

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ANÁLISE PRELIMINAR DA QUALIDADE E
QUANTIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DAS ROSAS
EM JUIZ DE FORA- MG

Lucas Queiroz Lopes Loures Toledo

JUIZ DE FORA
2019

**ANÁLISE PRELIMINAR DA QUALIDADE E
QUANTIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DAS ROSAS
EM JUIZ DE FORA- MG**

Lucas Queiroz Lopes Loures Toledo

Lucas Queiroz Lopes Loures Toledo

**ANÁLISE PRELIMINAR DA QUALIDADE E
QUANTIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO DAS ROSAS
EM JUIZ DE FORA– MG**

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Qualidade da Água

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Maria Helena Rodrigues Gomes

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a. Renata de Oliveira Pereira

Juiz de Fora
Faculdade de Engenharia da UFJF
2019

**ANÁLISE PRELIMINAR DA QUALIDADE E QUANTIDADE DA ÁGUA DO
RIBEIRÃO DAS ROSAS EM JUIZ DE FORA- MG**

LUCAS QUEIROZ LOPES LOURES TOLEDO

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em _____ de _____ de 2019.

Por:

_____.

Prof.^a Dr.^a. Maria Helena Rodrigues Gomes - Orientadora

_____.

Prof.^a Dr.^a. Renata de Oliveira Pereira - Coorientadora

_____.

Prof. Dr. Jonathas Batista G. Silva - Membro da banca

_____.

Prof. Dr. Emanuel Manfred Brandt - Membro da Banca

Aos meus pais e à minha família por sempre me apoiarem.

AGRADECIMENTOS

Senhor, Eu tenho sede. No caminhar difícil da minha vida, eu tenho sede. Nos abandonos, nas perdas, nas incompreensões, eu tenho sede. Na miséria dos meus pecados, eu tenho sede. No passado que me atormenta, eu tenho sede. No futuro que me amedronta, eu tenho sede. No presente que me entristece, eu tenho sede. Eu quero água, Senhor. Eu quero água viva. A água que me lava e me alimenta. A água que me lembra o nascimento, o batismo, o mar... Eu quero a água viva que me mostra o mar de possibilidades que eu tenho na vida. Nada nem ninguém poderá me roubar o futuro. Eu quero água viva. Eu quero esse alimento, Senhor. Obrigado, porque apesar de tantos que não me veem, não me reconhecem, não gastam tempo comigo, o Senhor está aqui. Fica mais tempo, Jesus. Tua conversa me dá vida nova. Amém.

RESUMO

Ultimamente, com a escassez de água no mundo percebe-se um substancial aumento no interesse sobre o monitoramento de corpos hídricos. No esteio desse padrão global, o presente trabalho visa o monitoramento de um corpo hídrico, o ribeirão das Rosas. O ribeirão das Rosas, localizado em Juiz de Fora-MG pertencente a bacia do Paraíba do sul, é um ribeirão bastante peculiar, pois sua nascente está localizada em uma área rural que no seu percurso cruza uma área urbana e volta a adentrar uma área preservada, com mata ciliar e sem lançamentos de efluentes no corpo hídrico. A área de estudo escolhida para esse monitoramento está contida dentro do Centro de Instrução de Juiz de Fora/Centro de Educação Ambiental e Cultura - CI/CEAC do Exército Brasileiro uma área de preservação ambiental com pouquíssima influência antrópica. Para isso analisou-se a qualidade da água por meio de amostragem em três pontos do ribeirão, a variação da vazão nos pontos de coleta, a influência da área preservada na melhoria dos parâmetros de qualidade, a influência da precipitação e da vazão na variação dos parâmetros de qualidade da água e comparou-se os resultados obtidos com as legislações CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008. No que tange a vazão, os valores obtidos estiveram de acordo com os dados de pluviometria, quando houve aumento na precipitação houve uma resposta imediata na vazão do ribeirão, as coletas precedidas pelas maiores precipitações obtiveram maiores vazões. Levantou-se a hipótese de que existe um desvio natural de água no ribeirão entre os pontos 1 e 2 e se há erro na medição da vazão, porém para tal conclusão é necessário que se faça um estudo mais aprofundado da hidrografia local e que se realize mais medições de vazões, que ainda irão ocorrer uma vez que o projeto tem continuidade após esse trabalho. No que se refere à qualidade da água, verificou-se que os parâmetros OD, DBO, fósforo, turbidez, nitrogênio amoniacal, pH e ferro estão em desacordo com as Resolução CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008, porém mesmo nas coletas onde os valores não foram atendidos houve uma melhora gradual entre os pontos da mesma coleta demonstrando a influência positiva da preservação da área de mata pertencente ao CI/CEAC na melhoria dos parâmetros de qualidade da água

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE QUADROS | xi |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 3 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 3 REVISÃO DA LITERATURA..... | 4 |
| 3.1 Bacias Hidrográficas..... | 4 |
| 3.1.1 Ocupação da bacia hidrográfica | 4 |
| 3.2 Vazão | 5 |
| 3.2.1 Importância da medição de vazão | 5 |
| 3.2.2 Métodos para medição de vazão..... | 6 |
| 3.3 Qualidade da água..... | 10 |
| 3.3.1 Oxigênio Dissolvido (OD) | 10 |
| 3.3.2 Potencial Hidrogênionico – pH | 10 |
| 3.3.3 Temperatura..... | 11 |
| 3.3.4 Condutividade Elétrica (CE) | 11 |
| 3.3.5 Salinidade | 11 |
| 3.3.6 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)..... | 12 |
| 3.3.7 Cor | 12 |
| 3.3.8 Turbidez..... | 12 |
| 3.3.9 Íons Nitrato e Nitrito | 12 |
| 3.3.10 Fósforo..... | 13 |
| 3.3.11 Ferro | 13 |
| 3.3.12 <i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)..... | 13 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.3.13 | Demanda Química de Oxigênio (DQO) | 14 |
| 3.3.14 | Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) | 14 |
| 3.4 | Enquadramento em Corpos d'Água..... | 14 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 16 |
| 4.1 | Área de estudo. | 16 |
| 4.1.1 | Localização dos pontos de coleta | 18 |
| 4.2 | Método de medição de vazão..... | 19 |
| 4.3 | Precipitação..... | 20 |
| 4.4 | Qualidade da Água..... | 20 |
| 5 | RESULTADOS | 23 |
| 5.1 | Vazão e pluviometria | 23 |
| 5.2 | Qualidade da água..... | 25 |
| 6 | CONCLUSÃO..... | 41 |
| 7 | RECOMENDAÇÕES..... | 41 |
| 8 | BIBLIOGRAFIA | 42 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 3.1 Ilustração de uma tomada de dados para o cálculo da área molhada. | 6 |
| FIGURA 3.2 Molinete hidrométrico | 7 |
| FIGURA 3.3 Procedimento para medição de vazão em uma seção transversal..... | 8 |
| FIGURA 3.4 Exemplos da utilização do ADCP: A) Travessia com o ADCP com dois operadores e B) ADCP acoplado em uma embarcação..... | 9 |
| FIGURA 3.5 FlowTracker..... | 9 |
| FIGURA 4.1 Carta índice da bacia hidrográfica do ribeirão das Rosas. | 16 |
| FIGURA 4.2 Carta <i>haster</i> da bacia hidrográfica do ribeirão das Rosas..... | 17 |
| FIGURA 4.3 Carta hidrográfica da bacia hidrográfica do ribeirão das Rosas. | 17 |
| FIGURA 4.4 Pontos de coleta. | 18 |
| FIGURA 5.1 Variação da vazão durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. | 24 |
| FIGURA 5.2 Condutividade Elétrica durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. | 26 |
| FIGURA 5.3 Temperatura da água durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. | 27 |
| FIGURA 5.4 Salinidade durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. | 28 |
| FIGURA 5.5 Sólidos Dissolvidos Totais durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas..... | 29 |
| FIGURA 5.6 pH durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. | 30 |
| FIGURA 5.7 Cor Verdadeira durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. . | 31 |
| FIGURA 5.8 Cor Aparente durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. | 31 |
| FIGURA 5.9 Turbidez durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas..... | 32 |
| FIGURA 5.10 Nitrato durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas..... | 33 |
| FIGURA 5.11 Nitrogênio Amoniacal durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas..... | 34 |
| FIGURA 5.12 Ferro durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas..... | 35 |
| FIGURA 5.13 Fósforo durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas..... | 36 |
| FIGURA 5.14 Sólidos Totais durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas. . | 37 |
| FIGURA 5.15 DQO durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas..... | 38 |

FIGURA 5.16 Oxigênio Dissolvido durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.....39

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 3.1 Uso das águas doces conforme classe de enquadramento | 15 |
| QUADRO 4.1 Datas das coletas | 18 |
| QUADRO 4.2 Coordenadas dos pontos | 19 |
| QUADRO 4.3 Metodologia e equipamentos para cada parâmetro..... | 21 |
| QUADRO 5.1 Dados de Vazões..... | 23 |
| QUADRO 5.2 Parâmetros em desacordo com as normas | 40 |

1 INTRODUÇÃO

Do total de água existente no planeta, calcula-se que 97,5% é de água salgada, sendo inapropriada para consumo direto e irrigações. Desses 2,5% de água doce, apenas 1% desta parcela é encontrada nos rios, sua maior parte (69%) se encontra nas geleiras e os outros 30% estão armazenados nos aquíferos. Tendo em vista essa disposição, o seu uso necessita ser pensado e estudado, para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que existem para a vida humana (ANA, 2018).

O Brasil é um país abundante em disponibilidade hídrica, sendo um dos maiores no quesito, estima-se que 12% da água doce disponível estejam localizadas no Brasil. Em contrapartida, esse recurso, em sua grande parte, está concentrado nas regiões com menor densidade demográfica. A região norte tem 80% da água disponível, porém, abrange apenas 5% da população brasileira. Nos grandes centros urbanos, a densidade populacional é grande e acarreta uma grande demanda de recursos hídricos, e em grande parte, esse recurso é atingido pela poluição acarretando uma piora considerável em sua qualidade (ANA, 2018).

A Agência Nacional de Águas (ANA) monitora a situação da quantidade de água por meio de monitoramento hidrológico pela rede Hidrometeorológica Nacional. A ANA por meio do levantamento de dados monitora o volume das águas superficiais e subterrâneas, a capacidade de armazenamento de reservatórios e as precipitações de chuva (ANA, 2018). Existem várias metodologias para medição da vazão de acordo com o porte do manancial a ser monitorado. Para mananciais de grande porte existe o *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) que calcula a vazão por meio do efeito doppler, para mananciais de médio e pequeno porte existem vários dispositivos para o cálculo da velocidade média como o molinete e o *Flowtracker*.

A vazão é a grandeza mais importante que caracteriza o escoamento (PINTO et al., 1973). O princípio da continuidade em cursos d'água foi observado por Leonardo da Vinci, em 1502, quando concluiu que a vazão que escoava em um rio era constante ao longo do rio, independente da largura, da profundidade, da inclinação e etc (CASSIOLATO e ALVES, 2017). Conhecer a vazão de um corpo hídrico é de suma importância como, por exemplo, para se obter a outorga para uso da água por uma empresa ou para elaborar projetos de transposição de um rio. De acordo com Porto (2001) quando não se tem conhecimento das

informações mínimas de vazões, os projetos podem ser menos precisos, com isso os resultados são duvidosos levando muitas vezes a aumentar o custo ou a terem um risco acima do previsto. O monitoramento das vazões é importante para permitir os usos múltiplos da água.

Aliado ao monitoramento das vazões é essencial o monitoramento da qualidade da água dos mananciais que estão diretamente ligados a saúde pública da população e, também, a manutenção dos ecossistemas aquáticos. Nesse estudo foram analisados os seguintes parâmetros: Condutividade Elétrica, Temperatura, Salinidade, Sólidos Dissolvidos Totais, pH, Cor Verdadeira, Cor Aparente, Turbidez, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amônia, Ferro, Fósforo, Sólidos Totais, DQO e Oxigênio Dissolvido. Para a análise desses parâmetros comparou-se com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008, que dispõe sobre a qualidade da água nos corpos hídricos, e com a literatura. A falta de saneamento tem vários intervenientes negativos na saúde da população. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o saneamento básico precário é uma grave ameaça à saúde humana (SIQUEIRA et al., 2017).

Diante do exposto, o alvo do estudo foi o ribeirão das Rosas, que é um ribeirão bastante peculiar. O ribeirão das Rosas tem sua nascente numa área rural adentra numa malha urbana do bairro granjas Bethânia, onde existe lançamento de esgoto bruto sem nenhum tipo de tratamento e adentra ao Centro de Instrução de Juiz de Fora/Centro de Educação Ambiental e Cultura - CI/CEAC do Exército Brasileiro onde não existe nenhum tipo de lançamentos de efluentes dentro do campo. O ribeirão das rosas é afluente de margem direita do rio Paraibuna. A cidade de Juiz de Fora se desenvolveu fisicamente ao longo do rio Paraibuna, todas suas características influenciam diretamente a cidade. No que tange a vazão as usinas seriam capazes de suprir 12,5% da demanda elétrica de Juiz de Fora. Sendo elas: Usina de Joasal, Usina de Paciência e Usina de Marmelos.(CEMIG,2019).No que tange a qualidade de água, a situação do rio Paraibuna está longe de ser a ideal. Os índices de qualidade de água (IQA), em sua maioria, ruins. Apresentando também presença de cádmio, zinco, chumbo, cobre e cromo (SOUZA, 2006). Por isso que a o monitoramento dos afluentes do Paraibuna é de suma importância para a região de Juiz de Fora.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho foi realizar uma análise preliminar da qualidade e quantidade da água do ribeirão das Rosas no trecho localizado na área do Centro de Instrução de Juiz de Fora/Centro de Educação Ambiental e Cultura - CI/CEAC do Exército Brasileiro.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a qualidade da água por meio de amostragem em 3 pontos do ribeirão das Rosas;
- Analisar a variação da vazão;
- Analisar a influência da área preservada na melhoria dos parâmetros de qualidade;
- Analisar a influência da precipitação e da vazão na variação dos parâmetros de qualidade da água;
- Comparar os resultados obtidos com as legislações CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Bacias Hidrográficas*

Tucci (1997) define bacia hidrográfica como sendo a área de captação natural que drena a precipitação e converge toda a água para um único ponto de saída denominado exutório. A bacia é composta por um conjunto de superfícies vertentes, pela rede de drenagem e pelo exutório. Segundo Tucci (2006) para cada seção de um rio existe uma bacia de contribuição que por gravidade drena o escoamento superficial para os rios até sua saída. As características principais da bacia hidrográfica são a área de drenagem, o comprimento do rio principal, declividade do rio e a declividade da bacia.

De acordo com Porto e Porto (2008), a bacia hidrográfica é um ente sistêmico onde se realizam os balanços de entrada e saída. Sendo a precipitação a entrada e o escoamento a saída através de um ponto exutório. Sendo assim são delineadas as bacias e sub-bacias.

