



DIEGO VIPA AMÂNCIO

**QUALIDADE DA ÁGUA E REGIME
HIDROLÓGICO EM SUB – BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CAPIVARI E
MORTES**

LAVRAS – MG

2016

DIEGO VIPA AMÂNCIO

**QUALIDADE DA ÁGUA E REGIME HIDROLÓGICO EM SUB –
BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CAPIVARI E MORTES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Gilberto Coelho

Orientador

Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

Coorientadora

LAVRAS – MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Amâncio, Diego Vipa.

Qualidade da água e regime hidrológico em sub-bacias
hidrográficas dos rios Capivari e Mortes / Diego Vipa Amâncio. –
Lavras : UFLA, 2016.

106 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador(a): Gilberto Coelho.

Bibliografia.

1. Qualidade de Água. 2. Sedimentos. 3. Metais Pesados. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

DIEGO VIPA AMÂNCIO

**QUALIDADE DA ÁGUA E REGIME HIDROLÓGICO DAS SUB –
BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CAPIVARI E MORTES**

**WATER QUALITY AND HYDROLOGICAL REGIME OF SUB - RIVER
BASIN RIVERS CAPIVARI AND DEATHS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 12 de agosto de 2016.

Prof. Dra. Kátia Daniela Ribeiro

UNIFOR – MG

Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques

UFLA

Prof. Dr. Gilberto Coelho
Orientador

**LAVRAS – MG
2016**

*Aos meus pais, Vicente de Paulo (Vipa)
e Marlene Verônica, pela confiança,
amor, carinho, apoio e por sempre
acreditarem no meu potencial.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, pela oportunidade da realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fornecimento dos recursos disponibilizados.

Aos meus pais Vicente de Paulo Amâncio (Vipa) e Marlene Verônica, pelo amor, confiança, e incentivos para a realização desse trabalho.

Às minhas irmãs, Heloísa e Maria Mara, pelo amor, apoio sincero, e incentivo.

À minha madrinha Marta, pelo apoio, amor, e por estar sempre do meu lado.

À Ana Carolina, pelo amor, amizade, apoio, confiança, compreensão nos momentos difíceis e por sempre acreditar no meu potencial.

Ao professor Dr. Gilberto Coelho, orientador, pela amizade construída, oportunidade, confiança, compreensão e paciência no decorrer do projeto de mestrado.

À Dra. Rosângela (Rosa), coorientadora, pelas instruções laboratoriais, compreensão e conhecimento compartilhado.

Aos professores de Hidrologia, Carlos Rogério e Marcelo Viola, pelos auxílios prestados, conhecimento e ajuda nos trabalhos de campo.

Aos laboratoristas Isael e Juliana do núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária, pelo convívio e paciência nos auxílios durante a realização das análises.

Aos laboratoristas do LAADEG, Marcos e Alex, pela paciência e conhecimento compartilhados durante o período de realização das análises.

Ao Renato Antônio (Renatão), braço direito no trabalho de campo, pela paciência, compreensão e amizade construída.

Aos colegas de pós-graduação, Alisson, Ronan, Ivan, André Caldas, Marcelo Linon, Fernando Neris, Lucas Cardoso, Brennon, Rodrigo (Cocão), Aryane, Aline, Jacineumo, Marco Antônio e Joyce, que de forma direta ou indireta me auxiliaram na realização desse trabalho.

Aos amigos de longa data, pelo apoio, confiança e paciência nos momentos em que precisei.

Deixo aqui um enorme e sincero agradecimento a todos que puderam participar para a realização de mais uma etapa da minha vida.

Obrigado!

RESUMO

A água é necessária para o abastecimento da sociedade, geração de alimentos e é essencial a vida. Na produção de alimentos, grande parte da água utilizada é perdida por meio da evaporação e do escoamento superficial devido a seu uso inadequado na irrigação. Alterações drásticas no meio são associadas às atividades naturais e antrópicas. Objetivou-se neste trabalho avaliar o Índice de Qualidade de Água (IQA), Índice de Estado Trófico (IET), Rendimento Específico e a Descarga de Sedimentos nas sub-bacias hidrográficas do Rio Capivari (GD1) e Mortes (GD2). Foram amostrados três pontos no GD1 (P – I no Rio Ingaí – Minduri, P – II no Rio Capivari e P – III no Rio Ingaí – Luminárias) e três pontos no GD2 (P – IV no Rio das Mortes, P – V no Rio do Peixe e P – VI no Ribeirão dos Tabuões). O período de monitoramento foi de abril de 2015 a fevereiro de 2016, sendo totalizadas oito coletas, com exceção do P – V, onde foram realizadas sete amostragens. Os parâmetros avaliados foram: potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, turbidez, sólidos totais, fosfato (PO_4^{3-}), fósforo (P), nitrato (NO_3^-), temperatura, Alumínio, Bromo, Cobre, Cromo hexavalente, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco. De posse dos dados, foram calculados o rendimento específico, a descarga sólida em suspensão, o IET e o IQA (proposto pelo IGAM). Comparou-se os resultados nos parâmetros de qualidade de água com os valores máximos permitidos constantes na Deliberação Normativa COPAM CERH 01/2008 para classe 1 e classe 2 (metais pesados e qualidade de água, respectivamente). Os resultados obtidos através do rendimento específico mostraram divergências nas duas sub-bacias, sendo que na GD1 houve recarga do aquífero e mostrou-se alta produtividade em relação a GD2. Já a descarga sólida em suspensão, mostrou-se satisfatória em quatro pontos amostrais, sendo que as altas precipitações geraram grandes quantidades de sedimentos. Já nos outros dois pontos, as altas precipitações não ocasionaram grandes quantidades de sedimentos e também pelo último ponto amostral ser bastante assoreado. Os metais pesados mostraram acima do permitido devido a descarga incorreta de efluentes domésticos, industriais e minerais, mineralogia do local, precipitação e o contato do gado com as margens dos rios. Já os parâmetros de qualidade de água tiveram seus valores acima do permitido devido às altas quantidades de CT, turbidez, ST, P e também o NO_3^- , devido às poluições difusas e pontuais próximas ao ponto amostral. Em todos os pontos amostrais, o IQA foi classificado como ruim associado ao contato do gado, exploração mineral, despejos de efluentes de esgoto doméstico e industrial.

