

## XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

# AValiação DO COMPORTAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO NAS BACIAS EXPERIMENTAIS E REPRESENTATIVA DO RIO PIABANHA – REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – RJ

*Janaina Gomes Pires da Silva<sup>1</sup>; Mariana Dias Villas Boas<sup>2</sup>; Michele Bruna de Souza do Nascimento<sup>3</sup>; Carlos Eduardo da Silva Sacramento<sup>4</sup>; João Pedro Costa da Silva<sup>5</sup>; Décio Rodrigues Goulart<sup>6</sup>; Rubens Esteves Kenup<sup>7</sup>; Arthur Moreira de Abreu<sup>8</sup>; Daniel Andres Rodriguez<sup>9</sup> & Lígia Maria Nascimento de Araujo<sup>10</sup>*

**Palavras-chave:** hidrologia, monitoramento da qualidade da água; uso e cobertura do solo; bacia representativa

## 1 – INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade de água de um curso d'água é o estudo das características físicas, químicas e biológicas da água, relativas aos efeitos de atividades humanas e de usos do solo da bacia hidrográfica, que particularmente possam afetar a saúde pública e do ecossistema (GASTALDINI *et al.*, 2003).

A partir de 1970, no Brasil, foram criadas algumas redes de monitoramento de qualidade da água, porém distribuídas de forma irregular pelo país, concentradas nas regiões sul e sudeste (ANA, 2012). No estado do Rio de Janeiro, o monitoramento da qualidade das águas é realizado desde a década de 1970, de início pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEEMA) e, desde 2009, é mantido pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA/RJ). O INEA/RJ é responsável por seu planejamento e operacionalização, e pela avaliação e divulgação do diagnóstico da qualidade das águas (WEINBERG, 2018). Sua rede de monitoramento de qualidade da água conta com 197 estações em operação. De modo geral, o monitoramento abrange parâmetros bacteriológicos, físico-químicos, biológicos e bioensaios. Não há, no entanto, determinação das cargas poluidoras nos cursos d'água porque o monitoramento dessa rede de qualidade de água não está associado ao monitoramento hidrológico, com leituras de nível d'água e medições de descarga (SILVA, 2020).

Por meio de projetos e parcerias, as instituições hoje responsáveis pelo monitoramento das águas na bacia do rio Piabanha, região serrana do Rio de Janeiro, são: INEA/RJ e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)/ Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM). Desde 2006, o

<sup>1</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – janaina.silva@cprm.gov.br

<sup>2</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – mariana.villasboas@cprm.gov.br

<sup>3</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – michele.nascimento@cprm.gov.br

<sup>4</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – edusacramento@aol.com

<sup>5</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – joão.pedro@cprm.gov.br

<sup>6</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – decio.goulart@cprm.gov.br

<sup>7</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – rubens.kenup@cprm.gov.br

<sup>8</sup> CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – arthur.abreu@cprm.gov.br

<sup>9</sup> COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ – daniel.andres@coc.ufrj.br

<sup>10</sup> ANA – Agência nacional de Águas e Saneamento Básico – [ligiamna@gmail.com](mailto:ligiamna@gmail.com); [ligia.araujo@ana.gov.br](mailto:ligia.araujo@ana.gov.br)

monitoramento hidrometeorológico da bacia do Piabanha é complementado com estações instaladas e operadas pelo SGB-CPRM, no âmbito do projeto Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas do Rio Piabanha, Região Serrana do RJ (EIBEX) e, desde 2009, a Rede de Monitoramento da Qualidade de Água do rio Piabanha (RMQAP) é da mesma forma operada nas estações da bacia representativa do Piabanha, no município de Petrópolis, coletando amostras para análise de 41 parâmetros de qualidade da água, alguns por medição *in situ* com sonda multiparamétrica.

## 2 – ÁREA DE ESTUDO

A bacia representativa do rio Piabanha, área de contribuição à estação fluviométrica de Pedro do Rio (código 58405000), pertencente à Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reúne as principais características de geologia, uso do solo e vegetação da bacia do rio Piabanha (SILVA, 2020). Dentro dessa área, estão definidas três bacias experimentais, onde predominam diferentes usos do solo como área de Mata Atlântica preservada, área relevante de uso agrícola e área de intensa ocupação urbana.

A região apresenta altitudes variando de 2.250m a 650m e chuvas anuais de 2400mm a 1300mm acompanhando a variação de altitude. Seu clima é caracterizado, na região mais alta, como tropical de altitude úmido com altos índices pluviométricos e temperaturas de médias a baixas. Já a região mais baixa está condicionada a amplitudes térmicas distintas de inverno e verão de um clima sub-úmido.

A RMQAP do projeto EIBEX apoia estudos de avaliação do comportamento hidrológico nas bacias sob os diferentes usos. Para a bacia representativa, foram desenvolvidos estudos hidrológicos, com ênfase em climatologia, geomorfologia, umidade do solo e qualidade da água, sendo elaborados mapas temáticos e ajuste de modelos matemáticos (SILVA, 2020; LIMA, 2019; VILLAS BOAS, 2018, ANDRADE, 2016; ARAUJO, 2016; MOLINARI, 2015; ROSÁRIO, 2013; dentre outros), onde também são realizados testes de diferentes tecnologias de monitoramento. A figura 1 ilustra a localização das bacias experimentais e as estações do projeto EIBEX, constantes da tabela 1.