3.1.1 Ocupação da bacia hidrográfica

A substituição das áreas naturais por vários usos do solo e a fragmentação das áreas com cobertura florestal pela ação antrópica tem gerado grandes impactos. Esses processos estão ligados diretamente a vários fatores, influenciando a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais, afetando também a biodiversidade, a queda na fertilidade do solo e a intensificação dos processos erosivos (COELHO et al., 2014).

É um fato reconhecido na literatura, que a mudança do uso do solo e a qualidade da água estão relacionados. Porém são vários os fatos que estão envolvidos, fazendo sua quantificação muito difícil. Devido a esse fato, os estudos nessa área têm sido de natureza empírica, correlacionando a qualidade com a cobertura, o uso e o manejo. Em sua maioria os estudos mostram que o aumento do uso e ocupação está relacionado com a piora da qualidade da água (CHAVES e SANTOS, 2009).

Vários fatores podem influenciar a qualidade da água como o clima, cobertura vegetal a topografia, a geologia, o uso e o manejo do solo. Os processos que determinam a qualidade da água de um manancial são de equilíbrio frágil, sendo assim alterações físicas, químicas ou climáticas, dentro da bacia, modificam sua qualidade. A sedimentação, lixiviação excessiva e

erosão estão protegidas nas bacias com cobertura florestal natural. Essas áreas são muito importantes para o abastecimento de água de boa qualidade. Em contrapartida, o oposto como a retirada da vegetação produz prolongada degradação da qualidade da água (DONADIO et al., 2003).

Em qualquer ponto de um rio, sua qualidade sofre interferência da geologia, vegetação, solos, clima e do homem. A influência antrópica é responsável por aporte dos efluentes domésticos sem tratamento prévio, dos insumos agrícolas, dos efluentes industriais no corpo hídrico. Esses fatores podem ser mascarados por processos naturais: chuvas, variações climáticas entre outras. Tendo em vista que os rios são os principais provedores de água potável para a população é importante identificar e prevenir as fontes de poluição (MOURA et al. 2010).

3.2 Vazão

Vazão é um número que expressa quantitativamente à relação do volume de água por unidade de tempo que escoar em determinada seção do curso d'água. Outro conceito, também importante, é de vazão específica que é definida como a vazão por unidade de área da bacia de drenagem. Esse parâmetro é utilizado como elemento comparativo entre bacias hidrográficas. Vazões máximas, médias e mínimas são também obtidas em certos intervalos de tempo (hora, dia, mês) com a finalidade de caracterizar o comportamento da bacia (PINTO et al.,1973).

3.2.1 Importância da medição de vazão

A vazão é a grandeza mais importante que caracteriza o escoamento (PINTO et al., 1973). O princípio da continuidade em cursos d'água foi observado por Leonardo da Vinci, em 1502, quando concluiu que a vazão que escoava em um rio era constante ao longo deste, independente da largura, da profundidade, da inclinação e etc. (CASSIOLATO e ALVES, 2017).

De acordo com Porto (2001) quando não se tem conhecimento das informações mínimas de vazões, os projetos podem ser menos precisos, com isso os resultados são duvidosos levando muitas vezes a aumentar o custo ou a terem um risco acima do previsto.

3.2.2 Métodos para medição de vazão

Existem vários métodos para a medição de vazão, sendo estes:

a) Método Volumétrico: É um método que utiliza o conceito volumétrico de vazão. Para essa determinação da vazão deve-se direcionar todo o fluxo para um recipiente de volume conhecido e graduado e medir o tempo gasto para enchê-lo. Esse tipo de método é utilizado em pequenos corpos hídricos como, por exemplo, nascentes e pequenos córregos, onde se tem dificuldade de calcular a área e a velocidade (PORTO et al., 2001).

b) Método Área x Velocidade: É um método bastante utilizado. Esse método consiste em, com auxílio de hastes graduadas, fazer a batimetria e a posteriori o cálculo da área molhada. A batimetria consiste em colocar hastes graduadas em espaços regulares que dependem da largura e profundidade do corpo hídrico, e daí são medidas as alturas correspondentes a essas distâncias de acordo com a figura 3.1. Depois de finalizada a batimetria é realizado o cálculo da área da calha do rio. Para obtenção da vazão multiplica-se a área pela velocidade do rio (PORTO et al., 2001).

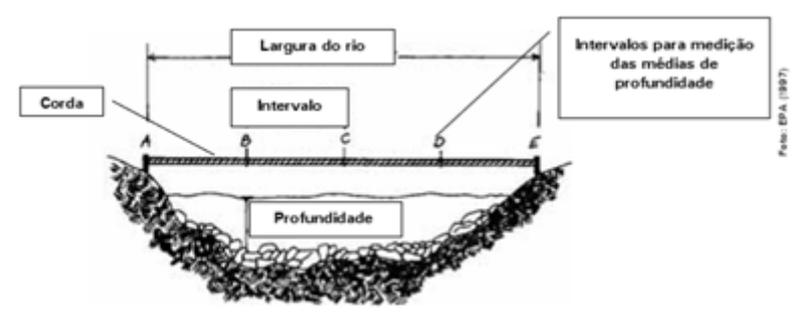


FIGURA 3.1 Ilustração de uma tomada de dados para o cálculo da área molhada.
Fonte: Palhares et al. (2007).

Existem vários métodos para calcular a velocidade de um rio, dentre eles, o método do flutuador, molinete hidrométrico e *flowtracker*, dentro outros (PORTO et al., 2001). Abaixo uma breve descrição desses métodos:

i) Método do flutuador é o mais simples para aplicação. Consiste em delimitar dois pontos separados por distância conhecida ao longo do leito do rio e soltar um flutuador (bóias, garrafas plásticas, bolas, etc.). O tempo entre um ponto e outro é marcado com o auxílio de

um cronometro e, assim obtém-se a velocidade superficial do rio. A equação 3.1 representa o cálculo da velocidade superficial (V_s) no trecho entre os dois pontos. Porém a velocidade superficial é maior que a velocidade média, para o cálculo da vazão necessita-se a velocidade média. Para a correção desse valor utiliza-se o fator de correção 0,85 com objetivo de aproximar essa velocidade medida a velocidade média (PALHARES et al., 2007).

$$V_s = \frac{\text{distância (m)}}{\text{tempo (s)}} \quad (3.1)$$

ii) Método do molinete hidrométrico: Outro método utilizado para calcular a velocidade de um curso d'água necessita de um equipamento denominado molinete hidrométrico. O molinete (Figura 3.2) é um equipamento composto por uma hélice, de acordo com Pinto et al. (2016), a energia cinética do rio em contato com a hélice a faz girar. O molinete é acoplado a um “conta-giros” que registra o número de voltas dado pela hélice e o tempo gasto para fazê-lo, com isso tem-se a velocidade expressa em giros por segundo (PORTO et al., 2001). Para o cálculo da vazão necessita fazer a batimetria do mesmo modo do método Área x Velocidade. Após a batimetria realizada, posiciona-se o molinete a 60% da medida das verticais, como exemplificado na seção azul escuro da Figura 3.3. Pode-se, também, realizar a media dos valores encontrados a 20% e a 80%. com a velocidade de cada seção e a área tem-se a vazão da seção em questão, somando todas as seções tem-se a vazão total.



FIGURA 3.2 Molinete hidrométrico
Fonte: Universidad de Chile, 2005

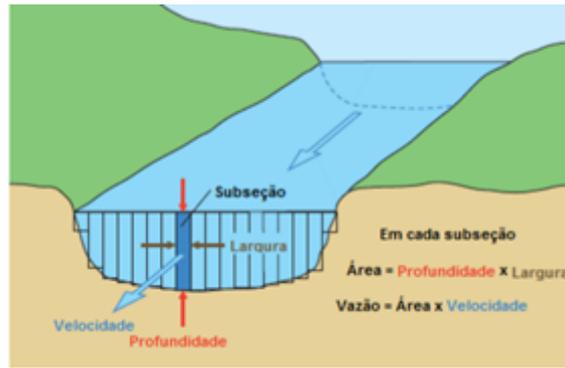


FIGURA 3.3 Procedimento para medição de vazão em uma seção transversal.
 Fonte: Pinto et al. (2016).

Depois de coletados os dados de toda a seção do rio, usa-se a curva de calibração do molinete para o cálculo da velocidade média (V_m). A vazão (Q) será dada pela equação 3.2 (abaixo), onde A é a área molhada.

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = A(\text{m}^2) * V_m(\text{m/s}) \quad (3.2)$$

iii) Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP): em tradução literal Perfilador Doppler Acústico de Corrente, é uma ferramenta, que utiliza o efeito Doppler para a determinação de vazões fazendo sucessivas somas dos perfis de corrente obtidos em tempo real. O equipamento mensura a altura, assim como o seu deslocamento em relação à calha do rio. O som retornado pelas partículas em diferentes profundidades fornece o perfil de velocidade em função da profundidade. Conhecendo as velocidades de cada perfil assim como sua área ao integrar tem-se a vazão total. Utilizar o ADCP pra aquisição de dados torna-se uma vantagem, pois os dados são obtidos em tempo real, além do mais o equipamento permite medições rápidas, seguras e eficientes, reduzindo assim os erros quando comparado aos processos convencionais. O ADCP faz correções automáticas quanto a direção do escoamento e calcula a vazão correta, sendo um diferencial na medição de zonas influenciadas por maré (FOLIZOLA et al., 1999).

Na Figura 3.4A observa-se o ADCP instalado em uma embarcação de pequeno porte feito sob medida e que tenha estabilidade para travessia em rios pequenos e médios. O ADCP quando utilizado em rios com grandes dimensões pode ser acoplado a proa de embarcações conforme a Figura 3.4B.

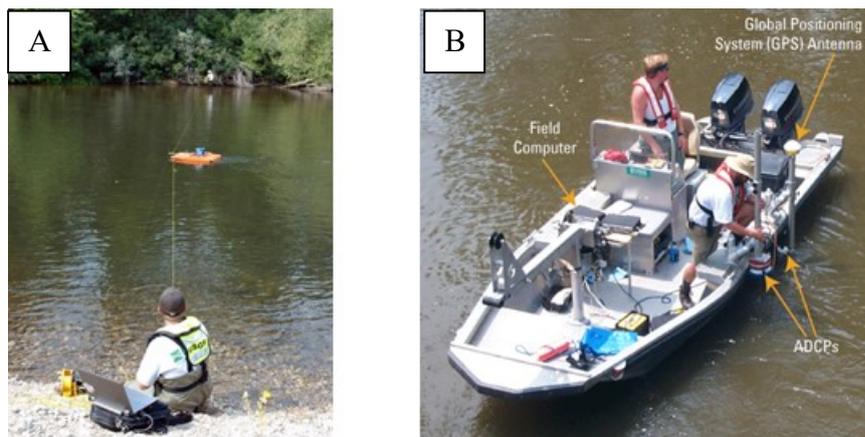


FIGURA 3.4 Exemplos da utilização do ADCP: A) Travessia com o ADCP com dois operadores e B) ADCP acoplado em uma embarcação.
 Fonte: MERRICK, (2012). OBERG et al, (2005).

iv) *Flowtracker*: o *Flowtracker* (Figura 3.5) é um medidor de velocidade bistático *Doppler*, a terminologia bistático refere-se ao fato de ele usar diferentes transdutores e receptores acústicos. É um equipamento composto por um controlador e uma sonda onde os elementos acústicos estão contidos, com intuito de medir velocidade. Para a medição da vazão, assim como o molinete hidrométrico, necessita de uma corda graduada ligando as duas margens do corpo hídrico. De acordo com testes feitos em laboratório, o *Flowtracker* pode representar um pequeno erro na medição devido aos distúrbios causados no fluxo, esse erro representa 1% do valor real (PINTO et al., 2013).



FIGURA 3.5 FlowTracker.
 Fonte: GAMARRO et al., 2013.

3.3 Qualidade da água

O conceito de qualidade de água está intrinsicamente ligado ao uso a que essa se destina, seja para consumo humano, balneabilidade, transporte, irrigação ou sustentabilidade da vida aquática. A legislação prevê um padrão de qualidade para cada um dos usos a que se destina a água. (de SOUZA, 2014) Os usos e seus respectivos padrões serão abordados no item 3.4.

São utilizadas técnicas de monitoramento com o objetivo de acompanhar as condições e a qualidade do corpo d'água. Cada situação requer o uso de parâmetros específicos para a análise de suas águas (SANTOS, 2016). Nesse sentido, listou-se alguns dos parâmetros mais utilizados nessas caracterizações.

3.3.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

Em um corpo d'água o parâmetro oxigênio dissolvido (OD) está relacionado à manutenção da vida dos organismos aeróbios presentes no meio (ZORZIN et al., 2011). Segundo Von Sperling (2005), o parâmetro OD é um indicador primário para a qualidade da água, seu monitoramento deve ser constante e é considerado o principal parâmetro para caracterizar a poluição da água e está associado diretamente a parâmetros como: temperatura, vegetação, poluição da água e precipitação (TOLEDO et al., 2018). De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 os valores de OD em corpos d'água de classe 1 não devem ser inferiores a concentração de 6 mg/L, e devem cumprir as concentrações mínimas de 5 mg/L, 4 mg/L, 2 mg/L para as classes 2, 3 e 4 respectivamente.

3.3.2 Potencial Hidrogênionico – pH

Von Sperling (2007) conceituou pH como a representação da concentração de íons de hidrogênio (H⁺) em escala antilogarítmica, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH varia de 0 a 14.

Um dos fatores que influenciam no pH é a presença de matéria orgânica, sua presença em excesso influencia para a diminuição do pH da água devido a sua decomposição e a liberação de gás carbônico proveniente de compostos orgânicos ácidos, dando origem ao ácido carbônico em meio aquoso. De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 o valor de pH em corpos d'água de quaisquer classes tem estar na faixa de 6 a 9.

3.3.3 Temperatura

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2009) a temperatura influencia em vários fatores como tensão superficial e viscosidade.

Com a elevação da temperatura tem-se o aumento da taxa das reações físicas, químicas e biológicas, intensificando também a decomposição da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). A temperatura é inversamente proporcional a concentração de OD, levando em conta o olhar físico (NOZAKI et al., 2014). As resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 não estabelecem valores para a temperatura.

3.3.4 Condutividade Elétrica (CE)

A CE relaciona-se a existência de íons dissolvidos na água, podendo variar segundo a temperatura e o pH. Uma CE elevada evidencia características corrosivas da água (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013). As resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM/ 2008 não estabelecem valores para esse parâmetro. De acordo com Santos (2016) e Libanio (2010) na maioria das vezes, quando encontrados valores de CE superiores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ significa que as águas doces naturais estão com problemas de poluição. Entretanto, quando encontrados níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ já revelam ambientes impactados. Assim, as águas naturais devem apresentar condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em corpos d'água onde são desagüados efluentes domésticos e industriais.

A condutividade elétrica pode ser relacionada com a concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT) usando um fator de correção, essa transformação auxilia na avaliação tendo em vista que a concentração de SDT é determinada pelas normas citadas (SANTOS, 2016).