Palavras-chave: Rendimento específico. Sedimentos em suspensão. Metais pesados nos cursos d'água. Poluições difusas e pontuais.

ABSTRACT

Water is essential for supply the society, food production and for the life general way. For food production, much of the water has been lost via evapotranspiration and overland flow due to its inadequate use in the irrigation systems. Deep changes in the environment are associated with natural and anthropogenic activities. The aim of this study was to evaluate the Water Quality Index (IQA), Trophic State Index (IET), Specific Yield and Sediment Discharge in the Capivari River (GD1) and Mortes River (GD2) basins. Three sampling points were sampled in both GD1 (P - I at the Ingaí – Minduri River, P - II at Capivari River and P - III in Ingaí – Luminarias River) and GD2 (P - IV at Mortes River, P - V at Peixe River and P - VI at Tabuões Creek). The monitoring covered the period between April/2015 and February/2016, summing eight samples per river, with the exception of P - V in which seven samples were taken. The parameters evaluated were: hydrogen potential (pH), biochemical oxygen demand (BOD), dissolved oxygen (DO), coliform thermotolerant, turbidity, total solids, phosphate (PO_3^{4-}), phosphorus (P), nitrate (NO_3^-), temperature, aluminum bromide, copper, hexavalent chromium, iron, manganese, nickel and zinc. With these data sets, it was calculated the specific yield discharge, solid discharge suspended, IET and the IQA following the IGAM proposals. Water quality parameters obtained was compared to the maximum allowed values according to COPAM Normative Resolution CERH 01/2008 for the classes 1 and 2 (heavy metals and water quality, respectively). The results obtained by the specific discharge yield showed differences in the two hydrological regions (GD1 and GD2). There was a greater aquifer recharge in GD1 than GD2, demonstrated by the baseflow behavior. On the other hand, solid discharge suspended ion showed a satisfactory result in four sampling points, with intense rainfall events generating large amounts of sediment. Similar to the other two points of sampling, the high rainfall amounts did not provoke large amounts of sediment and, in addition, the last sample point was quite silted. Heavy metals were greater than those reference values that are permitted mainly due to improper launch domestic sewage, industrial and mineral, the local mineralogy, precipitation and the contact of the livestock actives with the river banks. The water quality parameters had their values greater than the permitted due to high amounts of CT, turbidity, ST, P and also the NO_3^- because of both diffuse and point pollution close to the respective sample points. All sampling points for IQA were classified as “bad”, because they are associated with livestock activities contact, mining, dumps of domestic and industrial sewage effluents.

Keywords: Specific Discharge Yield. Suspension Sediments. Heavy metals in waterways. Diffuse and point pollution.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
BCWQI	British Columbia Water Quality Index
BHRG	Bacia Hidrográfica Rio Grande
Br	Bromo
C_{cl}	Concentração do Cloreto
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CT	Coliformes Termotolerantes
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
Cr	Cromo
C_s	Concentração de Sólidos
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
Eutro	Eutrófico
Fe	Ferro
GD1	Alto Rio Grande
GD2	Vertentes do Rio Grande
GD3	Entorno Furnas
GD4	Rio Verde
GD5	Rio Sapucaí
GD6	Mogi-Guaçu/Pardo
GD7	Afluentes médio Rio Grande
GD8	Afluentes baixo Rio Grande
GPS	Sistema de Posicionamento Global

H	Altitude
Hiper	Hipereutrófico
IET	Índice de Estado Trófico
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA	Índice de Qualidade de Água
Meso	Mesotrófico
mg/L	Miligrama por Litro
Mn	Manganês
Ni	Níquel
NMP	Número mais Provável
NO₃⁻	Nitrato
NSF	National Sanitation Foundation
OD	Oxigênio Dissolvido
Oli	Oligotrófico
O₂	Oxigênio
OWQI	Oregon Water Quality Index
P – I	Bacia I (Ingaí – Minduri)
P – II	Bacia II (Cativari)
P – III	Bacia III (Ingaí – Luminárias)
P – IV	Bacia IV (Mortes)
P – V	Bacia V (Peixes)
P – VI	Bacia VI (Ribeirão dos Tabuões)
pH	Potencial Hidrogeniônico
PO₄	Fosfato Total
Ql	Descarga Líquida
qi	Qualidade do Parâmetro i
Q_{ss}	Descarga Sólida em Suspensão
ST	Sólidos Totais

