

**IV-222 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E DA QUANTIDADE DE ÁGUA DO  
RIBEIRÃO ESPÍRITO SANTO – JUIZ DE FORA - MG****Juliana Mattos Bohrer Santos<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF.

**Isabela Regina da Silva<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF.

**Lucas Queiroz Lopes Loures Toledo<sup>(3)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF.

**Renata de Oliveira Pereira<sup>(4)</sup>**

Professora Adjunta da Universidade Federal de Juiz de Fora. Doutora em Engenharia - área de concentração: Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - EESC/USP.

**Maria Helena Rodrigues Gomes<sup>(5)</sup>**

Professora Adjunto IV da Universidade Federal de Juiz de Fora. Doutora em Engenharia Civil - área de concentração: Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - EESC/USP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua José Lourenço Kelmer, Martelos – Juiz de Fora - MG - CEP: 36036-330 - Brasil - Tel: (32) 2102-3429 (ramal: 29) - e-mail: juliana.bohrer@engenharia.ufjf.br

**RESUMO**

Tendo em vista o cenário atual de estresse hídrico enfrentado no Brasil, torna-se cada vez mais importante a preservação dos mananciais de abastecimento. O ribeirão Espírito Santo é um dos principais corpos hídricos da cidade de Juiz de Fora, responsável pelo abastecimento de água potável para 40% da população. Além de desaguar no rio Paraibuna, um dos mais importantes afluentes da bacia do rio Paraíba do Sul, o ribeirão Espírito Santo atravessa o distrito industrial da cidade de Juiz de Fora, tornando-se assim um afluente potencialmente poluidor. Por isso este estudo objetiva avaliar a quantidade e a qualidade da água do ribeirão Espírito Santo durante um ciclo hidrológico, de forma a se obter um diagnóstico da poluição do mesmo. As análises foram realizadas em 8 pontos ao longo do ribeirão, no Córrego Gouveia e no rio Paraibuna, durante 6 campanhas. A partir da análise dos dados obtidos, observou-se que de todo o ribeirão Espírito Santo, o trecho que se apresenta em situação mais crítica em relação à qualidade das águas é o trecho situado próximo ao distrito industrial. Apesar de possuir um poder de autodepuração satisfatório, visto que a concentração de oxigênio se mantém ao longo do mesmo, no trecho supracitado o rio não possui tempo suficiente para realizar a autodepuração, já que há um grande aporte de matéria orgânica, contudo esse aporte não ameaça o trecho em estudo pois não há tempo para que o oxigênio seja consumido. Desta forma o impacto irá ocorrer no rio Paraibuna, verificando-se, portanto, a contribuição do ribeirão Espírito Santo para a poluição do mesmo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade da água, Autodepuração, Poluição, Quantidade.

**INTRODUÇÃO**

O ribeirão Espírito Santo tem 17 Km de extensão e seus principais afluentes são o Córrego Gouveia e o Córrego Vermelho, pela margem esquerda, e os córregos Barreiro e Penido, pela margem direita (CESAMA, 2014). O ribeirão Espírito Santo é um dos principais mananciais da cidade de Juiz de Fora, responsável pelo abastecimento de água potável para 40% da população (CESAMA, 2014). Próximo ao ribeirão está localizado o distrito industrial, onde estão situadas várias empresas dos mais diferentes segmentos. Algumas delas se destacam pelo seu potencial poluidor, devido a sua proximidade com o ribeirão.

O ribeirão Espírito Santo, das nascentes até a captação de água da cidade de Juiz de Fora – ETA - CDI, é enquadrado como classe 1 (COPAM, 1996). Após a captação, o ribeirão possui a mesma classificação do Rio Paraibuna no trecho onde deságua, ou seja, classe 2.

Cada classe apresenta padrões a serem atingidos para que o corpo d'água atenda aos usos preponderantes, esses valores limites estão previstos na Resolução CONAMA 357/2005. O acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo d'água são realizados através de monitoramento. A seleção dos parâmetros a serem investigados depende das particularidades de cada situação. Dessa forma, os parâmetros escolhidos para as análises de suas águas são aqueles usualmente utilizados na caracterização de corpos d'água.

Além da qualidade da água, também se faz necessário conhecer a quantidade disponível, medida através da vazão dos corpos receptores. O uso e a ocupação do solo das margens de um rio provocam efeitos significativos em sua dinâmica hidrológica, podendo ocasionar eventos extremos como escassez ou enchentes, na medida em que interferem na produção de água.

Assim sendo, a análise do poder de autodepuração dos mananciais e da capacidade suporte para o recebimento de uma carga poluidora aceitável e não prejudicial aos usos previstos para o corpo d'água é extremamente relevante para se evitar a degradação do corpo receptor.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a quantidade e a qualidade da água do ribeirão Espírito Santo durante um ciclo hidrológico, de forma a se obter um diagnóstico da poluição do ribeirão em questão Além de verificar a adequação das classes de acordo com seu enquadramento e usos preponderantes, o padrão de balneabilidade, o potencial de autodepuração do rio e o impacto do mesmo no rio Paraibuna.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de avaliar a contaminação e determinar a vazão do ribeirão Espírito Santo, realizaram-se seis campanhas, ocorridas nos seguintes meses: Junho, Setembro, Outubro e Dezembro de 2013 e Janeiro e Março de 2014 (Tabela 1).

**Tabela 1: Datas das campanhas.**

1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta	6ª Coleta
09/06/2013	01/09/2013	21/10/2013	16/12/2013	19/01/2014	20/03/2014

Durante as campanhas foram coletadas e analisadas “in situ” três seções de amostras de águas superficiais em oito pontos, sendo cinco no ribeirão Espírito Santo (Ponto 2, 3, 4, 7 e 8), um no tributário (Córrego Gouveia - Ponto 1) e dois no rio Paraibuna (Ponto 5 e 6) (Figura 1). A tabela 2 apresenta a descrição dos pontos analisados.



**Figura1: Localização dos pontos de coleta no ribeirão Espírito Santo e no rio Paraibuna.**

**Fonte: Google Earth.**

No programa *Google Earth*, realizaram-se medidas das distâncias entre os pontos de coleta ao longo do ribeirão Espírito Santo e do rio Paraibuna, explicitadas na Tabela 3.