3.3.5 Salinidade

Denomina-se salinidade da água a quantidade de sais definida pela condutividade elétrica. A partir da transformação da condutividade elétrica em salinidade classifica-se a água em: doce, salobra ou salgada. A salinidade varia de acordo com os períodos chuvoso e seco, no verão, atinge maiores valores que no inverso. A salinidade é influenciada pela evaporação e pela chuva, a evaporação aumenta a salinidade e a chuva diminui (NOZAKI et al., 2014). De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 as águas com salinidade

igual ou inferior a 0,5 ‰ são classificadas como doce, águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰ são classificadas como salobras e as águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰ são classificadas como salinas.

3.3.6 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Os SDT representam a quantificação das substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas num líquido, demonstrando a proporção de diferentes sólidos (ZORZIN et al., 2011). De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008, corpos hídricos classificados como doce tem limite de SDT igual 500 mg/L.

3.3.7 Cor

Um manancial tem a sua cor determinada pela decomposição da matéria orgânica - forma natural ou por despejos de natureza industrial e esgoto doméstico - forma antropogênica. A cor aparente está relacionada à turbidez da água enquanto que a cor verdadeira é medida após a centrifugação ou filtração da água (VON SPERLING, 2005). De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 para classe 1, a cor verdadeira deve manter o nível de cor natural do corpo d'água em mg Pt/L e, para as classes 2 e 3, deve apresentar cor verdadeira em até 75 mg Pt/L, não sendo estabelecido qualquer limite para classe 4.

3.3.8 Turbidez

A água apresenta sinais de turbidez pela contaminação de materiais sólidos em suspensão, presença de algas, partículas de rocha ou areia, que ali são depositados naturalmente e por erosão ou provocada pelos despejos domésticos e industriais, depositando nela micro-organismos e partículas (ZORZIN et al., 2011; VON SPERLING, 2005). De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 o limite máximo são de 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) para classe 1 e, até 100 UNT para as classes 2 e 3, não havendo padrão para a classe 4.

3.3.9 Íons Nitrato e Nitrito

Um fator que é bastante preocupante é a presença dos íons nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) que contaminam a água. Pode-se identificar o estágio de poluição num curso hídrico observando a forma predominante do nitrogênio. Se este estiver na forma de nitrogênio orgânico ou amônia

indica que a poluição é recente, já se o nitrogênio estiver na forma de nitrato é porque a poluição é antiga (VON SPERLING, 2007). São, também, fatores importantes na eutrofização. De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 para classes 1, 2 e 3 os limites para nitrato é de 10 mg/L e para nitrito de 1 mg/L.

3.3.10 Fósforo

Quando se fala em crescimento dos organismos observa-se que um nutriente essencial, é o fósforo. Ele é um fator limitante da produtividade nos corpos d'água, sendo o fator determinante na eutrofização artificial de ecossistemas aquáticos (BUZELLI, CUNHA e SANTINO, 2013; PIVELI e KATO, 2005 apud EMBRAPA 2017). De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 devem-se manter a concentração, em ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários, para classes 1 e 2 em 0,1 mg/L, já para classe 3 de 0,15 mg/L, não existindo limites para classe 4 nessas resoluções.

3.3.11 Ferro

Pode-se encontrar o ferro na água nos estados de oxidação Fe_{2+} e Fe_{3+} (VON SPERLING, 2005). O ferro não representa um fator tóxico, porém influencia a cor e o sabor da água, trazendo problemas no abastecimento de água. De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 a concentração de ferro em corpos hídricos para classe 1 e 2 deve-se manter 0,3 mg/L e para classe 3 de 5 mg/L para classe 4 não existem limites nessas resoluções.

3.3.12 *Escherichia coli* (*E.coli*)

A *E. Coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes fecais sendo encontrada nas fezes humanas e de animais. Presentes em esgotos, efluentes tratados e águas naturais vulneráveis a contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. A presença de *E. coli* é a única que evidencia que a contaminação é exclusivamente fecal. Por isso, atualmente é que se utiliza a *E. coli* como equivalência de contaminação fecal. Porém, não significa que essa contaminação é oriunda de fezes humanas, uma vez que a

E. coli também pode ser resultante de fezes animais. Existem algumas espécies de *E. coli* que são patogênicas, porém não descaracteriza seu conceito como bactérias indicadoras de contaminação fecal (VON SPERLLING, 2007).

3.3.13 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO indica a presença de matéria orgânica, que pode ser ou não biodegradável (VALENTE et al., 1997). Algumas legislações estaduais já levam em conta esses parâmetros estabelecendo limites para os mesmos em seus padrões de lançamentos ainda que as resoluções do CONAMA 357/2005 não o cite (AQUINO et al., 2006).

3.3.14 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO se refere a quantidade de oxigênio dissolvida na água que é necessária para decompor a matéria orgânica através de microorganismos. Em si, a matéria orgânica não é um poluente, mas o seu simples lançamento em corpos hídricos pode gerar um desequilíbrio entre a produção e o consumo de oxigênio (BRAGA et al., 2002 apud ANDRADE, 2010). De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 para corpos hídricos de classe 1 concentração máxima de DBO_{5,20} deve ser de 3 mg/L, para a classe 2 de 5 mg/L e para a classe 3 de 10 mg/L, sendo que corpos hídricos de classe 4 não possuem padrões estabelecidos nestas legislações.

3.4 Enquadramento em Corpos d'Água

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece regras e metas a serem seguidas em determinado curso d'água para que o mesmo se enquadre em determinadas classes. As águas doces são enquadradas em cinco classes: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. A classificação baseia-se nos níveis de qualidade que um curso d'água deve obter a fim de atender as necessidades da população. Complementa esse enquadramento a Lei nº 9.433/1977 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual definiu que o uso primordial da água é o de garantir uma qualidade compatível para a qual foi destinada, o que reduziria os gastos com a recomposição de danos causados a ela. O enquadramento dos cursos d'água em classes possibilita a construção de um objetivo a ser obtido ou mantido, para que esses cursos se prestem aos seus usos no decorrer do tempo. A atribuição de classificar e enquadrar os corpos d'água é dos Comitês de Bacia, que devem discutir e aprovar a proposta

de enquadramento, sendo a sua deliberação de responsabilidade dos conselhos de recursos hídricos (ANA, 2013). O processo de enquadramento dos cursos d'água é baseado em vários fatores, como os usos desejados para o corpo d'água, a condição atual deste corpo hídrico, a viabilidade técnica e os custos necessários para a obtenção dos padrões de qualidade (ANA, 2013). A classificação das águas doces em cinco classes leva em conta os diferentes usos que as mesmas são destinadas, conforme o Quadro 3.1 (COSTA, 2016).

QUADRO 3.1 Uso das águas doces conforme classe de enquadramento

| Classe | Usos permitidos |
|-----------------|---|
| Classe Especial | a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. |
| Classe 1 | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/ 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. |
| Classe 2 | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274/ 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca. |
| Classe 3 | a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais. |
| Classe 4 | a) à navegação; b) à harmonia paisagística. |

Fonte: Adaptado BRASIL (2005) – CONAMA nº 357/2005.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo.

A cidade de Juiz de Fora– MG já foi um polo industrial no século passado, sendo conhecida como Manchester mineira. Segundo o censo do IBGE de 2010, sua população foi estimada em 516.247 habitantes com uma densidade demográfica de 359,59 hab/km², com população estimada para 2018 de 564.310 habitantes (IBGE, 2018).

A área de estudo está localizada dentro do Centro de Instrução de Juiz de Fora/Centro de Educação Ambiental e Cultura - CI/CEAC do Exército Brasileiro, cuja bacia hidrográfica está representada pela Figura 4.1, onde existiu a fazenda ribeirão das Rosas e cuja sede é tombada como patrimônio cultural pelo Decreto n. 6967 de janeiro 2001. A sede da fazenda foi erguida na sesmaria concedida pelo Governador da Capitania de Minas Gerais a Manuel Vidal Lage. Dom Pedro I e a Imperatriz Dona Maria Amélia, em viagem a Vila Rica, pernoitaram na fazenda em janeiro de 1831. A edificação, remanescente da abertura do Caminho Novo, foi construída na década de 1770, em estrutura autônoma de madeira e com vedação de pau-a-pique e é a segunda mais antiga de Juiz de Fora(PJF, 2018).

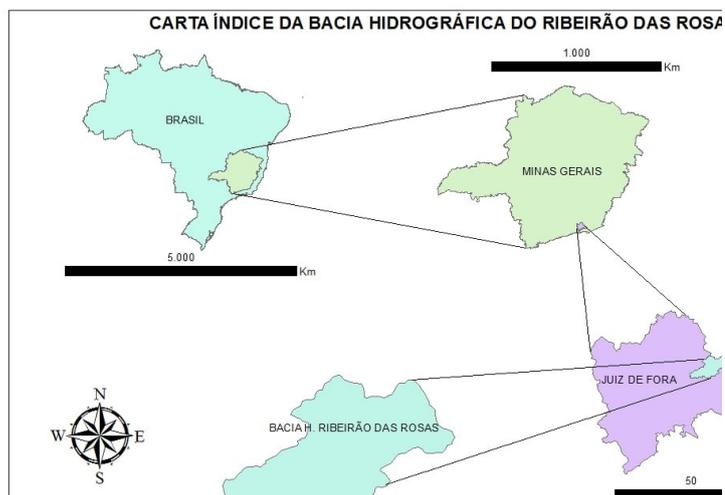


FIGURA 4.1 Carta índice da bacia hidrográfica do ribeirão das Rosas.
Fonte: Elaborada pelo autor.

A cidade cresceu ao longo do rio Paraibuna e seus bairros ao longo dos córregos e ribeirões presentes na cidade. Na Figura 4.2 tem-se a localização da bacia do ribeirão das Rosas na malha urbana de Juiz de Fora. O ribeirão possui sua nascente e foz dentro município.

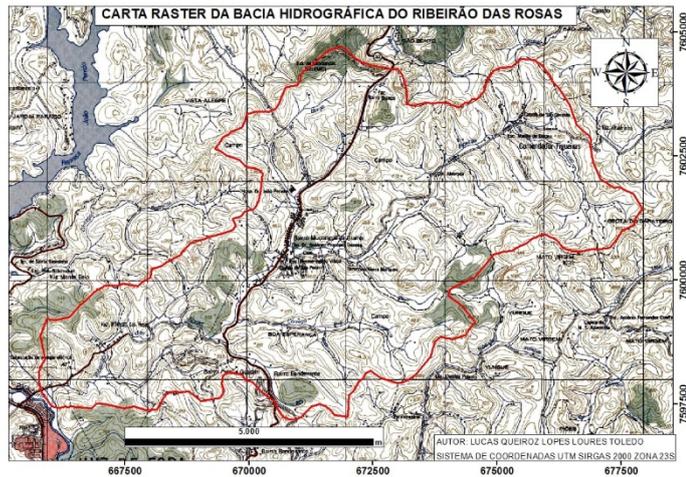


FIGURA 4.2 Carta *haster* da bacia hidrográfica do ribeirão das Rosas.
 Fonte: Elaborada pelo autor.



FIGURA 4.3 Carta hidrográfica da bacia hidrográfica do ribeirão das Rosas.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 4.3 representa a bacia hidrográfica do ribeirão das Rosas que tem sua nascente na área rural de Juiz de Fora, atravessa o bairro granjas Bethânia adentra ao CI/CEAC e tem a sua foz no rio Paraibuna. Nas margens do rio Paraibuna está localizada a primeira grande usina hidrelétrica da América do Sul, inaugurada em Juiz de Fora, Minas Gerais, no ano de 1889 (PJF, 2018).

A área de estudo está contida dentro do CI/CEAC do Exército Brasileiro. É uma área preservada, não existe lançamento de nenhum tipo de efluente no ribeirão. Dentro do CI/CEAC as matas ciliares são preservadas. A vegetação preserva os meandros dos rios, diminui a erosão, aumenta a infiltração de água no solo, funciona como um filtro e também

intercepta os raios solares diminuindo a temperatura favorecendo a oxigenação (SILVA, 2003 apud SOUZA, 2012).

De acordo com COPAM 016/1996, que dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna, o ribeirão das Rosas é classificado como classe 1.

4.1.1 Localização dos pontos de coleta

Para a realização do estudo foram escolhidos 3 pontos para as coletas de dados de vazão e qualidade da água localizados dentro do CI/CEAC. Os locais foram determinados levando-se em conta sua localização e logística, foram escolhidos de forma a abranger todo o CI/CEAC contemplando o ponto mais crítico (na entrada), um ponto intermediário e o ponto na saída do CI/CEAC de acordo com a Figura 4.4. Foram realizadas 4 campanhas de acordo com o quadro 4.1, duas na época da seca e duas na época das chuvas para abranger aproximadamente 1 ano hidrológico completo. Os pontos de coleta foram georreferenciados, pelo GPS map 76S Garmin, e suas coordenadas estão representadas no Quadro 4.2.

QUADRO 4.1 Datas das coletas

| | |
|-----------|------------|
| 1ª Coleta | 26/09/2017 |
| 2ª Coleta | 11/04/2018 |
| 3ª Coleta | 09/05/2018 |
| 4ª Coleta | 31/07/2018 |

Fonte: Elaborado pelo autor.



FIGURA 4.4 Pontos de coleta.

Fonte: GOOGLE EARTH, 2018.

QUADRO 4.2 Coordenadas dos pontos e descrição do local de coleta

| Pontos | Coordenadas | Descrição do local de coleta |
|--------|--------------------------------|---|
| 1 | 23 K 0669120 O 7598881 S | Ponto localizado logo após o início da área do CI/CEAC divisa com o bairro Granjas Bethânia. Chama atenção nesse ponto o mau cheiro e a coloração do ribeirão, condizente com o lançamento de esgoto bruto nos bairros a montante. Visualmente é o ponto com pior qualidade da água. |
| 2 | 23 K 0667156 O 7598582 S | Ponto localizado no CI/CEAC ao lado da antiga sede da fazenda ribeirão das Rosas. Entre o ponto 1 e 2 existe quedas d'água e a preservação das matas ciliares. O aspecto visual já muda consideravelmente, não tem mais o cheiro e o odor característicos do primeiro ponto. Nota-se que a fauna já volta a existir, presença de peixes entre outros animais. |
| 3 | 23 K 0669176 O 7597817 S | Ponto localizado logo ao fim do território do CI/CEAC, perto de um curral e atrás da sede da ASE campestre. Visualmente o melhor ponto dos 3, água com aspecto límpido e sem nenhum cheiro, fauna e flora consideravelmente melhores. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Método de medição de vazão

Utilizou-se o método Área x Velocidade para o cálculo da vazão, para isso calcula-se a área molhada da seção e a sua respectiva velocidade, com isso tem-se a vazão.

Para o cálculo da área foi determinada uma seção perpendicular ao sentido de escoamento do ribeirão. Com uma trena mediu-se a largura do ribeirão e esta foi dividida em três verticais para a realização da batimetria de cada seção. Calculou-se a área de cada seção, que juntas formam a área total.

