Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais – UFRRJ.

VERDONSCHOT, P.F.M. 2000. Integrated ecological assessment methods as a basis for sustainable catchment management. *Hydrobiologia*, 422/423: 389–412.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região estudada apresentou níveis de degradação relevantes em todas as variáveis ambientais investigadas: na vegetação marginal, na qualidade da água e do sedimento, e também na ictiofauna.

A maior porcentagem encontrada de áreas desflorestadas e completamente desprotegidas na vegetação ripária da Faixa Marginal do Trecho-II (com ilhas) compromete a integridade ictiológica no trecho, conforme já abordado nesse estudo. Portanto, esta variável deve ser interpretada (em nível de comparação entre trechos), de forma a favorecer o T-II (com ilhas), justamente por ser uma condição desfavorável à estabilidade ecossistêmica do trecho. Deste modo, há evidências que as ilhas do T-II (que ainda possuem vegetação relativamente preservada), ajudam a superar o déficit da vegetação encontrada na faixa marginal do referido trecho, pelo menos nas áreas adjacentes às ilhas, característica comprovada pelo resultado do IIBP encontrado.

Em relação à qualidade da água (variável não quantificável para comparação entre os trechos de estudo), ficou evidenciado que a diluição do esgoto sanitário é o principal contribuinte para a deterioração do manancial, conforme as altas taxas de Coliformes Termotolerantes e de Fósforo encontradas. Acrescido ainda do parâmetro Mercúrio, que pode indicar descarte irregular de atividades industriais, como demonstrado pelo capítulo I. Quanto ao sedimento, o Trecho-I (sem ilhas) apresentou valores mais elevados (conforme os padrões internacionais) em comparação ao Trecho-II (com ilhas), este último se mostrou melhor possivelmente por apresentar menor taxa de industrialização, e maior capacidade depurativa gerada pelas rochas submersas que melhoram a taxa de oxigenação no rio.

O Índice de Integridade Biótica de Peixes indicou “classe ruim” nos trechos avaliados. No entanto, o Trecho com ilhas mesmo apresentando índices inferiores da cobertura vegetal marginal, deteve melhores condições ambientais em relação à comunidade de peixes, conforme o valor superior do IIBP encontrado, o que aumenta o grau de confiança que as ilhas fluviais do rio Paraíba do Sul contribuem para a integridade ambiental do rio, gerando benefícios diretos à ictiofauna.

Deste modo, com as informações levantadas neste trabalho, é possível inferir que o gerenciamento da região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, deve priorizar a redução desses passivos, através de investimentos voltados ao reflorestamento das áreas

prioritárias, no saneamento básico e na recuperação da ictiofauna nativa. Investimentos que, por exemplo, podem ser incentivados por mecanismos compensatórios vinculados ao licenciamento ambiental de atividades poluidoras. Outro tipo de investimento está na elaboração de editais de projetos voltados à recuperação ecossistêmica da bacia hidrográfica, financiado com o dinheiro arrecadado pela cobrança oriunda da outorga, concedida pelo uso da água bruta na região, e pela compensação financeira gerada pela utilização dos recursos hídricos vindos da geração de energia elétrica produzida na região.

Em relação ao despejo de esgoto *in natura*, o mapeamento georreferenciado desse passivo pelos órgãos fiscalizadores pode ajudar a identificar as localidades mais apropriadas à construção de estações de tratamento de esgotos (ETEs) capazes de receber os efluentes das residências ainda não ligadas na rede de tratamento. Nas regiões mais afastadas (aquelas não abastecidas pelos serviços de saneamento básico), incentivos em projetos (financiados pelo comitê de bacia) para construção de fossas sépticas, em regime de mutirões, especialmente nas regiões circunvizinhas às nascentes e cabeceiras dos rios contribuintes da Bacia do Médio Paraíba do Sul. Desta forma acreditamos ser possível reduzir as externalidades geradas pelo baixo investimento em saneamento por parte das prefeituras que integram a região hidrográfica.

Vale ainda reiterar que a região estudada tem grande importância no desenvolvimento econômico do Sul Fluminense, sendo também, uma contribuinte relevante no abastecimento de água para a capital fluminense, além disso, possui grande beleza ecossistêmica. Logo, a recuperação da bacia hidrográfica através do gerenciamento integrado, com participação de todos os envolvidos (setor público e privado, usuários de água e universidade), será crucial para minimizar os conflitos gerados pela escassez hídrica, garantindo assim, água boa e perene para todos os usuários da bacia.