Super	Supereutrófico
SUS	Sistema Único de Saúde
T	Temperatura do Rio
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos
VMP	Valor Máximo Permitido
wi	Peso Atribuído
Zn	Zinco
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	A água e sua importância	17
2.2	Bacias hidrográficas	18
2.3	Ciclo hidrológico	19
2.4	Água: origem da poluição e sua qualidade	20
2.5	Monitoramento da qualidade de água	23
2.5.1	Rendimento específico	24
2.5.2	Ciclo hidrossedimentológico	24
2.5.2.1	Componentes do ciclo hidrossedimentológico	25
2.5.3	Consequência dos sedimentos ao meio ambiente	27
2.5.4	Qualidade das águas em bacias hidrográficas	28
2.5.4.1	Potencial Hidrogeniônico (pH)	29
2.5.4.2	Oxigênio dissolvido (OD)	29
2.5.4.3	Temperatura da água	30
2.5.4.4	Fósforo total	30
2.5.4.5	Coliformes	31
2.5.4.6	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	31
2.5.4.7	Sólidos totais	32
2.5.4.8	Nitrato	32
2.5.4.9	Turbidez	33
2.5.4.10	Cloretos	33
2.5.4.11	Sólidos Suspensos e Dissolvidos	34
2.5.4.12	Metais Pesados	34
2.5.5	Índice de Estado Trófico (IET)	37
2.5.6	Índice de Qualidade de Água	39

3	MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1	Caracterização geral da região de estudo	43
3.2	Uso e ocupação do solo	46
3.3	Clima e regime pluvial	47
3.3.1	Hidrografia, relevo e vegetação	47
3.4	Monitoramento das águas superficiais das bacias	48
3.4.1	Medição de vazões	49
3.4.2	Parâmetros de qualidade de água analisados	50
3.4.3	Rendimento Específico	51
3.4.4	Descarga Sólida em Suspensão	51
3.4.5	Índice de Estado Trófico	52
3.4.6	Índice de Qualidade de Água	53
3.5	Caracterização de acordo com as normas pertinentes	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1	Capivari	56
4.1.1	Vazões monitoradas do GD-1	56
4.1.2	Rendimento específico (Capivari)	57
4.1.3	Descarga de sedimentos em suspensão – UPGRH GD - 1	58
4.1.3.1	Rio Ingaí-Minduri	58
4.1.3.2	Rio Capivari	59
4.1.3.3	Rio Ingaí – Luminárias	60
4.2	Mortes	62
4.2.1	Vazões monitoradas do GD-2	62
4.2.2	Rendimento específico (mortes)	63
4.2.3	Descarga de Sedimentos em Suspensão UPGRH – GD – 2	64
4.2.3.1	Rio das Mortes	64
4.2.3.2	Rio do Peixe	65
4.2.3.3	Ribeirão dos Tabuões	66

4.3	Metais pesados	67
4.3.1	Bacia hidrográfica Capivari	67
4.3.2	Bacia hidrográfica Mortes	71
4.4	Índice de Estado Trófico	74
4.4.1	IET Capivari	74
4.5	Qualidade da água	78
4.5.1	Bacia hidrográfica Capivari	78
4.5.2	Bacia hidrográfica Mortes	82
4.6	Índice de Qualidade de Água	86
4.6.1	Capivari	86
4.6.2	Mortes	89
5	CONCLUSÕES	92
	REFERÊNCIAS	94

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os corpos hídricos são utilizados pela sociedade com finalidades distintas, destacando-se a geração de energia, produção de alimentos e o abastecimento público. A água é um patrimônio de todos, sendo a principal fonte de sobrevivência de todo o ecossistema, no entanto, com o aumento da população nos centros urbanos, se tornam imprescindíveis os serviços e a busca por uma qualidade de vida.

Nas últimas décadas, as ações antrópicas, tanto dos centros urbanos quanto as atividades nas zonas rurais são responsáveis pela degradação dos recursos hídricos. Desse modo, um dos fatores responsáveis pela desagregação dos cursos d'água é o lançamento ambientalmente inadequado de efluentes, causando assim, diversas interferências no meio ambiente e aos seres vivos. Atualmente, pesquisas e estudos detalhados com relação ao tratamento e monitoramento da qualidade de água vêm ganhando força nesse cenário, visto que contribuem para a conservação do ambiente e geram benefícios futuros. A água é um recurso abundante no Brasil, porém, possui uma distribuição desigual, sendo que em algumas áreas esses recursos são mínimos, mostrando ser um fator limitante. A falta de tratamento adequado e lançamento de resíduos sólidos e líquidos nos corpos d'água acabam impedindo o uso na sociedade.

Em geral, o poder público visa, através de mecanismos legais, garantir tanto quanto possível a manutenção da qualidade da água, não desconsiderando os seus usos múltiplos (energia, transporte, recreação, abastecimento, produção de alimentos, usos industriais, saneamento, dentre outros) e o desenvolvimento de uma bacia hidrográfica específica. No Brasil, a primeira norma relacionada ao uso dos recursos hídricos, tanto no que diz respeito ao aproveitamento quanto a exploração da água, em termos legais, foi a Lei das Águas (BRASIL, 1934). Porém, entre estudos e pesquisas, o critério mais sólido em relação aos recursos

hídricos ganhou força e clareza somente com as resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e a Deliberação Normativa COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental), que visa detalhar nos cursos d'água, os parâmetros físicos, químicos e biológicos predeterminados. Esses parâmetros mostram o que pode comprometer o uso e ser danoso ao homem e ao meio ambiente, proveniente de atividades antrópicas no meio.

Nesse sentido, é possível mapear determinado corpo hídrico, criar e qualificar os seus próprios critérios. Partindo desse pressuposto, objetivou-se neste trabalho, avaliar a qualidade de água, metais pesados, rendimento específico e descarga de sedimentos em suspensão em três sub-bacias da Região do Alto Rio Grande (GD1) e três da Região Vertentes do Rio Grande (GD2).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A água e sua importância

A água possui uma dinâmica própria ao percorrer as etapas do ciclo hidrológico, apresentando-se nos diversos sítios ou reservatórios em que ocorre, sob diferentes fases físicas, com qualidade e estado de energia, também diferenciados (MELLO; SILVA, 2013). Para o ser humano, é essencial na produção de alimentos, energia e abastecimento público.