A velocidade foi calculada pelo método do flutuador. O flutuador escolhido foi uma bola esférica de plástico de 10 cm de diâmetro e pesada o bastante para que a esfera fique com cerca de 15% de seu volume submerso. Para esse cálculo foi demarcado, na margem do ribeirão, uma distância de 3 metros com o objetivo de medir o tempo gasto para o flutuador percorrer essa distância. Foram realizadas cinco medições, a média aritmética dos resultados foi introduzida na equação 4.1 para a determinação da velocidade.

$$\text{velocidade (m/s)} = \frac{\text{distância (m)}}{\text{tempo (s)}} \quad (4.1)$$

De acordo com o método supracitado a vazão foi calculada pela multiplicação entre a área e a velocidade de acordo com a equação abaixo:

$$\text{vazão (m}^3/\text{s)} = \text{área (m}^2) \times \text{velocidade (m/s)} \times C \quad (4.2)$$

Onde:

Área é a área molhada calculada pela batimetria;

Velocidade (m/s);

C= coeficiente ou fator de correção (0,8 para rios com fundo pedregoso ou 0,9 para rios com fundo barrento). O coeficiente permite a correção devido ao fato de a água se deslocar mais rápido na superfície do que na porção do fundo do rio. Para esse estudo utilizou-se o valor de $c = 0,85$.

Nas coletas 2 e 3 não foi realizada a medição da vazão no ponto 3, por problemas de logística que foram solucionados na coleta 4.

4.3 Precipitação

Os dados de pluviometria foram obtidos pelo site de INMET, na estação de Juiz de Fora, foram gerados gráficos da chuva acumulada de 24 horas dos meses que houve coletas. O objetivo foi comparar os dados de pluviometria com os valores das vazões para verificar a influência da pluviometria nas vazões.

4.4 Qualidade da Água

O quadro 4.1 demonstra as 4 coletas realizadas no período de um ano. Cada coleta possui uma amostragem simples realizada no centro do corpo hídrico, conforme a NBR 9897 de 1987 e NBR 9898 de 1987, já os parâmetros de qualidade (temperatura, condutividade elétrica, pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), salinidade e oxigênio dissolvido (OD) foram medidos em campo com sondas multiparamétricas (Quadro 4.3). No Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Juiz de Fora(UFJF) foram realizadas análises, seguindo os métodos instituídos no *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA 2012), dos parâmetros físico-químicos de turbidez, cor aparente, cor

verdadeira, nitrito, nitrato, sólidos totais (ST), nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ferro e demanda química de oxigênio (DQO) (Quadro 4.3).

Para obtenção dos parâmetros no laboratório de qualidade ambiental (LAQUA) as amostras foram coletadas e conservadas em recipientes especiais previamente esterilizados seguindo a metodologia usada da APHA (2012) e colocadas em um ambiente térmico para seu transporte.

As análises realizadas no LAQUA seguiram as metodologias da APHA (2012) de acordo com a quadro 4.3.

QUADRO 4.3 Metodologia e equipamentos para cada parâmetro analisado

| PARÂMETROS | METODOLOGIA | EQUIPAMENTOS |
|---------------------|----------------------------------|--|
| CE | 2510.B | Sonda HANNA HI9828 |
| Temperatura | 2510.B | |
| Salinidade | 2510.B | |
| SDT | - | |
| pH | 2510.B | |
| Cor verdadeira | 2120.C | Colorímetro |
| Cor aparente | 2120.C Colorimetria Fotoelétrica | Colorímetro |
| Turbidez | 2130.B Nefelométrico | Turbidímetro |
| Nitrato | 4500.NO3-B | Espectrofotômetro |
| NITROGENIO AMONICAL | 4500.N C | - |
| Ferro | 3500 Fe B | Espectrofotômetro |
| Fosforo | 4500 P E | - |
| ST | 4500 P E | - |
| Oxigênio dissolvido | 4500.OG | Sonda HANNA HI9828 / Sonda HACH 58258-00 |
| DBO _{5,20} | 5210.B - Winkler | - |
| DQO | 5220.D | Espectrofotômetro |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: DBO – demanda bioquímica de oxigênio / DQO – demanda química de oxigênio / ST – sólidos totais / SDT – sólidos dissolvidos totais / CE – condutividade elétrica / pH - potencial hidrogeniônico.

Aconteceram problemas laboratoriais na análise de DBO que inviabilizaram a conclusão dos resultados da terceira e quarta coletas. A salinidade e os sólidos dissolvidos totais não foram

realizados na última campanha por problemas técnicos no equipamento de medição em campo. Na análise de nitrato na primeira coleta no ponto 1 e na quarta coleta no ponto 2 houve problemas laboratoriais que inviabilizaram os resultados.

5 RESULTADOS

5.1 Vazão e pluviometria

Os resultados das vazões obtidas nas quatro campanhas estão expostos no quadro 5.1.

QUADRO 5.1 Dados de Vazões

| Ponto | Coleta 1 | | | Coleta 2 | | | Coleta 3 | | | Coleta 4 | | |
|-------------------------------------|----------|------|------|----------|------|---|----------|------|---|----------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| V _m (m/s) | 0,17 | 0,42 | 0,24 | 0,29 | 0,85 | - | 0,3 | 0,57 | - | 0,26 | 0,83 | 0,47 |
| Largura (m) | 3,60 | 3,70 | 2,65 | 4,75 | 3,80 | - | 4,90 | 4,00 | - | 4,10 | 2,50 | 3,30 |
| Áreas medidas (m ²) | 1,63 | 1,36 | 0,62 | 5,01 | 0,95 | - | 5,47 | 1,78 | - | 4,00 | 0,39 | 1,60 |
| Vazão (m ³ /s) | 0,28 | 0,57 | 0,15 | 1,45 | 0,80 | - | 1,64 | 1,01 | - | 1,04 | 0,32 | 0,75 |
| Fator de correção C | 0,85 | | | | | | | | | | | |
| Vazão corrigida (m ³ /s) | 0,24 | 0,48 | 0,12 | 1,23 | 0,68 | - | 1,39 | 0,86 | - | 0,88 | 0,27 | 0,64 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esperava-se que a vazão fosse aumentando de montante para jusante, pois não há nenhum tipo de captação de água na área de estudo, mas analisando a figura 5.1 verifica-se que isso não ocorreu. A variação das vazões entre os três pontos de amostragem nas 4 coletas realizadas sugere que há possivelmente um erro de medição, bem como, desvios naturais do curso d'água que não foram percebidos durante as coletas e nem observados nas cartas hidrográficas. Segundo Gaio (2018) entre os pontos amostrados em seu trabalho, realizado na mesma área de estudo, há aumento das vazões em função dos afluentes existentes. As alterações observadas na Quadro 5.1 são ainda alvo de investigações tendo em vista que o projeto de monitoramento continuará após o término desse trabalho.

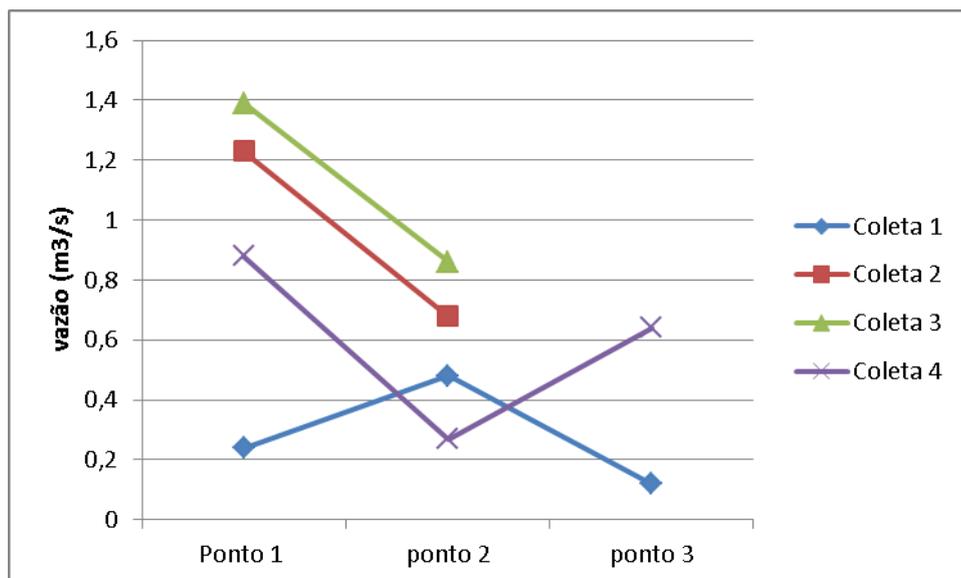


FIGURA 5.1 Variação da vazão durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Houve, também, uma análise das vazões comparadas com a pluviometria obtida pela estação do INMET localizada em Juiz de Fora. A premissa inicial é que a vazão varia em função da precipitação. Para essa análise utilizou-se os dados de vazão apenas do ponto 1 que se manteve mais estável ao longo das 4 campanhas e também existem dados de todas as coletas.

A primeira campanha realizada no dia 26/09/2017 tem a menor vazão entre as 4 campanhas, analisou-se os dados de precipitação do INMET e observou-se que não houve chuva nos dias anteriores a coleta e tendo em vista que setembro é época de seca os valores estão de acordo com a premissa inicial.

A segunda campanha realizada no dia 11/04/2018 obteve uma vazão maior que na primeira campanha analisando os dados de precipitação do INMET observou-se que nos dias anteriores da campanha houve chuvas substanciais com valores de precipitações que ultrapassaram os 55 mm, mostrando um acordo em relação a esse aumento.

A terceira campanha foi realizada no dia 09/05/2018 obteve-se o maior valor de vazão das 4 campanhas, esse fato pode ser explicado pois houve chuva de 9 mm no dia da coleta de dados e na madrugada antecedente, de uma maneira geral a coleta 2 era para ter tido o maior valor de vazão levando em consideração que abril, em média, tem maiores valores de pluviometria e que os dados de precipitações de abril disponibilizados pelo INMET mostram maiores

valores pluviométricos, porém a chuva ocorrida no dia da terceira coleta foi determinante para que esta superasse a segunda.

A quarta campanha realizada no dia 31/07/2018 obteve o segundo menor valor de vazão, menor apenas que a primeira campanha. Houve chuva no mês anterior a coleta totalizando 13 mm, diferente da primeira campanha, esse fato foi determinante para esse valor maior, tendo em vista que as duas coletas foram realizadas na época de seca. A premissa inicial foi confirmada nas quatro campanhas, demonstrando que a variação da vazão no ribeirão das Rosas está diretamente ligada a variação da precipitação, quando ocorre aumento na precipitação ocorre uma resposta na vazão. Porém, quando ocorre chuva no dia da coleta de dados os valores encontrados não são os valores reais e, sim, as vazões de pico expressas pelo aumento abrupto da vazão no momento da precipitação. Para a análise da qualidade da água sempre que se falar aumento ou diminuição de vazão entende-se os valores do ponto 1 que obtiveram maior constância e foram medidos em todas as campanhas.

5.2 Qualidade da água

Determinaram-se no ribeirão das Rosas os parâmetros de condutividade elétrica (Figura 5.1) com variações entre 63 a 171 uS/cm, o que está de acordo com Von Sperling (2007) que cita que as águas naturais apresentam condutividade na faixa de 10 a 100 uS/cm. Houve uma diminuição da condutividade elétrica ao longo dos pontos nas coletas 2 e 3. A coleta 4 obteve-se uma constância nos dados com pouquíssima alteração. A coleta 1 obteve um aumento entre o ponto 1 e o ponto 2 diferenciando da tendência das outras coletas, demonstrando uma possível interferência externa na medição *in loco*. Essa tendência de diminuição é condizente com a situação do ribeirão que não apresenta lançamento de esgoto bruto dentro da área de estudo.

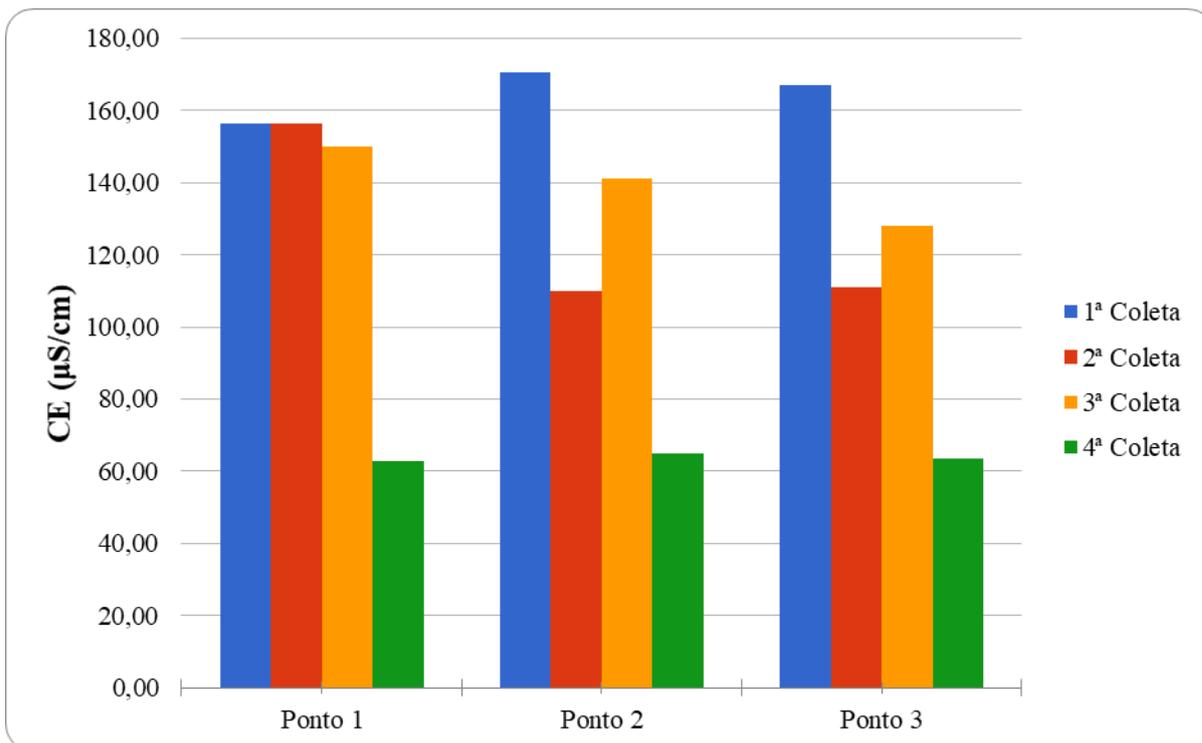


FIGURA 5.2 Condutividade Elétrica durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Resolução CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 não estabeleceu valores específicos de condutividade e temperatura.

A figura 5.2 mostra a variação da temperatura ao longo das 4 coletas. Houve uma variação no decorrer dos meses das coletas, com variações de 16,6C a 21,2C. Variação explicada pela mudança das estações do ano e condizentes com os dados de temperatura obtidos pela estação de monitoramento do INMET. Porém dentro da mesma coleta houve pouca variação entre os pontos.