Para cada uma das seções foram obtidos os parâmetros: pH, salinidade, resistividade, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais (SDT), temperatura e oxigênio dissolvido (OD) com sondas multiparamétricas de qualidade da água. Outros parâmetros como, cor, turbidez e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) foram obtidos em laboratório de acordo com o APHA (2005). As amostras integradas foram enviadas para um laboratório externo com o intuito de obter a DQO (Demanda química de Oxigênio), DBO, coliformes termotolerantes, nitrogênio total e fósforo total.

A análise dos parâmetros supracitados foi realizada no ponto 8 apenas na terceira e na sexta campanhas, devido à necessidade de utilização de barco para acessar os locais dos pontos. A utilização do barco foi possível apenas nas referidas campanhas por necessitar de agendamento junto ao corpo de bombeiros. O ponto 7, localizado no ribeirão Espírito Santo, foi incluído a partir da terceira campanha.

Os valores de coliformes termotolerantes encontrados nas análises das amostras feitas pelo laboratório externo na terceira coleta nos pontos 3, 4, 5, 6 e 8, na quarta coleta nos pontos 3 e 6 e na sexta coleta no ponto 8, foram de TNTC > 2000 UFC/mL. A sigla TNTC significa *too numerous to count*, ou seja, os valores encontrados foram maiores que 2000 coliformes termotolerantes em 100mL.

**Tabela 2: Descrição dos pontos de coleta.**

Pontos	Descrição
1	Local que possui vegetação nas margens, pouca interferência antrópica.
2	Local após uma extensa área residencial.
3	Ponto a jusante da captação de água da estação de tratamento de água Walfrido Mendonça.
4	Ponto a jusante do lançamento de efluentes do distrito industrial.
5	Localizado no rio Paraibuna, a montante do ponto de encontro com as águas do ribeirão Espírito Santo.
6	Localizado no rio Paraibuna a jusante do encontro com as águas do ribeirão Espírito Santo (ponte preta).
7	Localizado a montante da foz de um tributário do ribeirão Espírito Santo.
8	Ponto localizado imediatamente a montante do encontro das águas do ribeirão Espírito Santo com o rio Paraibuna

**Tabela3: Distância entre os pontos de coleta.**

Trechos	1 ao 7	7 ao 2	2 ao 3	3 ao 4	4 ao 8	5 ao 8	6 ao 8
Distância (m)	2.968	3.956	2.424	479	713	212	742

Para obter a vazão do ribeirão Espírito Santo, durante a primeira, segunda e terceira campanhas, foi realizada a batimetria da seção transversal, que consiste em se determinar a área da “seção molhada”, a partir da medição da profundidade do rio em um número significativo de pontos ao longo de sua largura. A profundidade e a largura do rio foram medidas com o auxílio de hastes e corda graduadas, respectivamente. Ao mesmo tempo, foram realizadas as medições da velocidade através de molinete ou micro molinete hidrométrico posicionado a 60% da profundidade do rio em cada ponto específico, obtendo-se, então, a velocidade média da seção e com esta determinou-se a vazão através da equação da continuidade.

A partir da quarta campanha, utilizou-se o Perfilador Acústico de Corrente por Efeito Doppler - ADCP. Este equipamento mede as velocidades do fluxo em diferentes profundidades e determina a vazão em seções transversais através do somatório de sucessivos perfis de corrente obtidos em tempo real. O ADCP foi instalado em um barco específico, que não causa interferências de natureza eletromagnéticas, e foi fixado nas laterais através de cordas para propiciar que o mesmo atravessasse perpendicularmente à margem do rio. Em cada ponto o ADCP cruzou o rio no mínimo três vezes para obtenção e averiguação dos dados obtidos. Esses dados foram processados pelo *software River Surveyor*, fornecendo diversas informações, como: vazão do rio, velocidades das seções verticais, profundidades, distância entre as margens, área da seção molhada, velocidade relativa do barco, entre outras.

A análise de vazão foi realizada nos pontos 5, 6 e 8 apenas na terceira e na sexta campanhas, devido à necessidade de utilização de barco para acessar os locais dos pontos, como discutido anteriormente. Porém, os equipamentos de medição de vazão apresentaram um mau funcionamento durante a terceira e a sexta coletas. Portanto não foi possível reportar os valores de vazão dos pontos 5 e 6 na terceira campanha. Já na sexta campanha, nenhum valor obtido pôde ser reportado.

Com a finalidade de se avaliar o impacto da precipitação nos valores de qualidade e quantidade da água do ribeirão, foi realizado um estudo dos índices pluviométricos para o ano de 2013 e de Janeiro a Abril de 2014.

## RESULTADOS

A partir dos dados obtidos em campo, elaboraram-se gráficos de cada parâmetro para fins de verificação da variação ocorrida entre pontos e entre coletas. Desta forma, realizou-se a comparação dos resultados com os limites estabelecidos pela legislação vigente, além de analisar a influência da precipitação nos parâmetros de qualidade e quantidade de água.

