# IV-070 – MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA SUB-BACIA DO RIO GUAPIAÇU/RJ UTILIZANDO MÚLTIPLOS INDICADORES

**Priscilla da Silva Pereira**[(1)]
Mestre em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ) e bióloga pelo Faculdade de Formação de Professores (UERJ). Doutoranda do Programa de Biodiversidade e Saúde (IOC/FIOCRUZ).
**Lia Amorim Chaves Fernandes**[(2)]
Mestranda em Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ) e bióloga pelo Instituto de Biologia (IB/UFRJ).
**Darcílio Fernandes Baptista**[(3)]
Doutor e mestre em Ciências Biológicas (Zoologia) e biólogo pelo Instituto de Biologia (IB/UFRJ). Pesquisador do Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental (LAPSA/IOC/FIOCRUZ).
**Jaime Lopes da Mota Oliveira**[(4)]
Doutor e mestre em Ciências Biológicas (Microbiologia) pelo Instituto de Microbiologia Prof. Paulo de Góes (IMPPG/UFRJ) e biólogo pelo Instituto de Biologia (IB/UFRJ). Técnico e pesquisador do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental da FIOCRUZ (DSSA/ENSP/FIOCRUZ).

**Endereço**[(4)]**:** Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos - RJ - CEP: 21041-210 - Brasil - Tel: (21) 2598-2512 - e-mail: jaimel@ensp.fiocruz.br

## RESUMO

Os ecossistemas aquáticos têm sido frequentemente alterados de maneira significativa por múltiplos impactos. O complexo hidrográfico Guapiaçu-Macacu é uma importante bacia do Rio de Janeiro com zonas ecológicas distintas propostas no Zoneamento Ecológico Econômico. Este trabalho realizou uma avaliação das águas superficiais cruzando os resultados obtidos pelas análises convencionais (parâmetros físico-químicos e microbiológicos) com a integridade ecológica do rio através do Protocolo de Avaliação Visual (PAV). Este estudo foi feito em doze diferentes trechos do sub-bacia do rio Guapiaçu localizados em duas diferentes zonas: a Zona da Conservação da Vida Silvestre (ZCVS) e Zona de Uso Agropecuário (ZUAP). O objetivo principal foi verificar se o monitoramento usando o PAV pode ser utilizado como ferramenta complementar na distinção entre os trechos dessas duas diferentes zonas. A integração dos resultados mostrou uma diferença significativa entre os pontos de menor grau de contaminação na ZCVS e os trechos com maior grau de impacto na ZUAP. O PAV foi mais sensível que os parâmetros convencionais entre os trechos ecologicamente impactados e os intermediários localizados na ZUAP. Esse tipo de avaliação mostrou ser eficiente no monitoramento ambiental de bacias hidrográficas que tenham um plano de Zoneamento Ecológico Econômico. Portanto, a utilização de métodos físicos, químicos e microbiológicos pode ser complementada com o PAV.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação da qualidade da água, protocolo de avaliação visual, zoneamento ecológico-econômico.

## INTRODUÇÃO

O uso inadequado do solo é um dos principais fatores que vem afetando a integridade biológica dos ecossistemas aquáticos provocando uma redução na qualidade da água para o consumo humano (Tundisi, 2003). Desse modo, a redução das matas ciliares e a retificação dos rios, por exemplo, provocam um aumento na velocidade de sua correnteza contribuindo para o arrasto de sedimentos, acelerando o processo de assoreamento e erosão (Carvalho et al., 2000). Conforme a recomendação da resolução Conama 357 (Brasil, 2005), os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos são as principais ferramentas para a avaliação da qualidade da água de um rio (Coradi et al., 2009, Campanha et al., 2010); no entanto alguns autores sugerem a aplicação do Protocolo de Avaliação Visual (PAV) como ferramenta complementar para um diagnóstico da qualidade de um ecossistema aquático (Calisto et al. 2002, Rodrigues et al. 2008 e 2010, Pereira et al. 2012).

