

Caracterização preliminar da microbacia hidrográfica do ribeirão São João, em Mar de Espanha - Minas Gerais

Emília Marques Brovini^{1*}, Milton Marques Brovini², Renata de Oliveira Pereira³, Maria Helena Rodrigues Gomes³

¹ Mestranda em Ecologia aplicada ao manejo e conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil. (*Autor correspondente: emilia.brovini@engenharia.ufjf.br)

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Faculdade de Engenharia; Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária; Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, Brasil.

³ Professora adjunta do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária. Faculdade de Engenharia; Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária; Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 11/02/2020 – Revisado em: 26/04/2020 – Aceito em: 05/06/2020

RESUMO

O objetivo geral do trabalho é fazer uma caracterização preliminar da microbacia do Ribeirão São João, avaliando a morfometria do local e a qualidade da água e relacionando-a ao uso e ocupação do solo. Possui como objetivos específicos a geração de mapas com a respectiva porcentagem de adequação das áreas de preservação permanente (APP), um estudo de susceptibilidade da microbacia a processos erosivos e o cálculo da fração biodegradável da matéria orgânica na água. A cidade não possui trabalhos científicos que tratam sobre a análise das águas, do uso da terra e da morfometria do local, sendo esse um estudo necessário com vistas ao subsídio nas tomadas de decisão da gestão da microbacia, já que a população enfrenta problemas de inundação e mau cheiro advindos do Ribeirão. Para tal, foram analisados 19 parâmetros físico-químicos da água em 2 pontos situados a montante e a jusante da cidade. Os mapas de uso e ocupação do local, assim como o cálculo de 11 parâmetros morfométricos, foram realizados com o auxílio do software ArcGis® na versão 10.3. Observou-se que a microbacia não é propensa a enchentes e inundações naturalmente, no entanto, com o crescimento desordenado da área urbana e de pastagens degradadas dentro de APP, assim como, a localização da área urbana no leito menor do Ribeirão, foram fatores que agravaram a ocorrência de enchentes e inundações não naturais na microbacia. O ponto 1 apresentou maior influência dos índices pluviométricos nos parâmetros físico-químicos quando comparado ao ponto 2. O ponto 2 sofre influência direta do lançamento de efluentes domésticos advindos da cidade, possuindo parâmetros como nitrogênio total, fósforo total, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, ferro e oxigênio dissolvido fora dos padrões para classe 1 em todas as coletas analisadas. Sugere-se, portanto, a criação de piscinões a montante da área urbana do município para amenizar os problemas de inundação e enchentes, assim como, de políticas públicas, dentre elas, o tratamento de efluentes, com intuito de melhorar a qualidade da água.

Palavras-Chaves: Ribeirão São João, Mapeamento do uso e ocupação do solo, Qualidade da água.

Preliminary characterization of the hydrographic micro watershed of São João River, in Mar de Espanha - Brazil

ABSTRACT

This work has like the general objective makes a preliminary characterization of the hydrographic micro watershed of São João River, evaluating its morphometry and the water quality and relating them to the use and occupation of the soil. The specific objectives are the generation of maps with the respective percentage of adequacy of the areas of permanent preservation (PPA), the study of the susceptibility of the micro watershed to erosive processes and the calculation of the biodegradable fraction of organic matter in the water. There are not researches on this micro watershed so this work will support important decisions about its management, considering that the population suffers from flooding problems and bad smell from São João River. To this end 19 physical-chemical water parameters were analyzed at 2 points located upstream and downstream of the city. The maps of use and occupation of the place, as well as the calculation of 11 morphometric parameters, were performed with the aid of ArcGis® software in version 10.3. It was observed that the micro watershed is not prone to floods and floods naturally, however, with the disordered growth of the urban area and degraded pastures within PPA, as well as the location of the urban area on the lesser bed of the São João River, these factors aggravated the occurrence of floods in the urban area. Point 1 showed a greater influence of the pluviometric indexes on the physical-

chemical parameters when compared to point 2. Point 2 is directly influenced by the discharge of domestic effluents from the city. Parameters such as total nitrogen, total phosphorus, turbidity, biochemical oxygen demand, iron and dissolved oxygen were outside the standards for class 1 in all samples analyzed. It is suggested, therefore, the creation of detention basins in the upstream of the urban area of the municipality to alleviate the problems of flood, as well as public policies, such as wastewater treatment, aimed at improving the water quality.

Keywords: São João River, Mapping of land use and occupation, Water quality.

1. Introdução

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul possui uma área de 55300 km², é considerada a segunda maior bacia do leste brasileiro e abrange os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Moraes et al., 2017; Honji et al., 2017). A bacia está inserida em áreas que abrigam um alto contingente populacional (Coutinho et al., 2018). Fato esse que subsidia a geração e o posterior lançamento indiscriminado de cerca de 1 trilhão de litros de efluentes domésticos (Santos, Santos e Filho, 2015). O Rio Paraíba é o maior afluente em volume de água da bacia, possuindo uma vazão média de 179 m³/s (Soares, Nobrega e Filho, 2016). Percorre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, em cerca de 166 km de extensão (Carvalho, Oliveira e Monteiro 2018). No estado de Minas Gerais recebe o lançamento do Rio Cágado (ANA, 2019), um dos seus principais afluentes pela margem esquerda. O Rio Cágado, quando percorre o estado de Minas Gerais, recebe as águas do Ribeirão São João, principal curso d'água da cidade de Mar de Espanha – MG.

No contexto das pequenas bacias, insere-se a caracterização de ribeirões, pequenas unidades de bacias hidrográficas, as quais possuem reconhecida relevância devido à escassez de estudos técnicos no local (Mota et al., 2017). As consequências da ocupação da terra geram implicações diretas na deterioração de pequenas bacias hidrográficas (Soares, Nobrega e Filho, 2016). Essa ocupação está relacionada a toda uma dinâmica que ocorre entre a superfície terrestre, englobando água e solo, com a atmosfera e, por isso, podem exercer uma influência local e regional (López, Wright e Costanza, 2017; Adami et al., 2015). Sendo assim, suas implicações funcionam como em efeito cascata, afetando o entorno e a dinâmica interna das águas de bacias hidrográficas mais amplas.

O mapeamento do uso e ocupação do solo tornou-se uma ferramenta crucial para entender os padrões de disposição do solo dentro do espaço (Alves & Conceição 2015). A interpretação de imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto são técnicas usadas com sucesso para avaliar os impactos ambientais espaço-temporais de atividades humanas dentro do uso e cobertura da terra (El-zeiny & Effat 2017). Através desse estudo é possível analisar ocupações que afetam diretamente a qualidade da água de uma bacia hidrográfica, já que em regiões rurais há a presença de ocupações que influenciam a recuperação das águas do local (Leithold et al., 2017).

Uma das vertentes do uso e ocupação do solo é a geração de mapas com a porcentagem de adequação das áreas de preservação permanente (APP). A falta de preservação dessas áreas afeta a biodiversidade local, a quantidade e a qualidade das águas de bacias hidrográficas (Alves & Ferreira, 2016; Mesquita, Cruz e Pinheiro, 2012). Atualmente, com o agravamento da pressão de atividades antrópicas (Silva et al., 2016) o estudo desses locais apresenta real relevância para a determinação dos principais pontos susceptíveis à erosão, poluição, enchente e inundação.

Ante o exposto, o objetivo geral do trabalho é fazer uma caracterização preliminar da microbacia do Ribeirão São João (MRSJ), avaliando a morfometria do local, a qualidade da água e relacionando-a ao uso e ocupação do solo. Possui como objetivos específicos, a geração de mapas com a respectiva porcentagem de adequação das áreas de preservação permanente, um estudo de susceptibilidade da microbacia a processos erosivos e o cálculo da fração biodegradável da matéria orgânica na água. Destaca-se que este é um estudo pioneiro na região de Mar de Espanha e no Ribeirão São João.