O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica do mundo, 13,8% do escoamento médio, tendo em território nacional a produção hídrica de $182.170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (ANA, 2013). Porém, sua distribuição ocorre de forma irregular entre as regiões. No Norte são concentrados aproximadamente 70% da água disponível para uso, onde habita apenas 7% da população nacional; enquanto os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo país, para atender a 93% da população. A região Nordeste, onde vive cerca de 28% da população brasileira, dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos nacionais (GALINDO, 2004).

Donadio et al. (2005) relata que a água ocupa um lugar específico entre os recursos naturais. É a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades e lugares. Possui papel fundamental no ambiente e na vida humana, e nada a substitui, pois sem ela, a vida não pode existir.

A qualidade da água vem piorando com o aumento da população e com a ausência de políticas públicas voltadas aos seus cuidados adequados. No mundo, aproximadamente doze milhões de pessoas morrem anualmente por problemas relacionados com a qualidade da água, visto que a distribuição e qualidade são inadequadas em diversos locais no mundo, não diferindo do que acontece no Brasil, pois grande parte dos registros do Sistema Único de Saúde

(SUS) mostra que 80% das internações hospitalares do país são devido a doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças que ocorrem devido à qualidade inadequada e pela má distribuição para o consumo humano no país (WHO, 2000).

2.2 Bacias hidrográficas

Segundo Barrella (2001), bacias hidrográficas (BH) são aglomerados de terras drenadas por cursos d'água, entre rio e seus afluentes, estruturado em regiões com relevos elevados por divisores de água, formando rios e lagos, e que também podem infiltrar no solo formando o lençol freático e as nascentes.

Mello e Silva (2013) relatam que bacias hidrográficas, denominadas também bacias de captação ou de drenagem, são áreas delimitadas espacialmente pelos divisores de água, formadas por uma rede de drenagem e o escoamento converge para uma seção comum, denominada seção de controle.

Em geral, o monitoramento do balanço hídrico na superfície da Terra nada mais é que a entrada e saída de água em determinado intervalo de tempo. Ele também tem como foco principal a variação de armazenamento, conseqüentemente, a disponibilidade de água no solo. Segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas (2016), no estado de Minas Gerais, por exemplo, estruturaram-se as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH's) a partir de bacias que pertencem ao estado. A partir dessas áreas é possível estabelecer um monitoramento adequado, observando as especificidades regionais. Um dos fatores monitorados e parte principal deste trabalho é a qualidade de água na bacia hidrográfica.

Em termos gerais, toda água em uma bacia é a água drenada com um sentido único para um corpo hídrico principal, considerado como seu único ponto de saída. Segundo Tucci (2005), as bacias hidrográficas são compostas

diretamente de várias superfícies vertentes e um canal de drenagem a fim de gerar um único leito.

No Brasil, um termo mais adequado para manejo de bacias hidrográficas é a administração dos recursos naturais de uma área de drenagem, primariamente voltado para produção e proteção da água, incluindo o controle de erosão, enchentes e proteção dos aspectos estéticos associados à presença de água. No geral, manejo de bacias hidrográficas consiste num melhoramento da própria bacia, fazendo uso adequado dos recursos naturais e do solo, da cobertura vegetal, controle de poluição, uso da água e, se necessário, a construção de obras hidráulicas (MMA, 2015).

2.3 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e a rotação terrestre (TUCCI, 2007). Segundo Mello e Silva (2013), o principal fator de entrada no ciclo hidrológico é a precipitação. Parte da água precipitada pode ser interceptada pela cobertura vegetal, o que depende de sua área foliar. Pruski et al. (2004) citam que o volume total precipitado dentro do ciclo hidrológico é interceptado pela vegetação, enquanto o restante é drenado pela superfície do solo. Já Mello e Silva (2013) relatam que o ciclo hidrológico corresponde à dinâmica da água no meio ambiente, assimilar seus diferentes estados físicos (líquidos, vapor e sólido), nos mais diferentes ambientes do nosso planeta tais como, oceanos, rios, mares, solo, leitos naturais de escoamento, dentre outros. A fonte de energia que é o ponto de partida do ciclo hidrológico consiste na radiação solar.

O ciclo hidrológico está em movimento, graças à troca de seus diferentes estados, entre oceanos, calotas, águas subterrâneas, águas superficiais e

atmosfera. Grande consequência disso é devido ao sol, que fornece energia para elevar a água da superfície para a atmosfera na forma de evaporação. Com isso, a gravidade faz com que a água solidifique e caia na forma de precipitação. Pruski et al. (2004) mostram que na forma de escoamento superficial, o segmento da água no ciclo hidrológico é relacionado ao deslocamento sobre a superfície do solo, e onde ocorre fissuras, poros mostram o movimento da água pelos solos e rochas denominado escoamento subsuperficial (subterrâneo). A água está sempre em movimento graças à troca de força da gravidade e isso ocorre devido às chuvas, neves, granizo, lagos, oceanos, nuvens e águas subterrâneas.