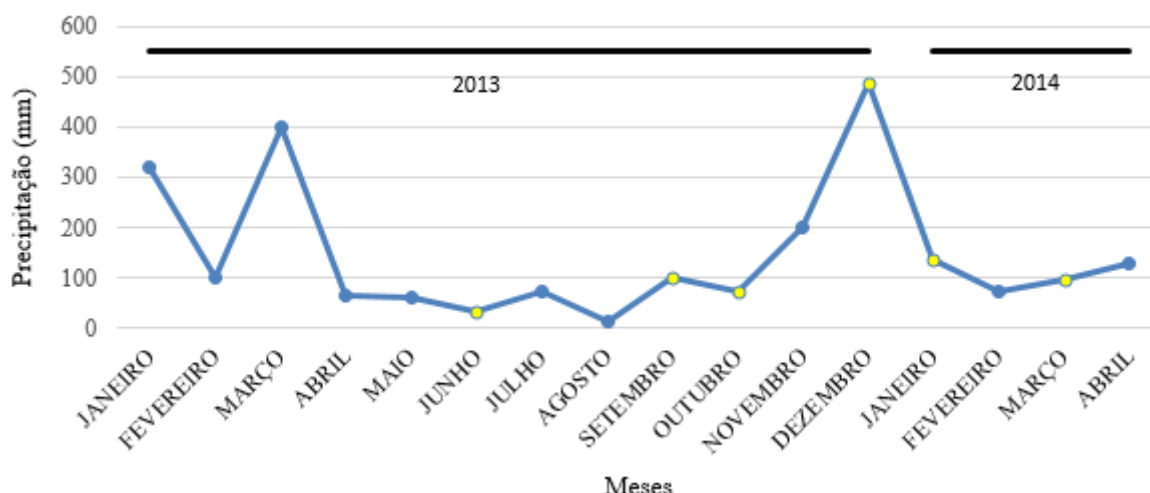
### Precipitação

De acordo com a Figura 2 observa-se que o mês de Agosto obteve apenas 13,8 mm, caracterizando o mês mais seco do ano. Considerando que a segunda campanha foi realizada no primeiro dia do mês de Setembro, sendo que nesse dia não ocorreu precipitação, pode-se concluir que os dados da segunda campanha sofreram maior influência do mês anterior, isto é Agosto.

O mês mais chuvoso de 2013, Dezembro, alcançou 487,8 mm. Sendo que 49% desse valor (237mm) ocorreu entre os dias primeiro e quinze. Tendo em vista que a coleta foi realizada no dia dezesseis, pôde-se perceber uma significativa influência da precipitação nos parâmetros de qualidade e quantidade de água conforme será discutido posteriormente.

Durante o mês de Janeiro de 2014 a precipitação foi de 138,6 mm, sendo que no dia 17 verificou-se 30% desse total, 42 mm, (INMET, 2014). Esse fato pode ter influenciado os valores dos parâmetros analisados na quinta campanha, que ocorreu no dia dezenove.

A curva da precipitação ocorrida durante o ano de 2013 e de Janeiro a Abril de 2014 está apresentada na Figura2. Os pontos em amarelo representam os meses nos quais realizaram-se as campanhas.



**Figura 2: Precipitação total mensal de Janeiro 2013 a Abril 2014**  
Fonte: INMET, 2014

### Qualidade da água

Através da análise dos gráficos (Figura 4), constatou-se uma discrepância entre os valores encontrados no ponto 4 durante a segunda coleta e os valores das demais campanhas para os parâmetros condutividade elétrica, DBO, SDT, salinidade, DQO, cor e turbidez. Isso se deve ao fato de que no dia da segunda coleta um efluente esverdeado foi lançado no corpo d'água, como pode ser observado na Figura 3A em comparação com a Figura 3B. Essa diferença também foi verificada durante a sexta campanha para todos os parâmetros mencionados anteriormente com exceção da cor e da turbidez, porém não de maneira visível. O efeito sobre os valores dos parâmetros analisados se deve à localização do ponto 4, pois este encontra-se a jusante do lançamento de efluentes do distrito industrial, caracterizando assim, o impacto causado ao ribeirão Espírito Santo pelas indústrias de Juiz de Fora.



A



B

**Figura 3: Ponto 4 durante a primeira (09/06/2013) e a segunda (01/09/2013) coletas.**

**Fonte: Arquivo pessoal.**

#### Demanda Bioquímica de Oxigênio

Para o parâmetro DBO, de acordo com a Figura 4A, constata-se que todos os pontos de coleta apresentam valores acima do padrão estabelecido pela resolução CONAMA 357 (2005) e pela deliberação COPAM 1 (2008) em pelo menos uma das coletas, mesmo os pontos 1, 2 e 7 que se encontram em área rural com pouca interferência antrópica. O ponto 4 é o mais crítico, pois com exceção da quarta campanha, excede o limite em todas as demais.

Os valores obtidos no ponto 4 na segunda e na sexta campanha foram os mais elevados, 124 e 140 mg/L respectivamente. Esse aumento significativo está relacionado com os lançamentos de efluentes industriais discutidos anteriormente. Pode-se perceber que a poluição causada ao ribeirão Espírito Santo impacta o rio Paraibuna, visto que nas campanhas mencionadas os valores à montante do encontro do ribeirão Espírito Santo com o rio Paraibuna (ponto 5) são inferiores aos valores à jusante desse encontro (ponto 6), sendo que esse aumento faz com que o rio Paraibuna não atenda aos padrões estabelecidos para classe 2.

Ao se comparar os pontos 5 e 6, pontos a montante e jusante do encontro do o ribeirão Espírito Santo com o rio Paraibuna respectivamente, percebe-se que a DBO aumentou de 4,7 mg/L para 6,8 mg/L em média, ou seja, houve um acréscimo de 2,1 mg/L de DBO. Isso pode caracterizar a influência do ribeirão Espírito Santo no rio Paraibuna, visto que o ponto 8 (exutório ribeirão) apresenta um valor médio de 31 mg/L de DBO. Verifica-se que antes do encontro do ribeirão Espírito Santo com o rio Paraibuna, este estava de acordo com o seu enquadramento em todas as campanhas, com exceção da quinta e da sexta. Com base nesta análise verifica-se que o ribeirão Espírito Santo contribui para que o rio Paraibuna não esteja enquadrado na classe 2.

Ao se analisar cada ponto separadamente, verificou-se que a quarta campanha apresentou os menores valores de DBO, coincidindo com o mês mais chuvoso, atendendo as exigências da COPAM 1, 2008 em todos os pontos. Já as quinta e sexta campanhas apresentaram em todos os pontos valores acima dos padrões exigidos pela legislação.