2. Material e Métodos

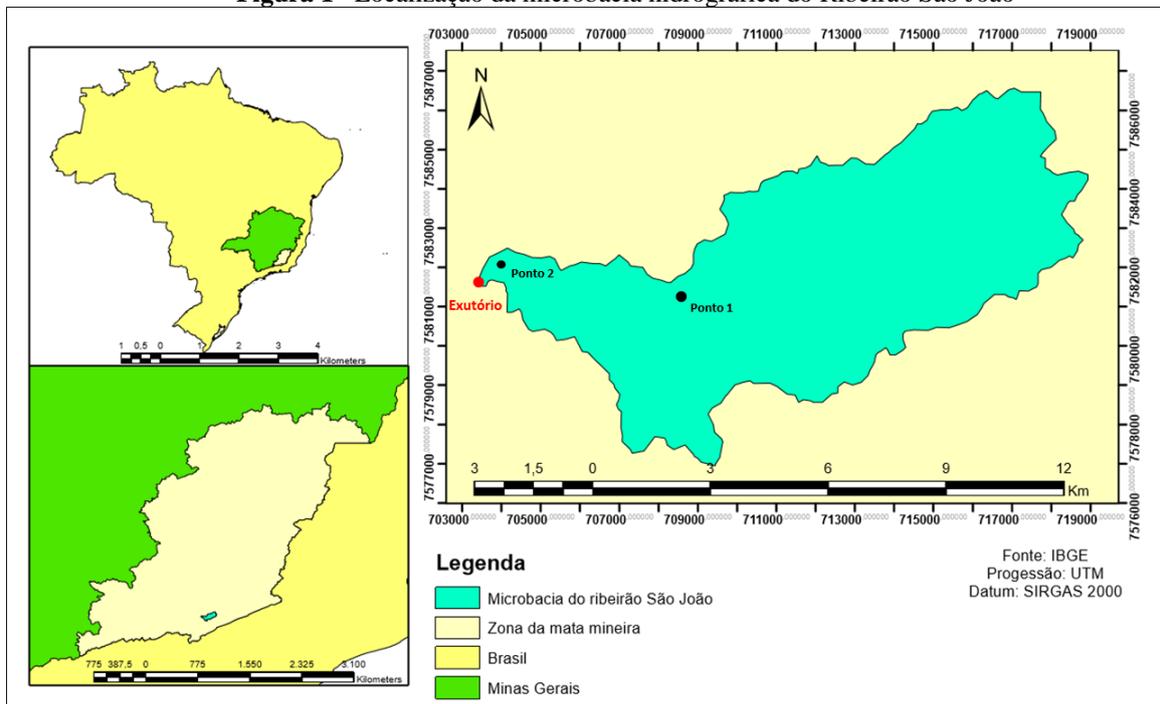
2.1 Área de estudo

Localizada na Zona da Mata Mineira, a cidade de Mar de Espanha possui uma área total de 371,6 km², conta com uma população estimada de 11749 habitantes, sendo que 10750 moram em zona urbana e 999 moram em zona rural. Além disso, estima-se que 86,2% da população possui coleta de esgoto (IBGE, 2010). A cidade está situada a 58 km do município de Juiz de Fora e possui latitude -21° 52' 02''S e longitude +43°00'35''O (Eduardo et al., 2010). O clima da cidade é tropical de altitude, com temperaturas máximas e mínimas de 23,7°C e 15,4°C, respectivamente, e com índice pluviométrico anual de 1646,6 mm (Eduardo et al., 2010).

O principal curso d'água de Mar de Espanha é o Ribeirão São João. Sua microbacia apresenta uma área total igual a 47,81 km² e uma vazão de referência (Q₉₅) de 350,93 L/s (PMSB, 2013). Sua localização é mostrada na Figura 1.

Escolheram-se ao longo do Ribeirão São João dois pontos estratégicos para análise. O ponto 1, localizado a montante da cidade, de coordenadas -21°51'35.66"S e 42°58'46.89"O, com ocupação rural e sem lançamento de efluentes de origem sanitária e industrial e o ponto 2, de coordenadas -21°51'30.69"S e 43° 1'12.01"O, localizado a jusante do município de Mar de Espanha, depois de ter recebido toda a carga de efluentes domésticos e industriais oriundos de sua população (Figura 1). De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 016, de 24 de setembro de 1996 (Minas Gerais, 1996), o Ribeirão São João não possui enquadramento e, portanto, é classificado de acordo com o corpo d'água ao qual deságua. O Rio Cágado, da sua nascente até desaguar no Rio Paraibuna é enquadrado como classe 1 (Minas Gerais, 1996). Visto isso, o Ribeirão São João se enquadra nessa mesma classe.

Figura 1 –Localização da microbacia hidrográfica do Ribeirão São João



2.2 Uso e ocupação do solo

No estudo de uso e ocupação do solo utilizou-se a imagem de satélite do SENTINEL 2, obtida do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), referente ao dia 11 de outubro de 2017. Para realizar o georreferenciamento da imagem, utilizou-se o software ArcGis® 10.3.

Para obtenção das classes de uso e ocupação do solo realizou-se a classificação segundo o método da máxima verossimilhança no software ENVI® 5.2. A partir desse estudo obtiverem-se 5 classes de uso e ocupação do solo: floresta, área urbana, pastagem, área exposta e água. Ao final desse processo cortou-se a imagem utilizando o limite da microbacia do Ribeirão São João (MRSJ) e os limites das microbacias de contribuição do ponto 1 e do ponto 2. Esses limites foram obtidos através da manipulação do modelo digital de elevação da microbacia no ArcGis® 10.3.

Pela imagem final calculou-se as áreas correspondentes a cada classe e suas porcentagens de ocupação em relação à área total da microbacia e às áreas das microbacias de contribuição no software ArcGis® 10.3.

Por fim, para obter o índice Kappa, utilizou-se a ferramenta “Confusion matrix” do software ENVI® 5.2. O índice Kappa indica o grau de concordância global entre os resultados da classificação com as áreas de validação, ou seja, indica o quanto a classificação está próxima aos dados de referência (Ribeiro, 2001). De acordo com a classificação feita por Galparsoro e Fernández (2001) valores de índice Kappa entre 0,81 a 1,0 indicam que os dados representam elevada concordância com a base de referência.

2.3 Áreas de Preservação Permanente (APP)

Gerou-se um mapa para cada tipo de APP existente no Ribeirão São João. Delimitaram-se as APP's de matas ciliares a partir de um polígono de 30 m de largura, feito através da ferramenta “Buffer” do ArcToolbox do ArcGis® 10.3. Para as áreas correspondentes às nascentes, criou-se um shapefile de ponto. Cada shapefile foi delimitado com um polígono de 50 m, passo realizado pela mesma ferramenta já citada.

A partir de uma ferramenta customizada no ArcGis® 10.3 delimitaram-se as APP's de topo de morro. A ferramenta foi desenvolvida por Hott, Guimarães e Miranda (2004) e foi adicionada ao ArcToolbox no ArcGis® 10.3. Adicionando as condições de APP de topo de morro, definidas pelo novo Código Florestal (Brasil, 2012), gerou-se no programa um mapa com as delimitações dessa área.

Selecionaram-se as APP's classificadas de acordo com a declividade a partir de uma imagem Shuttle Radar Topography Mission (STRM) de forma a obter informações clinográficas. De posse das informações, realizou-se uma reclassificação do arquivo, segundo as classes correspondentes às faixas de declividade, conforme preconizado pelo novo Código Florestal (Brasil, 2012).

De posse dos mapas gerados de cada APP e do mapa de uso e ocupação do solo, gerou-se um mapa síntese dos produtos cartográficos já descritos. O mapa final foi confeccionado para a observação das áreas conflitantes.

2.4 Parâmetros Morfométricos

Após geração do mapa de delimitação da microbacia hidrográfica demarcaram-se as curvas de nível do local utilizando a ferramenta “Contorn”. Posteriormente, gerou-se o mapa de declividade da microbacia utilizando a ferramenta “Slope”. Os parâmetros morfométricos foram calculados a partir da quantificação gerada pelo software ArcGis 10.3. Ao todo calcularam-se 11 parâmetros morfométricos, a saber:

- Área (A) e o perímetro (P), de acordo com Collares (2000), são parâmetros base para o cálculo de outros parâmetros;
- Fator de forma (F), de acordo com Christofolletti (1974), é um parâmetro adimensional que relaciona a razão da área de uma bacia (A) com seu comprimento axial (L). O fator de forma de uma bacia é um indicativo para maior ou menor propensão a enchentes;
- Coeficiente de compacidade (Kc), de acordo com Vilella e Mattos (1975), relaciona a forma da bacia com a de um círculo. Ela é a razão entre o perímetro (P) da bacia e a raiz de sua área (A). Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade;
- Índice de circularidade (IC), de acordo com Vilella e Mattos (1975), relaciona o perímetro de uma bacia (P) com a área de um círculo de perímetro equivalente (A). Quanto mais próximo da unidade for o valor encontrado, mais a bacia se aproximará da forma circular e mais propensa será a enchentes;
- Densidade de drenagem (DD), de acordo com Collares (2000), demonstra a disponibilidade dos canais de uma bacia a escoar suas águas. Ela corresponde ao comprimento total dos canais da bacia (Lt) por sua área (A). Este parâmetro indica a maior capacidade da bacia em gerar novos cursos d'água;
- Densidade hidrográfica (Dh), de acordo com Vilella e Mattos (1975), define a frequência de um rio, ou seja, a relação entre o número de cursos d'água (N) com a área da bacia hidrográfica (A). Quanto maior o parâmetro, maior a capacidade da bacia de gerar novos cursos d'água;
- Índice de sinuosidade (IS), de acordo com Vilella e Mattos (1975), é um controlador da velocidade de um rio, correspondendo ao comprimento do canal principal (L) com o comprimento vetorial de uma bacia (Lv). Valores referentes à sinuosidade do curso d'água próximos a 1 representam um canal retilíneo;
- Extensão do percurso superficial (Eps), de acordo com Vilella e Mattos (1975), determina a distância média que a água precipitada na bacia atinge um canal superficial mais próximo;
- Gradiente de canais (Gc), de acordo com Vilella e Mattos (1975), indica a velocidade do escoamento superficial, ou seja, o tempo em que a água precipitada leva para atingir os canais que compõem a bacia hidrográfica, sendo representado pela altitude máxima (Altmax) de uma bacia e o comprimento de seu canal principal (L);
- Relação de relevo (Rr) é definido, de acordo com Collares (2000), como a razão entre a amplitude altimétrica (Hm) de uma bacia e o curso d'água de maior comprimento (L). Quanto mais elevado o valor da relação de relevo, maior o desnível entre a nascente de uma bacia e sua foz.