2.4 Água: origem da poluição e sua qualidade

As fontes da poluição gerada em torno dos cursos d'água estão ligadas diretamente às atividades antrópicas que são realizadas nas proximidades. Resíduos são gerados em larga escala no mundo, e sua disposição ambientalmente inadequada tem acarretado sérios problemas como a poluição do solo e da água. A prioridade nas estratégias para redução da poluição devido às atividades agrícolas deve ter como objetivo a redução do deflúvio superficial e do uso de agroquímicos, e o manejo adequado dos efluentes produzidos pelos sistemas de criação de animais em confinamento. As práticas relacionadas com a redução do deflúvio superficial são baseadas na melhoria da qualidade da estrutura do solo e, conseqüentemente, na qualidade do sistema poroso. Isso possibilita que as taxas de infiltração se mantenham elevadas e, com isso, o volume escoado é reduzido.

Fontes de poluição começam, em sua maioria, pela água, ar e também pelo solo. É importante ressaltar, que tanto poluição, como contaminação, são causadas pela introdução de qualquer substância ou resíduo e estão propensas a

causar danos. As fontes de poluição podem ser classificadas em difusas e pontuais. As fontes de poluição pontuais são os despejos causados por efluentes urbanos e industriais em determinado ponto da bacia hidrográfica, e as fontes de difusas não existem um ponto específico de lançamento dos efluentes, visto que as atividades de agricultura e pecuária não geram pontualmente em um determinado momento, como a drenagem urbana (VON SPERLING, 1995).

Assim, a fonte de poluição da água pode ser ou antrópica ou natural. Em algumas regiões, a geologia ou solos, contêm altos valores relacionados aos parâmetros físicos, químicos e biológicos que acabam afetando a qualidade das águas. No entanto, Casanovas (2000) observou que as mudanças no uso do solo e tipos de gestão envolvidos, a partir de intensificação da agricultura na década de 50, contribuíram para o aumento da erosão do solo. Por outro lado, Norris e Batie (1987) citam que o potencial de erosão na exploração está significativamente relacionado com o uso de lavoura de conservação, mas não de outras práticas. Esses resultados são discutidos em termos das suas implicações para programas de conservação do solo. Nas plantações, é importante ter conhecimento do cuidado e conservação do solo, bem como dos processos que podem ocorrer e as técnicas de controles apropriadas e geradas para cada tipo de situação. Um solo erodido quase sempre mostra negatividade, uma vez que as camadas mais profundas do solo são geralmente menos produtivas do que a camada superficial. A erosão do solo é definida por Albuquerque et al. (1994) como um processo pelo qual a camada superficial do solo e minerais, ou parte do solo é retirada, pela ação das águas, ventos, gravidade e atividades antrópicas sendo transportadas e depositadas em outros lugares. Para leigos, erosão do solo é o processo de desgaste causado por agentes erosivos, desfazendo seus horizontes, em principal o horizonte A, que na área ambiental é de suma importância. Contudo, o que causa alteração na erosão,

dentre os mais conhecidos, é a precipitação pluvial, que expõe melhor pela erosividade da chuva (MARTINS, 2001).

Por outro lado, a vegetação aquática em ecossistemas costeiros, ao mesmo tempo em que é vista como uma alternativa menos impactante, afeta a ciclagem de nutrientes, a estabilidade de sedimentos e turbidez da água, e a eutrofização nestes ambientes reduz o oxigênio disponível (DENNISON et al. 1993). Em todo o mundo, são catalogadas quedas de vegetação submersa, causando efeitos negativos na qualidade da água, como sedimentos e nutrientes. Para um crescimento de uma espécie de vegetação aquática submersa, Batiuk (1993), determinou uma exigência para que a profundidade de água máxima em que ela pode sobreviver. A intensidade da luz é atenuada exponencialmente com a profundidade da água.

Segundo Duha et al. (2008), o ritmo acelerado do desenvolvimento humano aumenta, sem precedentes, criando assim, uma incerteza sobre a qualidade do ar e da água. Por muitos anos a água foi considerada 'inesgotável' e atualmente é tratada como um problema recorrente. O mau uso e até mesmo o crescimento exacerbado está ligado a extensa produção e diversos tipos de atividades, desde residências até nas produções em grande escala.

O grande crescimento populacional interfere na qualidade da água e principalmente no saneamento básico. Sem recursos de saneamento e higiene adequados, morrem mais de 1,6 milhões de crianças a cada ano, tornando as mortes relacionadas com a água a terceira principal causa de mortalidade em crianças com menos de 15 anos de idade (ORGANIZATION, 2005).

2.5 Monitoramento da qualidade de água

O acompanhamento da qualidade da água é um trabalho realizado para obtenção de características essenciais, como físicas, químicas e biológicas por meio de dados e informações sobre variáveis que ocorrem no meio hídrico. É de extrema importância, pois auxilia no controle da poluição. A situação usual na avaliação da qualidade da água é a medição de múltiplos parâmetros, tiradas em diferentes momentos de acompanhamento, e de muitas estações de monitoramento (IGAM, 2005).

De acordo com McDonnell (2007), há uma série de novos caminhos para pesquisa em ciência da bacia hidrográfica, incluindo o uso de análise comparativa, classificação, princípios de otimalidade e teoria de rede, tudo com a intenção de definir, compreender e prever a função de bacias hidrográficas e enunciar às características funcionais, importantes divisores de águas.

A importância do monitoramento de bacias hidrográficas vai além do que se vê, pois, os ecossistemas terrestres passam por mudanças e a demanda por recursos naturais está cada vez maior. Apesar disso, Kohyama et al. (2005) demonstra que esse fenômeno tem atraído um grande investimento por parte da comunidade científica, para determinar o impacto, atribuir as mudanças para os processos e explorar trajetórias futuras. Isso é de extrema importância, pois estas informações científicas são fundamentais para se criar a base de conhecimento que irá embasar o desenvolvimento e permitirá que as sociedades possam conter e se adaptar a essas mudanças.