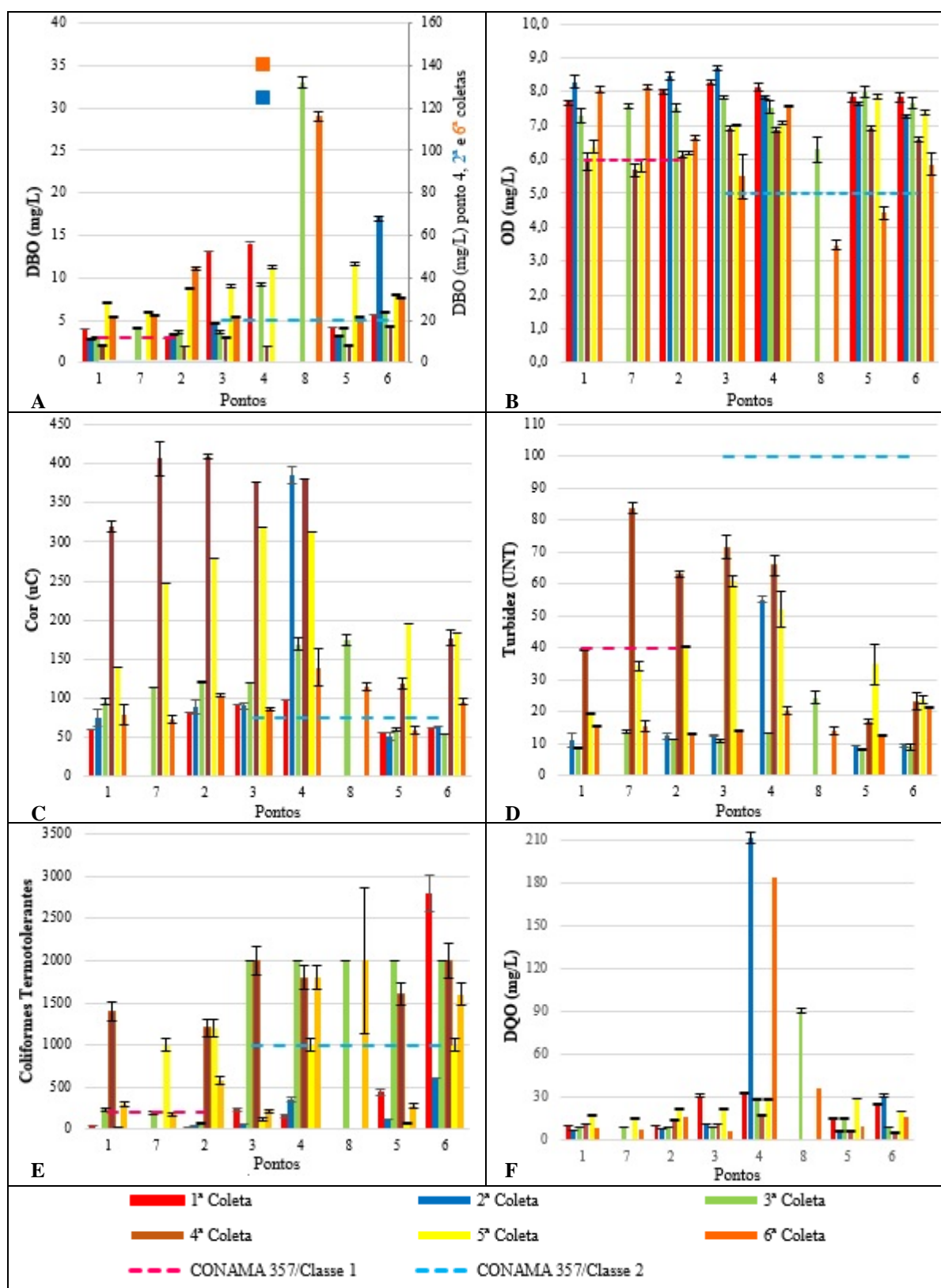


Figura 4. Parâmetros de qualidade da água durante as diferentes campanhas ao longo do ribeirão Espírito Santo (pontos 2, 3, 4, 7 e 8), Córrego Gouveia (ponto 1) e rio Paraibuna (pontos 5 e 6).

## Oxigênio Dissolvido

A partir da análise da figura 4B é possível perceber que os valores de OD não apresentam uma regularidade, variando entre os pontos e entre coletas. Na primeira, segunda e terceira campanhas todos os pontos do ribeirão Espírito Santo e do rio Paraibuna estiveram de acordo com seu enquadramento para o parâmetro OD. Constata-se que durante a quarta campanha os valores de OD estiveram abaixo da concentração mínima estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005 em 0,08 mg/L e 0,3 mg/L nos pontos 1 e 7 respectivamente, e durante a quinta coleta apenas no ponto 7, em 0,2 mg/L. Na sexta campanha os valores não atenderam aos padrões nos pontos 5 e 8, estando 0,6 mg/L e 1,5 mg/L abaixo do exigido, respectivamente.

O parâmetro OD obteve, em geral, seus maiores valores na primeira e na segunda campanha, nas quais se observaram os menores valores de temperatura.

## Cor

Para o parâmetro cor, a DN conjunta COPAM/CERH 01/2008 considera que para classe 1 a cor verdadeira deve manter o nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L e para classe 2 deve apresentar cor verdadeira em até 75 mg Pt/L (COPAM, 2008). Porém, os dados analisados na Figura 4C representam a cor aparente devido a limitações laboratoriais.

Ao se comparar os valores encontrados no ponto 7 aos do ponto 2, verifica-se que o ponto 7 apresenta valores inferiores em todas as campanhas. Esse fato pode indicar a influência do tributário no ribeirão Espírito Santo. Os pontos 5 e 6 representam pontos localizados no rio Paraibuna, a montante e a jusante do ponto de encontro com as águas do ribeirão Espírito Santo respectivamente. Esses apresentaram valores inferiores ao padrão para cor verdadeira nas coletas 1, 2, 3 e 6 no ponto 5 e nas coletas 1, 2 e 3 no ponto 6, estando portanto, nessas campanhas, de acordo com a resolução (COPAM, 2008). A primeira, segunda e terceira campanhas foram realizadas no período caracterizado pela escassez de chuvas na cidade de Juiz de Fora e as demais coletas no período chuvoso, portanto, pela análise da Figura 4C, percebe-se que a chuva provoca um aumento da cor, podendo fazer com que o Rio Paraibuna não se enquadre aos padrões exigidos para a classe 2. Porém, recomenda-se que a cor verdadeira seja analisada para que esse fato seja confirmado.

Pode-se perceber que o ponto 8, localizado no ribeirão, a montante do encontro com as águas do rio Paraibuna, apresenta um valor elevado de cor, 144,5 uC [média entre a terceira (173,9 uC) e sexta (115,1 uC) coletas (únicas coletas realizadas nestes ponto)]. Este, pode afetar os valores encontrados no rio Paraibuna no ponto 5 em comparação com o ponto 6 que apresentam 59,9 uC e 74,9 uC respectivamente, considerando a média entre as terceira e sexta coletas, havendo portanto uma diferença de 15,0 uC. Essa desigualdade se apresenta de maneira mais representativa durante a quarta e a sexta campanha, onde foram encontrados diferenças de 58,4 uC e 35,6 uC, respectivamente. Ressaltando que na sexta campanha a possível influência do ribeirão faz com que o rio Paraibuna não se enquadre aos padrões exigidos para a classe 2.