Figura 1 – Imagem da bacia representativa com as três bacias experimentais (agrícola, preservada e urbana) monitoradas no projeto EIBEX – Fonte: SILVA, 2020.

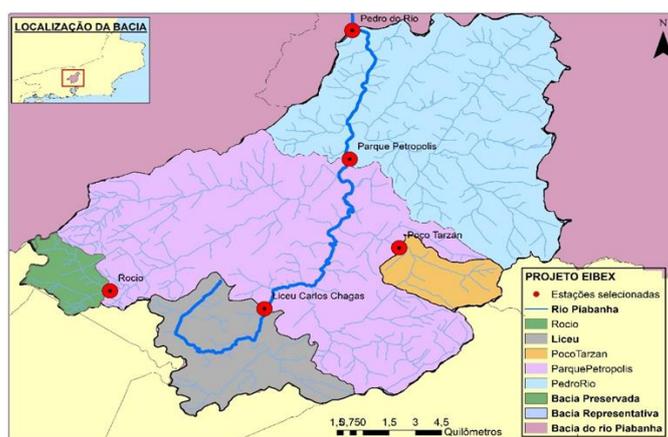


Tabela 1 – Estações da rede EIBEX – localização e datas de início da operação

ESTAÇÃO	SIGLA	TIPO	Código FLU	Código PLU	BACIA EXPERIMENTAL	CURSO D'AGUA	LATITUDE	LONGITUDE	Data de início da operação - PLU/FLU	Data de início da operação - QA
Pedro do Rio	PR	PPRFDFrQT	58405000	2243012	-	Rio Piabanha	22° 24' 19"	43° 08' 00"	01/08/2009	27/08/2009
Pq.Petropolis	PP	CFDFrQT	58400250	2243286	-	Rio Piabanha	22° 30' 39"	43° 12' 37"	28/04/2007	27/08/2009
Liceu	L	PPRFDFrQT	58400050	2243289	URBANA	Rio Palatinado	22° 31' 00"	43° 10' 08"	22/04/2007	27/08/2009
Poço Tarzan	PT	PPRFDFrQT	58400110	2243290	AGRÍCOLA	Rio Açú	22° 27' 39,6"	43° 05' 40,8"	31/10/2007	27/08/2009
Rocio 2 - Ponte	R	FDQ	58400212	****	PRESERVADA	Rio da Cidade	22° 28' 38,70"	43° 15' 24,60"	28/04/2010	27/08/2009

### 3 – MATERIAS E MÉTODOS

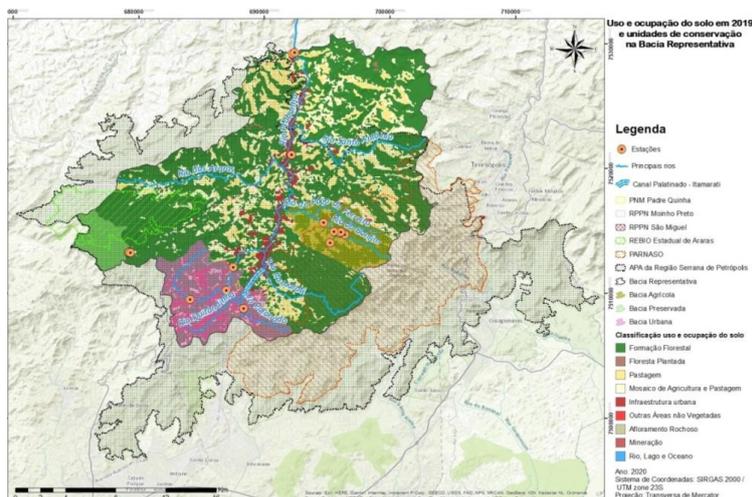
Silva (2020) analisou o comportamento de 12 (doze) parâmetros de qualidade de água (QA): oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); alumínio (Al); ferro (Fe); zinco (Zn); nitrato (NO<sub>3</sub>); nitrogênio amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>); fosfato (PO<sub>4</sub>); sulfato (SO<sub>4</sub>); sólidos em suspensão; e turbidez, em 50 campanhas de medição *in situ* e coletas de amostras para análise em laboratório, ao longo do período 2009-2015, sendo, pelo menos, quatro campanhas de amostragem por ano, de forma a cobrir tanto o período chuvoso como o de estiagem na bacia, juntamente com o uso e cobertura vegetal das cinco bacias hidrográficas monitoradas, as três bacias experimentais e duas estações (tabela 1).

Neste trabalho são analisados quatro desses parâmetros: OD, DBO, NO<sub>3</sub> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, que se mostraram os mais suscetíveis a mudanças de uso do solo. Para análise exploratória comparativa da presença de cada parâmetro ao longo do tempo na bacia, os resultados das análises são apresentados em diagramas do tipo *box plot*, com indicação de suas estatísticas.