2.5.1 Rendimento específico

Segundo Oliveira (2013) é denominado como rendimento específico, a capacidade de produção de água de cada região, ou seja, a eficiência de cada bacia hidrográfica em produzir água. É determinada a porcentagem de água devido a ação da gravidade em escoar água. Já de acordo com Maziero e Wendland (2005) é tratado como um termo de armazenamento sem depender do tempo para liberar a água de forma instantânea, tendo variações associadas aos tipos de solos. O uso desse estudo é extremamente útil pra quem necessita determinar as grandezas de fluxo e a quantidade de água em cada região.

2.5.2 Ciclo hidrossedimentológico

Bem semelhante ao ciclo da água, o ciclo hidrossedimentológico é um ciclo aberto, e ao contrário das moléculas de água, o sedimento não voltará de onde vem. Lopes (2008) cita que os processos hidrossedimentológicos são resultados da interação dos processos hidrológicos e sedimentológicos.

O acompanhamento dos fluxos de sedimentos de um determinado local proporciona o que poderá ocorrer ao longo do tempo em relação aos impactos causados na sua área de drenagem, podendo se tornar um importante indicador ambiental. Segundo Vestena (2008) esses mesmos processos hidrossedimentológicos estão ligados aos ciclos hidrológicos e compreendem a desagregação, erosão, transporte e depósitos de partículas presentes nas bacias hidrográficas.

2.5.2.1 Componentes do ciclo hidrossedimentológico

Dentre os fatores que compõem o ciclo da água, é possível diferenciar os componentes que regem o deslocamento de partículas do ciclo hidrossedimentológico, que são conhecidas como: desagregação, erosão, transporte, sedimentação, depósito e consolidação.

A desagregação nada mais é que o desprendimento ou ruptura dos grânulos de rocha ou solo. No desprendimento, o solo vai perdendo nutrientes, dificultando as atividades agropecuárias, acelerando o processo de desertificação. Essas partículas que ficam expostas ao escoamento superficial das águas de chuva que não infiltram no solo ou não foram evaporadas. Esse estoque de material é composto de elementos de várias formas e tamanhos, como apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais desagregados.

Material	Tamanho
Argila	$d^* < 0,002 \text{ mm}$
Silte	$0,002 < d < 0,060 \text{ mm}$
Areia	$0,060 < d < 2 \text{ mm}$
Cascalho	$2 \text{ mm} < d < 60 \text{ mm}$
Seixo	$60 \text{ mm} < d < 200 \text{ mm}$
Pedras/Pedregulho/Matacão	$d > 200 \text{ mm}$

Nota: d^* = diâmetro

Fonte: TUCCI (2007)

A erosão é o deslocamento do solo causado pela natureza ou por ações antrópicas (COGO, 1981). Por fenômenos da natureza pode-se citar as precipitações, visto que em grandes quantidades provocam deslizamentos, infiltrações, dentre outros. Não esquecendo também, os ventos e as mudanças

repentinas de temperatura, que ocasionam fortes precipitações podendo causar erosão.

O Transporte é mostrado durante um monitoramento, pois em eventos chuvosos a turbidez da água se mostra de coloração escura. Por ser um processo natural, é o principal modelador das paisagens, mas que por desordenamento pode acarretar as margens. As ações antrópicas que causam maiores impactos na quantidade de sedimentos são as retiradas de vegetação, o manejo inadequado e também a urbanização (SCAPIN, 2005).

Já a sedimentação é denominada pela ação das partículas mais finas que são transportadas em suspensão, e tendem a ter contato com o fundo do leito por ação da gravidade (CARVALHO, 2008). A ação mecânica da água apresenta diversas separações granulométricas, constituindo um determinado tamanho e posições de acordo com a velocidade da água no leito.

O depósito é quando a carga sólida é grande, fazendo assim ocorrer degradação no fundo do rio, caso contrário, a carga sólida seja pequena, o rio responde com a degradação do leito.

A consolidação, segundo Tucci (2007) é resultante do acúmulo de partículas no fundo e a compactação do depósito sob efeito do próprio peso dos sedimentos, da pressão hidrostática ou qualquer fenômeno que venha aumentar a densidade dos depósitos.

Atividades antrópicas são as principais causadoras de danos no meio ambiente (CARVALHO, 2008). A camada protetora do solo (vegetação) é enfraquecida pelo fogo, corte, aração etc. Além de produzir sedimentos de forma prejudicial, a erosão causa sérios prejuízos às terras agricultáveis, reduzindo a fertilidade e produtividade do solo.

2.5.3 Consequência dos sedimentos ao meio ambiente

A erosão nada mais é que o fator inicial para o transporte de sedimentos no meio ambiente. A perda de solo que ocorre na área de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada com o uso e manejo do solo, e os sedimentos originam-se de um processo de erosões que geralmente ocorrem no solo por diferentes formas (FIGUEIREDO, 1989). Grandes áreas descobertas de vegetação e também degradadas naturalmente ou por ações antrópicas sofrem uma alta erosão hídrica proveniente do impacto da chuva ao solo denominada salpicamento.