Atualmente um determinado ambiente pode ser dividido em áreas compondo um Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) de modo a nortear a ocupação e o manejo do solo e a exploração de seus recursos naturais. Para a definição de um ZEE deve-se elaborar um diagnóstico sobre a potencialidade do patrimônio ambiental e

sociocultural do espaço a ser explorado (Acselrad, 2000). Como exemplo, a bacia Guapiaçu-Macacu foi dividida através de um conjunto de regras e orientações para os diferentes usos da terra em sete zonas distintas definidas como mostra a Figura 1 (Cabral e Fiszon, 2004). As áreas de uso mais restritivo da terra onde comportam as unidades de conservação como parques e reservas são a Zona de Preservação da Vida Silvestre (ZPVS) e a Zona de Conservação da Vida Silvestre (ZCVS). Entretanto as demais áreas possuem uma menor ou nenhuma restrição quanto ao uso da terra como a Zona de Ocupação Controlada (ZOC) onde existem cidades e/ou vilas; a Área de Uso Conflitante (AUC) com condições ambientais que favorecem as atividades de desenvolvimento; a Zona de Uso Agropecuário (ZUAP) que comportam as atividades agropecuárias; a Zona de Uso Especial (ZUE) que compreende o Complexo Petroquímico da Petrobras (COMPERJ); e a Área Crítica composta por uma planície inundável que apresenta pequenas atividades agropecuárias.

Portanto, a garantia da integridade ecológica, da manutenção da vida selvagem e da saúde da população usuária dessas águas somente poderá ser obtida através do monitoramento ambiental. O objetivo deste estudo foi avaliar a integridade ecológica de diferentes trechos de rios em duas ZEEs (ZCVS e ZUAP) na sub-bacia do rio Guapiaçu através dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e pelo Protocolo de Avaliação Visual (PAV). Como proposta final desta pesquisa foi verificar a importância do uso do PAV nos programas de monitoramento de águas superficiais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

*Área de Estudo e Coleta de Amostras*

A bacia Guapiaçu-Macacu atende cerca de 2,5 milhões habitantes com irrigação, piscicultura, agropecuária e abastecimento público dos municípios de Cachoeira de Macacu, Guapimirim, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói (Helder, 1999). Em 2009 o Instituto Bioatlântica propôs um zoneamento desta bacia em função da importância deste sistema hidrográfico para o estado do Rio de Janeiro. A Figura 1 mostra que foram amostrados 12 pontos em diferentes trechos nas áreas da ZCVS e ZUAP.

Nestes pontos foram realizadas amostragens bimestrais da água superficial no período de maio de 2008 até junho de 2009, totalizando 72 amostragens em 6 campanhas. Para as análises físicas e químicas foram utilizados frascos de polipropileno e para análise microbiológica, sacos estéreis Whirl-Pak (Nasco). As amostras foram acondicionadas a 4°C e transportadas até o laboratório para análise imediata.

*Análises Físico-químicas e Microbiológicas e Avaliação Visual Fisiográfica*

As medições de pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD) e oxigênio dissolvido (OD) foram executadas no local da coleta utilizando as sondas MPA 210p e MCA 150p (LabConte) e a 550A (YSI). As análises de alcalinidade, dureza e o teor de cloretos foram realizados de acordo com APHA (2005). As análises de coliformes totais e termotolerantes foram feitas pelo kit Colilert (Idexx).

Em cada um dos trechos de amostragem foi feita uma avaliação visual fisiográfica por meio do preenchimento do Protocolo de Avaliação Visual (PAV). O PAV é uma das ferramentas que compõem o Protocolo de Avaliação Rápida onde são observados os aspectos físicos e biológicos dos recursos hídricos (Barbour et al., 1999). Neste protocolo foram avaliados diferentes aspectos ambientais como a condição do canal e da cobertura vegetal das margens, bem como a disponibilidade de substratos para a manutenção da fauna bentônica. Em cada parâmetro foram atribuídos valores que variaram de 0 a 10 e a média aritmética desses parâmetros mostrou a condição de cada trecho amostrado.

A análise multivariada de agrupamento por correlação foi aplicada para comparar os resultados físico-químicos, microbiológicos e fisiográficos nos trechos de rios nas duas diferentes ZEE.