2.5 Índices Pluviométricos

Calculou-se a precipitação acumulada da estação meteorológica mais próxima à cidade de Mar de Espanha, a estação nº A518 do município de Juiz de Fora. Esse cálculo foi feito a partir das médias diárias de precipitação dos meses nos quais ocorreram as coletas (fevereiro, junho e outubro de 2018), obtidas através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (INMET, 2018).

2.6 Parâmetros de qualidade da água

Coletaram-se as amostras de qualidade da água em três datas, duas delas em período chuvoso e a outra no período de estiagem ao longo do ano de 2018 (Tabela 1). As mesmas seguiram as recomendações da NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ABNT, 1987). A amostra analisada foi a integrada: obtida através da junção das amostras coletadas nas margens esquerda e direita, e do centro.

Tabela 1 – Data das coletas realizadas no Ribeirão São João.

1ª Coleta	01/02/2018
2ª Coleta	27/06/2018
3ª Coleta	30/10/2018

Mediram-se os parâmetros sólidos dissolvidos totais (SDT), salinidade, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), temperatura e potencial hidrogeniônico (pH) in loco por sondas multiparamétricas especificadas na Tabela 2. Ressalta-se que os parâmetros analisados em laboratório seguiram o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) e as metodologias utilizadas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água e os métodos utilizados.

	Método de análise	Equipamento
DBO5,20	5210.B – Winkler	-
DQO	5220.D - Espectrofotométrico	Espectrofotômetro
Cor aparente	2120.C - Colorimetria fotoelétrica	Colorímetro
Turbidez	2130.B - Nefelométrico	Turbidímetro
Clorofila a	-	PHYTO-PAM
Sólidos Totais	2540.B - Secagem a 103°-105°	-
Fósforo Total	4500 P E	Espectrofotômetro
Nitrogênio Amoniacal e Orgânico	4500.N C	Espectrofotômetro
UV-Vis 254 nm	5910.B	Espectrofotômetro
Ferro dissolvido	3500 Fe B	Espectrofotômetro
Nitrato	4500.NO3-B	Espectrofotômetro
Nitrito	4500.NO2-B - Redução de cádmio	Kit nitrito HACH
Oxigênio Dissolvido	4500.OG	Sonda HANNA HI9828 / Sonda HACH 58258-00
Condutividade elétrica	2510.B	Sonda HANNA HI9828
Salinidade	2520.B	Sonda HANNA HI9828
Temperatura	2550.B	Sonda HANNA HI9828
pH	4500.B	Sonda HANNA HI9828
SDT	-	Sonda HANNA HI9828

Fonte: APHA (2012).

Devido a problemas ocasionados pela sonda, não foi possível medir os parâmetros salinidade e SDT na 2ª coleta. Vale ressaltar que os SDT foram determinados no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Juiz de Fora na 2ª coleta. Destaca-se que, devido a problemas laboratoriais, o

nitrogênio total calculado para a 3ª coleta foi feito sem considerar o nitrito. Após serem analisados, comparou-se os parâmetros de qualidade da água aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) e na Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH 01/2008 (Minas Gerais, 2008) para águas de classe 1. O parâmetro demanda química de oxigênio (DQO) foi relacionado ao parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}) para analisar a fração biodegradável da matéria orgânica na água dos pontos. Von Sperling (2014) revela que caso essa relação seja < 2,5 a fração biodegradável é alta, caso seja entre 2,5 e 4,0 a fração biodegradável não é elevada e caso seja > 4,0 a fração não biodegradável é elevada.

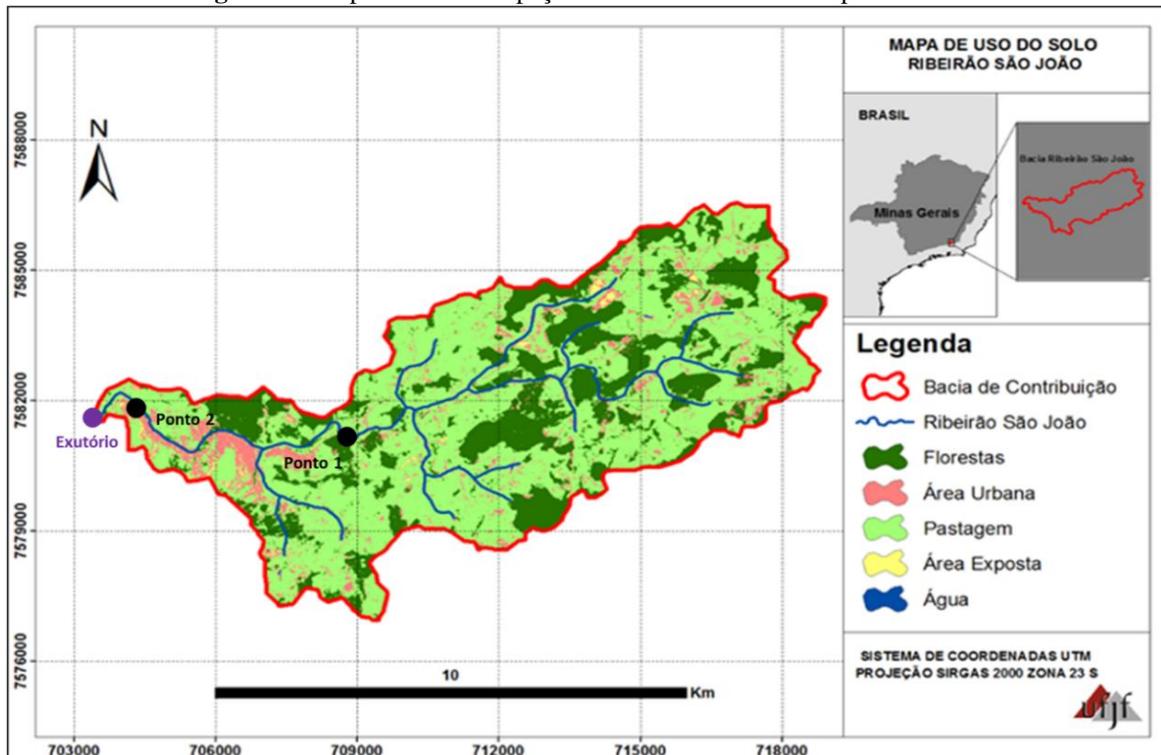
Para efeito de comparação, também se relacionou o parâmetro nitrogênio (N) com o fósforo (P). Caso N/P seja > 10, o nutriente limitante para o crescimento de algas no local é o fósforo, caso N/P seja < 10, o nutriente limitante é o nitrogênio (Von sperling, 2014).

3. Resultados e Discussão

3.1 Uso e ocupação do solo

O mapa do uso e ocupação do solo da MRSJ está representado na Figura 2. Ressalta-se que o trecho da microbacia que possui uma maior área urbana está localizado perto de seu exutório. Fato esse que pode expressar uma eventual contribuição para a alteração das características físico-químicas da água e de vazão do Ribeirão São João, influenciadas diretamente pela cidade.

Figura 2 – Mapa do uso e ocupação do solo do ano de 2017 para a MRSJ.



Fonte: Autoria própria.

Vale destacar ainda que uma das menores áreas encontradas na classificação foi a de área exposta, ou solo exposto (0,8%) (Tabela 3). Essa classe, segundo os dados de Soares, Nóbrega e Filho (2017) é uma importante ferramenta para conhecimento de áreas degradadas nas terras susceptíveis à degradação. Além dessa classe, a ocupação por pastagens que se encontram em estado de deterioração, também influencia na identificação de áreas degradadas e corresponde a 63,24% em toda a microbacia (Tabela 3).

Tabela 3 – Área em km² e porcentagens referentes as classes de uso para a MRSJ e para as microbacias de contribuição dos pontos 1 e 2.

	Bacia Total (km ²)	Bacia Total (%)	Ponto 1 (km ²)	Ponto 1 (%)	Ponto 2 (km ²)	Ponto 2 (%)
Pastagem	40,72	63,24	29,85	63,54	39,61	62,98
Floresta	17,57	27,29	13,86	29,49	17,48	27,80
Área urbana	5,57	8,65	3,00	6,39	5,32	8,46
Área exposta	0,52	0,81	0,26	0,56	0,46	0,73
Água	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03
Total	64,39	100	46,98	100	62,89	100

Fonte: Autoria própria.

A área da microbacia de contrinuição do ponto 1 é maior que a do ponto 2 (Tabela 3). O domínio por florestas e pastagens é maior no ponto 1, reafirmando ser um local com características rurais mais acentuadas (Tabela 3). Destaca-se que o software utilizado identifica o eucalipto na classe de florestas. Assim sendo, pode-se compreender que o ponto 1, provavelmente, também obteve maior porcentagem desse tipo de cultura quando comparado ao ponto 2.