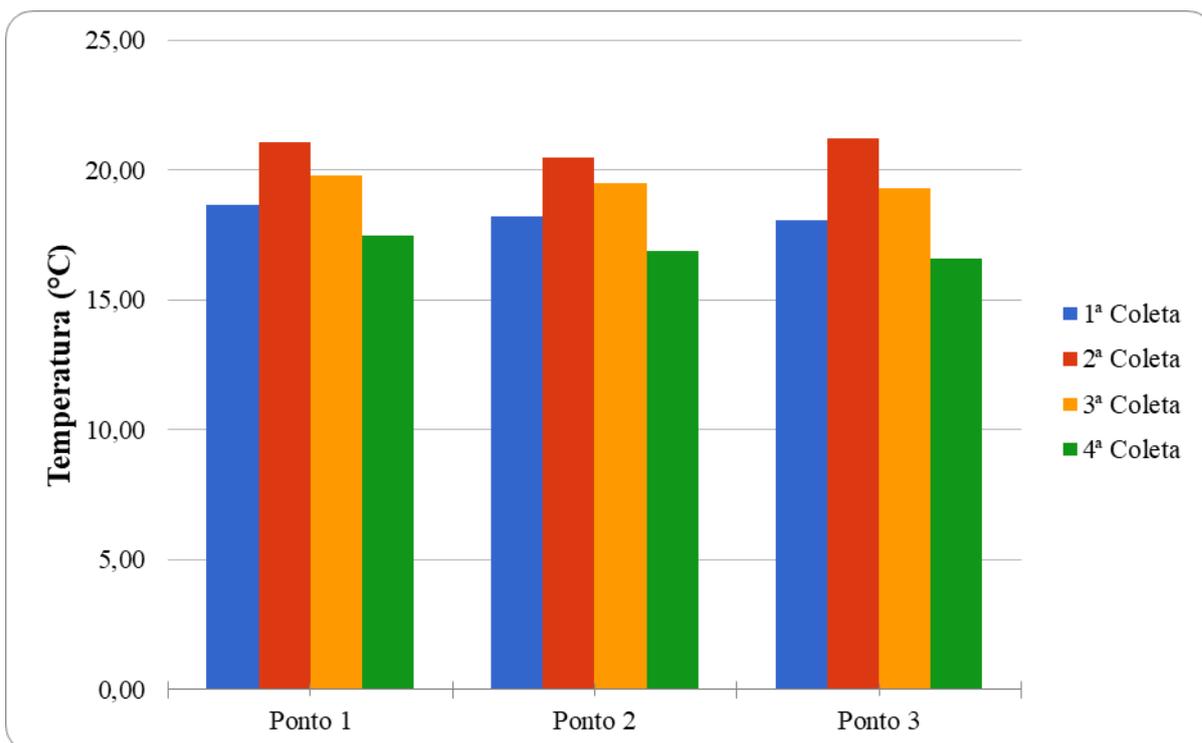


FIGURA 5.3 Temperatura da água durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se que os valores encontrados das temperaturas das coletas estão de acordo com os dados no INMET, na estação de Juiz de Fora, para as temperaturas medias diárias da cidade na mesma data. Nas coletas 1 e 4 foram encontradas as menores temperaturas relativas ao outono e inverno no hemisfério sul. Seguindo o padrão, as coletas 2 e 3 obtiveram valores maiores condizente com primavera e verão no hemisfério sul.

Quanto aos valores de salinidade (Figura 5.4), SDT (Figura 5.5) e pH (Figura 5.6) determinados podemos afirmar que estão de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008.

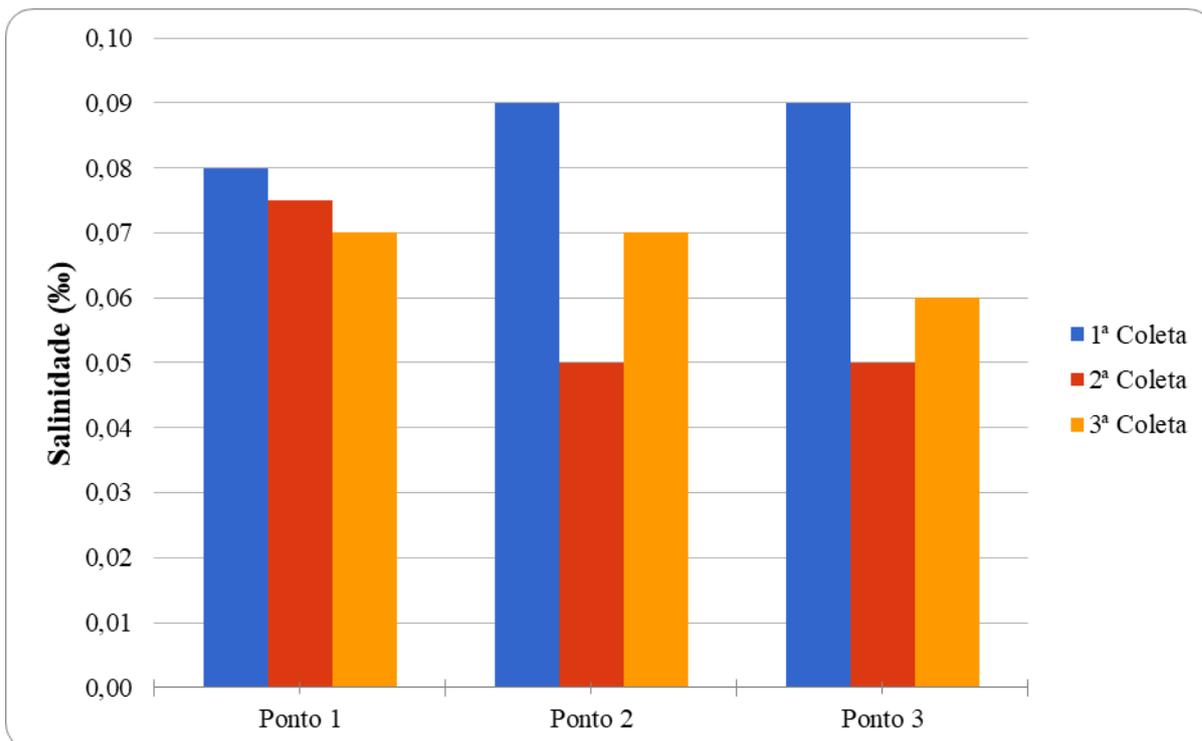


FIGURA 5.4 Salinidade durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor de salinidade estabelecido pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 é de 0,5 ‰, sendo assim em todas as coletas e em todos os pontos de amostragem obtiveram-se valores inferiores. Houve uma variação entre as coletas evidenciando a diferença de vazão entre as coletas marcadas pela influência da precipitação na mesma. Já a variação entre as coletas foi muito pequena e não houve um padrão de variação.

De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008, corpos hídricos classificados como doce tem limite de SDT igual 500 mg/L, sendo assim todos os pontos em todas as coletas atenderam os padrões estabelecidos pela norma. Observando os valores encontrados de SDT constatamos que os mesmos foram mais baixos na segunda e terceira coletas, estas realizadas nos períodos com maiores vazões. Houve um decaimento entre os pontos na coleta 2 e 3, o que não ocorreu na coleta 1. Esse decaimento é coerente com a situação do ribeirão que não recebe nenhum tipo de lançamento dentro da área de análises. A coleta 1 que teve o menor valor de vazão das 4 coletas, o que explica o aumento dos valores de SDT assim como seu não decaimento entre os 3 pontos.

Nota-se que os gráficos de salinidade e de SDT seguem os mesmos padrões nas 3 coletas mostrando uma proporcionalidade entre esses parâmetros, mostrando a interdependência destes com as precipitações e consequentes aumentos de vazão.

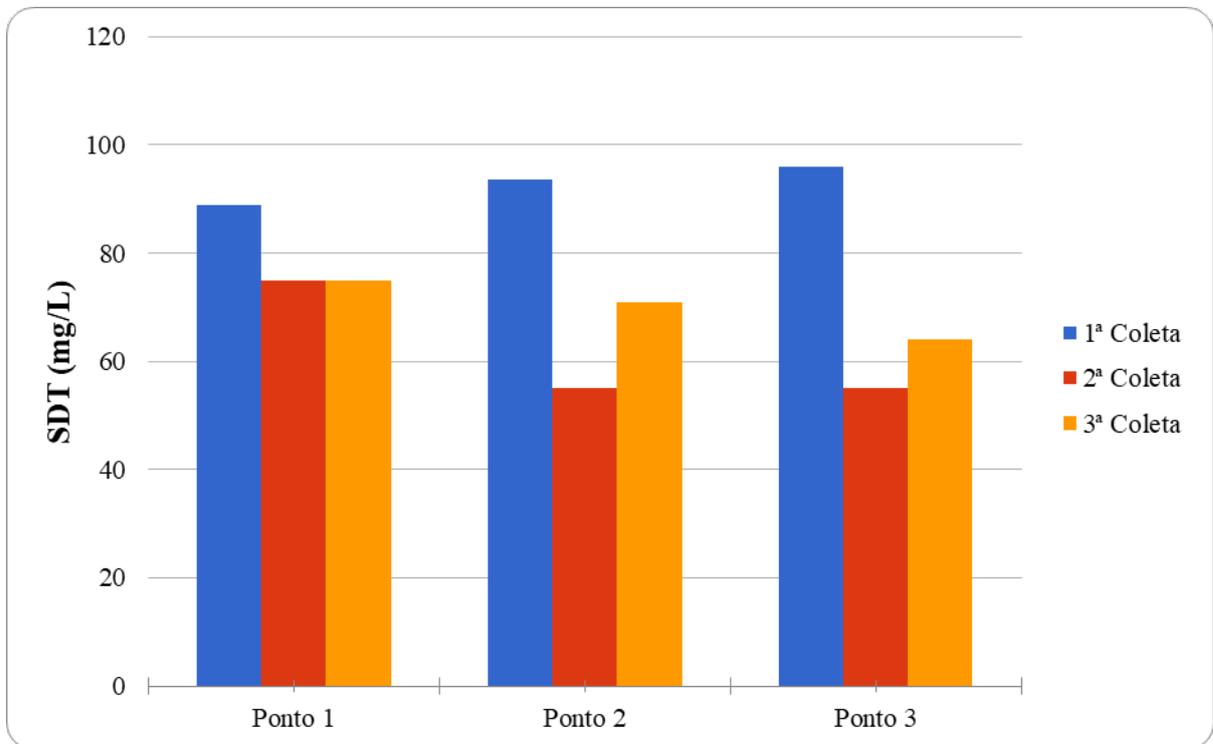


FIGURA 5.5 Sólidos Dissolvidos Totais durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

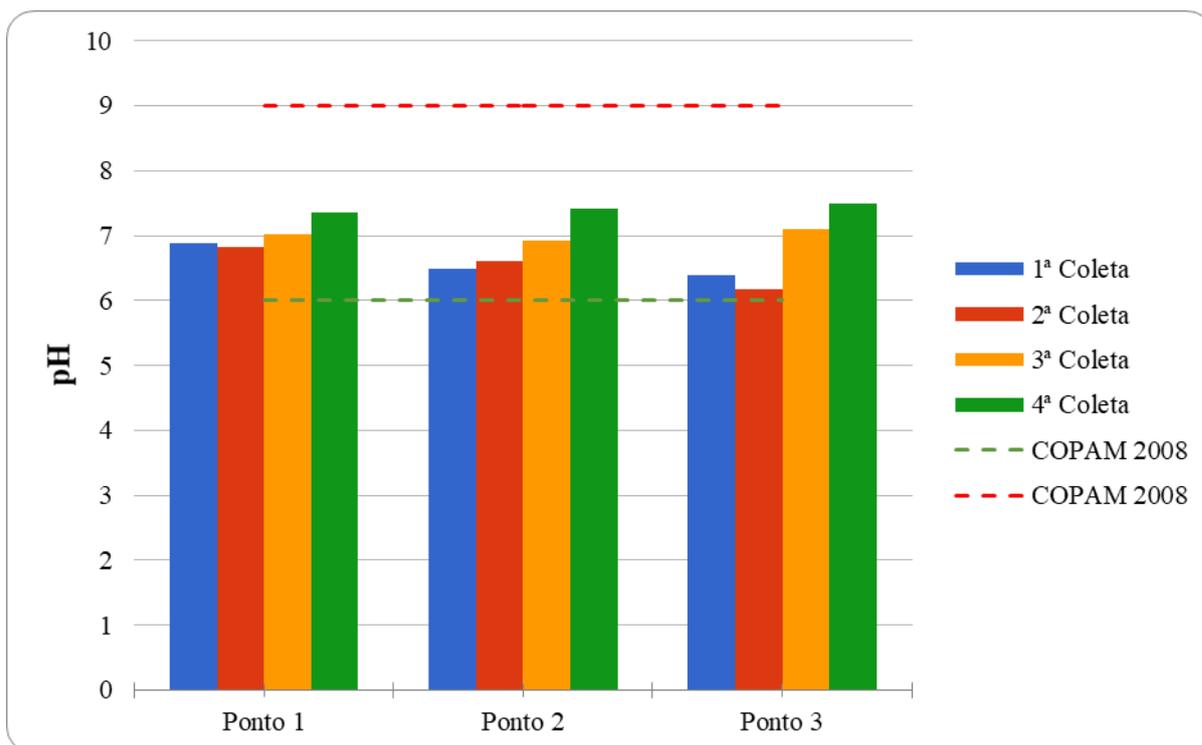


FIGURA 5.6 pH durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 os valores de pH para rios de classe 1 deve variar de 6 (limite inferior) a 9 (limite superior), sendo assim os valores obtidos de pH estão dentro do aceitável. O valor mais baixo foi de 6,1 na segunda coleta e o mais alto de 7,5 na quarta coleta demonstrando que a variação do pH entre as coletas é baixo. Porém, sua oscilação acompanha a oscilação da vazão. Entre as coletas essa variação é ainda mais baixa. A maior variação entre coletas foi na segunda coleta onde houve uma variação de 0,6.

Houve uma constância nos valores encontrados para cor verdadeira e aparente, em que a variação entre os pontos nas coletas 2, 3 e 4 é irrelevante. Na primeira campanha os dados encontrados foram substancialmente maiores. No primeiro ponto, esse aumento chegou a quase 85 % maior que os dados das outras coletas. Mesmo havendo um decaimento entre os pontos 1,2 e 3 o valor obtido no ponto 3 está bem acima das coletas anteriores. Analisando os dados de vazão observa-se que na primeira campanha encontrou-se a menor vazão entre todas as campanhas, o que pode explicar essa discrepância nos valores pela menos diluição dos efluentes lançados no Ribeirão dos bairros a montante do CI/CEAC.