Para avaliação espaço-temporal do comportamento da qualidade de água, são estimadas as cargas dos parâmetros considerando as suas concentrações e as vazões observadas nos dias das coletas, separando os dados do período chuvoso dos dados do período de estiagem, assim considerados: período chuvoso – campanhas dos seis primeiros meses do ano hidrológico, isto é, apenas aquelas dos meses de setembro a fevereiro, e para o de estiagem, considerando apenas as campanhas dos meses de março a agosto, a cada ano.

Para avaliar o uso do solo e cobertura vegetal na bacia, foram utilizados mapas anuais recortados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, denominado MapBiomass. O MapBiomass apresenta 35 anos (1985 a 2019) de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil, com resolução de 30m por pixel, com melhorias na acurácia de representação dos biomas e de novas classes de agricultura, utilizando o novo limite dos biomas em escala 1:250.000 do IBGE. Em SOUZA JR *et al.* (2020) encontram-se os detalhes do processo de concepção e elaboração do produto. A figura 2 apresenta a situação do uso e cobertura da bacia em 2019.

Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo em 2019. Fonte: SILVA (2020).



São também verificadas as correlações entre as séries de parâmetros de qualidade de água e a evolução da área de cobertura da bacia sob os diversos usos e cobertura monitorados pelo projeto MapBiomas. Conforme se vê na figura 2, a maior parte da área da bacia do Piabanha, até Pedro do Rio, é ainda ocupada por florestas, vegetação e áreas naturais com afloramentos rochosos.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento dos parâmetros de QA que se mostraram mais sensíveis a diferenças de uso e cobertura na bacia, OD, DBO,  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4^+$ , é avaliado para as cinco estações fluviométricas do Projeto EIBEX das bacias: urbana Liceu Carlos Chagas (cod. 58400050), agrícola Poço do Tarzan (cod. 58400110), preservada Rocio 2 – ponte (cod. 58400212), Parque Petrópolis (cod. 58400250) e Pedro do Rio (cod. 58405000).

##### *Oxigênio dissolvido (OD)*

O parâmetro OD, medido *in situ*, apresenta-se em baixas concentrações para a bacia de Liceu e também em Parque Petrópolis, estações do rio principal com alto percentual de áreas urbanas e onde há diversos pontos de lançamentos de efluentes (figura 3a). As bacias de poço Tarzan e Rocio têm menor presença humana, com pouca urbanização, e há uma perceptível recuperação em Pedro do Rio, após o rio Piabanha receber afluentes com água de melhor qualidade.

##### *Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)*

A DBO é a quantidade de oxigênio consumido durante determinado período de tempo à temperatura de incubação específica para oxidar a matéria orgânica, por decomposição microbiana aeróbia (CETESB, 2020). Comportamento inverso ao do OD ocorre com a DBO nas estações, pelos mesmos motivos (figura 3b).

Figura 3.a – Concentração de OD (mg/L) .

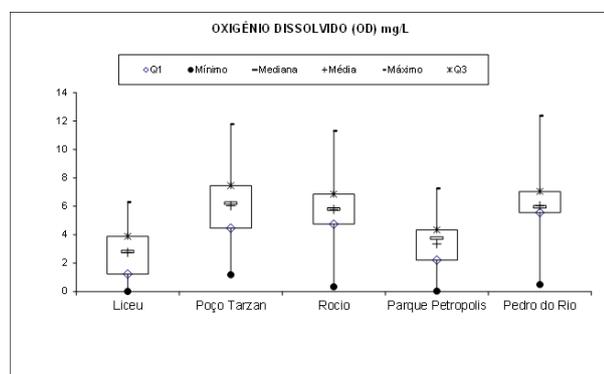
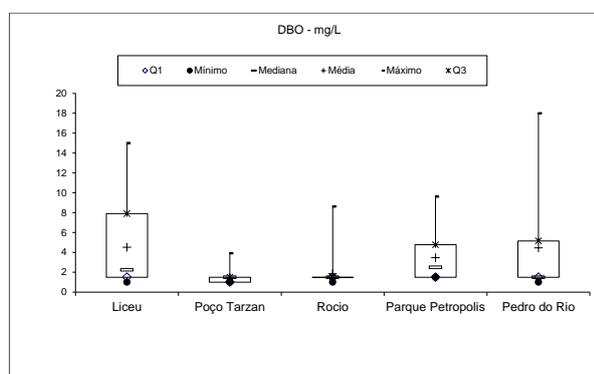


Figura 3.b – Concentração de DBO (mg/L)