As modificações antrópicas são maiores no ponto 2 (8,46%) do que no ponto 1 (6,39%), assim como a porcentagem de solo exposto (Tabela 3). Pode-se perceber, portanto, que o ponto 2 possui características urbanas, como construções e solo exposto, maiores do que quando comparado ao ponto 1. Fato esse que pode ser observado também nas poluições pontuais ocasionadas pelo lançamento de efluentes sanitários da população local. Como demonstrado na Figura 3 em que tubulações de esgoto das residências lançam o efluente diretamente no Ribeirão São João.

Figura 3 – Lançamento in natura de efluentes domésticos que ocorre a montante do ponto 2 no Ribeirão São João, referente ao dia 30/10/2018.



Fonte: Arquivos pessoais.

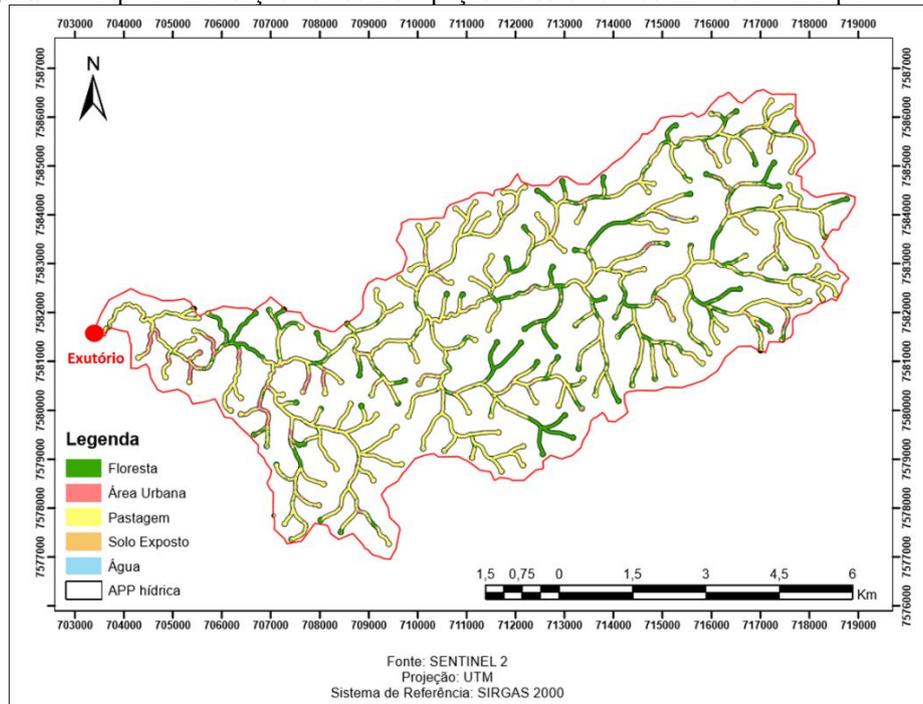
O índice Kappa gerado a partir da classificação foi igual a 0,8232; comparando o valor encontrado aos estudos de Galparsoro e Fernández (2001), observa-se que o mesmo está dentro dos valores que indicam uma significativa concordância com as áreas de validação.

3.2 Áreas de Preservação Permanente (APP)

A Figura 4 expressa o uso e ocupação do solo das áreas de preservação permanente (APP) da MRSJ. Percebe-se que a mesma microbacia detém apenas APP's hídricas, não possui áreas de preservação de topo de morro, nem de declividade (Figura 4). A concentração de área urbana presente na APP está perto do exutório do Ribeirão, o que pode sinalizar um possível impacto em termos qualitativo nas águas do Rio Cágado. Visualmente vê-se a grande porcentagem de pastagem em meio aos outros tipos de classificação (67,19%). A classificação em floresta está situada primordialmente no meio da microbacia e corresponde a 25,42%. Vale destacar que tal classificação contabiliza também as monoculturas de eucalipto e, portanto, podem se enquadrar fora dos padrões para preservação das APP's.

Silva, Rocha e Neto (2015) também analisaram o conflito de uso e ocupação do solo com as áreas de preservação permanente de uma bacia hidrográfica. Foi constatado que a porcentagem de ocupação de vegetação rasteira (pastagem) foi maior quando comparada aos outros tipos de classificação, assim como mostrado nesse trabalho. Os autores destacam que essas áreas desprotegidas indicam um comprometimento com as funções geológicas do local, como a infiltração da água, erosão laminar e processo de armazenamento hídrico. Nesse sentido, percebem-se inúmeros processos de assoreamento dos cursos e inundações que podem ser potencializados com o descumprimento da legislação vigente.

Figura 4 – Mapa da interseção do uso e ocupação do solo com os limites de APP para a MRSJ.



Fonte: Autoria própria.

3.3 Parâmetros morfométricos

A MRSJ possui uma área de 64,408 km² e perímetro de 49,207 km. O comprimento do curso d'água é de aproximadamente 14,75 km e a declividade da microbacia de 69,35 m/km, com isso o tempo de concentração é de aproximadamente 88,52 min. De acordo com definições de Faustino (1996) a bacia é enquadrada como microbacia por sua área de drenagem ser menor que 100 km².

Na Tabela 4 foram reunidos os resultados dos parâmetros morfométricos calculados. Os parâmetros fator de forma (F), coeficiente de compactidade (Kc) e índice de circularidade (IC) tem valores iguais a 0,296; 1,717 e 0,334, respectivamente. Estes parâmetros, segundo Villela e Mattos (1975), indicam uma forma alongada da microbacia. O valor de Kc igual a 1,717 indica que a MRSJ não é propensa a enchentes e inundações naturalmente, pois seu valor dista do 1. Christofolletti (1974) afirma que as bacias que tendem à forma arredondada possuem maiores propensões naturais a enchentes e inundações do que bacias de forma alongada. Pelo resultado dos parâmetros calculados, conclui-se que, naturalmente, pela forma da microbacia, a mesma não é susceptível a enchentes e inundações. Entretanto, observa-se a ocorrência desses eventos na região urbana do município de Mar de Espanha, conforme as Figuras 5A e 5B.

Tabela 4 – Resultados dos parâmetros morfométricos da MRSJ.

	Símbolo	Resultado
Área	A	64,408 km ²
Perímetro	P	49,207 km
Fator de forma	F	0,296
Coeficiente de compactidade	Kc	1,717
Índice de circularidade	IC	0,334
Densidade de drenagem	DD	0,634 km/km ²
Densidade hidrográfica	Dh	0,186 km-2
Índice de sinuosidade	IS	1,275
Extensão do percurso superficial	Eps	788,6 km ² /km
Gradiente de canais	Gc	6935%
Relação de relevo	Rr	3,9%

Fonte: Autoria própria.

Figura 5 – Imagens da cidade de Mar de Espanha após enchente em dezembro de 2010. (A) Zona central da cidade. (B) Área alagada e altura da água.



Fonte: Jornal O Mar de Espanha (2010).

A ocorrência de enchentes e inundações na cidade pode ter sido agravada pela urbanização descontrolada e irregular durante o crescimento da malha urbana local e, principalmente, pela ocupação das margens de cursos d'água. Pelo mapa de uso e ocupação do solo, Figura 2, pode-se observar que grande parte da malha urbana do município está localizada no entorno do Ribeirão São João.