Em bacias hidrográficas, por exemplo, o material erodido pode causar o assoreamento, e este é causado por acúmulo de resíduos, de ações antrópicas, desagregação de solos nas margens, dentre outros. O papel da mata ciliar é filtrar, para que o material impactante não deposite sob a água. Mas quando ocorre das matas ciliares serem totalmente removidas, as bacias hidrográficas perdem sua proteção. Quanto ao assoreamento, tem-se o aumento da turbidez que afeta a qualidade da água, aumenta a quantidade de metais pesados e também o custo benefício no tratamento da água. Ao longo do rio, a quantidade de sedimentos mostra que atrapalha a navegação e eleva o nível da água, causando assim, enchentes, em locais onde tem urbanização (CASSETI, 1995; PORTO et al., 2001; LOPES, 2007).

Já Vanzela (2004) cita que o assoreamento dos rios reduz a velocidade do fluxo e a vazão, mostrando grandes fatores impactantes, como prejuízos financeiros e ecológicos.

Os sólidos em suspensão em épocas chuvosas pode acarretar o acúmulo no leito dos rios prejudicando a vida aquática, principalmente os peixes, pois eles atuam na redução da taxa de crescimento, provocando assim, sua morte prematura (CETESB, 2005).

2.5.4 Qualidade das águas em bacias hidrográficas

A qualidade da água de uma determinada amostra de uma bacia hidrográfica é avaliada em função de seu objetivo, o que pode diferir em relação aos seus usos. Segundo Merten (2002), quando se refere à qualidade da água não se leva em consideração como aspecto principal sua pureza, mas sim, suas características físicas, químicas e biológicas e que, a partir disso, poderá determinar a qualidade de uma amostra de água. Toledo e Nicoletta (2002) cita que o Índice de Qualidade de Água tem como objetivo transformar resultados amostrais individuais em informações consolidadas e simplificadas para os gestores e usuários das águas, visando refletir a condição ambiental dos corpos hídricos ao longo do tempo.

Os padrões estabelecidos para abastecimento, por exemplo, são diferentes dos utilizados para irrigação, que por sua vez diferem dos padrões para geração de energia. Existem vários parâmetros físico-químicos e biológicos que podem ser analisados para inferir a respeito das condições da água, tais como: turbidez, salinidade, condutividade elétrica, temperatura, pH, sólidos totais, nitrogênio, fósforo, DBO, OD, metais pesados, organoclorados, coliformes fecais, dentre outros. A fim de facilitar a interpretação, utilizam-se índices de qualidade. O Índice de Qualidade de Água (IQA), por exemplo, é mundialmente conhecido e tem como função principal a realização de análise de qualidade de água por abastecimento, e foi originalmente elaborado pela National Sanitation Foundation (NSF), nos Estados Unidos, em 1970. Tem como principal aspecto a transformação de vários parâmetros da qualidade de água em um único número (STAMBUK-GILJANOVIC, 1999), permitindo a utilização de uma ferramenta simples e compreensível para os gestores decidirem sobre a qualidade e os possíveis usos de uma dada bacia hidrográfica

(BORDALO et al., 2001). O IQA também é utilizado para a avaliação de alterações na qualidade da água e para identificar tendências de água. Várias são as variantes do IQ, como: IQA- British Columbia Water Quality Index, BCWQI (ZANDBERGEN; HALL 1998), Oregon Water Quality Index, OWQI (CUDE, 2001), Instituto Mineiro de Gestão das Águas IQA – IGAM (IGAM, 2005), e o Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental IQA-CETESB (CETESB, 2003).

2.5.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Um dos fatores de extrema importância na qualidade dos ecossistemas aquáticos é o pH, e está ligado aos seus efeitos sobre a fisiologia de determinadas espécies. Segundo Chapman e Kimstach (1996), o pH é a medida do balanço ácido de uma solução, definida como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. No geral, os corpos d'água têm os valores de pH sempre variando entre 6 e 8. Os valores de pH devem estar próximos à neutralidade, fazendo com que o ecossistema mantenha em seu estado ativo. Hepp (2002) mostra que valores baixos de pH indicam aumento de matéria orgânica nos corpos d'água. Muitos fatores, como a geologia do local, as decomposições da matéria orgânica, além de processos biológicos, contribuem para o aumento ou diminuição do pH nos sistemas aquáticos (GUERESCHI, 2004).

2.5.4.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

Em sistemas aquáticos, o oxigênio dissolvido é um fator de limitância em processos de capacidade de estabilização em determinada carga poluidora. As bactérias, durante o processo de degradação da matéria orgânica, utilizam de oxigênio nos seus processos de respiração, podendo vir a interferir na qualidade

do meio. Segundo Maffezzoli (2006), a quantidade de oxigênio é incógnita variável, pois depende de vários fatores, dentre eles, espécie, tamanho dos indivíduos, quantidade de alimento ingerido e temperatura. O oxigênio dissolvido, dentre os gases dissolvidos na água, é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988). Como relatado por Balls et al. (1996), caso o oxigênio seja totalmente consumindo, tem-se condições anaeróbicas do ambiente e a geração de condições redutoras, aumentando o grau de virulência de muitos elementos químicos, que assim, tornam-se mais solúveis, como por exemplo, os metais.

2.5.4.3 Temperatura da Água

Temperatura influencia praticamente todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos. As variações de temperatura oscilam nos períodos do ano, tanto no período de estiagem, quanto no período de chuvas. Von Sperling, (1996), mostra que quando a temperatura chega em elevados valores, resulta na perda de gases pela água, gerando impactos negativos, como maus odores, crescimento dos organismos aquáticos e também o desequilíbrio biológico. A variação de temperatura, tanto do ambiente quanto dos cursos d'água interfere na atividade biológica.

