

# **ANÁLISE INTEGRADA DE ALGUNS PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA E VAZÃO, COMO FERRAMENTA PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

*Paula Coelho Araujo<sup>1</sup>*

## **RESUMO**

A qualidade de água de um determinado corpo hídrico depende da variabilidade do regime hidrológico que atua sobre o mesmo, principalmente no que concerne à vazão. Este trabalho foi desenvolvido na Bacia do Rio Paraibuna, em um ponto amostral deste rio, localizado na cidade de Juiz de Fora, MG. Para tal, foi obtida uma série histórica dos dados de qualidade de água e vazão do Paraibuna de 1975 a 2012. Os resultados apontaram para uma crescente degradação deste corpo hídrico ao longo deste período, especialmente quando se analisa os dados de coliformes fecais e oxigênio dissolvido. A partir da análise integrada dos dados de qualidade da água e vazão, percebe-se que há uma concentração dos parâmetros nos períodos em que a vazão apresentava menores resultados, atribuindo esta constatação, aos períodos de estiagem.

## **ABSTRACT**

The water quality of a particular water body depends on the variability of the hydrological regime that acts on it, especially with flow rate. This work was developed in Paraibuna River Basin, in a sample point of this river, located in the city of Juiz de Fora, Minas Gerais. To this end, we obtained a historical series of the data of water quality and flow of the Paraibuna from 1975 to 2012. The results pointed to the increasing degradation of this water body during this period, especially when analyzing the data of fecal coliform and dissolved oxygen. From the integrated analysis of data from water quality and flow, it is clear that there is a concentration of parameters in periods when the flow had lower results, attributing this observation, the periods of drought.

Palavras-chaves: Qualidade de água, Vazão, Gestão dos recursos hídricos

Keywords: Water quality, Flow, Water resources management

---

<sup>1</sup> Mestranda em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, plcaraujo@hotmail.com

## 1) INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas estão sofrendo intensos processos de urbanização, recebendo grandes concentrações de poluentes devido ao aumento populacional, ao forte crescimento do parque industrial, acompanhados ainda, de ocupação irregular de áreas sem infra-estrutura básica de saneamento, dentre outros, promovendo assim, uma sensível degradação da qualidade das águas. Os tradicionais modelos de desenvolvimento (que consideravam a utilização irracional dos recursos naturais em detrimento das atividades econômicas) estão sendo substituídos internacionalmente por políticas ambientais que priorizam a gestão da água baseada nos moldes sustentáveis.

Magalhães Júnior (2000) retrata que para o sucesso de qualquer sistema de gestão das águas é imprescindível um plano de monitoramento adequado, que permita compor um banco de dados subsidiando a geração de informações e viabilizando projetos de investimentos em recursos hídricos, uma vez que não se pode gerenciar aquilo que não se conhece e não possui informações. Logo, o estudo da qualidade da água através do monitoramento periódico é uma ferramenta de gerenciamento para a gestão.

Rebouças (1999) ainda acrescenta que, para o planejamento e gestão de recursos hídricos é de suma importância que se obtenha informações básicas e confiáveis, que inclua a qualidade das águas, cobertura vegetal, solo, obras hidráulicas, dentre outros, sendo que a oferta só poderá ser adequadamente estimada se existirem redes de monitoramento que tenham como fim a geração de dados qualitativos e quantitativos sobre as águas, uma vez que a desinformação gera a incerteza nas decisões e dos resultados dos usos e impactos causados nos mananciais.

Portanto, a avaliação periódica da qualidade da água é uma importante ferramenta, uma vez que permite conhecer a real situação dos corpos hídricos frente aos impactos humanos na bacia hidrográfica e “é essencial para que se planeje sua ocupação e seja exercido o necessário controle dos impactos” (REBOUÇAS ET AL., 2006).

Segundo Magalhães Jr. (2011), a “bacia hidrográfica compreende um conjunto ambiental integrado de elementos físicos, bióticos e socioeconômicos inter-relacionados”, desta maneira o estudo de qualidade da água deve englobar os fatores interatuantes do meio em uma visão geossistêmica.