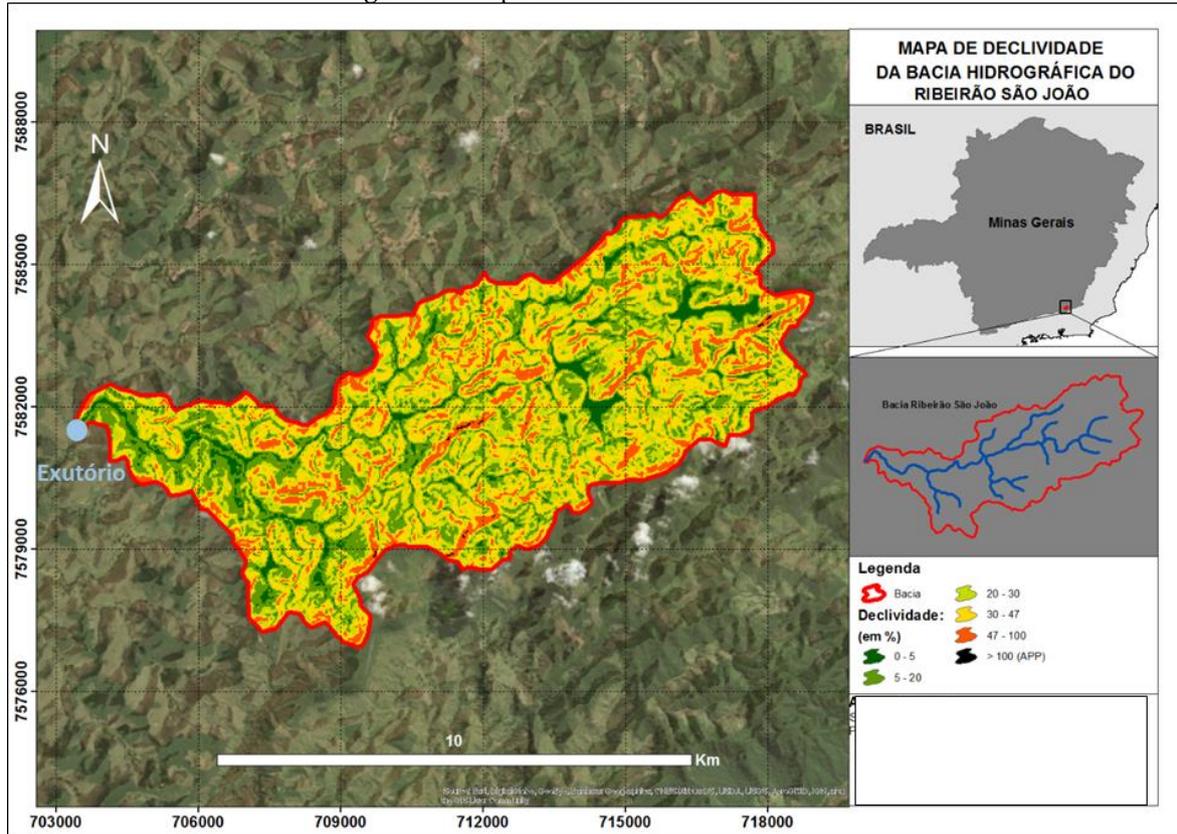
Associado a esse fato, tem-se ainda a alta ocorrência de pastagens degradadas na microbacia (63,24%). Esse tipo de vegetação, quando degradada e não bem conservada facilitam o escoamento superficial, dificultando a infiltração da água no solo, o que faz com que grande parte dessa água pluvial seja escoada diretamente para o Ribeirão, aumentando sua vazão de maneira rápida, e favorecendo o processo de enchentes e inundações. Sugere-se, então, a criação de piscinões a montante da área urbana do município para amenizar os problemas de inundação e enchentes na cidade.

A extensão do percurso superficial (Eps) é de 788,6 km²/km, indicando a distância média que a água pluvial percorre até encontrar o Ribeirão. Já o índice de sinuosidade (IS) apresentou um valor de 1,275, indicando canais preferencialmente retilíneos (Villela & Mattos, 1975).

O limite oeste da microbacia possui altitude aproximada de 1.000 metros, enquanto seu exutório possui altitude de cerca de 450 metros. A altitude máxima encontrada na microbacia é de 1023 metros, com amplitude altimétrica, ou seja, diferença de nível entre a foz e o exutório, de aproximadamente 576 metros. Dessa forma, o parâmetro gradiente de canais (Gc) possui valor de 6,9%, o que significa que, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2006), o relevo da microbacia é levemente ondulado, sendo pouco susceptível à erosão (Corvalán & Gacia, 2011; Machado, 2010).

Entretanto, de acordo com a Figura 6, grande parte do relevo local possui declividade entre 30% e 47%, sendo apresentado pela cor amarela. O solo da MRSJ é predominantemente composto por latossolo vermelho, solo este considerado medianamente susceptível à erosão, de acordo com Machado (2010). Dessa forma, de acordo com a escala de vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica à erosão proposta por Pinto et al. (2014) e associando-se o solo da região com a declividade média da microbacia, observa-se que a susceptibilidade da MRSJ a processos erosivos é alta.

Figura 6 – Mapa de declividade da microbacia.



Fonte: Autoria própria

3.4 Índices Pluviométricos

O mês de fevereiro obteve uma precipitação acumulada de 264,6 mm, o mês de junho de 19 mm e o mês de outubro de 78,6 mm. Sendo assim, a 1ª coleta (fevereiro) obteve os maiores índices pluviométricos seguida da 3ª e 2ª coletas, estas diminuindo gradativamente.

3.5 Qualidade da água

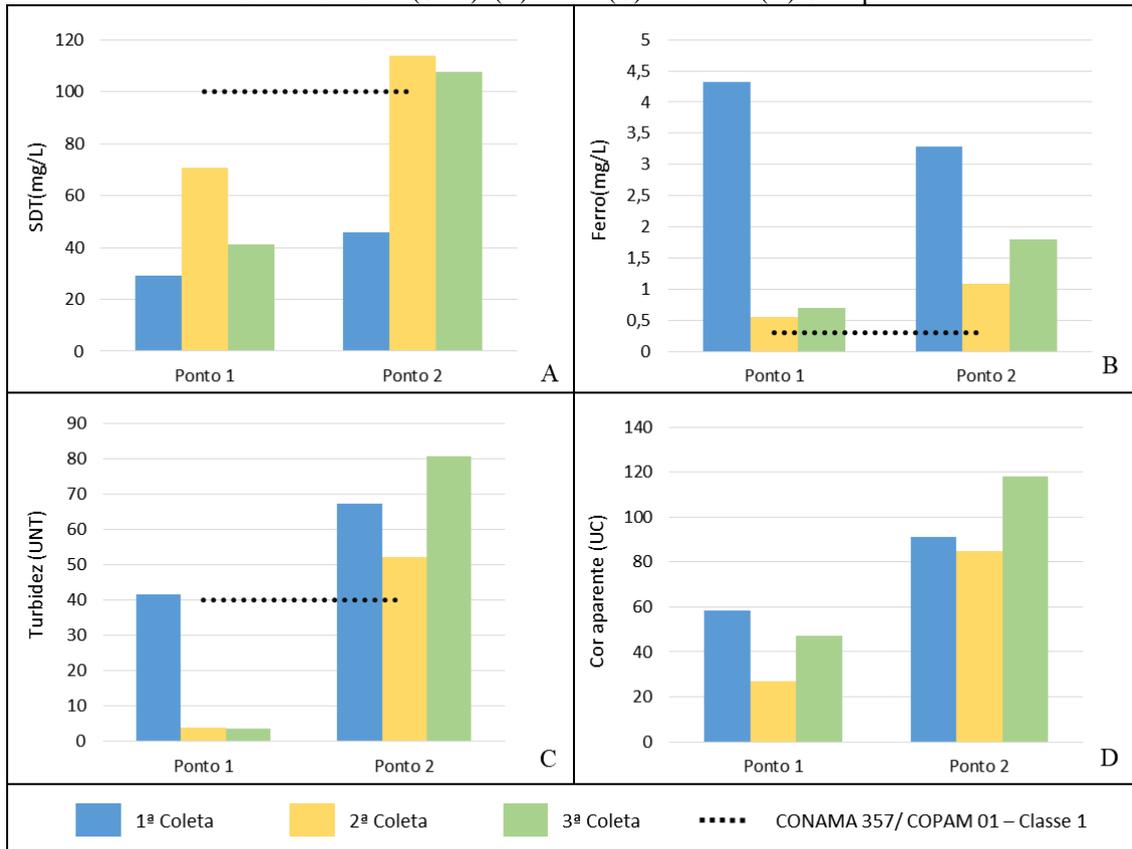
Os parâmetros sólidos dissolvidos totais (SDT) ficaram acima do valor estipulado pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH 01/2008 (Minas Gerais, 2008) para águas de classe 1 (100 mg/L) somente no ponto 2, de duas das três coletas analisadas (Figura 7A). Tal resultado está possivelmente ligado ao tipo de ocupação do local e do efeito causado pelas modificações antrópicas, como o lançamento de efluentes sem tratamento e modificações na margem. Estudos relacionados a essa variável demonstraram que os SDT possuem maiores valores na água em áreas com maior porcentagem de solo exposto, quando comparado a áreas cobertas (Paula, Benetti e Filho, 2016). Como visto, a porcentagem de área exposta no ponto 2 é maior do que no ponto 1 (Tabela 3).

O parâmetro ferro dissolvido excedeu os limites estipulados pela Resolução CONAMA 357/2005

(Brasil, 2005) e na Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH 01/2008 (Minas Gerais, 2008) para águas de classe 1, de 0,3 mg/L, em todas as coletas analisadas para os pontos 1 e 2 (Figura 7B). Esse resultado pode estar ligado ao tipo de solo presente na região em que se encontra o Ribeirão São João, que é o latossolo vermelho, rico em óxido de ferro (EMBRAPA, 2018). Desta forma, como a susceptibilidade da MRSJ a processos erosivos é alta, o ferro associado ao solo pode ter sido carreado para o Ribeirão aumentando a concentração desse parâmetro nas águas. Além disso, as coletas referentes aos maiores índices pluviométricos foram as 1ª e 3ª, períodos em que também foi observado um maior aporte de ferro presente nas águas do Ribeirão São João.

Observa-se também que na 1ª coleta os valores de ferro diminuíram do ponto 1 para o ponto 2, resultado este que está em desacordo com o acréscimo dos demais parâmetros de qualidade da água observado entre os pontos. Esse fato pode estar relacionado as baixas concentrações do parâmetro ferro em esgotos domésticos. Segundo Von Sperlig (2014), os principais parâmetros característicos de esgotos predominantemente domésticos são sólidos, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal. Sendo assim, o parâmetro teve uma provável diluição no decorrer da cidade até chegar no ponto 2.