## Turbidez

Ao se analisar o parâmetro turbidez pela Figura 4D, percebe-se que apenas para os pontos 2 e 7 nas campanhas 4 e 5, os valores encontrados não estão de acordo com a Resolução CONAMA 357 (2005) e a Deliberação Normativa COPAM 1 (2008), que estabelecem para classe 1 o valor máximo de 40 UNT. Os valores encontrados nos pontos 2 e 7 excedem esse padrão em 22,9 UNT e 43,6 UNT respectivamente, durante a quarta coleta. O valor encontrado para o ponto 2 durante a quinta coleta, excede o padrão em 0,3 UNT.

Para o parâmetro turbidez não é percebida uma influência do ribeirão Espírito Santo no rio Paraibuna, visto que para um valor de 19,0 UNT no ponto 8 [média entre as terceira (24,3 UNT) e sexta (13,7 UNT) coletas], os pontos 5 e 6 apresentam os valores de 10,3 UNT e 15,0 UNT respectivamente (média entre a terceira e a sexta campanha).

Os elevados valores de turbidez percebidos nas campanhas 4 e 5 para todos os pontos em comparação com as demais coletas, podem ser explicados pelas chuvas intensas que atingiram a cidade de Juiz de Fora nos meses em que essas foram realizadas. Isto é, os dois meses com maior média de chuvas dentre os meses em que ocorreram as coletas.

## Coliformes Termotolerantes

Para os coliformes termotolerantes a Resolução CONAMA 274 (2000) estabelece que as águas destinadas à balneabilidade, classe 1 e 2, têm suas condições avaliadas nas categorias de próprias, quando apresentarem no máximo 1000 coliformes termotolerantes em 100 mL em 80% ou mais de seis amostras coletadas em um período de um ano com frequência bimestral e impróprias, quando esse valor ultrapassar 1000 coliformes termotolerantes em 100 mL em mais de uma das seis amostras coletadas nesses mesmo período. Para outras destinações das águas de classe 1, ficou estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (2005) e pela deliberação COPAM 1 (2008) que esse valor, na mesma frequência e quantidade de amostragens, não deve ultrapassar 200 coliformes termotolerantes por 100 mL. Já no caso da classe 2 esse valor deve ser de no máximo 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL.

De acordo com a análise das amostras coletadas nas seis coletas, pode-se observar que, no ponto 1, Figura 4E, a água se encontrava própria para recreação de contato primário. Porém, não atendia ao que foi exigido pela Resolução CONAMA 357 (2005) quanto aos demais usos das águas de classe 1, já que na terceira, quarta e sexta coletas os valores encontrados foram de 240, 300 e 1400 coliformes termotolerantes, respectivamente, Figura 4E.

No ponto 2, dois dos seis valores encontrados excederam o limite exigido para balneabilidade, ou seja, a água se encontrava imprópria para recreação de contato primário. Durante as coletas constatou-se que o ponto 2 é utilizado por vários usuários para a recreação de contato primário, o que de acordo com este estudo pode trazer riscos à saúde dos mesmos. Portanto, devem ser realizadas práticas conservacionista ao longo do trecho para que o mesmo possa se enquadrar em sua classe e desta forma a recreação de contato primário não traga riscos à saúde dos usuários. Quanto aos seus demais usos, as águas desse local também se encontravam inadequadas, já que 50% das amostras tinham valores superiores a 200 coliformes termotolerantes em 100 mL (Figura 4E).

No ponto 7, foram feitas apenas três coletas e das três amostras, duas (terceira e sexta coletas) estavam dentro do padrão exigido para balneabilidade e para os demais usos de águas da classe 1. Já a amostra da quinta coleta apresentou 1000 coliformes termotolerantes em 100 mL (Figura 4E), isto é, se encontrava no limite aceitável para balneabilidade mas ultrapassou o limite para os demais usos.

Ressalta-se que os três trechos do ribeirão Espírito Santo supracitados estão localizados em área rural, isto é, esses eventuais aumentos na quantidade de coliformes termotolerantes podem estar ligados com a atividade pecuária realizada na região e com o regime de chuvas.

Ainda no ribeirão Espírito Santo, no ponto 3, pode-se observar que em duas das seis amostras coletadas os valores encontrados ultrapassaram o limite exigido, chegando a 2000 coliformes termotolerantes na terceira e quarta coletas (Figura 4E). Ou seja, nesse trecho do ribeirão a água se encontrava imprópria para a balneabilidade e para os demais usos para águas de classe 2. O mesmo ocorreu no ponto 4, pois em 50% das amostras analisadas foram encontrados valores superiores ao exigido pelas resoluções. No ponto 8 foram realizadas duas amostragens, na campanha 3 e 6, e em ambas os valores de coliformes termotolerantes excederam o exigido pelas resoluções quanto aos usos das águas de classe 2, chegando a 2000 coliformes termotolerantes em 100 mL nas duas amostras. Esses elevados valores de coliformes termotolerantes encontrados nas análises são decorrentes, em parte, do despejo de efluentes industriais lançados no rio pelas indústrias localizadas no distrito industrial e em parte por influência dos trechos dos pontos 1, 7 e 2.

Nos pontos 5 e 6, localizados no Rio Paraibuna percebemos uma variação ao longo das coletas nos valores de coliformes termotolerantes. Em ambos temos valores que ultrapassam o limite exigido. No ponto 5, na terceira e quarta coletas, os valores foram de 2000 e 1600 coliformes termotolerantes em 100 mL (Figura 4E), respectivamente. No ponto 6, na primeira, terceira, quarta e sexta coletas os valores excederam o exigido chegando a 2800 coliformes termotolerantes na primeira coleta. Ou seja, nesses dois trechos as águas foram consideradas impróprias para balneabilidade e para os demais usos de águas de classe 2.