Para tal, aliou-se ao estudo os dados de vazão, uma vez que as alterações provocadas no fluxo da água ou no canal principal do rio pode vir a modificar os componentes do corpo hídrico. Estes dados são também essenciais para o estudo, uma vez que possibilita conhecer o comportamento hidrológico de um determinado corpo hídrico frente às mudanças sazonais e, de acordo com Allan (1995), pode-se estimar, algumas variáveis qualitativas, como por exemplo, os padrões de concentração com o deflúvio.

O rio Paraibuna (figura 01), objeto deste estudo, nasce na Serra da Mantiqueira, em uma altitude de 1180 m de altitude. Em seu curso recebe as águas do rio do Peixe, rio Preto e rio Cágado até atingir a foz no Paraíba do Sul, sendo o Paraibuna seu principal afluente. Ele atua como principal receptor dos efluentes da cidade de Juiz de Fora (MG), que possui um clima com verões quentes e chuvosos e invernos seco e com temperaturas amenas.

A vazão média do Paraibuna é de 179 m<sup>3</sup>/s, considerada uma vazão média elevada, e por este fato, os processos de depuração são favorecidos, possibilitando a melhora nos índices de qualidade de água (CEIVAP, 2002).

Os esgotos domésticos encontrados no rio estão diretamente ligados à cidade de Juiz de Fora, devido à presença de elevados níveis de coliformes fecais e significativa carga de DBO encontrados à jusante deste município, por isso o Paraibuna, está classificado como rio de Classe 3, no enquadramento das águas. Contudo, quando atinge o rio Paraíba do Sul, a qualidade da água eleva-se devido à diluição dos efluentes a partir das afluições dos rios Preto e Peixe (CEIVAP, 2002).

Além de abrigar uma população de 600.000 habitantes e cerca de 3.000 indústrias, a bacia do rio Paraibuna sofre uma pressão urbana, ao receber a maior parte dos efluentes sem tratamento prévio, e isto por sua vez, gera inúmeros impactos negativos sobre os recursos hídricos, demandando um plano urgente de recuperação da qualidade dos mesmos.

A Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora (Cesama) salienta que os estudos realizados nos sedimentos fluviais do rio Paraibuna, em 1994, apontaram a existência de metais pesados, que são transportados por longas distâncias, atingindo as cidades à jusante.

A Cesama (2012) acrescenta que o rio, dentro do município, apresenta um histórico de acidentes de despejos industriais, provocados pela Cia. Paraibuna de Metais nos anos de 1980 e 1982. Porém nesta época, as devidas medidas em defesa do rio não foram tomadas, uma vez que percebemos um grande vazio nas séries históricas neste período de monitoramento da água.

Desta forma, este estudo objetiva analisar a influência da vazão em alguns parâmetros da qualidade de água do Rio Paraibuna, procurando compreender o comportamento do mesmo, fornecendo desta forma, mais uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos.



### 3) RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio foi calculado a média, o valor mínimo e máximo, o desvio padrão dos resultados e o que a Resolução Conama 357/2005 estabelece para os valores máximos permitidos (VMP) de qualidade de água para rios de Classe 3. A tabela 01 irá auxiliar na interpretação dos resultados.

| Parâmetros               | Unidade    | Média      | Mínimo | Máximo       | Desvio Padrão | Conama 357/2005 |
|--------------------------|------------|------------|--------|--------------|---------------|-----------------|
| Coliformes fecais        | NMP/100 mL | 211.932,00 | 30,00  | 2.200.000,00 | 420.123,00    | < 2.500/100 mL  |
| Condutividade elétrica   | µS/cm      | 100,00     | 19,00  | 208,00       | 31,40         | 208,00          |
| Nitrato                  | mg/L N     | 0,25       | 0,00   | 2,34         | 0,35          | 10,00           |
| Nitrito                  | mg/L N     | 0,60       | 0,01   | 5,50         | 0,61          | 1,00            |
| Oxigênio Dissolvido      | mg/L       | 3,46       | 0,25   | 8,10         | 1,77          | < 4,00          |
| Potencial Hidrogeniônico | ---        | 6,86       | 5,20   | 9,40         | 0,46          | 6,0 – 9,0       |
| Vazão                    | mg/L       | 21,78      | 8,44   | 72,10        | 10,38         | ---             |

Tabela 01: Análise estatística dos parâmetros entre 1975 – 2012 e o VMP definido pela Resolução Conama 357/2005.