Em função do exposto a hipótese inicial foi parcialmente confirmada, o que já permite a sugestão perante o poder público da transformação das ilhas fluviais do rio Paraíba do Sul em território protegido. Tal ato deverá ocorrer nos moldes da Lei 9.985 de 18/07/2000, que visa estabelecer critérios e normas para a criação, implementação e gestão das unidades de conservação da natureza. Um bom exemplo está na categoria Proteção Integral, especificamente o Refúgio da Vida Silvestre, que visa à proteção do ambiente natural para garantir a existência e a reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

O conceito jurídico que visa relacionar de maneira prudente o homem com a natureza, denominado de princípio da precaução, tem como objetivo promover a defesa do meio ambiente e a saúde humana. Partindo deste pressuposto, transformar as ilhas do rio Paraíba do Sul em território protegido, mesmo que as diferenças encontradas não tenham sido de grande relevância, será um exemplo de manifestação cautelosa de gestão ecossistêmica por parte do poder público, onde os ganhos serão compartilhados entre as gerações presente e futura.

No decorrer deste trabalho, foi criada a UC denominada Refúgio de Vida Silvestre Estadual do Médio Paraíba, através do Decreto nº 45.659 de 18 de Maio de 2016, que de forma sucinta, objetiva proteger e recuperar a bacia hidrográfica para garantir a integridade da flora e da vida silvestre local, bem com o crescimento sustentável da região. No entanto, a motivação na criação desta UC não estava voltada especificamente à preservação das ilhas fluviais (por estas serem mantenedoras da integridade do manancial, conforme indicado neste estudo), mas sim pelas características mencionadas anteriormente.

Desta forma, sugerimos protegermos as ilhas fluviais do rio Paraíba do Sul transformando-as em UC para que fique evidente o reconhecimento do poder público, dos benefícios ambientais gerados à qualidade do manancial.

BIBLIOGRAFIA GERAL

AB'SABER, A. N. & Bernardes, N. 1958. Vale do Paraíba, serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 303p.

AGEVAP, 2016. Relatório de Situação Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Disponível em: <http://cbhmedioparaiba.org.br/downloads/relatorio-de-gestao-2016.pdf> Acesso em: maio de 2017.

ANA, 2012. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Ed. Especial. Agência Nacional de Águas, Brasília/DF. 215 p. ISBN 978-85-89629-89-8

ANA, 2016. Agência Nacional de Águas - Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx> Acesso em: 12/07/2016.

ANA, 2017. Agência Nacional de Águas. HidroWeb; Sistemas de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>, Acesso em 17/03/2017.

ARAÚJO, F. G.; FICHBERG, I.; PINTO, B. C. T.; PEIXOTO, M. G. 2001 Variações espaciais na assembleia de peixes no rio Paraíba do Sul (Barra Mansa, Barra do Piraí), Rio de Janeiro, Brasil. (2001) *Revta. Bras. Zool.* 18 (2): 483 – 492, 2001.

ARAÚJO, J.R.S., 1983 - Projeto de biodeteccção de tóxicos em sistemas fluviais de utilização em captação de água para sistemas públicos de abastecimento. FEEMA, Rio de Janeiro. 85p.

BRASIL. LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm

CEIVAP, 2006: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Diagnóstico dos Recursos Hídricos, Relatório Final, PSR-010-R0. Fundação COPPETEC Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. 221p

CEIVAP, 2007. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Relatório Contratual \ R-10 (Resumo) – COPPETEC, Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. 147p.

CEIVAP, 2007. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Caderno de Ações Área de Atuação da AMPAS. Fundação COPPETEC Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Anexo 2 do Relatório Contratual R-10. 121p.

CEIVAP, 2014. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul e Planos de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes. Relatório de Diagnóstico, Tomos I, II e III (COHIDRO) – maio de 2014.

CBHMPS, 2016. Comitê de Bacia Hidrográfica Médio Paraíba do Sul. Região Hidrográfica. Disponível em: <http://www.cbhmedioparaiba.org.br/regiaohidro.php>. Acesso em 01/06/2016.

CNARH, 2016. Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos: Agência Nacional de Águas. Disponível em <http://cnarh.ana.gov.br/cadastro/gerencia/frmConsultaCadastro.aspx> Acesso em: 15/06/2016.

COELHO, V. M. B., 2012: Paraíba do Sul: um rio estratégico. 1ª ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012. 336p. il.

CORCORAN, E., C. NELLEMAN, E. BAKER, R. BOS, D. OSBORN, H. SAVELLI. 2010. Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme. 85p. <http://doi.org/10.1007/s10230-011-0140-x>

ESTEVEES, F. A. 1988: Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988. 574p.

FORMIGA-JOHNSON, R. M., FARIAS JÚNIOR, J. E. F., COSTA, L. F., ACSERALD, M. V. 2015. Segurança hídrica do Estado do Rio de Janeiro face à transposição paulista de águas da Bacia Paraíba do Sul: relato de um acordo federativo. Revista Ineana v. 3 n. 1 p. 48 - 69 jul dez 2015 - ISSN 2238-2496 http://200.20.53.3:8081/cs/groups/public/@inter_vpres_geiat/documents/document/zwe w/mte4/~edisp/inea0118249.pdf

INEA, 2015. Avaliação Ambiental do Rio Paraíba do Sul Trecho Funil – Três Rios. Instituto Estadual do Ambiente - INEA, Superintendência Regional do Médio Paraíba. Rio de Janeiro. Caderno Técnico; junho 2015. 1ª revisão; 130p