É possível concluir que existe influência do ribeirão Espírito Santo no Rio Paraibuna, pois o aumento de coliformes termotolerantes nos pontos localizados no ribeirão em determinadas épocas ocasionou um aumento desse parâmetro nos pontos do Rio Paraibuna nos mesmos períodos. Ao mesmo tempo, mas em menor escala, existe o lançamento de efluentes industriais e domésticos nessa região que contribuem, com esses aumentos.



Como resultado, temos que os trechos analisados se encontram impróprios para a recreação de contato primário e para as demais destinações de águas de classe 1 e 2.

#### Demanda Química de Oxigênio

De maneira geral, os valores de DQO permaneceram abaixo de 50 mg/L (Figura 4F). O ponto 4 apresentou os maiores valores de DQO: 211 mg/L na 2ª coleta e 183 mg/L na 6ª coleta, coincidindo com os lançamentos de efluentes industriais citados anteriormente. No ponto 8, durante a 3ª coleta, era visível alguns focos de poluição e, conforme esperado, o valor de DQO foi de 90 mg/L. Não existem limites para esse parâmetro dentro da resolução CONAMA 357 de 2005.

No que se refere aos parâmetros nitrogênio total, fósforo total, sólidos dissolvidos totais, salinidade pH percebe-se que em todas as coletas e em todos os pontos seus valores estavam abaixo do limite estabelecido pela legislação vigente. Já os parâmetros condutividade elétrica, DQO e temperatura não apresentam limites estabelecidos por legislação.

#### Quantidade de água

No ponto 1, localizado no córrego Gouveia obtiveram-se as seguintes vazões: na primeira campanha, 0,63 m<sup>3</sup>/s, na segunda, 0,48 m<sup>3</sup>/s, na terceira 0,40 m<sup>3</sup>/s, na quarta 1,26 m<sup>3</sup>/s e na quinta 0,83 m<sup>3</sup>/s (Figura 5). Os baixos valores de vazão encontrados justificam-se por este córrego ser um pequeno tributário do ribeirão Espírito Santo, contudo é um dos mais significativos dentro do trecho estudado em termos de vazão.

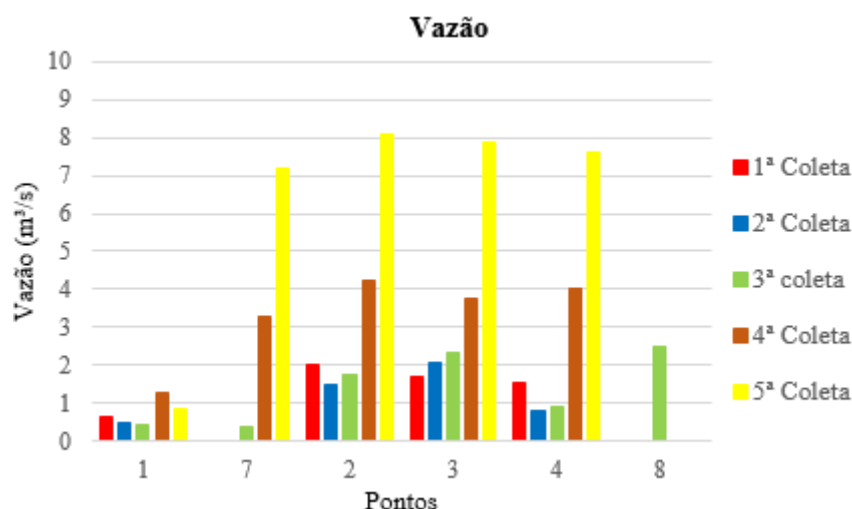
O ponto 7 foi analisado apenas nas terceira, quarta e quinta coletas e os valores de vazão encontrados foram de 0,39 m<sup>3</sup>/s; 3,30 m<sup>3</sup>/s e 7,20 m<sup>3</sup>/s respectivamente (Figura 5). Sendo este o primeiro ponto de vazão analisado no ribeirão Espírito Santo. Verifica-se uma grande variação de vazão dentre as coletas realizadas, em parte como resposta as diferentes épocas do ano, a pluviosidade diária e a bacia hidrográfica.

O ponto 2 sofre influência direta dos pontos 1 e 7, sendo que um aumento ou diminuição de vazão nesses dois pontos será refletido na vazão obtida no ponto 2. Nas cinco campanhas foram encontrados os seguintes valores: 2,03m<sup>3</sup>/s, 1,48 m<sup>3</sup>/s, 1,72 m<sup>3</sup>/s, 4,23 m<sup>3</sup>/s e 8,10 m<sup>3</sup>/s (Figura 5), respectivamente. Nesse trecho o maior valor de vazão foi medido na quinta coleta, no mês de Janeiro.

O ponto 3, localizado a jusante da captação de água da CESAMA, que possui outorga para retirada de 0,30 m<sup>3</sup>/s de água do ribeirão Espírito Santo, apresenta vazões menores que as do ponto 2. Nas cinco campanhas os valores de vazão são: 1,68 m<sup>3</sup>/s; 2,06 m<sup>3</sup>/s; 2,30 m<sup>3</sup>/s; 3,76 m<sup>3</sup>/s e 7,90 m<sup>3</sup>/s respectivamente (Figura 5). A diferença entre os valores de vazão encontrados nos pontos 2 e 3 é em média de 0,44 m<sup>3</sup>/s.

No ponto 4 houve aumento de vazão nas campanhas 4 e 5 que foram realizadas nos meses de Dezembro e Janeiro, meses em que há alto índice pluviométrico. Os resultados obtidos em cada coleta foram: 1,55 m<sup>3</sup>/s; 0,79 m<sup>3</sup>/s; 0,91 m<sup>3</sup>/s; 4,00 m<sup>3</sup>/s e 7,60 m<sup>3</sup>/s, respectivamente (Figura 5).

No ponto 8, a vazão foi medida apenas na terceira coleta, pois o acesso a ele era feito exclusivamente por barco. E nessa campanha o valor de vazão encontrado foi de 2,50 m<sup>3</sup>/s (Figura 5).