#### 3.1) Vazão

Ao analisar a variação da vazão no ponto amostral, percebemos claramente como as mudanças ocorridas nas estações do ano afetam os dados obtidos. No gráfico 01, há grande amplitude da vazão no rio Paraibuna, ao longo de 36 anos de coleta, atingindo o menor valor de 8,44 m<sup>3</sup>/s no período de estiagem e o maior 84,24 m<sup>3</sup>/s na estação chuvosa, contudo a média foi de 21,90 m<sup>3</sup>/s.

A precipitação quando atinge a superfície, tende a ser absorvida pelo solo, contudo quando a umidade do solo estiver suficientemente elevada, a água irá percolar lateralmente no solo em direção aos rios através do escoamento superficial (DUNNEE LEOPOLD, 1978). Desta maneira, os altos valores encontrados da vazão, destoando da média, podem ser atribuídos a este escoamento superficial.

Cabe ainda acrescentar que, este ponto situa-se na área urbana da cidade de Juiz de Fora e que nos anos 70 em diante, passou por um processo industrial, com aumento da compactação do solo, contribuindo para que estes processos ocorram.

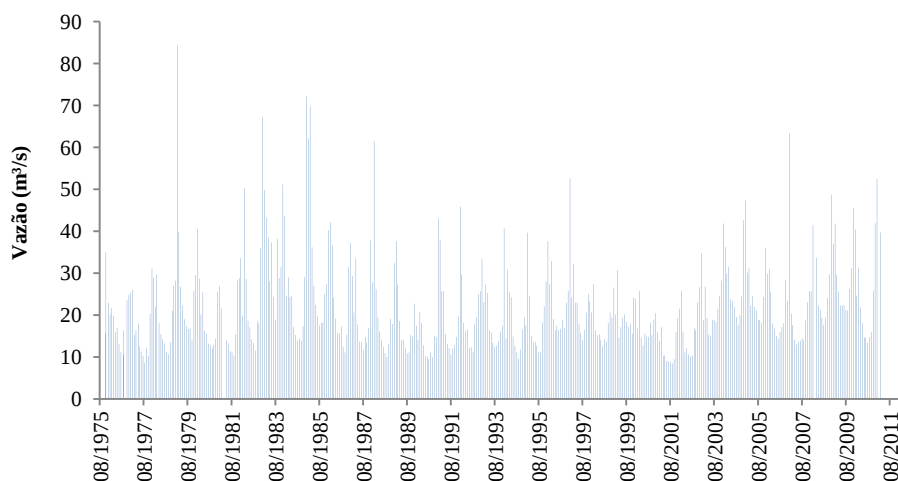


Figura 02: Dados de vazão obtidos do período compreendido entre 1975 – 2012.

### 3.2) Coliformes fecais

Os coliformes fecais estão presentes em fezes humanas e de animais, em solos, plantas ou efluentes contendo matéria orgânica. De acordo com a Resolução Conama nº 357/2005, o limite máximo estabelecido é de 200 coliformes por 100 mL (NMP – número mais provável), e os resultados encontrados (figura 03) na presente pesquisa ultrapassam excessivamente o valor máximo permitido, sendo apenas duas amostras com NMP abaixo de 200. Apesar disto, os coliformes sofreram uma significativa queda a partir da década de 90.