JÍMENEZ, F.; FAUSTINO, J. 2003. Experiencias y potencialidades del pago de servicios ambientales en cuencas hidrográficas en América Central. In: Integrated Management of Environmental Services in Human-Dominated Tropical Landscapes. 4 th Session. p. 63-69

OECD (2015), Governança dos Recursos Hídricos no Brasil, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt>

PERHI, 2014. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI). Rio de Janeiro: COPPETEC, 2014. <http://www.hidro.ufrj.br/perhi/documentos/PERHI-R2F.pdf>

RIO DE JANEIRO. Resolução Cerhi-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013. Aprova a nova definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a Resolução Cerhi nº 18 de 08 de novembro de 2006. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/legirj/ResolucoesCERHI/Resolucao-CERHI%20107.pdf>

TORRES, J.P.M.; E.D.R. VIEIRA; G.F. KOOPMANS & J. JAPENGA. 1997. The fate forganic micropollutants in a tropical ecosystem: The Paraíba do Sul-Guandu (PSR-GR) river system case study, p. 47-53. In: O. MALM & J. JAPENGA (Eds). International workshop on organic micropollutants in the environment. Rio de Janeiro, 250p.

APÊNDICE I

Inventário Ictofaunístico

Este inventário engloba todas as espécies capturadas no presente estudo, de ambos os trechos em conjunto; exibi a descrição de 28 espécies distintas compreendidas em 24 gêneros, 14 famílias e 4 ordens. Os espécimes estão organizados alfabeticamente em ficha técnica, conforme a ordem, família e espécie taxinômica; em cada ficha consta a descrição objetiva e a representação fotográfica com escala de cada espécie.

Os espécimes estão descrito anteceditos pelas principais características que envolvem a ordem e a família dos táxons. As informações apresentadas nas descrições são: Nome científico (autor e ano); Nome comum; Nome em língua inglesa; Distribuição geográfica; Status de ameaça, quando registrado, pela Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN); Métricas do Índice de Integridade Biológica de peixes referente à região estudada, e por fim os trechos onde foram capturadas.

CHARACIFORMES

A Ordem dos Characiformes engloba 18 famílias, 270 gêneros e mais de 1600 espécies, todas de ambientes dulcícolas. Possuem hábitos predominantemente carnívoros, com dentes desenvolvidos, corpo recoberto por escamas e nadadeira adiposa em muitos espécimes. Os Characiformes tem uma ampla diversidade morfológica, podendo variar em tamanho, desde os 13 milímetros aos 1,4 metros de comprimento padrão, a coloração é diversificada, desde o prateado sólido ao multicolorido. Distribuem-se principalmente pela região neotropical ocorrendo desde o sul da América do Norte, América Central, América do Sul e no continente Africano. Segundo (Bizerril & Primo, 2001) a distribuição deste grupo na bacia do rio Paraíba do Sul, ocorre em todos os domínios geoambientais, o que reflete a grande diversificação morfológica e ecológica dos Characiformes.

ANOSTOMIDAE

A família Anostomidae possui 12 gêneros com cerca de 137 espécies, todas pertencentes da América Central e do Sul. Os integrantes da família geralmente

possuem corpo fusiforme com boca pequena e série de três a quatro fileiras de dentes nas maxilas, nadadeira moderadamente curta com cerca 11 raios ramificados, podem atingir 80 cm de comprimento.



***Leporinus copelandii* Steindachner, 1875**

Nome comum: Piau
Nome em inglês: não registrado
Distribuição: na América do Sul, nas bacias do Paraíba do Sul e Rio Doce
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métrica ecológica IIBP: NATIVA – MIGRATÓRIA - REOFÍLICA NATIVA - OPORTUNISTA GENERALISTA - FREQUENTE
Captura: T-II

CHARACIDAE

A família Characidae possui 12 subfamílias totalizando 144 gêneros com cerca de 1090 espécies, sendo esta uma família gigantesca e bem diversificada, incluindo espécies potencialmente perigosas como as piranhas aos belos peixes de aquários como os tetras. Os peixes desta família geralmente apresentam nadadeira adiposa, nadadeira caudal bifurcada e nadadeira anal relativamente desenvolvida, apresentam denticção variada: lisos, serrilhados e espiculados. Ocorrem desde o sudoeste do Texas, México a América do Sul e no continente Africano.



***Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758)**

Nome comum: Lambari-rabo-amarelo
Nome em Inglês: Twospot astyanax
Distribuição: Américas Central e do Sul; do Panamá ao Brasil
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métrica ecológica IIBP: NATIVA – MIGRATÓRIA – TOLERANTE - OPORTUNISTA GENERALISTA - FREQUENTE
Captura: T-I e T-II



***Astyanax parahybae* Eigenmann, 1908**

Nome comum: Lambari-rabo-vermelho
 Nome em Inglês: não registrado
 Distribuição: América do Sul: bacia do rio Paraíba do Sul e rios costeiros do estado do Rio de Janeiro
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métrica ecológica IIBP: NATIVA – MIGRATÓRIA - REOFÍLICA NATIVA - OPORTUNISTAS GENERALISTAS - FREQUENTE
 Captura: T-I e T-II



***Hyphessobrycon eques* (Steindachner, 1882)**

Nome comum: Mato-grosso
 Nome em Inglês: Jewel tetra
 Distribuição: América do Sul: Amazonas, Guaporé a bacia do rio Paraguai
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métrica ecológica IIBP: EXÓTICA - OCORÊNCIA ESPORÁDICA/DIFÍCIL CAPTURA
 Captura: T-II



***Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829)**

Nome comum: Bocarra
 Nome em Inglês: não registrado
 Distribuição: América do Sul, do sudeste do Brasil a bacia do Prata
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métricas de IIBP: NATIVA – MIGRATÓRIA – TOLERANTE - REOFÍLICA NATIVA - OPORTUNISTA GENERALISTA - FREQUENTE
 Captura: T-I e T-II



***Probolodus heterostomus* Eigenmann, 1911**

Nome comum: Lambari
 Nome em Inglês: não registrado
 Distribuição: América do Sul: bacias costeiras do sudeste do Brasil
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métricas de IIBP: NATIVA - REOFÍLICA NATIVA - OPORTUNISTA GENERALISTA - FREQUENTE
 Captura: T-I e T-II

Subfamília Serrasalminae

Esta subfamília possui 15 gêneros com aproximadamente 80 espécies que, algumas dessas, podem atingir cerca de 80cm de comprimento padrão. Na subfamília Serrasalminae estão incluídos as piranhas e pacus. Tem ampla distribuição, ocorrendo em vários rios da América do Sul.



Metynnis maculatus (Kner, 1858)

Nome comum: Pacu-peva
Nome em Inglês: Spotted metynnis
Distribuição: América do Sul, da bacia Amazônica a do Paraguai
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métricas de IIBP: EXÓTICA - OCORRÊNCIA ESPORÁDICA OU DIFÍCIL CAPTURA
Captura: T-I

ERYTHRINIDAE

A família Erythrinidae possui 3 gêneros com 14 espécies; apresentam corpo de formato cilíndrico com cerca de 9-14 raios na nadadeira peitoral e 8-15, na dorsal a caudal é geralmente arredondada, com cerca de 12-16 raios. As escamas são largas com série de 34-37 na linha lateral, cabeça em formato de cunha com olhos expressivos, boca ampla com dentes proeminentes. Podem chegar a aproximadamente 1 metro de comprimento padrão, alguns espécimes da família pode respirar ar atmosférico o que permitem viver em águas com baixa taxa de oxigênio. São predadores vorazes que espreitam suas presas e as predam com eficiência.



Hoplias malabaricus (Bloch, 1794)

Nome comum: Traíra
Nome em inglês: Trahira
Distribuição: América do Sul e Central até a Argentina
Status de ameaça IUCN: não avaliada
Métrica ecológica IIBP: NATIVA - TOLERANTE – FREQUENTE
Captura: T- I

PARODONTIDAE

A família Parodontidae possui 3 gêneros com 42 espécies, apresentam corpo fusiforme, boca inferior e nadadeira adiposa. Relativamente pequenos, não superando 15 cm de comprimento.



Apareiodon cf. piracicabae (Eigenmann, 1907)

Nome comum: Canivete, Charuto
Nome em Inglês: não registrado
Distribuição: América do sul, registrado para a bacia dos rios Tocantins e Araguaia
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métricas de IIBP: EXÓTICA - OCORRÊNCIA ESPORÁDICA OU DIFÍCIL CAPTURA
Captura: T-I e T-II

PROCHILODONTIDAE

A família Prochilodontida possui 3 gêneros com 21 espécies, os integrantes apresentam corpo geralmente fusiforme com boca terminal de lábios grossos que se estende para sugar alimentos, e fileiras de pequenos dentes. De hábitos herbívoros ou detritívoros, podem superar 70 cm de comprimento padrão. Costumam formar cardumes e migrar rio acima para reprodução e alimentação.



Prochilodus vimboides Kner, 1859

Nome comum: Curimatá, Grumexa
Nome em inglês: não registrado
Distribuição: América do Sul, nas bacias dos rios Paraná, Paraíba do Sul e São Francisco
Status de ameaça IUCN: não avaliada
Métrica ecológica IIBP: NATIVA – MIGRATÓRIA – INTOLERANTE - REOFÍLICA NATIVA - RARA e AMEAÇADA
Captura: T-II

GYMNOTIFORME

A ordem possui 5 famílias com 30 gêneros e 134 espécies, com previsão de mais espécies a serem descritas para ordem. Apresentam corpo de formato impar, lateralmente comprimido e alongado, similar a uma enguia. Não possuem nadadeira dorsal e caudal, em certos espécimes, a nadadeira anal é bem desenvolvida, estendendo-se até o final do corpo, com mais de 100 raios que dão mobilidade de frente e para trás ao peixe, sendo denominada de “fita natatória” por (SANTOS, 1987). Nadadeiras peitorais pouco desenvolvidas, olhos geralmente pequenos e boca com maxilar rudimentar. Apresentam órgão elétricos derivados de células musculares/nervosas.