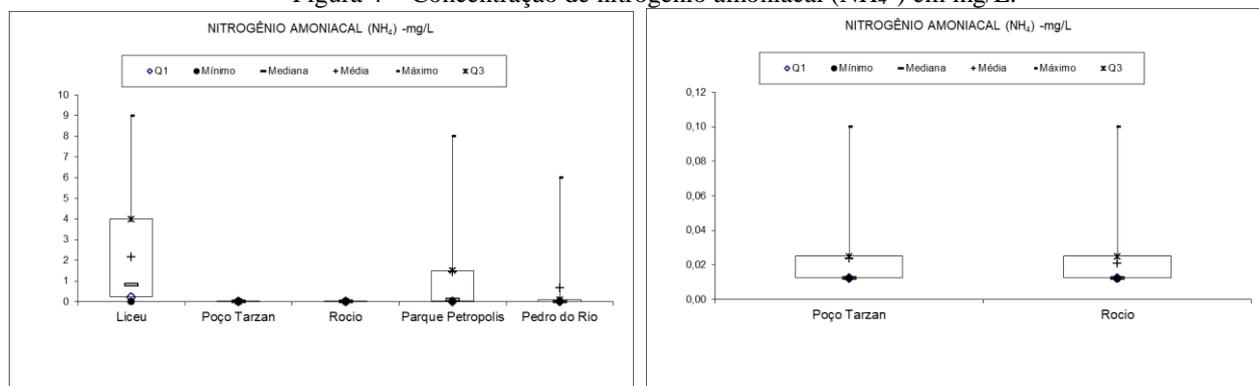
O nitrogênio (N) pode ser encontrado na água, basicamente, sob as formas de: nitrogênio orgânico; nitrogênio amoniacal, que já sofreu decomposição por microrganismos heterotróficos; nitrito, forma intermediária, de curta duração, após a oxidação da amônia por bactérias; e nitrato, a forma oxidada a partir dos nitritos pelas bactérias (VON SPERLING, 2005). Os esgotos domésticos são, em geral, a principal fonte de nitrogênio orgânico proveniente das proteínas e de nitrogênio amoniacal pela hidrólise da ureia (CETESB, 2020). O nitrato é a principal forma de N associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias.

##### *Nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )*

A bacia de Liceu apresenta valores superiores de  $\text{NH}_4^+$  e com maior dispersão que todas as outras. Parque Petrópolis também apresenta valor médio superior aos demais locais. Poço Tarzan e Rocio apresentam valores semelhantes de concentração, sendo a média em Rocio inferior. O valor médio em Liceu é mais de 100 vezes maior que a média em Rocio e mais de 30 vezes maior que a

média de Pedro do Rio (figura 4). Essa concentração parece variar com o percentual de infraestrutura urbana.

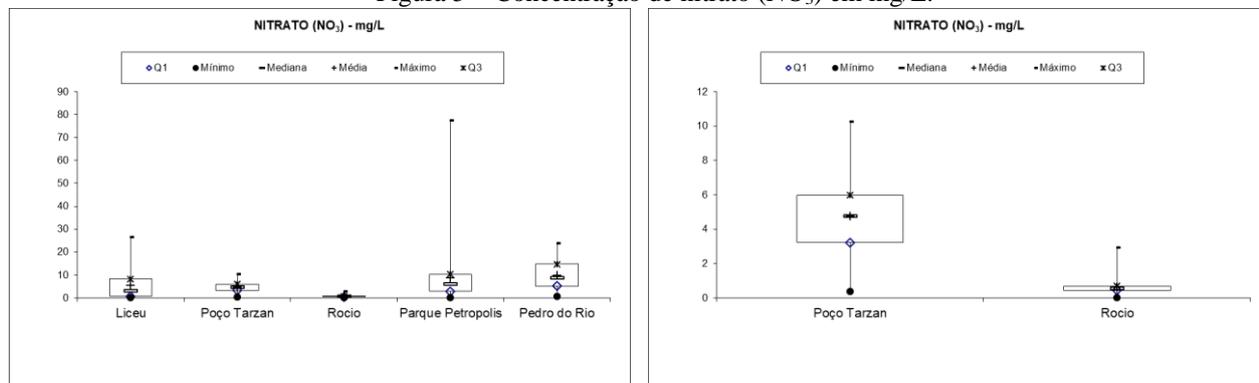
Figura 4 – Concentração de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) em mg/L.



### Nitrato ( $\text{NO}_3$ )

O limite de concentração de  $\text{NO}_3$ , estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2005) para águas doces em geral, é 10mg/L. Na figura 5, vê-se que esse valor foi superado em 25% das amostras de Parque Petrópolis e Pedro do Rio. Foi superado também em oito amostras de Liceu e uma de Poço Tarzan. Todas as amostras de Rocio apresentaram valores, pelo menos, 100 vezes menores. A agricultura na bacia de Poço Tarzan talvez explique as concentrações superiores às de Rocio, conforme se vê no painel da direita da figura 5.

Figura 5 – Concentração de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) em mg/L.