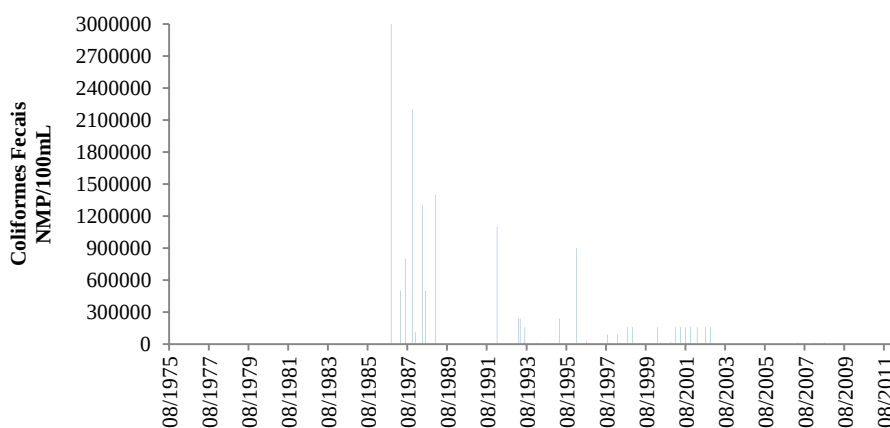


Figura 03: Resultado dos coliformes fecais no rio Paraíba

Conforme Bagde e Rangari (1999) a variação no número de Coliformes em um corpo hídrico pode ocorrer devido às estações mais secas, sendo o “fator diluição” contribuindo para tal. Os resultados obtidos pela presente pesquisa (figura 03) corroboram com essa assertiva, uma vez que os coliformes fecais apresentaram valores mais elevados nos períodos de menor vazão, ou seja, de menor disponibilidade hídrica.

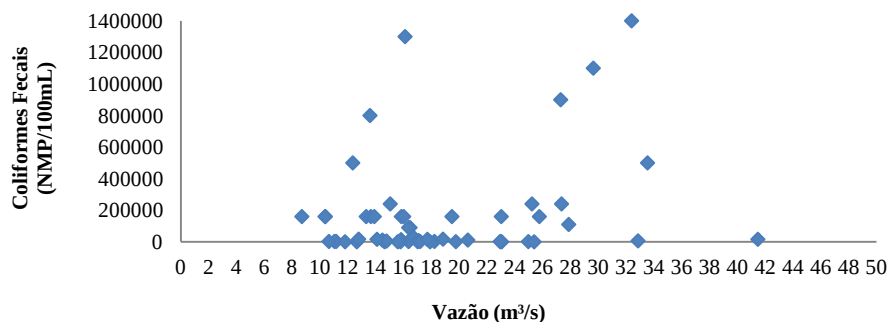


Figura 04: Distribuição dos coliformes fecais em função da vazão

### 3.3) Condutividade elétrica

A condutividade elétrica aumenta à medida que os sólidos dissolvidos são adicionados a água. Os níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam que os ambientes estão impactados e altos valores indicam características corrosivas (CETESB, 2009). Por ser uma série histórica muito longa, alguns resultados se encontraram elevados, porém a maior parte deles estão de acordo com o que a Cetesb propõe (figura 05).

Ao longo da série, esse parâmetro foi deixado de ser realizado por vários anos, passando a ser foco de investigação novamente a partir de 1992.

Com relação à vazão observa-se que a condutividade concentrou-se quando a vazão estava entre 10 a 20  $\text{m}^3/\text{s}$ , mas também apresentou alguns resultados em vazões maiores que a média. Desta maneira, não foi possível obter uma tendência nítida de alteração da condutividade com a vazão (conforme figura 06).