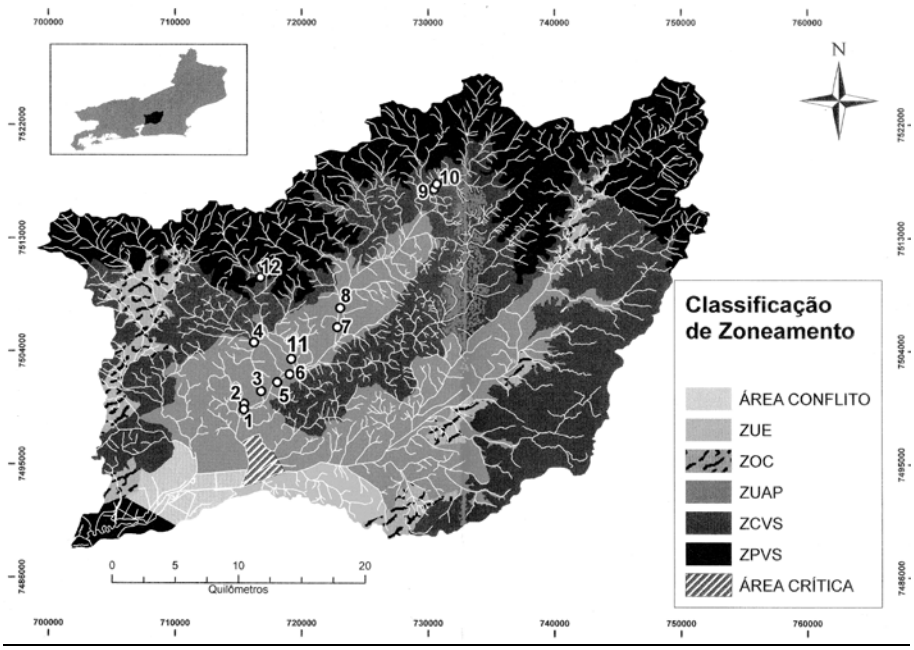


**Figura 1.** Zoneamento Ambiental da APA proposto pelo Instituto BioAtlântica (2009). Os pontos representam as coletas realizadas durante o projeto, onde ZPVS – Zona de Preservação da Vida Silvestre, ZUAP - Zona de Uso Agropecuário, ZCVS – Zona de Conservação da Vida Silvestre, ZOC – Zona de Ocupação Controlada, ZUE – Zona de Uso Especial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água e o Protocolo de Avaliação Visual (PAV) dos diferentes pontos amostrados da sub-bacia do rio Guapiaçu. Os pontos 1 e 2 localizados no rio Portinho apresentaram os menores valores de oxigênio dissolvido. Esses valores observados estão fora do recomendado para água doce Classe II segundo a resolução Conama 357 (Brasil, 2005). O ponto 5 obteve o maior valor de coliformes termotolerantes devido a pastagens em seu entorno e de um assentamento rural local. No entanto neste mesmo trecho foi medida uma concentração OD maior que 6 mg/L provavelmente devido à declividade do rio.

Foi observada uma variação nos valores da condutividade e de sólidos totais dissolvidos (STD) entre as diferentes áreas, onde os pontos 9 e 10, localizados na ZCVS, tiveram os menores valores.

A classificação da paisagem foi realizada usando o Protocolo de Avaliação Visual (PAV), onde os pontos de 1 a 6 obtiveram uma classificação ruim, enquanto que os pontos 7, 8 e 11 apresentaram uma condição ecológica regular (Tabela 1). Os trechos de rios 9, 10 e 12 apresentaram uma boa integridade ecológica. Os pontos 3, 4 e 6 encontravam-se em áreas retificadas dos rios o que justifica os valores obtidos pelo PAV.

Os resultados físico-químicos, microbiológicos e os dados da avaliação visual da integridade da paisagem (PAV) foram utilizados para a construção de um gráfico de agrupamento mostrado na Figura 2. Adotando somente os dados físico-químicos e microbiológicos foi observado que todos os pontos tiveram baixa distinção (Figura 2(A)) independente do trecho amostrado, onde todos os pontos possuem cerca de 80% de similaridade. No entanto, o dendrograma construído a partir de todos os resultados inclusive os dados do PAV mostrou uma menor correlação entre os pontos das duas áreas estudadas desta sub-bacia, onde os trechos da ZCVS (pontos 9, 10 e 12) tiveram características diferentes dos trechos amostrados na ZUAP.

**Tabela 1.** Resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água e do Protocolo de Avaliação Visual (PAV) dos 12 pontos amostrais na sub-bacia do rio Guapiaçu.