Figura 7 – Gráfico dos parâmetros medidos nos pontos 1 e 2, em três coletas no Ribeirão São João. (A) Sólidos Dissolvidos Totais (SDT). (B) Ferro. (C) Turbidez. (D) Cor aparente.



Fonte: Autoria própria.

Os parâmetros turbidez e cor aparente determinados para o ponto 1 encontram-se com valores maiores na 1ª coleta quando comparados com os valores para a 2ª e 3ª coletas (Figura 7C e 7D). Fato esse que pode

estar relacionado ao mês de fevereiro apresentar os maiores índices pluviométricos. Os valores para a turbidez não ultrapassaram os limites da legislação vigente para a classe 1 nas 2ª e 3ª coletas, ficando acima da legislação apenas na 1ª coleta, com 41,6 UNT (Figura 7C).

Para o ponto 2 os valores de turbidez analisados para as três coletas foram 67,4 UNT, 52,3 UNT e 80,8 UNT, respectivamente (Figura 7C) e se encontram acima dos padrões estipulados para a classe 1 que é de 40 UNT. Destaca-se ainda que os valores de cor aparente seguiram um comportamento semelhante àquele observado para a turbidez no ponto 2. Pereira e Lima (2015) observaram maiores valores de turbidez em um ponto a jusante do lançamento de efluentes, algo observado também nas análises referentes ao ponto 2. Sendo assim, esses resultados relacionam-se, provavelmente, ao uso e ocupação do solo no local como, por exemplo, o lançamento in natura de efluentes domésticos (Figura 3) e as modificações antrópicas que estão ocorrendo nas margens do Ribeirão São João, assim como a influência sazonal conforme discutido acima para o parâmetro turbidez.

O parâmetro pH e salinidade estavam dentro do padrão para águas de classe 1 em todos os pontos nas três coletas, de 6 a 9 e $< 0,5$ ‰, respectivamente (Tabela 5). Todavia, observa-se uma queda nos valores de pH entre o ponto 1 e o ponto 2, devido ao lançamento de efluentes e também a possíveis reações anaeróbias acidogênicas (menor pH 6,48, na condição com menor OD). Os maiores valores de sólidos totais (ST) encontrados para o ponto 1 e para o ponto 2 foram nas coletas dos meses mais chuvosos (1ª e 3ª) (Tabela 5). Esse parâmetro é influenciado diretamente pela sazonalidade, devido ao carreamento de sólidos pelas águas da chuva das margens para as águas do Ribeirão São João. Ressalta-se ainda que o ponto 2 obteve maiores valores de ST quando comparado ao ponto 1 (Tabela 5). No estudo de Menezes et al. (2016), foi feito um monitoramento das águas da bacia hidrográfica do Ribeirão Vermelho e o valor de sólidos totais encontrados no Ribeirão obteve a maior correlação positiva na área urbana, podendo indicar o efeito do lançamento de efluentes no valor de ST no corpo hídrico, assim como observado no ponto 2.

A absorvância ao comprimento de onda de 254 nm apresentou valores máximos apenas no ponto 2, em especial na 3ª coleta onde atingiu $0,3 \text{ cm}^{-1}$ (Tabela 5). De acordo com Metcalf e Eddy (2014) os valores encontrados para esgotos domésticos são maiores que $0,5 \text{ cm}^{-1}$. Assim sendo, os valores encontrados para os pontos do Ribeirão São João estão dentro do considerado para cursos d'água. No entanto, destaca-se o aumento gradativo dessa absorvância no ponto 2, indicando um aumento de compostos com anel aromático, devido possivelmente ao aumento do lançamento de efluentes sem tratamento.

Em relação à clorofila a, os dois pontos nas três coletas apresentaram valores dentro do padrão para a classe 1, de $10 \mu\text{g/L}$ (Tabela 5). O parâmetro fósforo total apresentou valores maiores no ponto 1, nas 1ª e 3ª coletas, ficando acima dos padrões estipulados pela legislação ($0,1 \text{ mg/L}$), nesta última, em que atingiu $0,27 \text{ mg/L}$ (Tabela 5). As coletas em que o fósforo total apresentou maiores valores para o ponto 1, foram àquelas realizadas em período chuvoso. Sendo assim, os altos teores deste parâmetro devem ter sido ocasionados pelo carreamento do solo, onde o fósforo é fortemente adsorvido, após a correção dos nutrientes que compõe o solo por produtos agrícolas.

Em todas as coletas analisadas no ponto 2, o parâmetro fósforo total ficou acima dos limites impostos pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) e DN COPAM 01/2008 (Minas Gerais, 2008), de $0,1 \text{ mg/L}$ (Tabela 5). Fato esse que pode estar relacionado ao lançamento de efluentes domésticos sem tratamento a montante do local. Além disso, observa-se que não há uma distribuição em concordância com os índices pluviométricos como observado no ponto 1. Os valores de fósforo total no ponto 2 obtiveram uma distribuição crescente, possivelmente ocasionada por um processo de contaminação devido a alterações nas margens do corpo hídrico. Este processo está se intensificando e contribuindo, provavelmente, para a degradação da qualidade das águas do Ribeirão São João.

No estudo da qualidade da água aliado ao uso e ocupação do solo de um ribeirão urbano, observou-se

que o parâmetro fósforo obteve seus maiores índices em área antropizada, assim como analisado nesse trabalho, obtendo uma correlação positiva entre o uso da terra e o fósforo total (Menezes et al., 2016). Em comparação a corpos hídricos com pontos fora da zona urbana, os valores de fósforo variaram entre 0,06 mg/L e 0,24 mg/L (Andrietti et al., 2016), valores próximos ao encontrado para o ponto 1. Para o ponto 2, no entanto, foi observado um valor discrepante a esse na 3ª coleta

Tabela 5 – Parâmetros físico-químicos das 3 coletas realizadas no ano de 2018.

Parâmetro	1ª Coleta		2ª Coleta		3ª Coleta	
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 1	Ponto 2
pH	7.27	6.82	7.27	6.98	7.21	6.48
Salinidade (sal)	0.03	0.04	-	-	0.04	0.10
254 nm (cm⁻¹)	0.12	0.08	0.04	0.09	0.06	0.30
Sólidos Totais (ST)	98.0	153.0	70.7	140.0	110.5	271.5
Clorofila a (µg/L)	0.38	0.86	0.26	0.47	0.15	0.78
Fósforo Total (FT)	0.08	0.17	0.02	0.25	0.27	1.15

Fonte: Autoria própria.

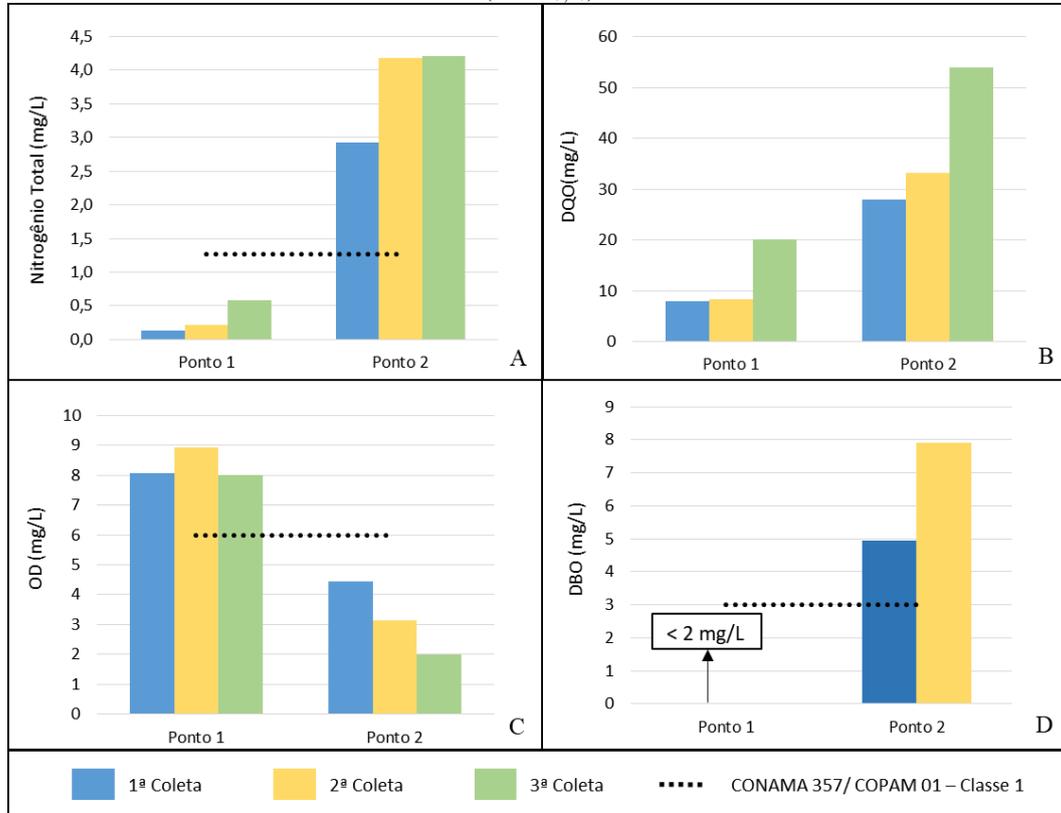
O parâmetro nitrogênio total foi maior no ponto 2 do que no ponto 1 (Figura 8A). No ponto 1, seus valores não excederam os limites da legislação para águas de classe 1 (1,27 mg/L). No entanto, observa-se uma distribuição crescente do parâmetro no local, mesmo sem considerar o nitrito nos cálculos totais da 3ª coleta, o que pode sinalizar uma possível deterioração futura nesse trecho caso o mesmo não seja preservado de forma correta. Ainda assim, os valores de nitrogênio total para esse ponto foram baixos, devido ao nitrito não ser detectado na maioria das coletas e ao nitrato ter seu maior valor na 2ª coleta de apenas 0,036 mg/L; o nitrogênio orgânico e amoniacal corresponderam a 93% do nitrogênio total.