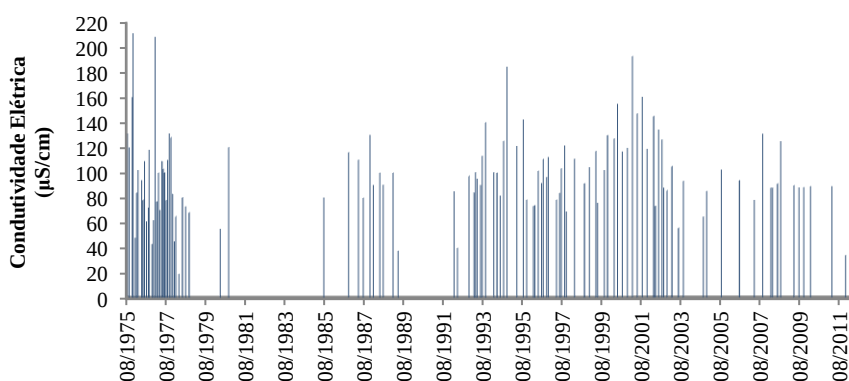


Figura 05: Resultado da condutividade elétrica no rio Paraíba

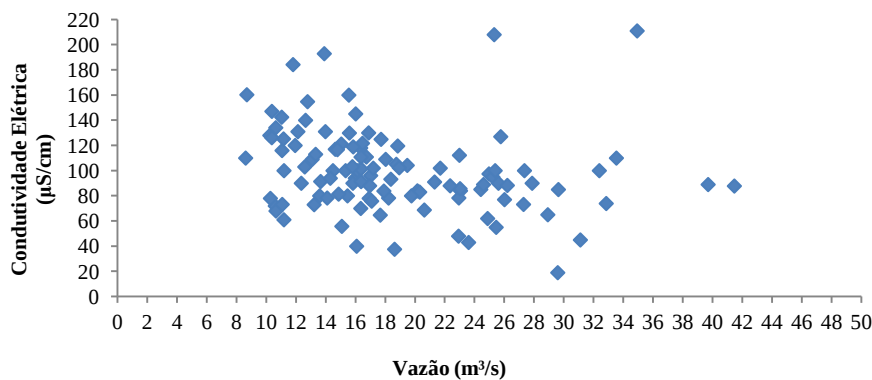


Figura 06: Distribuição da condutividade elétrica em função da vazão

### 3.4) Nitrato e Nitrito

De acordo com a Cetesb (2009) o nitrogênio pode ser encontrado na água em forma de nitrito e nitrato, indicando que a poluição já está em uma etapa de degradação, ou seja, o nitrito em zona de recuperação e o nitrato na zona de águas limpas. Desta maneira, se as amostras de um rio poluído apresentarem formas reduzidas dos mesmos, isto indica que o foco de poluição ainda está predominante no meio. O valor máximo permitido pelo Conama nº 357/2005 é de 10 mg/L N para o nitrato e 1,0 mg/L N para o nitrito.

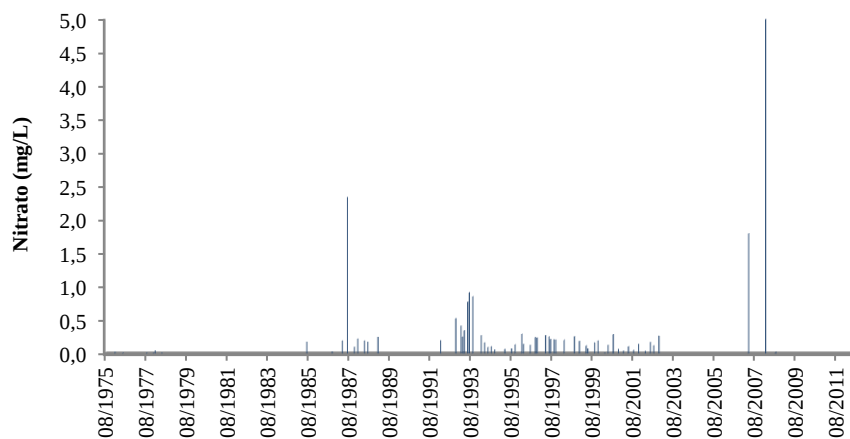


Figura 07: Resultado da concentração de nitrato no rio Paraíba

A partir da figura 07 é possível constatar que os valores de nitrato estão abaixo do VMP, contudo demonstra também que o nível de poluição no rio está elevado, uma vez que este fator, encontrado somente em zonas de águas limpas está bastante inexpressível.

Já o nitrito apresentou altos índices durante a década de 70, isto pressupõe que a qualidade da água neste período estava em processo de recuperação. Ao contrário do que foi observado na década de 90, no qual baixos indicadores foram obtidos.