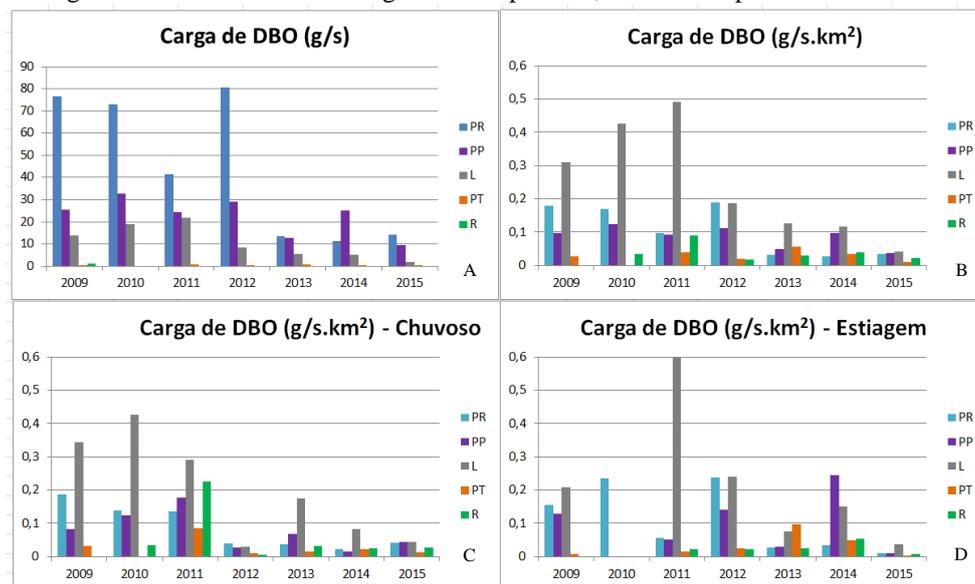


HOROWITZ (2013), sintetizando o mencionado por outros autores, afirma que, em condições de baixa vazão fluvial, há o predomínio da contribuição do escoamento subterrâneo em sua formação e das fontes pontuais de alteração da qualidade de água, ao passo que, em condições de vazão fluvial alta, a vazão é dominada pela vazão escoada superficialmente e em consequência a qualidade de água é mais impactada pelas fontes difusas (não pontuais) de parâmetros. Essas considerações são importantes para interpretar a variação temporal das cargas dos parâmetros na bacia. As cargas dos parâmetros foram estimadas determinando-se a sua média anual e, separadamente, as médias dos períodos chuvoso e de estiagem, assim considerados: período chuvoso – campanhas dos seis primeiros meses do ano hidrológico, isto é, apenas aquelas dos meses de setembro a fevereiro, e para o de estiagem, considerando apenas as campanhas dos meses de março a agosto, a cada ano. Como exemplo, neste trabalho, são apresentadas as estimativas para DBO,  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$ .

No caso da DBO (figura 6), as cargas no período chuvoso e de estiagem apresentam comportamento similar, provavelmente, porque as cargas de esgotos são lançadas no corpo hídrico de maneira contínua ao longo do ano e também há fonte de poluição difusa. Os valores são um pouco mais elevados no período de estiagem, em que há menor diluição, e mais baixos no período chuvoso

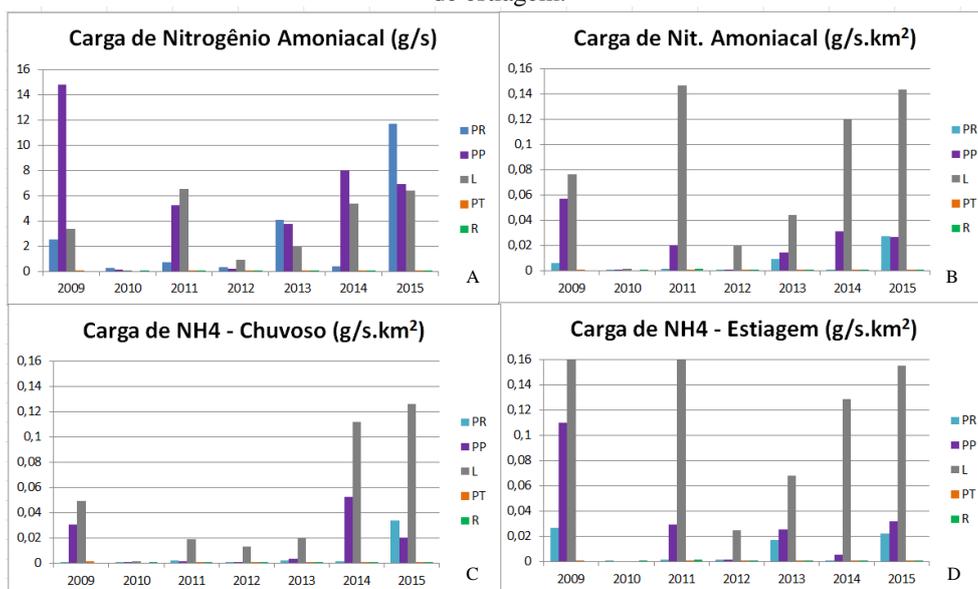
em que há maior oxigenação e aceleração da degradação da matéria orgânica. Percebe-se uma redução da carga em Liceu a partir de 2012. A carga específica alta de DBO na estação Rocio, 2011 em especial, não era esperada por ser área de mata preservada, questão sendo investigada quanto a lançamento de esgotos de alguma residência a montante do ponto de coleta ou mau-funcionamento de fossas sépticas.

Figura 6 – Carga média de DBO anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.