| Parâmetros | Pontos | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 |
| Dureza Total | 16,36 (2,90) | 15,92 (4,11) | 15,28 (1,69) | 12,29 (2,39) | 15,24 (3,96) | 14,26 (3,11) | 12,94 (2,43) | 10,95 (1,05) | 8,30 (1,97) | 8,63 (2,08) | 11,14 (2,46) | 11,63 (1,56) |
| Dureza de Cálcio | 9,29 (2,36) | 8,61 (3,63) | 8,97 (2,12) | 7,31 (2,44) | 7,98 (1,82) | 6,98 (2,11) | 6,98 (1,12) | 6,98 (1,12) | 5,98 (1,27) | 5,31 (1,02) | 6,32 (1,99) | 6,98 (1,12) |
| Dureza de Magnésio | 6,98 (1,12) | 7,31 (3,28) | 6,31 (2,66) | 4,99 (1,68) | 7,27 (4,53) | 6,95 (3,20) | 5,97 (2,16) | 4,64 (2,05) | 2,66 (1,64) | 2,66 (1,64) | 4,82 (2,57) | 4,65 (1,64) |
| Teor de Cálcio | 3,71 (0,94) | 3,65 (1,52) | 3,66 (0,92) | 3,03 (1,05) | 3,19 (0,73) | 2,79 (0,85) | 2,71 (0,45) | 2,87 (0,46) | 2,39 (0,57) | 2,07 (0,43) | 2,71 (0,73) | 3,07 (0,38) |
| Teor de Magnésio | 1,62 (0,27) | 1,53 (0,63) | 1,53 (0,71) | 1,05 (0,22) | 1,81 (1,21) | 1,81 (0,77) | 1,43 (0,58) | 1,15 (0,54) | 0,67 (0,43) | 0,67 (0,43) | 1,00 (0,55) | 1,15 (0,43) |
| pH | 6,23 (0,24) | 6,29 (0,18) | 6,78 (0,22) | 6,81 (0,28) | 6,96 (0,27) | 6,84 (0,18) | 6,91 (0,33) | 7,01 (0,30) | 7,12 (0,45) | 7,10 (0,50) | 6,78 (0,40) | 6,99 (0,25) |
| OD | 4,65 (0,78) | 4,88 (0,56) | 6,17 (0,44) | 6,30 (0,52) | 6,80 (0,83) | 6,23 (0,64) | 6,32 (0,87) | 6,52 (0,91) | 6,85 (0,96) | 6,62 (0,81) | 5,65 (0,38) | 6,40 (0,58) |
| Cloreto | 9,18 (3,81) | 9,37 (2,78) | 10,01 (2,77) | 8,61 (3,56) | 8,32 (2,06) | 6,50 (1,31) | 7,00 (2,09) | 9,22 (2,50) | 9,18 (4,72) | 7,16 (3,18) | 9,81 (4,19) | 9,15 (2,60) |
| Condutividade | 39,45 (11,33) | 34,38 (9,75) | 34,92 (3,73) | 32,72 (3,74) | 34,58 (4,62) | 33,39 (4,24) | 30,56 (3,97) | 31,06 (4,61) | 21,34 (4,11) | 20,55 (4,43) | 32,55 (3,69) | 31,04 (3,54) |
| Alcalinidade | 16,08 (3,88) | 16,83 (4,39) | 16,08 (2,13) | 15,33 (2,77) | 16,46 (2,44) | 16,46 (3,35) | 15,71 (3,65) | 16,83 (3,24) | 13,46 (2,44) | 13,84 (2,13) | 15,71 (2,51) | 15,33 (2,44) |
| STD | 18,85 (5,13) | 16,63 (4,76) | 16,88 (1,74) | 15,75 (1,85) | 16,64 (2,46) | 15,17 (3,47) | 14,76 (2,01) | 14,99 (2,16) | 10,18 (1,99) | 9,85 (2,13) | 15,67 (1,63) | 14,93 (1,45) |
| Coliformes Termotolerantes | 41,83 (93,70) | 54,33 (64,09) | 43,83 (48,07) | 57,83 (40,27) | 115,33 (65,10) | 64,50 (64,99) | 61,67 (48,97) | 58,50 (56,34) | 21,50 (19,82) | 15,17 (19,63) | 66,00 (88,25) | 15,83 (11,23) |
| PAV | 5,1 | 4,1 | 3,3 | 5,3 | 4,1 | 5,1 | 6,8 | 7 | 12 | 12,7 | 7,7 | 10,4 |

Nota: Valores médios das seis amostragens e os seus respectivos desvios padrão (entre parênteses).