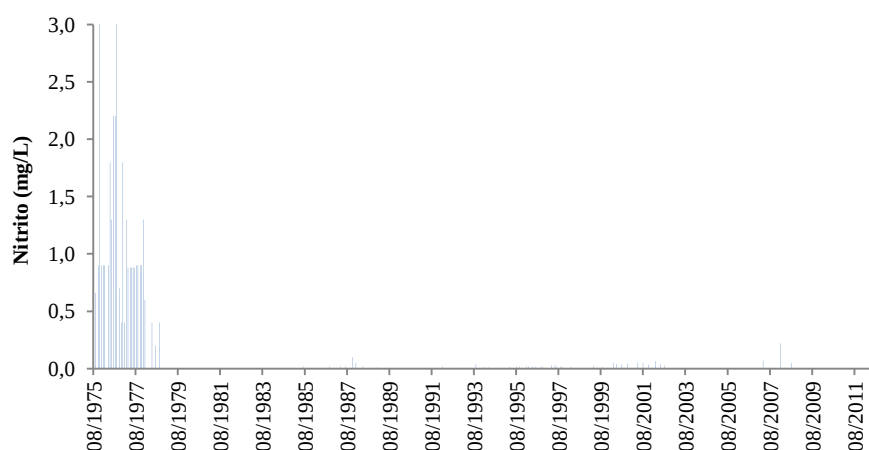


Figura 08: Resultado da concentração de nitrito no rio Paraibuna

Ambos os parâmetros, nitrito e nitrato, estão concentrados em períodos com índices de vazão abaixo de 21,90 m<sup>3</sup>/s (média), apesar de ocorrerem em menor proporção entre 21 - 34 m<sup>3</sup>/s, conforme os dados de vazão. Contudo, demonstram uma tendência de ocorrência na estação seca.

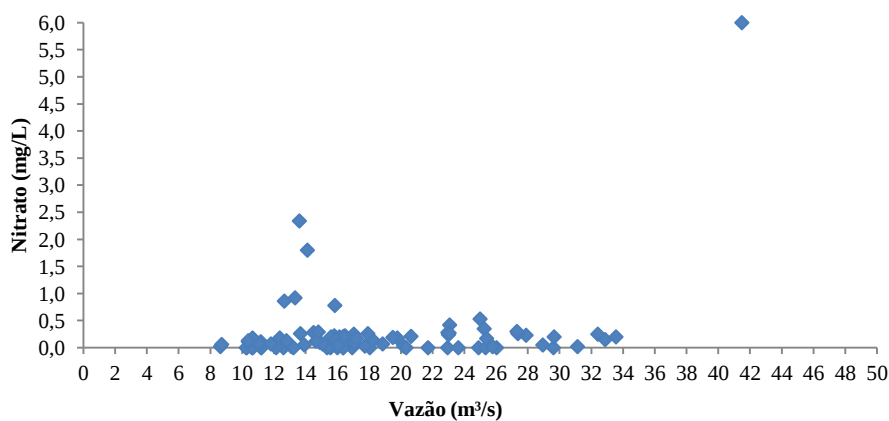


Figura 09: Distribuição do nitrato em função da vazão

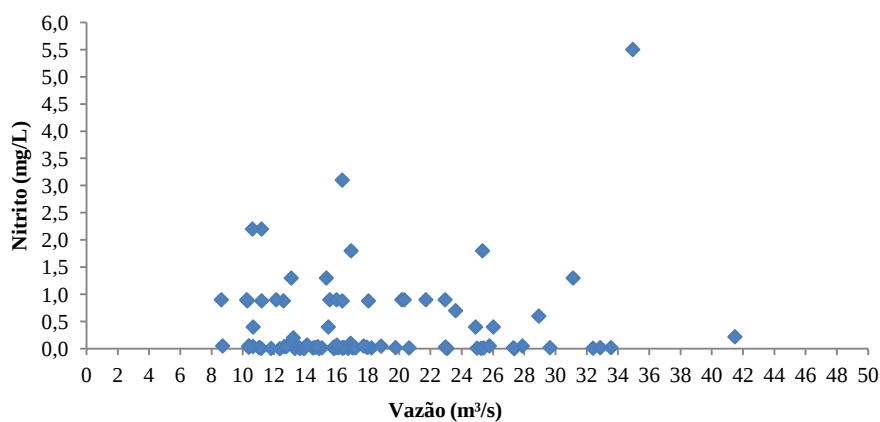


Figura 10: Distribuição do nitrito em função da vazão

### 3.5) Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é essencial para a sobrevivência dos organismos aquáticos, incluindo as bactérias aeróbicas e outros microrganismos. Estas bactérias são responsáveis pela deterioração dos poluentes presentes na água, usando o oxigênio disponível para tal. A concentração de oxigênio dissolvido na água não pode ser inferior a 6 mg/L de acordo com a legislação.

No entanto, não é o que se verifica na figura 09, em que ao longo de todo o período de análise compreendido, os valores de OD estão abaixo de 6 mg/L, contrariando o que o Conama (2005) permite e reafirmando a afirmativa da Cesama (2012) de que o Rio Paraibuna é um rio “morto” no trecho de Juiz de Fora.