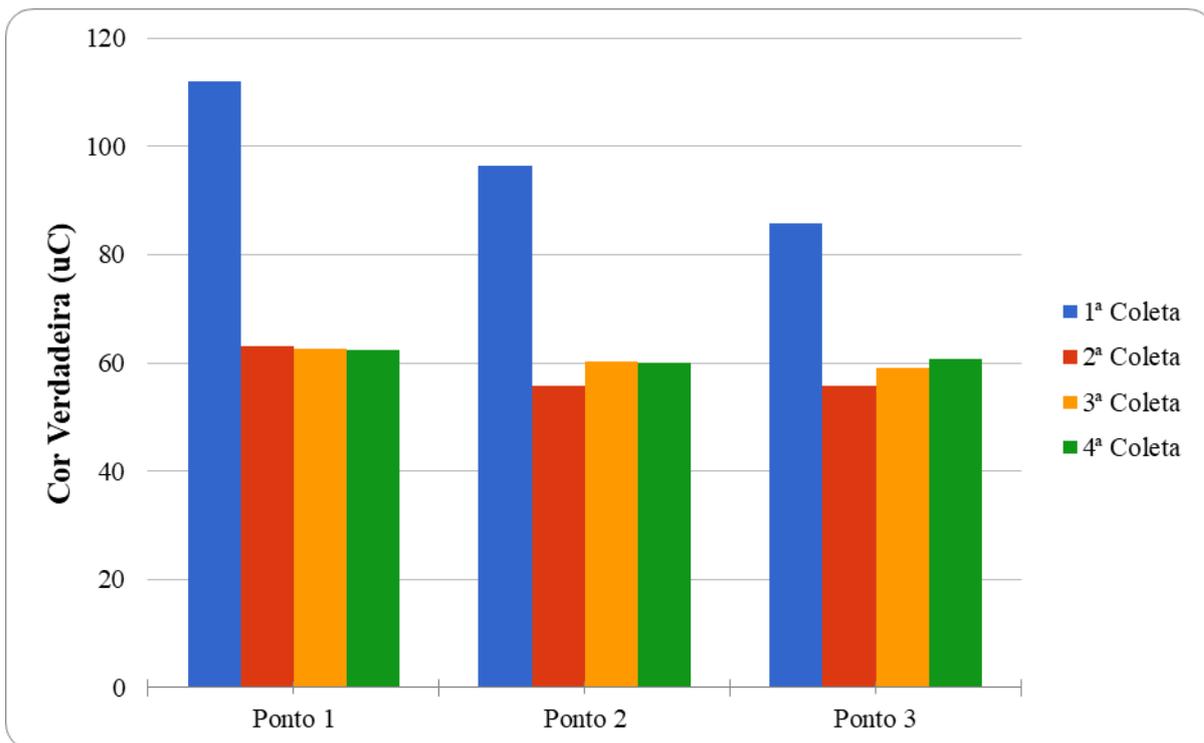


FIGURA 5.7 Cor Verdadeira durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

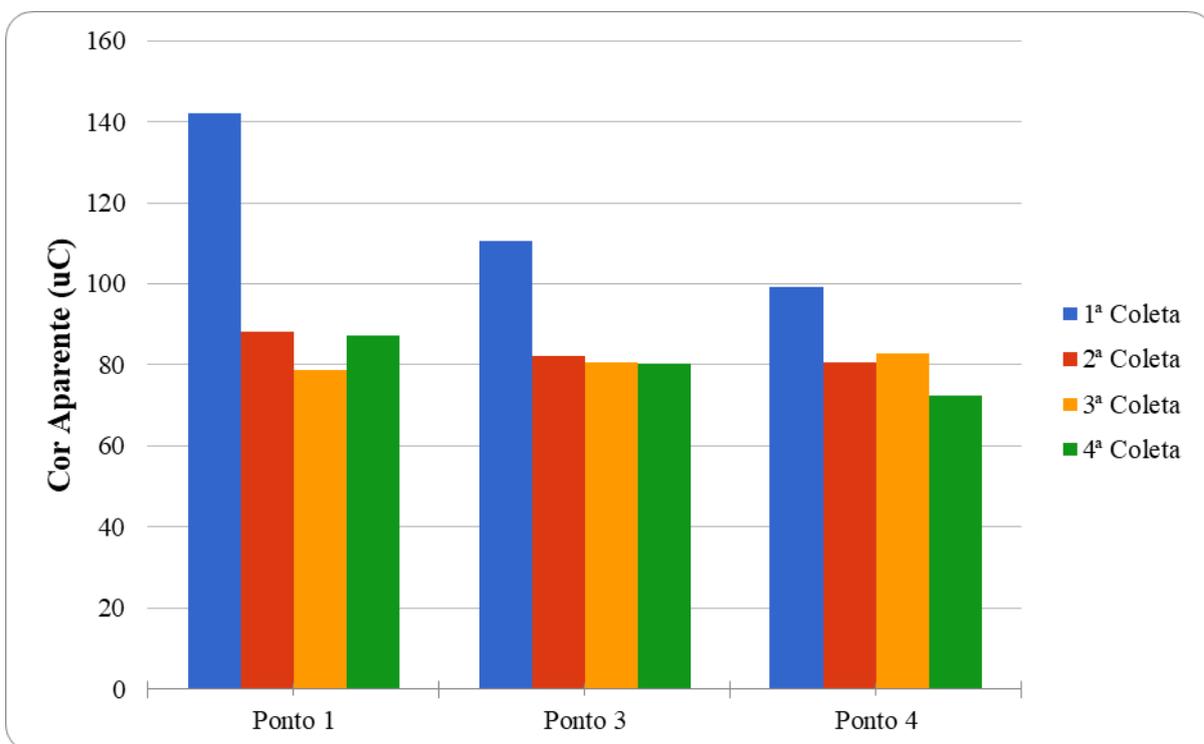


FIGURA 5.8 Cor Aparente durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A turbidez na primeira coleta obteve-se valores mais baixos em relação às outras coletas. A segunda, terceira e quarta coletas mantiveram os valores constantes exceto no ponto 4 da última coleta. A primeira coleta, da qual, em média, obtiveram-se os menores valores de turbidez, também se obtiveram os menores valores de vazão, confirmando os resultados obtidos por Santos (2016) de relação entre precipitação e turbidez. O gráfico de turbidez vai em contraponto ao gráfico de cor aparente, onde obteve-se valores maiores na primeira coleta, possivelmente porque, nesse caso houve maior influência da cor verdadeira do que a influência da turbidez, na cor aparente. Segundo Sperling (2007) a cor aparente é influenciada pela parcela relativa à turbidez da água.

Sperling (2007) também afirma que após a turbidez ser removida por centrifugação obtém-se a cor verdadeira, valores baixos de turbidez explicam a variação pequena entre os gráficos de cor aparente e verdadeira e, também, a mesma tendência entre as duas. Os valores de turbidez da segunda coleta estão em desacordo com as normas, esse aumento é explicado pelo aumento de vazão nessa coleta referente ao aumento de pluviosidade já comentado anteriormente.

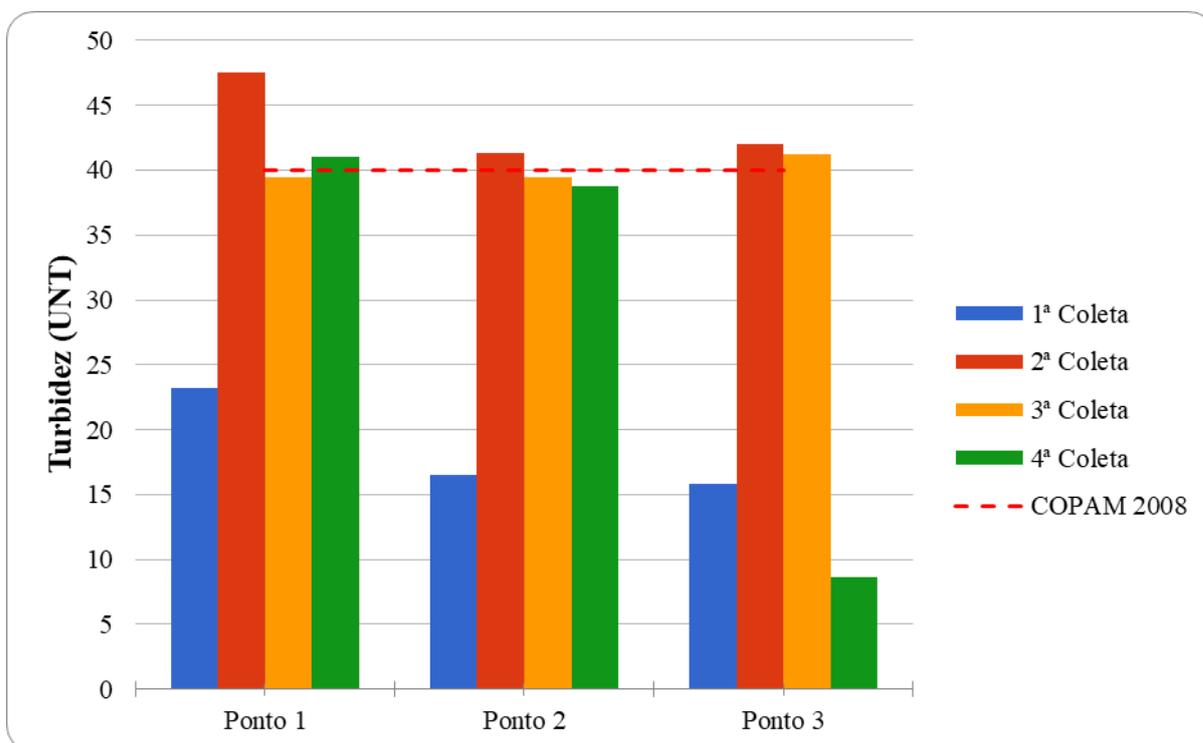


FIGURA 5.9 Turbidez durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores medidos de nitrato (Figura 5.9)), em todos os pontos, estão de acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 para classe 1 o limite para nitrato é de 10 mg/L.

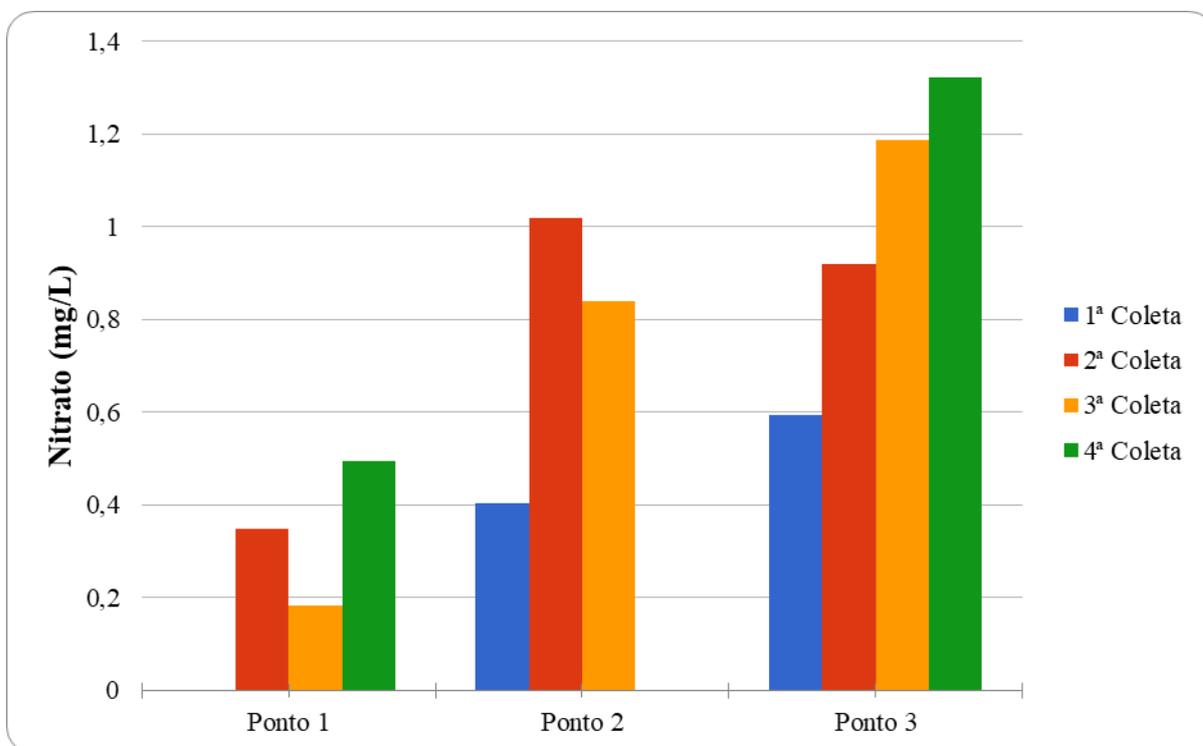


FIGURA 5.10 Nitrato durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

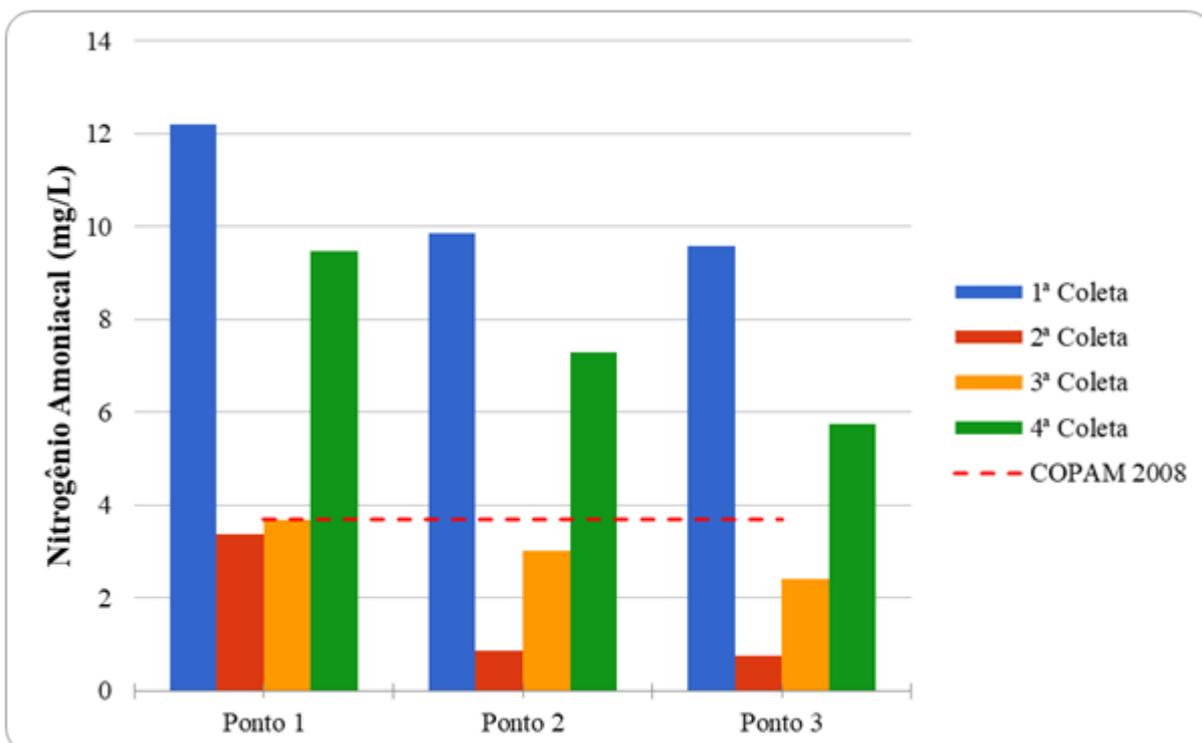


FIGURA 5.11 Nitrogênio Amoniaco durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma justificativa para essa variação seria o processo de nitrificação, que é a transformação de amônia a nitrito e este em nitrato. Outra possível causa para esse aumento considerável de nitrato, seria o carreamento de fezes de animais, provenientes do campo de instruções, para dentro do corpo hídrico.