**Figura 5: Determinação da vazão no ribeirão Espírito Santo nas diferentes campanhas**

Entre o ponto 4 e 8, na terceira coleta, pode-se perceber uma diferença de  $1,60 \text{ m}^3/\text{s}$  entre as duas vazões. No ponto 4 foi de  $0,91 \text{ m}^3/\text{s}$  e no ponto 8 foi  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  sendo a distância entre esses pontos de aproximadamente 700 m. Esse trecho do ribeirão Espírito Santo se localiza próximo ao distrito industrial, local onde ocorre lançamentos de efluentes industriais, porém as informações de quantidade e local dos lançamentos são de difícil aquisição. Também, observam-se várias construções irregulares na margem do ribeirão Espírito Santo que fazem o lançamento de esgotos diretamente no mesmo. A empresa que possui outorga no trecho tem  $0,80 \text{ m}^3/\text{h}$  de um poço profundo e faz o lançamento de efluentes no ribeirão Espírito Santo. Há outra indústria no trecho, contudo não se conseguiu informações sobre outorga ou lançamento de efluentes da mesma.

A partir da análise dos dados de quantidade, pode-se observar uma correlação da vazão com o regime de chuvas. Verificou-se que nos períodos mais chuvosos, foram encontrados os maiores valores de vazão, influenciando alguns parâmetros de qualidade da água. Os meses de Dezembro e Janeiro, que apresentaram maiores índices pluviométricos foram, também, os de maiores vazões. A menor vazão observada foi de  $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$ , no ponto 7 em Outubro e a maior foi de  $8,10 \text{ m}^3/\text{s}$ , no ponto 2 em Janeiro. Percebeu-se também a influência dos pontos 1, localizado no Córrego Gouveia, e 7, localizado no ribeirão Espírito Santo, no ponto 2, já que os aumentos e diminuições de vazão nos dois interferem diretamente nos valores do mesmo. Os pontos 3, 4 e 8 localizados próximos ao Distrito Industrial, sofrem influência dos lançamentos de efluentes industriais e domésticos. Sendo que alguns dos usuários possuem outorga, outros não e, ainda, outros têm os usos de água classificados como insignificantes. Dessa forma, observou-se que as vazões variam tanto com o regime de chuvas quanto com as captações e com os lançamentos dos efluentes.

#### Estudo de Autodepuração

Através do estudo de autodepuração constatou-se que a única campanha analisada em que os valores de OD encontrados estavam abaixo do permitido pela legislação foi a quinta (Figura 6) na qual o ponto 7 ficou cerca de  $0,2 \text{ mg/L}$  inferior ao valor padrão para classe 1 de  $6 \text{ mg/L}$ , porém o ribeirão se recuperou, possuindo no ponto 2, um valor de aproximadamente  $0,2 \text{ mg/L}$  acima do limite. No que se refere à DBO, diferente do percebido para o OD, a única coleta que obteve valores de DBO de acordo com o exigido pela legislação em todos os pontos, foi a quarta coleta (Figura 7). A DBO no ponto quatro chegou a valores elevados de 124 e  $140 \text{ mg/L}$  na segunda e sexta campanha respectivamente.

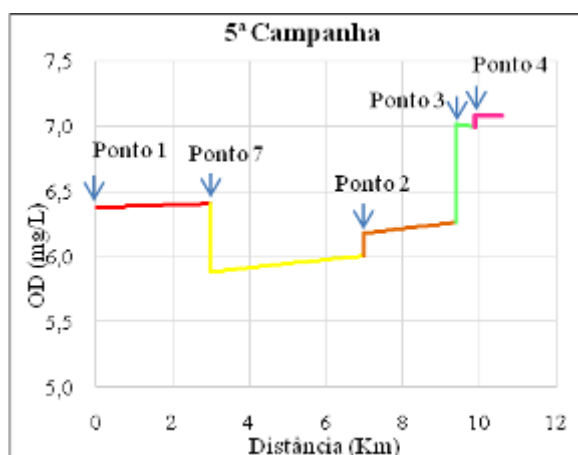


Figura 6: Perfil de oxigênio dissolvido no trecho de estudo.

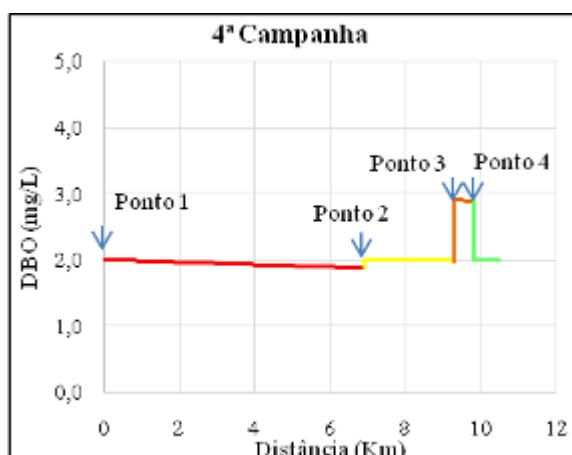


Figura 7: Perfil de DBO no trecho de estudo.

O ribeirão Espírito Santo possui um poder de autodepuração satisfatório, visto que a concentração de oxigênio se mantém ao longo do mesmo. Contudo, no trecho entre o ponto 3 e 8 o rio não possui tempo suficiente para se autodepurar, devido ao grande aporte de matéria orgânica. Porém, isso não ameaça o trecho em estudo pois não há tempo para que o oxigênio seja consumido. Desta forma o impacto irá ocorrer no rio Paraibuna, caracterizando a contribuição do ribeirão Espírito Santo para a poluição do rio Paraibuna.

#### Atendimento a Legislação

A tabela 4 apresenta a razão entre o número de ocorrência que não atenderam aos limites estabelecidos pela legislação e o número de campanhas realizadas, para os parâmetros DBO, coliformes termotolerantes, OD e Turbidez.