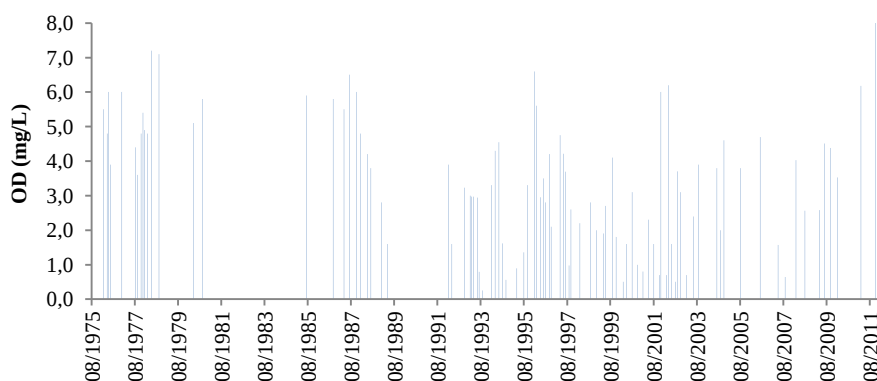


Figura 11: Resultado da concentração de OD no rio Paraibuna

No “Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil” realizado pela ANA (2012) foi observado que a qualidade das águas do Rio Paraibuna apresentavam condições de ruim à péssima, e que houve queda no Índice de Qualidade das Águas –IQA, próximo a sua foz. Os estudos ambientais também afirmam que o parâmetro OD é um dos melhores elementos utilizados em metodologias para diagnosticar a qualidade das águas. Desta forma, diante dos resultados de OD no Paraibuna, pode-se justificar porque essas águas estão com um enquadramento ruim.

Com relação ao comportamento do OD em função da Vazão, percebe-se uma concentração entre 10 mg/L e 20 mg/L, atribuindo esses menores valores a um período seco.

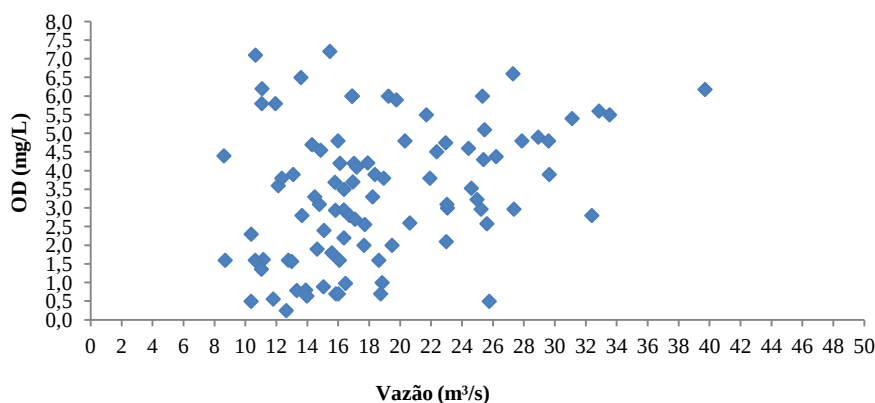


Figura 12: Distribuição do oxigênio dissolvido em função da vazão

### 3.6) Potencial hidrogeniônico (pH)

O valor do pH igual a 7,0 indica que a água é neutra, entretanto, quando químicos são despejados na água, a mistura pode se tornar ácida ou básica (EPA, 2011).