Os valores de nitrogênio amoniaco (Figura 5.10), em todos os pontos da primeira e quarta coleta, estão em desacordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 para classe 1 o limite de nitrogênio amoniaco é de 3,7 mg/L.

Esse valor elevado de nitrogênio amoniaco é condizente com o lançamento de esgoto bruto enquanto que a sua diminuição compatível com a nitrificação corroborada pelo aumento de nitrato. Nota-se que as duas campanhas com os maiores valores encontrados para nitrogênio amoniaco foram as mesmas com os menores valores de vazões, mostrando a influência da vazão/precipitação na diluição do esgoto bruto, indicado pelo nitrogênio amoniaco. Também estão acima dos valores máximos estabelecidos os parâmetros de ferro e fósforo. (Figuras 5.11 e 5.12).

De acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 a concentração de ferro em corpos hídricos para classe 1 deve-se manter em 0,3 mg/L. Todos os pontos em todas as coletas estão em desacordo com as resoluções. A área de estudo está localizada em uma bacia hidrográfica na região composta essencialmente por latossolo vermelho/amarelo (de SOUZA et al., 2015), enriquecido de óxido de ferro e alumínio, o que explica esses valores elevados. Na segunda campanha obteve-se os maiores valores de ferro mesmo não tendo os maiores valores de vazão. Esse fato ocorreu, pois nos dias anteriores à coleta ocorreram chuvas substanciais o que ocasionou um carreamento de solo para o corpo hídrico elevando os valores de ferro. Na terceira coleta, onde ocorreu o maior valor de vazão, obtiveram-se os menores valores de ferro, a chuva ocorreu poucas horas antes da coleta, a área urbana a montante da área de estudo é toda impermeabilizada gerando um escoamento superficial muito rápido o qual aumenta substancialmente os valores de vazão. A área de estudo encontra-se dentro de uma área preservada, onde o escoamento ocorre de forma mais gradual. Essa diferença de resposta das bacias explica esse declínio instantâneo do ferro no corpo hídrico. Não houve medida do ferro no dia posterior a chuva, porém os valores tendem a aumentar e a normalizar.

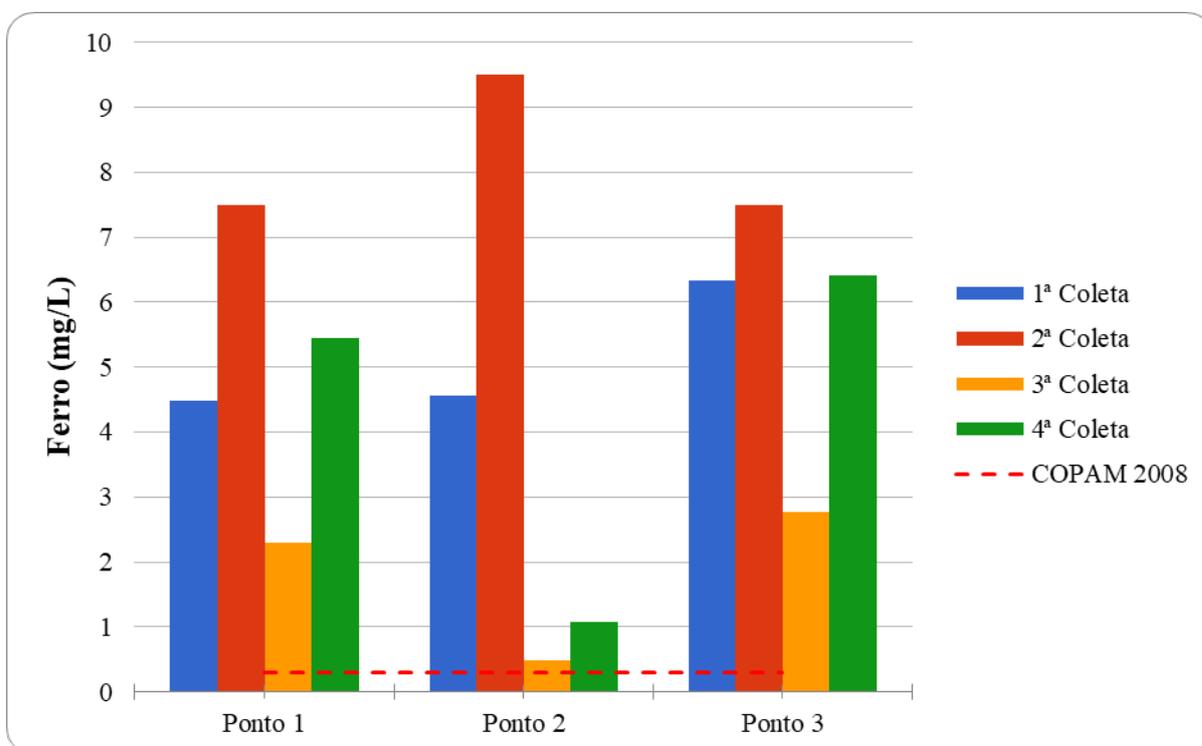


FIGURA 5.12 Ferro durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

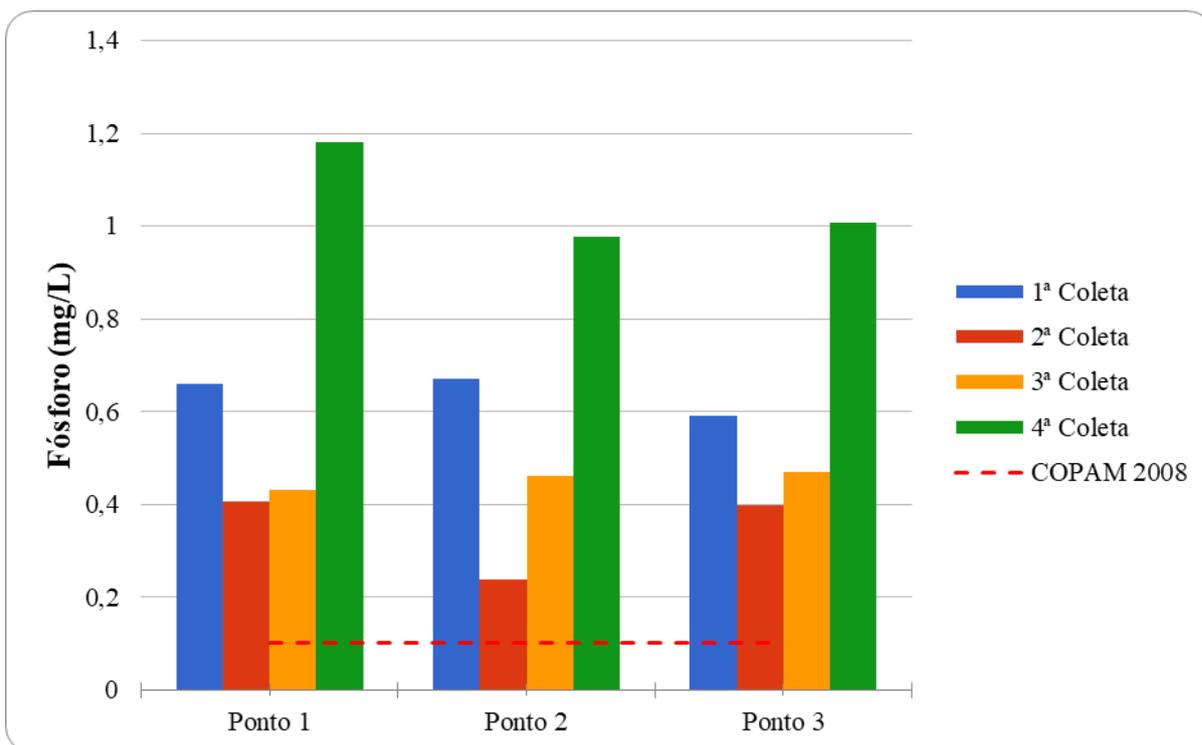


FIGURA 5.13 Fósforo durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
Fonte: Elaborado pelo autor.

O fósforo encontrado pode ser de origem natural ou ainda de origem antrópica, devido ao lançamento de esgoto bruto sem tratamento. Buzelli (2013) estabelece que o acúmulo desse nutriente no corpo hídrico propicia o desenvolvimento de algas e macrófitas, proporcionando o aumento da produção primária, o que leva ao processo de eutrofização. Houve um pico nos valores de fósforo na quarta coleta, que pode caracterizar um lançamento de esgoto. Em relação as coletas 1,2 e 3 a coleta 1 que possui a menor vazão obteve os maiores valores de fósforo.

Aferiu-se os valores de clorofila apenas na 4 campanha, uma vez que houve problemas na análise laboratorial, e os valores encontrados estão de acordo com o estabelecido pela CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 que prevê valor máximo de 10 ug.L.

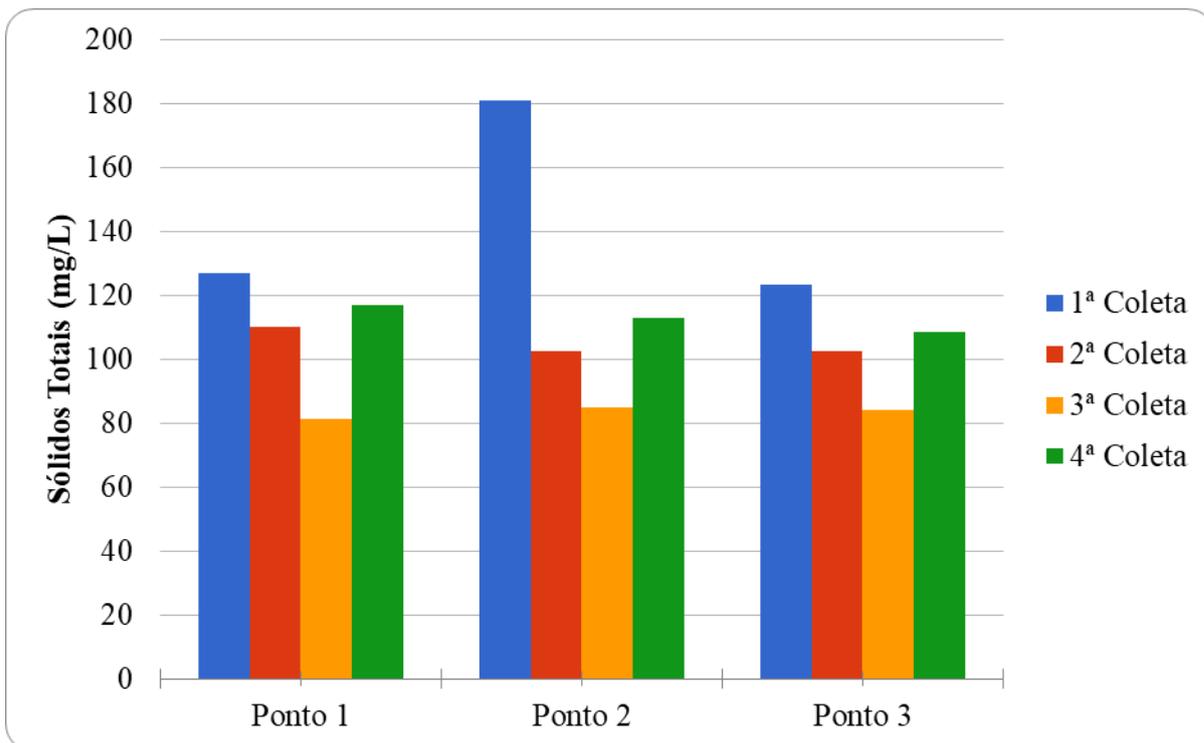


FIGURA 5.14 Sólidos Totais durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores dos Sólidos Totais (Figura 5.13) foram constantes nas coletas, com exceção do ponto 2 na primeira coleta, sendo que este ponto está inserido numa região com muita turbulência, o que pode ter gerado um revolvimento do fundo do ribeirão, fazendo aumentar bastante seu valor.

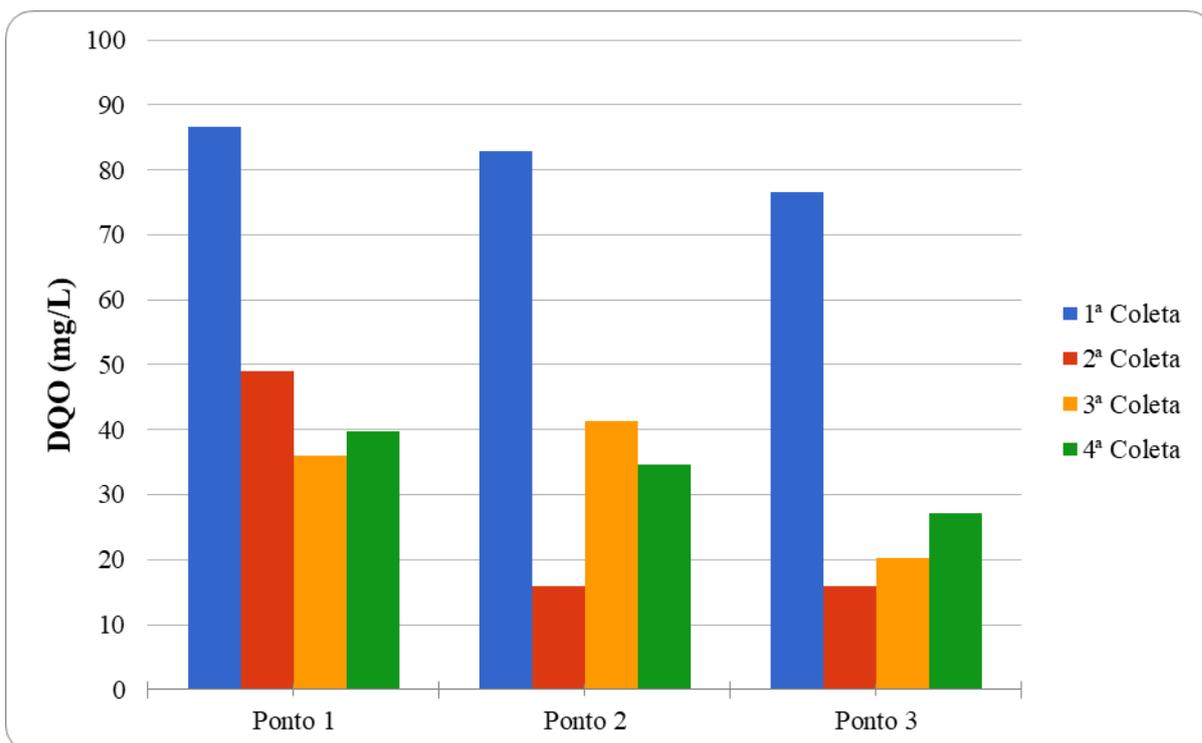


FIGURA 5.15 DQO durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Não há valores estabelecidos de DQO (Figura 5.14), o qual está relacionado com a matéria orgânica biodegradável ou não. Constatamos uma diminuição do mesmo no decorrer dos pontos, resultado da degradação da matéria orgânica biodegradável, exceto no segundo ponto da terceira coleta, onde houve um pequeno aumento que pode estar relacionado as turbulências encontradas nesse ponto de medição.