GYMNOTIDAE

A família possui 2 gêneros com aproximadamente 40 espécies. Apresentam corpo de formato subcilíndrico com cabeça pequena, escamas diminutas e numerosas bem aderidas à pele. Boca superior, olhos relativamente pequenos e opérculo evidente, nadadeira anal alonga-se até o extremo caudal.



Gymnotus carapo Linnaeus, 1758

Nome comum: Sarapó
Nome em inglês: Banded knifefish
Distribuição: Américas Central e do Sul, do México ao Paraguai
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métrica ecológica IIBP: NATIVO – TOLERANTE - FREQUENTE
Captura: T-I e T-II

STERNOPYGIDAE

A família possui 5 gêneros com cerca de 28 espécies. Apresentam corpo subcilíndrico, coloração pardacenta a translúcida, olhos relativamente grandes e dentes viliformes, presentes nas maxilas superior e inferior.



***Eigenmannia virescens* (Valenciennes, 1836)**

Nome comum: Turira

Nome em inglês: Glass knifefish

Distribuição: América do Sul, dos Andes do Orinoco as bacias do rio La Plata

Status de ameaça IUCN: não avaliado

Métrica ecológica IIBP: NATIVA

Captura: T-I e T-II

PERCIFORMES

A ordem possui 20 subordens, 160 famílias, cerca de 1.539 gêneros e aproximadamente 10.033 espécies. É a maior ordem dos vertebrados e a mais diversificada entre os peixes, sendo a maior parte de seus representantes do ambiente marinho. Apresentam o corpo coberto por escamas ctenóides e raios em forma de espinhos na primeira dorsal, anal e pélvica. As nadadeiras pélvicas são levemente recuadas, na altura da região torácica, não apresentam nadadeira adiposa e ducto na bexiga natatória.

CICHLIDAE

A família possui 222 gêneros com 1687 espécies, todos habitantes das águas doces ou salobras. Apresentam corpo geralmente alongado ou comprimido lateralmente, em formato de disco, e linha lateral incompleta; nadadeiras dorsais inteiriças e coloração multivariada. Alguns machos desta família apresentam protuberância na região da cabeça no período reprodutivo. São territoriais e costumam postar seus ovos no substrato fazendo cuidado parental ou então guardando os alevinos em sua boca.



***Australoheros facetus* (Jenyns, 1842)**

Nome comum: Acará-preto e Acará cascudo
 Nome em inglês: Chameleon cichlid
 Distribuição: América do Sul, do Brasil a Argentina
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métrica ecológica do IIBP: NATIVA – OCORRÊNCIA ESPORÁDICA OU DIFÍCIL CAPTURA
 Captura: T-I e T-II



***Crenicichla lacustris* (Castelnaud, 1855)**

Nome comum: Cabo de foice, Michola e Jacundá
 Nome em inglês: não registrado
 Distribuição: América do Sul, do Brasil para Argentina, pelo menos
 Status de ameaça IUCN: não avaliada
 Métrica ecológica do IIBP: NATIVA - INTOLERANTE
 Captura: T-I e T-II



***Crenicichla lepidota* Heckel, 1840**

Nome comum: Guensa-verde, Jacundá e Joaninha
 Nome em inglês: Pike cichlid
 Distribuição: América do Sul, da bacia do rio Amazonas a bacia do rio Paraguai
 Status de ameaça IUCN: pouco preocupante (LC)
 Métrica ecológica do IIBP: NATIVA – INTOLERANTE - OCORRÊNCIA ESPORÁDICA OU DIFÍCIL CAPTURA
 Captura: T-I e T-II



***Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824)**

Nome comum: Acará e Caratinga
 Nome em inglês: Pearl cichlid
 Distribuição: América do Sul; do Brasil ao Uruguai
 Status de ameaça IUCN: não avaliada
 Métrica ecológica do IIBP: NATIVA – TOLERANTE – BENTÔNICA NATIVA – FREQUENTE
 Captura: T-I e T-II



***Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)**

Nome comum: Tilápia-do-Nilo
Nome em inglês: Nile tilapia
Distribuição: originária da África, atualmente distribuída por diversos países
Status de ameaça IUCN: não avaliada
Métricas de IIBP: EXÓTICA – TOLERANTE – OPORTUNISTA
GENERALISTA – OCORRÊNCIA ESPORÁDICA OU DIFÍCIL CAPTURA
Captura: T-I e T-II

SCIAENIDAE

A família possui aproximadamente 70 gêneros com 270 espécies. Apresentam corpo recoberto por escamas, geralmente fusiforme com boca terminal e pequenos barbilhões no maxilar inferior. Nadadeira dorsal separada sendo a segunda alongada, contendo aproximadamente 20-35 raios, linha lateral estendendo até a nadadeira caudal que pode ser emarginada ou então arredondada. Podem produzir sons usando a bexiga natatória como uma caixa de ressonância.



***Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840)**

Nome comum: Pescada-do-Piauí e Corvina branca
Nome em inglês: South American silver croaker
Distribuição: América do Sul, do Amazonas, Paraná ao Paraguai
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métrica ecológica do IIBP: EXÓTICA
Captura: T-I

SILURIFORMES

A ordem dos Siluriformes possuem 35 famílias com 446 gêneros e aproximadamente 2860 espécies, sendo mais da metade dessas, habitantes do continente americano. De hábitos predominantemente bentônicos ocorrem nos ambientes marinho, dulcícola e estuarino. Os siluriformes são característicos por não possuírem escamas,

sendo que alguns espécimes apresentam o corpo em parte ou totalmente revestido com couraça de escudos ósseos, outras importantes características da ordem, são os barbilhões que servem como sensores de alimentos, a nadadeira adiposa quase sempre presente, e fortes acúleos serrilhados nas nadadeiras peitoral e dorsal revestido por uma membrana epitelial venenosa que podem ferir gravemente. Podem variar seu tamanho, desde 3 metros a 12 centímetros de comprimento.

AUCHENIPTERIDAE

A família Auchenipteridae possui 20 gêneros com 94 espécies. Apresentam corpo fusiforme e sem escamas, cabeça compacta com maxila prognata, olhos grandes e usualmente três pares de barbilhões. Nadadeira adiposa presente e fortes acúleos nas nadadeiras peitorais e dorsal. Foi observado nas espécies coletadas no estudo, frequente muco quando retirados da água.



Glanidium melanopterum
Miranda Ribeiro, 1918

Nome comum: Cumbaca
Nome em inglês: não registrado
Distribuição: América do Sul, região sudeste do Brasil
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métricas do IIBP: NATIVA – OPORTUNISTA
GENERALISTA
Captura: T-I



Trachelyopterus striatulus
(Steindachner, 1877)

Nome comum: Cumbaca
Nome em inglês: Singing catfish
Distribuição: América do Sul, na região sudoeste do Brasil. Relatos para Argentina e Uruguai
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métricas do IIBP: NATIVA – OPORTUNISTA
GENERALISTA
Captura: T-I e T-II

CALLICHTHYIDAE

A Família possui 8 gêneros com aproximadamente 177 espécies. Apresentam corpo recoberto por duas fileiras de fortes placas ósseas, uma de cada lado. O corpo é compacto de cabeça triangular com olhos relativamente pequenos e boca ventral. Possuem dois pares de barbilhos nos maxilares, e as nadadeiras: dorsal, adiposa e peitorais com espinhos. Algumas espécies podem fazer pequenas incursões fora d'água, pois são capazes de armazenar ar no intestino.



Hoplosternum littorale (Hancock, 1828)

Nome comum: Tamboatá

Nome em inglês: Atipa

Distribuição: América do Sul, na maioria das bacias hidrográficas do Amazonas a Argentina

Status de ameaça IUCN: não avaliado

Métricas ecológicas do IIBP: NATIVA –

TOLERANTE – OPORTUNISTA

GENERALISTA – FREQUENTE

Captura: T-I e T-II

LORICARIIDAE

A família Loricariidae apresenta aproximadamente 92 gêneros com cerca de 684 espécies, sendo a maior da ordem. Possuem corpo fusiforme repleto por placa óssea, boca ventral podendo ou não apresentar barbilhos, olhos geralmente pequenos e nadadeiras amplas com raios desenvolvidos e evidentes.



Hypostomus affinis (Steindachner, 1877)

Nome comum: Cascudo- pintado

Nome em inglês: não registrado

Distribuição: América do Sul, bacia do Rio Paraíba do Sul

Status de ameaça IUCN: não avaliado

Métricas ecológicas do IIBP: NATIVA –

BONTÔNICA NATIVA – FREQUENTE

Captura: TI e T-II



***Hypostomus luetkeni* (Steindachner, 1877)**

Nome comum: Cascudo-preto
Nome em inglês: não registrado
Distribuição: América do sul, descrito para o Rio de Janeiro
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métricas ecológica do IIBP: NATIVA – INTOLERANTE – BENTÔNICA NATIVA - FREQUENTE
Capturas: T-I e T-II



***Rineloricaria nigricauda* (Regan, 1904)**

Nome comum: Violinha
Nome em inglês: não registrado
Distribuição: América do Sul, descrito para o estado do Rio de Janeiro
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métricas ecológicas do IIBP: NATIVA – TOLERANTE
Captura: T-II

PIMELODIDAE

A família Pimelodidae possui 31 gêneros com aproximadamente 85 espécies. Apresentam corpo fusiforme, sem escamas, dorso geralmente de coloração cinza amarronzada, com ventre esbranquiçado, algumas espécies apresentam listras, pintas ou máculas. Possuem três pares de barbilhões, o maior na maxila e dois menores na mandíbula e a segunda nadadeira dorsal adiposa. A maior espécie, *Brachyplatystoma filamentosum*, atinge cerca de 2,8 metros de comprimento furcal.