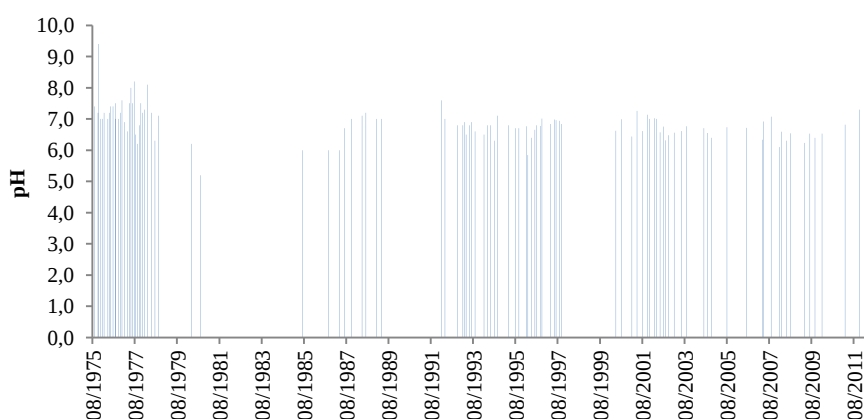


Figura 13: Resultado da concentração de pH no rio Paraibuna

Os resultados pressupõe variação de pH entre 5,2 a 9,4, no entanto a média ao longo do período foi de 6,86, considerando dentro do limite estabelecido pela Conama que tem como valor padrão de 6,0 – 9,0.

No que concerne à vazão, há uma distribuição dos valores, contudo concentrando entre 9 a 25 mg/L, correspondente as estações mais secas (vide figura 10).

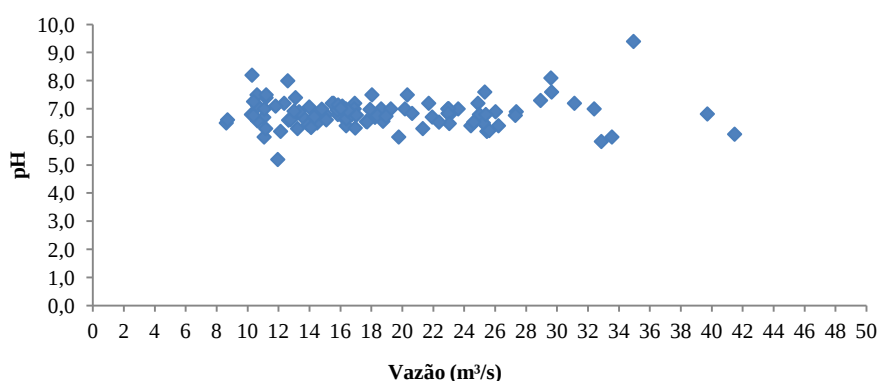


Figura 14: Distribuição do potencial hidrogeniônico em função da vazão

#### 4) CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo, percebe-se que os parâmetros condutividade elétrica, nitrito, nitrato e pH ao serem comparados com a média, na análise estatística, estão de acordo com o que a legislação permite, com exceção dos coliformes fecais e oxigênio dissolvido. Porém os dados de máxima e mínima alertam para a ocorrência de um significativo impacto que pode ter ocorrido, durante um determinado período, tendo sérias implicações para o rio Paraibuna como um todo.

Cabe acrescentar que os valores de nitrato estão inexpressíveis, neste caso, baixos valores são encarados como um padrão negativo, já que este elemento pode ser encontrado somente em águas limpas. Portanto se as águas estivessem neste estágio, os valores deveriam ser elevados, o que não é o caso.

Percebe-se também que, os dados de qualidade de água são deteriorados a partir de baixas vazões (como comentado no decorrer do estudo), atribuindo isto, as estações do ano mais secas, com baixo índice de precipitação. Esta informação pode ser útil ao subsidiar um programa mais completo de tratamento dos efluentes líquidos no município, auxiliar na recuperação do rio em questão e fornecer ferramentas para a gestão dos recursos hídricos.

## BIBLIOGRAFIA

ALLAN, David. **Stream Ecology: Structure and function of running waters**. London: Chapman & Hall, 1995.

BAGDE, J. S.; RANGARI, A K. Periodicity of coliform bacteria in an aquatic environment. In: **Water Science and Technology**, v.40, n.7, p.151-157. 1999.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/estudos/sprtew/1/1-ANA.swf>>. Acesso em: 07 jun. 2012.

\_\_\_\_\_. **Hidroweb**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 07 jun. 2012

CEIVAP. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo**. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/cadernos/Caderno%203%20-%20Paraibuna.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

CESAMA. **Rio Paraibuna**. Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=paraibuna>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2009.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L.B. **Water in the environmental planning**. São Francisco, W. H. Freeman and Company, 1978.

EPA. **Water Quality Conditions**. Disponível em: <<http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms50.cfm>>. Acesso em: 17 out. 2011.

MAGALHÃES Jr., A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil – Instituições e Iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, vol.5, n. 3, p. 113-115, jul./set. 2000.

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. (Org.), **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006.