No caso do  $\text{NH}_4^+$  (figura 7), sua origem parece eminentemente urbana, uma vez que bacias preservada e agrícola, Rocio e Poço Tarzan, apresentam cargas médias anuais insignificantes. As cargas apresentam comportamento similar nos períodos chuvoso e de estiagem, reforçando o aspecto pontual da poluição por  $\text{NH}_4^+$  que ocorre sem muita correlação com a precipitação.

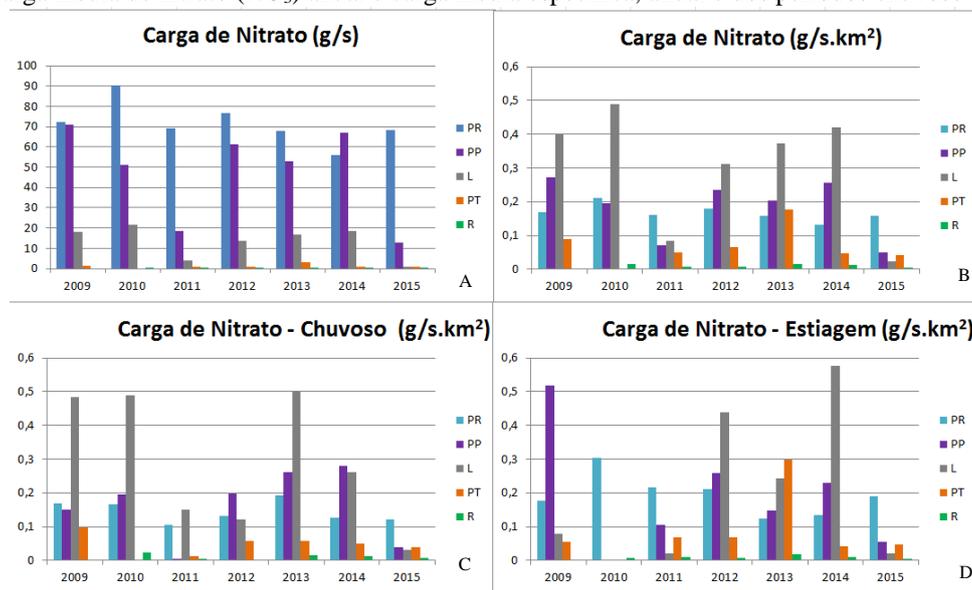
Figura 7 – Carga média de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.



As médias das cargas de  $\text{NO}_3$  (figura 8) não variaram ao longo dos anos em Pedro do Rio. Possivelmente, as cargas específicas são altas em Poço Tarzan, pela agricultura, e em Liceu, por esgotos domésticos. Em Parque Petrópolis e Pedro do Rio são altas, possivelmente, por receberem a

contribuição da área urbana e da área agrícola. No período chuvoso são maiores em Poço Tarzan, onde podem ser associados com a lavoura como fonte difusa. Em 2014, ano de pouca chuva em toda a bacia, a carga específica em Liceu permaneceu alta, em especial, no período de estiagem quando há menos diluição do poluente, que nessa bacia provém principalmente de fontes pontuais associadas a lançamento de esgotos, mesmo que de efluentes tratados.

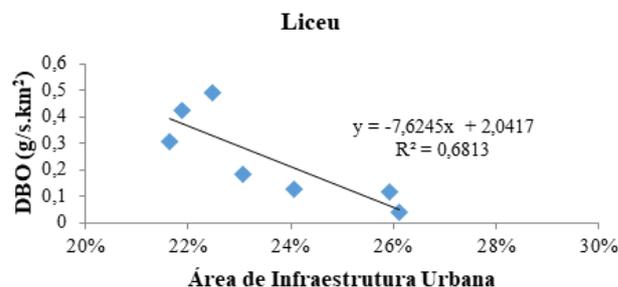
Figura 8 – Carga média de nitrato (NO<sub>3</sub>) anual e carga média específica, anual e dos períodos chuvoso e de estiagem.



Foram também estudadas as correlações entre as séries de cargas específicas dos parâmetros de QA e variação de percentual de área sob determinado uso e cobertura do solo, no período 2009-2015. Para as correlações significativas ( $p$  valor  $<0,05$ ) e consideradas de moderada a forte (coeficiente de correlação de Pearson acima de 0,7 ou abaixo de -0,70) foram ajustadas equações de regressão linear. Como exemplos, são apresentadas as retas de regressão definidas para Liceu, entre carga específica média anual de DBO e percentual de infraestrutura urbana (IU) e para Poço Tarzan, entre carga específica média de estiagem de NO<sub>3</sub> e percentual de mosaico de agricultura e paisagem.