Em relação ao ponto 2, as contribuições das frações de nitrogênio variaram, com destaque para o nitrito na 1ª coleta (1,4 mg/L) seguido pelo nitrogênio amoniacal (1,1 mg/L). Na 2ª coleta o destaque foi para o nitrogênio amoniacal (3,07 mg/L); e na 3ª coleta a maior fração foi do nitrogênio orgânico (2,9 mg/L) seguido pelo nitrato (1,24 mg/L). No geral o nitrogênio orgânico e amoniacal corresponderam por 68% do nitrogênio total. Frações elevadas de nitrogênio orgânico e amoniacal e de nitrito e nitrato podem indicar diferentes fontes de contribuições, tanto de efluentes recentes (esgotos brutos) como de efluentes com fontes mais distantes e que já passaram pelo processo de nitrificação (Von Sperling, 2014). Em concordância ao ponto 1, na 3ª coleta o ponto 2 também obteve um aumento da concentração de nitrogênio total, mesmo sem considerar as concentrações de nitrito, reafirmando o aumento do processo de degradação das margens do Ribeirão.

Pelo estudo de Sutti et al. (2016), a concentração encontrada para o parâmetro nitrogênio em rios poluídos do sistema estuário de Santos-SP, variaram entre 4 mg/L à 9 mg/L. As concentrações analisadas no ponto 1 estavam abaixo desses valores. O ponto 2, no entanto, apresentou valores próximos ao encontrado nesses rios, o que sinaliza uma poluição no local.

Fazendo a correlação dos parâmetros nitrogênio e fósforo observou-se que para todas as coletas no ponto 1, os valores foram menores que 10, revelando a limitação do crescimento fotossintetizante ocasionado pelo nitrogênio nesse local (Von sperling, 2014). Para o ponto 2, os valores foram maiores que 10, revelando a limitação do crescimento fotossintetizante ocasionado pelo fósforo (Von sperling, 2014). Na 3ª coleta, no entanto, a relação foi igual a 4, indicando uma limitação por nitrogênio. De fato, a 3ª coleta obteve maiores valores de fósforo, nutriente que vinha sendo o limitante para o crescimento das algas nesse ponto.

Figura 8 – Gráfico dos parâmetros medidos nos pontos 1 e 2, em três coletas na MRSJ. (A) Nitrogênio total. (B) Demanda Química de Oxigênio (DQO). (C) Oxigênio Dissolvido (OD). (D) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20}).



Fonte: Autoria própria.

Os maiores valores do parâmetro demanda química de oxigênio (DQO) foram obtidos para o ponto 2 (Figura 8B). Ressalta-se que, tanto no ponto 2 quanto no ponto 1, os valores de DQO apresentaram dados em uma sequência crescente para as coletas: 8 mg/L, 8 mg/L e 20 mg/L para o ponto 1 e 28 mg/L, 33 mg/L e 54 mg/L para o ponto 2. O aumento dos valores de DQO pode estar relacionado a um processo crescente de contaminação, como já discutido. Valores típicos à DQO do ponto 2 foram encontrados nas águas do Rio Poxim-SE, perto da captação para abastecimento público. Nesse ponto, há alterações antrópicas no ambiente aquático que interferem na qualidade de suas águas (Vasco et al., 2011).

O oxigênio dissolvido (OD) do ponto 1 estava acima do valor preconizado na legislação para a classe 1, de 6 mg/L (Figura 8C). Para o ponto 2, os valores determinados estão abaixo do valor estabelecido pela legislação para todas as coletas (Figura 8C). Ressalta-se o decréscimo dos valores, em média de 32%, nas coletas analisadas. Esse decréscimo é influenciado pelo aumento dos teores de DQO (matéria orgânica). Essa relação se deve ao fato de que microrganismos utilizam o oxigênio para degradar a matéria orgânica (Von Sperling, 2014).

Von Sperling (2014) relata que em condições de OD igual a 2 mg/L, praticamente todos os peixes não sobrevivem e caso todo ele seja consumido, tem-se condições anaeróbias, com a geração de maus odores. Constata-se essa condição na 3ª coleta no ponto 2, podendo afetar drasticamente a vida aquática e o ecossistema.

Ademais, é notório o mau cheiro advindo do Ribeirão São João, característico de condições anaeróbias, sendo recorrente a reclamação da população. Sendo assim, destaca-se aqui os valores alarmantes de OD encontrados no ponto 2 e a necessidade de uma gestão adequada da microbacia com vistas à recuperação desse trecho.

Os valores da demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$) para o ponto 1 foram menores que o limite de detecção do método, de 2 mg/L (Figura 8D). Sendo assim, o parâmetro não extrapolou o valor máximo permitido em norma para águas de classe 1 (3 mg/L). O ponto 2, entretanto, obteve valores acima da legislação nas 1ª e 2ª coletas (Figura 8D). Não foi possível quantificar a $DBO_{5,20}$ na 3ª coleta devido a erros na diluição. Pode-se inferir, portanto, que era preciso diluir mais a amostra na última coleta e que possivelmente o valor encontrado seria maior do que aqueles encontrados nas 1ª e 2ª coletas, as quais seguiram o mesmo processo de diluição. Tal pressuposto revela que o parâmetro obteve um aumento da 1ª para a 2ª coletas e da 2ª para a 3ª coletas, se equivalendo ao aumento observado dos parâmetros DQO, fósforo total, nitrogênio total e diminuição de OD no ponto 2. É reforçada a ideia de deterioração crescente desse trecho e, portanto, a necessidade de medidas voltadas à recuperação e à prevenção das águas do Ribeirão.

Em termos de fração biodegradável, mesmo que o ponto 1 tenha valores de $DBO_{5,20}$ próximos ao limite de detecção do método (2 mg/L), a relação de DQO/ $DBO_{5,20}$ em todas as coletas foi maior que 4,0 e, por isso, a fração não biodegradável do ponto 1 é elevada. Isso se deve aos baixos valores de matéria orgânica biodegradável encontrada nesse ponto, por ser uma área preservada e com baixa interferência antrópica.

Para o ponto 2, no entanto, observa-se que a relação se encontra bem próxima a 4,0. Essa relação decaiu da 1ª para a 2ª coletas, mostrando um aumento da fração biodegradável no ponto 2. Como um dos principais parâmetros constituintes dos esgotos sanitários é a matéria orgânica biodegradável, sugere-se estudos mais detalhados acerca da caracterização dos parâmetros físico-químicos e biológicos das águas, com vistas a um possível tratamento para as poluições pontuais e de origem doméstica no ponto 2. Destaca-se também a contaminação microbiológica advinda do esgoto e suas implicações na saúde as quais devem ser consideradas em estudos futuros.

4. Conclusão

A MRSJ não é propensa a enchentes e inundações naturalmente, no entanto, com o crescimento desordenado da malha urbana e de pastagens degradadas dentro das APP's, agravou-se a propensão do Ribeirão a enchentes e inundações. Adicionalmente, mostrou-se que a susceptibilidade da microbacia a processos erosivos é alta.

Verificou-se pela análise dos parâmetros de qualidade da água que o ponto 1 sofre influência do uso e ocupação do solo local, caracterizando-o por ter uma porcentagem acentuada de atividades agropecuárias. Observou-se ainda, que o assoreamento desse ponto interfere nos parâmetros de qualidade da água. Tais parâmetros sofrem maior influência do regime de chuvas nesse ponto em comparação aos parâmetros avaliados no ponto 2. O ponto 2 sofre influência direta do lançamento de efluentes domésticos advindos da cidade, possuindo parâmetros como nitrogênio total, fósforo total, turbidez, $DBO_{5,20}$, ferro e OD fora dos padrões para classe 1 em todas as coletas analisadas. Destaca-se ainda o aumento da fração biodegradável nesse ponto, mostrando a necessidade de estudos mais detalhados acerca da caracterização dos parâmetros físico-químicos e biológicos das águas, com vistas a um possível tratamento para as poluições pontuais e de origem doméstica no ponto 2.

Destaca-se ainda, a importância da pesquisa como uma primeira caracterização do Ribeirão São João. Sugere-se que a mesma sirva como subsídio à gestão do único manancial que transpassa a cidade de Mar de Espanha – MG e que influencia nas águas de rios importantes a jusante.