***Pimelodella eigenmanni*
(Boulenger, 1891)**

Nome comum: Mandi-chorão
Nome em inglês: não registrado
Distribuição: América do Sul, na bacia do rio Paraíba do Sul
Status de ameaça IUCN: não avaliado
Métricas ecológicas do IIBP: NATIVA – INTOLERANTE – RARA/AMEAÇADA
Captura: T-I e T-II



***Pimelodus fur* (Lütken, 1874)**

Nome comum: Mandi-prata
 Nome em inglês: não registrado
 Distribuição: América do Sul, registro para a da bacia do rio Das Velhas a bacia do rio São Francisco
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métricas ecológicas do IIBP: NATIVA – OPORTUNISTA GENERALISTA
 Captura: T-I e T-II



***Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803**

Nome comum: Mandi-amarelo
 Nome em inglês: não registrado
 Distribuição: América do Sul, registros para as bacias dos rios Paraná e São Francisco
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métricas ecológicas do IIBP: EXÓTICA – MIGRATÓRIA – TOLERANTE – OPORTUNISTA GENERALISTA - FREQUENTE
 Captura: T-I e T-II



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

Nome comum: Bagre, Jundiá
 Nome em inglês: South American catfish
 Distribuição: Américas Central e do Sul, do México a Argentina
 Status de ameaça IUCN: não avaliado
 Métricas ecológicas do IIBP: NATIVA – TOLERANTE – OPORTUNISTA GENERALISTA - FREQUENTE
 Captura: T-I e T-II

Bibliografia:

FROESE, R. & PAULY, D. (eds.) (2016). Fishbase. Publicação eletrônica. Disponível em: www.fishbase.org, versão 01/2016. Acesso em: 03 de julho de 2016.

NELSON, J. S. (2006). Fishes of the World. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 580 p.

SANTOS, E. (1987). Peixes da Água Doce: vida e costumes dos peixes do Brasil. 4. ed. Belo Horizonte: Itatiaia. (Coleção Zoologia Brasileira, v. 2). 267 p.

APÊNDICE II

Dados brutos refinados das campanhas do Índice de Integridade Biótica de Peixes – IIBP, para ambos os trechos de estudo da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul – RH-III, conforme resolução 107/2013 do Concelho Estadual de Recursos Hídricos - CERHI.

Tabela 1: Quadro geral de capturas do IIBP (indivíduos/peso) destacados por campanhas, trecho de estudo (T-I e T-II) e petrecho utilizado.

QUANTIDADE CAPTURADA: nº de indivíduos\peso total											
<i>Campanha</i>	<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>Trechos</i>	<i>Redes</i>		<i>Tarrafa</i>		<i>Puçá</i>		<i>Total</i>	
				<i>indivíduos</i>	<i>peso (g)</i>						
1 ^a	Verão (cheia)	18 e 19 Jan	II - com ilhas	108	20929	6	136	3	26,7	117	21091,7
		19 e 20 Jan	I - sem ilhas	173	8853	4	140	0	0	177	8993
2 ^a	Outono (seca)	11 e 12 Abr	II - com ilhas	20	2612	8	210	0	0	28	2822
		12 e 13 Abr	I - sem ilhas	38	5319	28	476	0	0	66	5795
3 ^a	Inverno (seca)	18 e 19 Jul	II - com ilhas	20	1738	5	1227	0	0	25	2965
		19 e 20 Jul	I - sem ilhas	29	2932	5	229	0	0	34	3161
4 ^a	Primavera (cheia)	31 out e 01 Nov	II - com ilhas	62	6463	4	1862	0	0	66	8325
		01 e 02 Nov	I - sem ilhas	48	3317	0	0	0	0	48	3317
TOTAL GERAL		Trecho I - sem ilhas		288	20421	37	845	0	0	325	21266
		Trecho II - com ilhas		210	31742	23	3435	3	26,7	236	35204

Fonte: Autor

Tabela 2: Quadro geral de capturas do IIBP (espécies) destacados por campanhas, trecho de estudo (T-I e T-II) e petrecho utilizado.