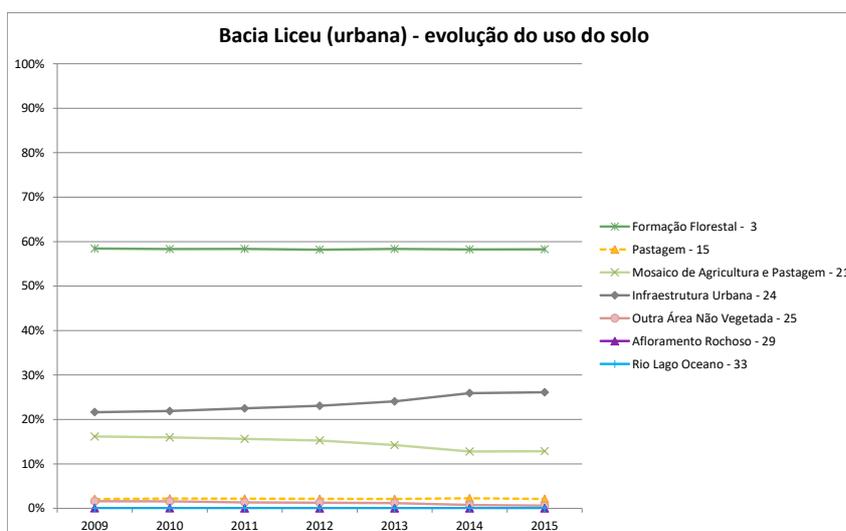
Em Liceu, houve melhoria da qualidade da água, redução da carga de DBO, com o início de operação de duas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) em 2012, ainda que com aumento do percentual de infraestrutura urbana em sua bacia de contribuição, em ritmo mais acelerado justamente a partir de 2012. A figura 9 mostra esse resultado, à primeira vista, inesperado.

Figura 9 – Equação de regressão entre carga esp. de DBO e % área em IU em Liceu.



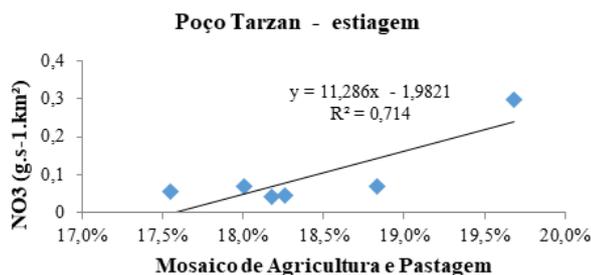
Esse aumento de infraestrutura urbana ocorreu sem diminuição do percentual de formação florestal, mas sim em paralelo à diminuição da área de mosaico de agricultura e pastagem, como mostra a figura 10.

Figura 10 – Evolução do uso do solo e cobertura vegetal entre 2009 e 2015 em Liceu.



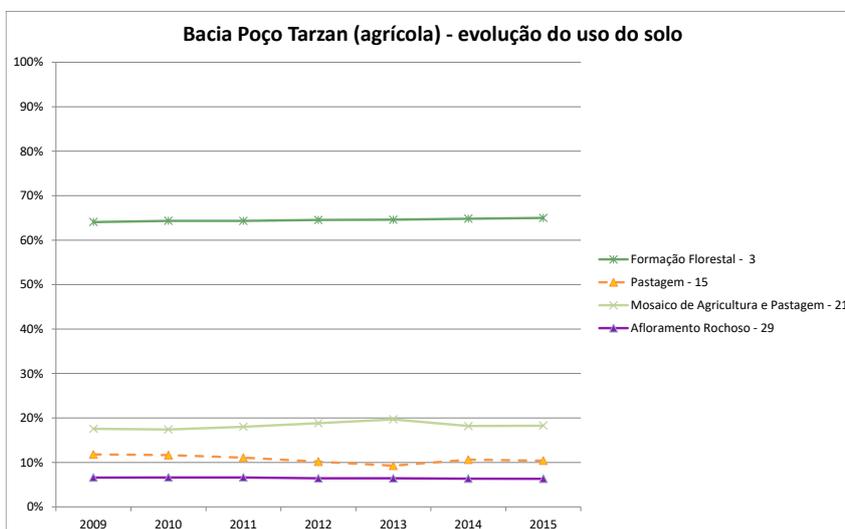
Em poço Tarzan houve aumento da carga de  $\text{NO}_3$  com o aumento da área de mosaico de agricultura e pastagem (figura 11).

Figura 11 – Equação de regressão entre carga esp. de  $\text{NO}_3$  e % área em MAP em PT.



Na figura 12, é possível verificar o crescimento do percentual de formação florestal e decréscimo do percentual de pastagem com aumento de mosaico de agricultura e pastagem até 2013 quando, em seguida, este uso parece diminuir com leve recuperação e imediata estabilização do percentual de pastagem.

Figura 12 – Evolução do uso do solo e cobertura vegetal entre 2009 e 2015 em PT.



## 5 - CONCLUSÃO

Foi possível associar os efeitos dos diferentes usos do solo e cobertura vegetal sobre a qualidade da água com a metodologia proposta e com os dados disponíveis atualmente. Com abordagens diferentes, avaliaram-se a distribuição espacial e temporal das concentrações de parâmetros de qualidade da água e das suas cargas específicas ao longo da área de estudo e seu comportamento durante o período 2009-2015.