5. Agradecimentos

À UFJF e ao Batalhão de Bombeiros Militar – JF.

6. Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). **NBR 9898- preservação e técnicas de amostragem de efluentes e corpos hídricos receptores**. Rio de Janeiro. Brasil.

Adami M.; Gomes A. R.; Coutinho A. C.; Esquerdo J. C. D. M.; Venturiere A. (2015). Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012. **17º simpósio brasileiro de sensoriamento remoto – SBSR, João Pessoa – PR, Brasil**.

Alves A. C.; Conceição P. E. A. (2015). Levantamento do uso e ocupação do solo por meio de imagens tm-landsat-5 e ads-80 para o município de Manaus/AM. **17º simpósio brasileiro de sensoriamento remoto – SBSR, João Pessoa – PR, Brasil**.

Alves g. m. r.; Ferreira M. F. M. (2016). Uso do solo em áreas de preservação permanente (APP) na bacia do córrego do Pântano, município de Alfenas-MG. **Revista de geografia – PPGeo**. 6 (4), 329-337.

ANA - Agência Nacional de Águas (2016). **Hidrografia da bacia do rio Paraíba do Sul**.

Andrietti G.; Freire R.; Amaral A. G.; Almeida f. t.; Bongiovani M. C.; Schneider R. M. (2016). Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**. 11 (1), 163 – 175.

APHA; AWWA; (2012). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22º ed. Washington: Apha.

Brasil. Resolução Conama nº 357 de 17 março de 2005 (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.

Brasil. Lei 12651, de 25 de maio de 2012 (2012). **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a medida provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Brasília.

Carvalho A. R.; Oliveira J. P. S.; Monteiro J. M. (2018). Ecologia de metazoários parasitos e relação comprimento/peso em *geophagus brasiliensis* (quoy & gaimard, 1824) (perciformes, cichlidae) do rio Paraibuna, Minas Gerais, Brasil. **Revista eletrônica do campus Juiz de Fora**. 3, 1-17.

Christofoletti, a. geomorfologia. São Paulo: Edgard bluche. p. 150, 1974.

Collares, E. G. (2000). **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari-SP.** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo - SC, São Paulo, SP, Brasil.

Corvalán, S. B.; Gacia, G. J (2011). Avaliação ambiental da APA Corumbataí segundo critérios de erodibilidade do solo e cobertura vegetal. **Geociências**. 30 (2), 269–283.

Coutinho M. P.; Gonçalves D. A.; Caram R. A.; Soares P. V (2018). Áreas de inundação no trecho paulista da bacia do Rio Paraíba do Sul e nascentes do Cadastro Ambiental Rural. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. 10 (3), 614-623.

Eduardo C. C.; Silva A. C.; Ferreira C. C. M.; Rezende R. F.; Lima F. J. M (2010). Mapeamento geomorfológico e levantamento turístico em Mar de Espanha, Minas Gerais. **8º Simpósio Nacional de Geomorfologia. Rio de Janeiro**.

EL-zeiny A. M.; Effat H. A (2017). Environmental monitoring of spatiotemporal change in land use/land cover and its impact on land surface temperature in El-Fayoum governorate, Egypt. **Journal Remote Sensing Applications: Society and Environment**. 8, 266-277.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agência de Informação Embrapa**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acessado em: 03 novembro de 2018.

Faustino, J (1996). Planificación y gestión de manejo de cuencas. **Turrialba:CATIE**, p. 90.

Galparsoro, L. U.; Fernández, S. P. (2001). **Medidas de concordância: el índice Kappa**. Disponível em: <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa.asp>. Acessado em: 10 de junho de 2018.

Hott, M.C; Guimarães, M; Miranda, E. E. (2004). Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento. Embrapa Monitoramento por Satélite. **Documentos n°34. ISSN – 0103-78110**.

Honji R. M.; Tolussi C. E.; Caneppele D.; Polaz C. N. M.; Hilsdorf A. W. S. (2017). Moreira R. G. Biodiversidade e conservação da ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista da Biologia**. 17 (2), 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010: Resultados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/censo2010/apps/mapa/index.html?screen=max&ug=31&var=10110>. Acessado em: 30 de maio de 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações Automáticas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acessado em 03 de novembro de 2018.

Leithold J.; Fernandes C. V. S.; Knapik H. G. Azevedo J. C. R (2017). Caracterização quali-quantitativa da

Matéria Orgânica em bacias hidrográficas urbanizadas como base para a aplicação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 22 (55).

López S.; Wright C.; Costanza P (2017). Environmental change in the equatorial Andes: Linking climate, land use, and land cover transformations. **Journal Remote Sensing Applications: Society and Environment**. 8, 291-303.

Machado, P. J. D. O. (2012). **Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial – instrumentos para a gestão da bacia de contribuição da represa de Chapéu d’Uvas/MG**. Tese de doutorado. Universidade Federal Fluminense.

Menezes J. P. C.; Bittencourt R. P.; Farlas M. S.; Bello I. P.; Fla R.; Oliveira L. F. C. (2016). Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. 21 (3), 519-534.

Mesquita E. A.; Cruz M. L. B.; Pinheiro L. R. O (2012). Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da lagoa do Uruaú – Beberibe/CE. **Revista Geonorte**. 2 (4), 1509-1518.

Metcalf & Eddy, Inc (2014). Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reus. **McGraw-Hill International Editions**. 5ª edição, Nova York.

Minas Gerais (1996). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 16, de 24 de setembro de 1996**. Dispõe sobre o enquadramento das águas estaduais da bacia do rio Paraibuna.

Minas Gerais (2008). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos d’água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Moraes M. B.; Polaz C. N. M.; Caramaschi E. P.; Júnior S. S.; Souza G.; Carvalho F. L. (2017). Espécies Exóticas e Alóctones da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Implicações para a Conservação. **Revista Biodiversidade Brasileira**. 7 (1), 34-54.

Mota A. A.; Grison F.; Giglio J. N.; Kobiyama M (2017). Instalação de uma pequena bacia experimental florestal: estudo de caso da bacia do Rio Araçuaia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 22 (1), 73-80.

Paula M. R.; Benedetti A. C. P.; Filho W. P. (2016). Influência do Uso e Cobertura da Terra Aliado à Precipitação Pluviométrica na Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Ingaí – RS/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**. 32, 143-152.

Pereira C. C.; Lima J. D. (2015). As influencias dos usos das terras na bacia hidrográfica do córrego Brejo Alegre de Araguari (MG) sobre a qualidade das águas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. v. 03 (19), 162-178.

Plano Municipal De Saneamento Básico (PMSB) – Mar de Espanha (2013).

Pinto, V. G. (2014). **Modelagem ecohidrológica e caracterização biótica e abiótica da bacia hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo**. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Ribeiro, C.B.M. (2001). **Sensoriamento remoto aplicado à detecção de mudanças na cobertura do solo de uma bacia hidrográfica**. Dissertação de Mestrado. PEC/COPPE/UFRJ, 191 p. 191.

Santos M. L. V.; Santos E. N.; Filho J. T. S. (2015). O rio Paraíba do Sul e o abastecimento no estado do Rio de Janeiro. **Semioses**. 9 (1), 36-42.

Silva F. P.; Rocha C. B.; Neto R. M. (2015). Conflitos de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APPs) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ubá – MG. **Revista de Geografia – PPGeo - UFJF**. 5 (2), 141-156.

Silva R. G.; Faria R. A. V. B.; Moreira L. G.; Pereira T. L.; Silva C. H.; Botelho S. A (2016). Avaliação do processo de restauração de área de preservação permanente degradada no sul de Minas Gerais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. 9 (1), 147-162.

Soares L. S.; Lopes W. G. R.; Castro A. C. L.; Araujo G. M. C. (2016). Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**. 31, 82-100.

Soares, R.; Machado, W. T. V.; Campos, D. V. B.; Monteiro, M. I. C.; Freire, A. S.; Santelli, R. E (2016). Avaliação da Aplicabilidade de Índices de Poluição Aquática: Estudo de Caso no Rio Paraíba do Sul (Juiz de Fora, MG, Brasil). **Revista Virtual de Química**. 8 (6), 2105-2122.

Soares D. B.; Nobrega R. S.; Filho F. O. M. (2017). Mapeamento de solo exposto em área suscetível à desertificação em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**. 9 (69), 1789 - 1796.

Sutti B. O.; Borges R. P.; Guimarães L. L.; Schmiegelow J. M. M. (2016). Nitrogênio e matéria orgânica em dois rios com diferentes graus de impactos no sistema estuarino de Santos (São Paulo, Brasil). **Brasilian Journal of Aquatic Science and Technology (BJAST)**. 20 (1), 93-104.

Vasco A. N.; Britto F. B.; Pereira A. P. S.; Junior A. V. M.; Garcia C. A. B.; Nogueira L. C (2011). Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**. 6 (1), 118 – 130.

Villela, S. M. & Mattos (1975). **A Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw- Hill do Brasil. p. 245.

Von Sperling, M (2014). **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1 (4), 25 - 92.