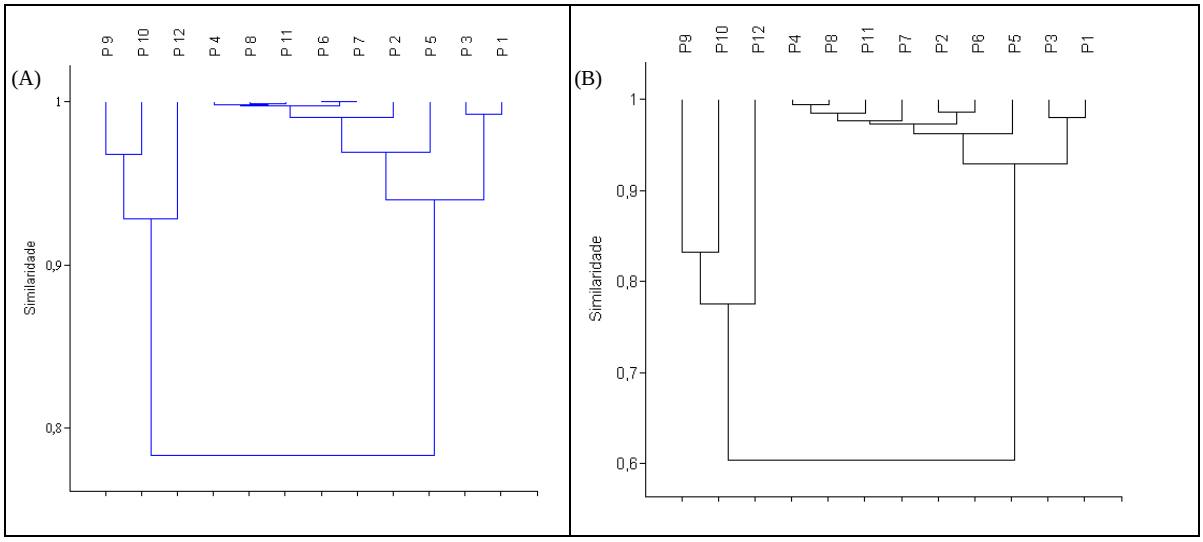


**Figura 2.** Dendrograma de agrupamento dos doze diferentes trechos de rios amostrados adotando similaridade entre os pontos, onde (A) usa somente os resultados físico-químicos e microbiológicos e (B) inclui os dados do protocolo de avaliação visual (PAV). (A) mostra uma maior similaridade entre os 12 pontos do que (B) que foi capaz de distinguir os trechos da ZCVS (P9, P10 e P12) dos da ZUAP (demais pontos).

## CONCLUSÕES

O protocolo de avaliação visual (PAV) teve um perfil semelhante aos obtidos pelos resultados físico-químicos e microbiológicos na avaliação dos diferentes trechos desta sub-bacia. No entanto, com o uso do PAV foi possível diagnosticar as áreas que estão em estado intermediário de impacto. Além disso, somente integrando os dados da avaliação fisiográfica com os resultados convencionais (físico-químicos e microbiológicos) foi possível distinguir a zona de uso agropecuário (ZUAP) da zona de conservação da vida silvestre (ZCVS). Portanto, O PAV pode ser uma ferramenta útil na gestão de recursos hídricos no monitoramento de rios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. ACSELRAD, H. Zoneamento ecológico-econômico e a multiplicidade de ordens socioambientais na Amazônia. *Novos Cadernos Naea* 3(2): 5-15, 2000.
2. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012, 1360 pp.
3. BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2. ed. Washington: EPA, 1999. 339 p.
4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução Conama nº 357 de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (Disponível em: <http://www.mma.gov.br/ port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2012).
5. CABRAL, D. C.; FISZON, J. T. Padrões sócio-espaciais de desflorestamento e suas implicações para a fragmentação florestal: estudo de caso na Bacia do Rio Macacu, RJ. *Scientia Florestalis* 66: 13-24, 2004.
6. CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis* 14(1): 91-98, 2002.
7. CAMPANHA, M. B.; MELO, C. A., MOREIRA, A. B.; FERRARESE, R. F. M. S.; TADINI, A.M.; GARBIN, E. V. et al. Variabilidade espacial e temporal de parâmetros físico-químicos nos rios Turvo, Preto e Grande no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Química Nova* 33(9): 1831-1836, 2010.
8. CARVALHO, A. R.; SCHLITTLE, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Revista Química Nova* 23: 618-622, 2000.
9. CORADI, P. C.; FIA R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 4(2): 46-56, 2009.
10. HELDER, C. Subsídios para gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Macacu, São João, Macaé e Macabu. Rio de Janeiro: Secretaria do Meio Ambiente, 1999.
11. PEREIRA, P. S.; FERNANDES, L. A. C.; OLIVEIRA, J. L. M.; BAPTISTA, D. F. Avaliação da integridade ecológica de rios em áreas do zoneamento ecológico econômico do complexo hidrográfico Guapiaçu-Macacu, RJ, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 7(1): 157-168, 2012.
12. RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. *Revista Ambiente & Água* 3(3): 143-155, 2008.
13. RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. *Revista Saúde e Biologia* 5(1): 26-42, 2010.
14. TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, 2003. 247 p.