CAPTURAS POR VARIEDADE DE ESPÉCIE							
<i>Campanha IIBP</i>	<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>Trecho</i>	<i>Redes</i>	<i>Tarrafa</i>	<i>Puçá</i>	
1 ^a	Verão (cheia)	18 e 19 Jan	II (com ilhas)	13	2	2	
		19 e 20 Jan	I (sem ilhas)	12	4	0	
2 ^a	Outono (seca)	11 e 12 Abr	II (com ilhas)	9	2	0	
		12 e 13 Abr	I (sem ilhas)	13	5	0	
3 ^a	Inverno (seca)	18 e 19 Jul	II (com ilhas)	6	1	0	
		19 e 20 Jul	I (sem ilhas)	11	2	0	
4 ^a	Primavera (cheia)	31 Out e 01 Nov	II (com ilhas)	14	3	0	
		01 e 02 Nov	I (sem ilhas)	9	0	0	
TOTAL GERAL			Trecho I, sem ilhas	23	7	0	24
			Trecho II, com ilhas	21	6	2	24

Fonte: Autor

Tabela 3: Quadro geral dos ataques de petrechos, destacado por campanhas, trecho de estudo (T-I e T-II) e tipo de rede.

ATAQUES A REDES										
<i>Campanha</i>	<i>Período</i>	<i>Data</i>	<i>Trecho</i>	<i>Malhas (mm)</i>			<i>Indícios</i>			<i>Total</i>
1 ^a	Verão (cheia)	18 e 19 Jan	II	25f	45f		<i>L</i>	<i>Cr</i>		2
		19 e 20 Jan	I	15s	15f	20f	<i>Cr</i>	<i>Cr</i>	<i>Cr</i>	3
2 ^a	Outono (seca)	11 e 12 Abr	II	15s			<i>Cr</i>			1
		12 e 13 Abr	I							
3 ^a	Inverno (seca)	18 e 19 Jul	II	20s			<i>Cr</i>			1
		19 e 20 Jul	I	20s			<i>Pp</i>			1
4 ^a	Primavera (cheia)	31 Out e 01 Nov	II	15f	30f		<i>Ca</i>	<i>Cr</i>		2
		01 e 02 Nov	I	20s	20f	40f	<i>L</i>	<i>Cr</i>	<i>L</i>	3
TOTAL GERAL			Trecho I, sem ilhas						7	
			Trecho II, com ilhas						6	

Fonte: Autor

Legenda:

L - lontra; *Ca* - capivara; *Cr* - crustáceos; *Pp* - peixe predador; *s* - superfície; *f* - fundo.

APÊNDICE III

Lista das espécies contendo a quantidade capturada no estudo, conforme a ordem (4); família (14); gênero (24) e trecho de estudo (T-I e T-II).

Tabela 1: Relação das 28 variedades de espécies capturadas nos trechos de estudo na Bacia do Médio Paraíba do Sul, totalizando 561 indivíduos.

Índice de Espécies	T-I sem ilhas	T-II com ilhas
Characiformes		
Anostomidae		
<i>Leporinus copelandii</i> - Piau		7
Characidae		
<i>Astyanax bimaculatus</i> - Lambari-rabo-amarelo	72	33
<i>Astyanax paraguayae</i> - Lambari-rabo-vermelho	38	17
<i>Hyphessobrycon eques</i> - Mato-grosso		2
<i>Oligosarcus hepsetus</i> - Bocarra	60	77
<i>Probolodus heterostomus</i> - Lambari	62	10
Characidae (Serrasalminae)		
<i>Metynnis maculatus</i> - Pacu-peva	1	
Erythrinidae		
<i>Hoplias malabaricus</i> - Traíra	1	
Parodontidae		
<i>Apareiodon cf. piracicabae</i> - Canivete	1	1
Prochilodontidae		
<i>Prochilodus vimboides</i> - Curimbatá		1
Gymnotiformes		
Gymnotidae		
<i>Gymnotus carapo</i> - Sarapó	4	3
Sternopygidae		
<i>Eigenmannia virescens</i> - Tuvira	3	1
Peciformes		
Cichlidae		
<i>Australoherus fascetus</i> - Acará-preto	4	1
<i>Crenicichla lacustris</i> - Cabo-de-foice	1	2
<i>Crenicichla lepidota</i> - Jacundá	6	13
<i>Geophagus brasiliensis</i> - Acará	7	12
<i>Oreochromis niloticus</i> - Tilápia	1	1
Sciaenidae		
<i>Plagioscion squamosissimus</i> - Pescada-do-Piauí	1	

Siluriformes		
Auchenipteridae		
<i>Glanidium melanopterum</i> - Cumbaca	4	
<i>Trachelyopterus striatulus</i> - Cumbaca	25	2
Loricariidae		
<i>Hypostomus affinis</i> - Cascudo-pintado	13	16
<i>Hypostomus luetkeni</i> - Cascudo-preto	1	10
<i>Rineloricaria nigricauda</i> - Violinha		4
Callichthyidae		
<i>Hoplosternum littorale</i> - Tamboatá	7	5
Pimelodidae		
<i>Pimelodella eigenmanni</i> - Mandi-chorão	1	3
<i>Pimelodus fur</i> - Mandi-prata	6	5
<i>Pimelodus maculatus</i> - Mandi-amarelo	4	3
<i>Rhamdia quelen</i> - Bagre	2	7
TOTAL GERAL	325	236

Fonte: Autor