**Tabela 4: Número de ocorrências que não atenderam aos limites estabelecidos pela legislação por número de campanhas realizadas.**

	Ponto 1	Ponto 7	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 8	Ponto 5	Ponto 6
DBO	3/6	3/3	4/6	3/6	5/6	2/2	2/6	5/6
Coliformes Termotolerantes	3/6	1/3	3/6	2/6	3/6	2/2	2/6	4/6
OD	0/6	2/4	0/6	0/6	0/6	1/2	1/6	0/6
Turbidez	0/5	1/4	2/5	0/5	0/5	0/2	0/5	0/5

Percebe-se que os pontos 1 e 2 localizados no córrego Gouveia e no ribeirão Espírito Santo respectivamente, apresentaram, em 58,3% das coletas, valores de DBO<sub>5,20</sub> fora do padrão estabelecido pelas normas para águas de classe 1. Quanto ao parâmetro OD, todos os valores encontrados para esses pontos atendem ao que foi exigido pelas normas. Já o ponto 7, também classe 1, em 100% das coletas obtiveram-se valores de DBO acima do permitido e em 50% das coletas os valores de OD estiveram abaixo do desejado. Ainda no ribeirão Espírito Santo, nos pontos 3, 4 e 8, em 71,4% das coletas o valor de DBO se encontrava fora do padrão estabelecido para a classe 2. Quanto ao OD, em todas as coletas, os valores medidos nos pontos 3 e 4 atendem às normas, porém no ponto 8, em 1 das duas coletas, o valor obtido não se encontra no padrão desejado. Nos pontos localizados no Rio Paraibuna, 5 e 6, em 58,3% das coletas os valores de DBO medidos ultrapassam o valor exigido pelas resoluções. Já para OD no ponto 6 foram encontrados valores satisfatórios em todas as coletas e o ponto 5 apenas em uma o OD esteve fora do padrão.

Os parâmetros nitrogênio total, fósforo total, sólidos dissolvidos totais e pH em todas as coletas e em todos os pontos estavam abaixo do limite estabelecido nas normas. A cor esteve fora do padrão apenas nos pontos 5 e 6, em 41,7% das coletas porém nada pode ser inferido sobre esses valores, pois não é possível mensurar a influência da turbidez sobre a cor verdadeira nas amostras. Nos pontos 2 e 7 temos valores de turbidez que ultrapassam o estabelecido em 33% das coletas. Os parâmetros condutividade elétrica, salinidade, DQO e temperatura não apresentam limites estabelecidos por legislação.

Nos pontos localizados no ribeirão Espírito Santo, quanto aos coliformes termotolerantes, foram encontrados valores que não atendem ao estabelecido nas resoluções quanto aos usos das águas de classe 1 e 2. O mesmo ocorreu nos dois pontos localizados no Rio Paraibuna. Os únicos pontos que foram próprios quanto a balneabilidade são o ponto 1 e o ponto 7, no entanto não se enquadram nos demais usos de classe 1 e 2. Nos pontos 1, 2 e 7 essa contaminação se deve, em grande parte, à pecuária realizada próxima a esses trechos. Já nos pontos 3, 4, 8, 5 e 6 a contaminação se deve à lançamentos de efluentes industriais e domésticos principalmente.

## CONCLUSÕES

No que se refere à vazão, pode-se observar uma grande variação ao longo do ribeirão Espírito Santo assim como durante as estações do ano. A menor vazão observada foi de 0,39 m<sup>3</sup>/s e a maior foi de 8,10 m<sup>3</sup>/s. Desta forma tem-se uma grande variação na disponibilidade hídrica desta região. O monitoramento da vazão no trecho em questão é muito complexo por existir vários usuários, alguns que possuem outorga, outros que não as possuem e outros com usos de água classificados como insignificantes. Outra dificuldade é devido ao trecho possuir vários lançamentos de efluentes que não necessariamente correspondem às vazões de outorga por serem de tipologias industriais distintas e terem diferentes usos. Assim estudos em trechos com vazões baixas, grande variação de vazão e múltiplos usuários é complexo, pois a vazão impacta a qualidade da água, como pode ser observado neste estudo, assim como dificulta a realização de um estudo de autodepuração, no que diz respeito a quantificação de vazões.

O ribeirão Espírito Santo possui um poder de autodepuração satisfatório, visto que a concentração de oxigênio se mantém ao longo do mesmo, devido principalmente ao baixo aporte de matéria orgânica verificada entre o ponto 7 ao 3 e a um elevado poder de reaeração pela baixa profundidade do rio e devido a pequenas quedas de água neste trecho. Contudo, do trecho 3 ao 8 o rio não possui tempo suficiente para realizar a autodepuração, visto que há um grande aporte de matéria orgânica no trecho, contudo esse aporte não ameaça o trecho em estudo pois não há tempo para que o oxigênio seja consumido. Desta forma o impacto irá ocorrer no rio Paraibuna. Desta forma, verifica-se que o ribeirão Espírito Santo contribui para a poluição do rio Paraibuna.

Recomenda-se um programa para melhorar a qualidade da água no trecho 1, 2 e 7 identificando as fontes de contaminação de coliformes termotolerantes, pois esse trecho não se enquadra na classe 1. Esta contaminação é preocupante, pois esse manancial é utilizado para abastecer 40% da população da cidade de Juiz de Fora e eliminando esta fonte de contaminação diminui o risco de contaminação para a população atendida.

A partir da análise desses dados, conclui-se que de todo o ribeirão Espírito Santo, o trecho que se apresenta em situação mais crítica em relação à qualidade das águas é o trecho situado próximo ao distrito industrial, ponto 3 ao 8. Portanto, recomenda-se que sejam realizados mais estudos na área e que a fiscalização dos lançamentos e captações seja mais efetiva, pois como já discutido o ribeirão em questão contribui para a poluição do rio Paraibuna, e portanto a preocupação com a deterioração das águas do mesmo é social, financeira e ambientalmente relevante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA;AWWA;WEF (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21º ed. Washington: APHA, 2005.
2. BRASIL. Resolução CONAMA N°430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF. 2011.
3. BRASIL. Resolução CONAMA N° 357 de 17 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. 23p. Brasília. 2005.
4. CESAMA. Ribeirão Espírito Santo. Disponível em: <http://www.cesama.com.br/?pagina=resanto>. Acesso em: 12 de outubro de 2013.
5. CESAMA. Rio Paraibuna. Disponível em: <http://www.cesama.com.br/?pagina=paraibuna>. Acessado em 09 de outubro de 2014.
6. COPAM. Deliberação Normativa COPAM nº 016, de 24 de setembro de 1996. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna. Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 02/10/1996.



7. INMET. Estações Automáticas. Disponível em:  
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acessado em 07/08/2014.
8. VON SPERLING, M. (1995) Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, 3<sup>a</sup>ed. Belo Horizonte, UFMG, 2005. 452 p.