Da análise das concentrações dos parâmetros, da evolução temporal de suas cargas em cada bacia e das correlações dessas com as classes de uso do solo, foi possível verificar os parâmetros de qualidade da água mais sensíveis a mudanças de uso do solo e cobertura vegetal, portanto, os mais importantes em distinguir cada bacia, que são: OD, DBO,  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4^+$ . Esses quatro parâmetros conseguem distinguir bem, com suas faixas de variação de concentração, os usos preponderantes de infraestrutura urbana, mosaico de agricultura e pastagem e de formação florestal em cada estação das bacias experimentais. Já o  $\text{NH}_4^+$  distingue bem infraestrutura urbana dos demais e mostra sensível recuperação ao longo da bacia entre Parque Petrópolis e Pedro do Rio, por exemplo, sua concentração em Liceu é 100 vezes o valor medido em Rocío e 30 vezes maior que em Pedro do Rio. OD expressa bem a variação dos usos e mostra sua recuperação ao longo da bacia, além de ser o indicador principal da qualidade e o mais expedito na medição. A DBO é o indicador a ser acompanhado para avaliação da eficiência de remoção de carga orgânica dos tratamentos das ETEs em implantação no programa de saneamento da bacia.

As equações de regressão, ajustadas para os parâmetros de qualidade da água e variação do uso do solo, podem ser usadas na avaliação dos impactos de mudanças futuras no uso e ocupação do solo sobre a qualidade de água, como apoio à decisão na gestão dos recursos hídricos e da ocupação do solo, em especial, pelo comitê de bacia e pela prefeitura. No entanto, esse estudo tem caráter preliminar, pois as séries de dados disponíveis ainda são curtas e apresentam falhas de observação. Essas equações de regressão poderão tornar-se mais robustas à medida que houver continuidade do monitoramento na bacia representativa e levantamentos de uso e cobertura mais detalhados.

Confirma-se, assim, a RMQAP-EIBEX como um interessante instrumento de gestão integrada dos recursos hídricos, que pode ser apropriado e utilizado pelo INEA/RJ, órgão gestor de recursos hídricos do estado do Rio de Janeiro, pelo Comitê Piabanha, e pela Prefeitura de Petrópolis na gestão territorial do município para avaliar os resultados de suas intervenções, inclusive as planejadas, pois oferece alguma possibilidade de simulação.

**AGRADECIMENTOS** são direcionados ao SGB-CPRM, pelo apoio ao Projeto EIBEX desde seu início em 2006, aos professores e pesquisadores da COPPE/UFRJ, do IGEO/UFRJ, UFF, UERJ e UFRRJ, por apoiarem e desenvolverem pesquisas científicas nas bacias experimentais e na bacia representativa do rio Piabanha, à ANA, ao INEA/RJ e ao Comitê Piabanha, por seu apoio ao monitoramento na bacia.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil 2012**. Brasília, DF: ANA, 2012. 264 p.

ANDRADE, C.D. **Avaliação de escala de monitoramento e do comportamento hidrológico na bacia do rio Piabanha/RJ**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

ARAUJO, L.M.N. Identificação de padrões hidrológicos de precipitação e de umidade do solo na bacia hidrográfica do rio Piabanha/RJ. 2016. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 5 fev. 2019.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice E: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In: \_\_\_\_\_ **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2019**. São Paulo: CETESB, 2020. 57 p.

GASTALDINI, M.C.C., MENDONÇA, A. S. F. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas/organizada por João Batista Dias de Paiva e Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva. – Reimpressão ver. Aum. – Porto Alegre: ABRH, 2003. Capítulo 15. Conceitos para a avaliação da qualidade da água, pag. 429.

HOROWITZ, A. J. A Review of Selected Inorganic Surface Water Quality-Monitoring Practices: Are We Really Measuring What We Think, and If So, Are We Doing It Right? **Environ. Sci. Technol.** 2013, 47, 2471–2486. DOI: [dx.doi.org/10.1021/es304058q](https://doi.org/10.1021/es304058q)

LIMA, C. H. P. de **Development of an environmental flow approach applied to the Piabanha River Watershed, 2015** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

MOLINARI, B.S. **Modelagem espacial da qualidade de água na bacia do rio Piabanha/RJ**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

ROSÁRIO, L. S. **Análise das áreas de proteção permanente com suporte de geotecnologias face a possíveis alterações no código florestal brasileiro – estudo de caso: bacia do rio Piabanha/RJ**. XVI, 146 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. COPPE. UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, JANAINA. G. P. **Avaliação da Influência do Usos e Ocupação do Solo em Bacias Experimentais sobre a Qualidade de Água no Rio Piabanha – Região Serrana do Rio de Janeiro-RJ**. 2020 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.22409>.

SOUZA JR, C.M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. DOI: [10.3390/rs12172735](https://doi.org/10.3390/rs12172735).

VILLAS BOAS, M.D. **Ferramenta para avaliação da rede de monitoramento de qualidade de água da bacia do rio Piabanha – RJ com base em redes neurais e modelagem hidrológica**. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

VON SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: EDUFMG, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

WEINBERG, A. **Metodologia para priorização do controle e monitoramento da qualidade das águas, como ferramenta para gestão de recursos hídricos – Rio de Janeiro**. 2018. 201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.