O parâmetro de DBO encontrado está acima do valor estipulado pela CONAMA 357/2005 COPAM 01/2008, que é de 3 mg/L. Os valores encontrados na primeira coleta variaram de 13 a 9 mg/L e na segunda coleta variaram de 5 a 7 mg/L. Esses valores estão em desacordo com os valores encontrados por Gaio et al (2018) que variaram de 32 a 12 mg/L. Gaio et al (2018) realizou seu estudo na mesma área de realização deste trabalho, alguns pontos de coleta coincidentes outros não, seus dados foram coletados entre agosto de 2017 e maio de 2018.

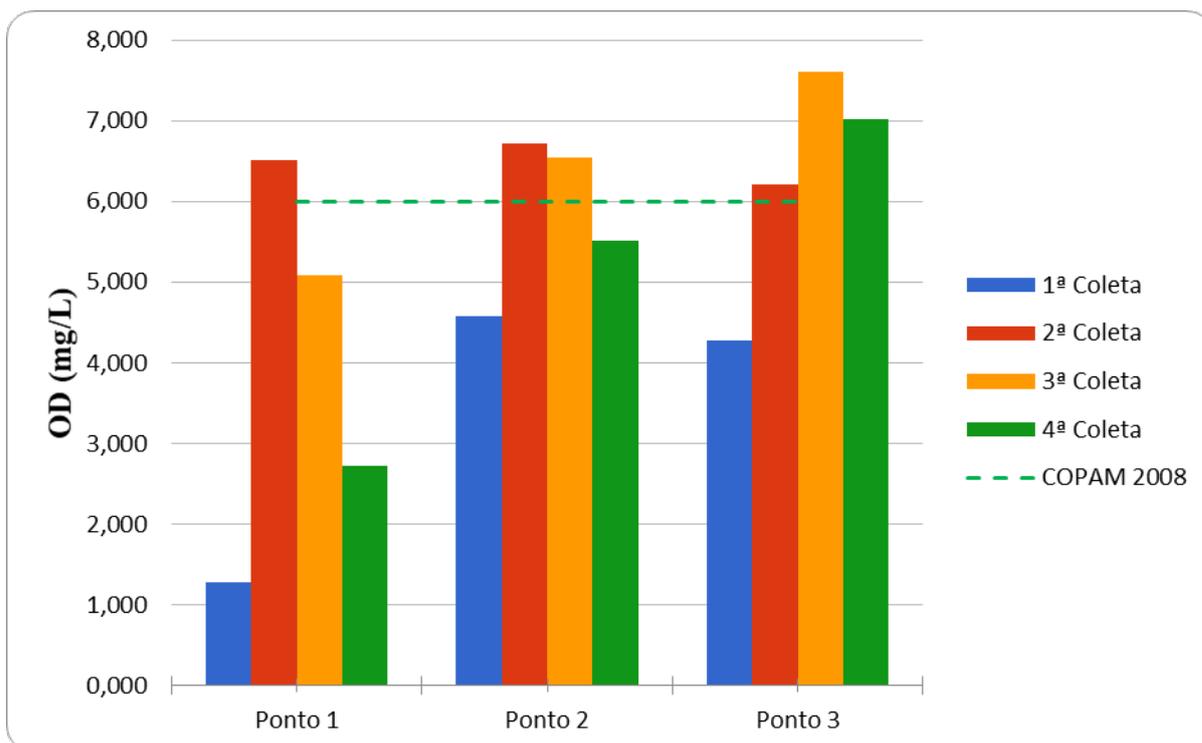


FIGURA 5.16 Oxigênio Dissolvido durante as quatro campanhas ao longo do ribeirão das rosas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Também constata-se que o parâmetro OD (Figura 5.15) não atende aos padrões previstos nas legislações em seis medições realizadas. Os valores encontrados são compatíveis com a alta concentração de matéria orgânica resultante dos lançamentos de efluentes dos bairros a montante. Porém, percebe-se que esse padrão de OD vem melhorando ao longo dos pontos devido à reaeração decorrente da presença de quedas d'água ao longo do trecho e a redução da matéria orgânica. Os valores da segunda coleta estão em acordo com os valores de Gaio (2018) que realizou uma coleta em fevereiro, apenas um mês antes da segunda coleta e encontrou valores médios para o ribeirão das Rosas de 5,3 mg/l.

De acordo com o quadro 5.2 observa-se o número de vezes, num total de quatro coletas que os parâmetros que estiveram em desacordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008 ao longo das quatro campanhas foram turbidez, OD, ferro, fósforo e nitrogênio amoniacal, além da DBO, mas como não se tem os valores de todos os pontos não foi colocado no quadro 5.2. Porém, esses dados não podem ser analisados de forma subjetiva, mesmo alguns parâmetros estando em desacordo com as legislações existentes ocorreu uma melhora gradativa da qualidade da água entre os pontos de coleta evidenciada pelo aumento

dos parâmetros em conformidade com a legislação. Demonstrando a influência positiva da preservação da área de mata pertencente ao CI/CEAC na melhoria dos parâmetros de qualidade da água. Nota-se que dentre esses parâmetros, nitrogênio amoniacal, fósforo e OD estão ligados a lançamentos de esgotos e ferro e turbidez em relação, principalmente a precipitação e ao tipo de solo.

QUADRO 5.2 Parâmetros em desacordo com as normas

| | Turbidez | OD | Ferro | Fósforo | Nitrogênio. Amoniacal |
|---------|----------|-----|-------|---------|--------------------------|
| Ponto 1 | 2/4 | 3/4 | 4/4 | 4/4 | 2/4 |
| Ponto 2 | 1/4 | 2/4 | 4/4 | 4/4 | 2/4 |
| Ponto 3 | 2/4 | 1/4 | 4/4 | 4/4 | 2/4 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 CONCLUSÃO

No que tange a vazão, os valores obtidos estiveram de acordo com os dados de pluviometria, quando houve aumento na precipitação houve uma resposta imediata na vazão do ribeirão. Nas coletas precedidas pelas maiores precipitações houve aumento das vazões. As vazões variaram entre as coletas, logo necessita-se de mais medições de vazão e um estudo mais aprofundado da hidrográfica local para poder afirmar que existe um desvio natural de água no ribeirão entre o ponto 1 e o ponto 2, e/ou também poder afirmar com maior certeza a hipótese da existência de erro de medição na vazão. A parte efetiva da chuva que é transformada em vazão se mostrou relacionada com a qualidade das águas no ribeirão, essa relação é explicada pela diluição. Mantendo-se constante o lançamento, com o aumento da vazão diminui a concentração dos parâmetros medidos no ribeirão, influenciando diretamente na qualidade da água do mesmo, o nitrogênio amoniacal representa muito bem essa interdependência.

No que se refere à qualidade da água, verificou-se que os parâmetros OD, DBO, fósforo, turbidez, nitrogênio amoniacal e ferro estão em desacordo com a Resolução CONAMA 357/2005 e COPAM 01/2008, porém mesmo nas coletas onde os valores não foram atendidos houve uma melhora gradual entre os pontos da mesma coleta demonstrando a influência positiva da preservação da área de mata pertencente ao CI/CEAC na melhoria dos parâmetros de qualidade da água. Para que os parâmetros estejam em conformidade com as normas, sugere-se realizar a captação do esgoto dos bairros a montante do campo de instruções e seu devido tratamento.

7 RECOMENDAÇÕES

Para um melhor tratamento estatístico dos dados pretende-se continuar o monitoramento do ribeirão para sanar dúvidas de valores e obter uma base de dados substancial.

Recomenda-se para trabalhos futuros fazer o estudo de concentração da bacia, utilizar métodos de medição de vazão mais precisos e de fato realizar uma verificação efetiva da hidrografia da bacia, em relação a desvios naturais e afluentes do Ribeirão.

8 BIBLIOGRAFIA

ANA - Agência Nacional de Águas. *Abastecimento*. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-água/abastecimento>>. Acesso em: 22 de novembro de 2018.

ANA - Agência Nacional de Águas. *Quantidade de água*. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-água/quantidade-da-água>>. Acesso em: 22 de novembro de 2018.

ANDRADE, L. N. *Autodepuração Dos Corpos D'água*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFES – Vitória, ES, Brasil. 2010

APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22^o Edition, In: *American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation*. Scientific Research an Academic Publisher, 2012.

AQUINO, S. F.; SILVA, S. de Q.; CHERNICHARO, C. A. de L. et al Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. In: *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, p. 295-304, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n4/a01v11n4.pdf>>.

BUZELLI, G. M., CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do Reservatório de Barra Bonita, SP. In: *Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v.8, n.1, p.186-205, 2013.

CASSIOLATO, C.; ALVES, E. O. *Medição de vazão*. São Paulo, 2008.

CEMIG. Companhia de energia de minas gerais. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/Joasal.aspx. Acesso em 20 de novembro de 2018.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. dos. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. In: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 6, p. 922-930, 2009. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento2009/922.pdf>

COELHO, V. H. R. et al..Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 18, n. 1, 2014. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v18n01/v18n01a09.pdf>

COMITÊ, D., & SUL, D. *Plano de recursos hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*: resumo: diagnóstico dos recursos hídricos: relatório final. Resende: AGEVAP, 2006.

COSTA, H. F. Monitoramento da qualidade da água e do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa de São Pedro, Juiz de Fora(MG) no período de 2005 a 2015. In: XXXXX, 2016. Disponível em:<

de SOUSA O, A. P., Silva, J. B. G., de Oliveira Pereira, R., & Santos, A. S. P. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DE UM LATOSSOLO ADUBADO COM LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA. *Revista Internacional de Ciências*, 5(2), 29-46

de SOUZA, J. R., de MORAES, M. E. B., SONODA, S. L., & Santos, H. C. R. G. (2014). A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. *REDE-Revista Eletrônica do Prodemá*, 8(01).

de SOUZA, R. F. D. P., & da SILVA Júnior, A. G. (2006). Valoração Econômica Ambiental: O Caso do Rio Paraibuna, Juiz de Fora–Mg. In *Anais do XXXIV Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 34th Brazilian Economics Meeting]* (No. 68). ANPEC- Associação Nacional dos Centros de Pósgraduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics].

DONADIO, N. M. M. ; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C.. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. In: *Engenharia Agrícola*, p. 115-125, 2005. Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/%0D/eagri/v25n1/24877.pdf>

Filizola, N., Guimarães, V.;Guyot, J. L. (1999). Medição de vazão em grandes rios com o uso do perfilador Doppler-acustico de corrente. In: *Manaus' 99 internationalsymposium-Hydrological and Geochemical processes in largescaleriverbasins*. Manaus, Brasil.

GAIO, G. D. *A zona de descontinuidade urbana da remonta e sua influência na qualidade das águas do ribeirão das rosas – Juiz de Fora/MG*. Juiz de Fora, 2018. Dissertação de mestrado – Instituto de Ciências Humanas - Universidade Federal de Juiz de Fora– Juiz de Fora– MG, 2018.

GAMARO, P. E.; MALDONADO, L. H; SANTOS, J. M. Comparativo entre medições de vazão com micromolinetete e flowtracker para a estação São Francisco Falso. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 1-10, 2013.

<https://diarioregionaljf.com.br/2017/08/30/ibge-afirma-que-juiz-de-fora-e-a-quarta-cidade-mais-populosa-do-estado/>. Acesso em 18 de novembro de 2018,

IBGE Cidades. *Estimativa da população de Juiz de Foraem 2014*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/juiz-de-fora/panorama>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

Libânio M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3a edição. Brasil: Editora Átomo, 2010. p. 496

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. . A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama-Distrito Federal. In: *Quimica nova*, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No1_97_17-AR09088.pdf. Acesso em 18 de novembro de 2018.

NOZAKI, C. T., MARCONDES, M. A., LOPES, F. A., SANTOS, K. F, LARIZZATTI, P.S.C. Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. Atas de Saúde Ambiental – ASA. São Paulo, v.2, n.1, p.29-44, Jan-Abr. 2014. Peres,

OBERG, K. A.; MORLOCK, S. E.; Caldwell, W. S. *Quality-assurance plan for discharge measurements using acoustic Doppler current profilers*. In: (No. 2005-5183). Disponível em: https://pubs.usgs.gov/sir/2005/5183/index_toc.html. Acesso em 18 de novembro de 2018.

PALHARES, J. C. P., Ramos, C., Klein, J. B., Lima, J. M. D., Muller, S.; Cestonaro, T. Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. In: *Embrapa Suínos e Aves*, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58075/1/CUsersPiazzonDocuments455.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

PINTO, N. L. S.; HOLTS, A. C. T.; MARTINS, J. A. *Hidrologia de superfície*. São Paulo: Edgard Blucher, 2a ed., 1973.

PINTO, V. G.; DE MORAES, M. F.; DE MELO RIBEIRO, Celso Bandeira. *Análise comparativa entre velocímetro acústico de Efeito Doppler e molinete hidrométrico: estudo de caso no ribeirão Espírito Santo – Juiz de Fora(MG)*.

PJF – Prefeitura de Juiz de Fora. *A cidade*. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/administracao_indireta/funalfa/patrimonio/historico/usina_armelos.pHp>. Acesso em: 07 de novembro de 2018.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L.. Gestão de bacias hidrográficas. In: *Estud. av.*, São Paulo. v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.pHp?script=sci_arttext&pid=S010340142008000200004&lng=en&nrm=iso. Acesso em 18 de novembro de 2018.

SABESP NTS 013 1999. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

SABESP. *Norma Técnica Interna*. SABESP NTS 013 1999. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

SANTOS, J. M. B. *Análise da qualidade e quantidade de água do ribeirão Espírito Santo*. 2016.

SIQUEIRA, M. S., ROSA, R. D. S., BORDIN, R.; NUGEM, R. D. C. Interações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. In: *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 26, 795-806, 2017.

SOUZA, M. C. B. D. Influência da mata ciliar na qualidade da água de trecho do Rio Jararecica-Maceió/AL. 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1556>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4)

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. *Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica*. 2 .ed. Porto Alegre Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/sqa_3.pdf. Acesso em 18 de novembro de 2018.

UNIVERSIDAD DE CHILE. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL. PROYECTO MECESUP UCH 0303. *Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra*. Disponível em: http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/guia_equipo1.pdf. Acesso em 18 de novembro de 2018.

VALENTE, J. P. S., PADILHA, P. M., SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. In: *Eclética Química*. Fundação Editora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, v. 22, p. 49-66, 1997. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/27643>. Acesso em 18 de novembro de 2018.

VON SPERLING, M. *Estudos de modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. Vol. 1. 3º ed. 452p.

VON SPERLING, M. V. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, p. 452, 2007.

WALK, S. H., BIOSURVEY, S.;ASSESSMENT, M. (1997). Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. In: *Washington, DC, Office of Water, USA Environmental Protection Agency*.1997. http://water.epa.gov/type/rs/monitoring/stream_index.cfm. Acesso em 5 de outubro de 2018.

ZORZIN, F. M., OGATA, F. S., MASCARENHAS, F. A. N., ORSINE, J. V. C., SANTANNA, L. M., RICARDI, L. M., ASSIS, M. S., BITTENCOURT, M. L. S. A., RAMALHO, W. M., CARNEIRO, F. F. Análise da qualidade da água do ribeirão Sobradinho – contaminação ambiental e qualidade de vida. In: SABESP. *Norma Técnica Interna*.