2.5.4.4 Fósforo Total

A elevada concentração do fósforo nos cursos d'água se dá principalmente pelos esgotos sanitários. Tanto a matéria orgânica fecal como os detergentes, são fatores que pesam bastante nos mananciais ricos em fósforo. O fósforo também é um dos principais nutrientes para os processos biológicos, visto que é denominado como macro-nutriente, que também pode ser exigido em

grandes quantidades pelas células. Segundo Leite (2004), o fósforo é um elemento essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e também para o crescimento das algas no meio aquático, podendo variar em função das precipitações.

2.5.4.5 Coliformes

Coliformes são conhecidos como bactérias que são encontradas no trato digestivo humano e animal, e são eliminadas juntamente com as fezes na grande maioria dos casos, apenas a bactéria *Escherichia coli*, pertencente ao grupo dos coliformes fecais, é dada como indicador de contaminação fecal, ou seja, poluição por esgotos domésticos. De acordo com Silva (2006), não há o termo correto, presença de coliformes termotolerantes em alimentos e em águas com contaminação fecal, visto que, com o passar dos tempos, a necessidade de remodelar na legislação brasileira, o conceito coliformes fecais para coliformes a 45°C. Cardoso (2001) tem como ideia que o grupo dos coliformes totais inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C. Esta definição é a mesma para o grupo de coliformes fecais, porém, restringindo-se aos membros capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 horas a 44,5 - 45,5°C (HITCHINS et al., 1996; SILVA; JUNQUEIRA, 1995; SILVA et al., 1997; CARDOSO, 2001).

2.5.4.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

De acordo com Pinto (2007), a demanda bioquímica de oxigênio mostra a quantidade de oxigênio que a matéria orgânica necessita para biodegradar. O

conceito de biodegradabilidade vem a ser a quantidade de matéria consumida como fonte de alimento, sendo assim, fonte de energia para os microrganismos presentes na água.

Já Funasa (2014) conceituam a demanda bioquímica de oxigênio como forma indireta para avaliar a quantidade de carbono orgânico presente em um corpo d'água, sendo assim, de suma importância para estimar o grau poluidor da matéria orgânica nos mananciais. Se os microrganismos presentes na água utilizam do oxigênio para a sobrevivência, acaba provocando uma elevada demanda de oxigênio.

2.5.4.7 Sólidos Totais

Sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo assim, a decomposição anaeróbia. A quantidade e a natureza da matéria dissolvida e não-dissolvida (em suspensão) que ocorrem no meio líquido, variam grandemente. Nas águas potáveis, a maior parte da matéria está na forma dissolvida e é constituída, principalmente, de sais inorgânicos e de pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos (PINTO, 2007). A grande maioria dos contaminantes presentes na água contribue para carga dos sólidos e que pode ser classificada por suas características físicas e químicas, respectivamente.

2.5.4.8 Nitrato

Segundo Freitas (2001), outro composto de extrema importância para a saúde do ser humano e cada vez mais encontrado em água, é o nitrato. Este íon geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo por meio das águas de

abastecimento está associado a dois efeitos adversos a saúde: a indução à metemoglobinemia, especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (BOUCHARD et al., 1992). Um dos motivos pelo qual o teor de nitrato vem aumentando e se tornando um fato preocupante, é devido, principalmente nas zonas rurais, à lixiviação de terras cultivadas.

2.5.4.9 Turbidez

Partículas em suspensão limitam a penetração de raios solares, reduzem a fotossíntese e acabam influenciando na diminuição de oxigênio. Pavanelli (2001) cita que a turbidez pode ser definida como a diminuição da transpiração atmosférica devido aos sólidos presentes na água. A turbidez ocorre, principalmente, pela ação das chuvas no ambiente, gerando escoamento nos solos, fazendo com que conduza partículas, tanto de areia quanto de argila. A quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas dá uma ordem de grandeza de sólidos em suspensão na amostra.

2.5.4.10 Cloretos

Todas as águas naturais, tanto em maior quanto em menor escala, contêm íons resultantes na dissolução de minerais. Os cloretos são oriundos da dissolução de sais. Segundo Meybeck et al. (1992), suas concentrações em corpos d'água são normalmente menores que 10 mg. L^{-1} , e por muitas vezes, até inferiores que 2 mg. L^{-1} . Sua origem pode ser da dissolução de minerais, avanços de marés marinhas e também intrusão de águas salinas.

2.5.4.11 Sólidos Suspensos e Dissolvidos

As pequenas partículas presentes na água que se mantêm em suspensão como um coloide ou devido a um determinado movimento na água, são de extrema importância, sendo utilizados como indicadores. Na prática, as partículas de maiores dimensões que não conseguem passar por um filtro são denominadas sólidos suspensos. Para a avaliação dos sólidos suspensos, o que é filtrado mostra que pequenas partículas passaram pelo filtro e denominam os sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 1996).

2.5.4.12 Metais Pesados

O crescimento populacional gera demanda por melhores condições de vida, e isso surge em função das instalações de indústrias que proporcionam empregos, alimentos, dentre outros. Em virtude desses aumentos, a geração de efluentes torna-se impactante ao meio ambiente. Na literatura, diversos pesquisadores voltam seu empenho ao despejo incorreto de metais pesados em bacias hidrográficas, principal fonte de poluição.

Segundo Anzecc e Armcanz (2001), os termos encontrados na literatura como ‘metais pesados’, ‘metais traço’, ‘elementos traços’ e ‘constituintes traços’ são usados para os elementos encontrados nos sistemas aquáticos, de alto potencial toxicológico e associado à poluição.

O surgimento dos metais pesados em águas naturais se dá ao lançamento indevido de efluentes industriais tais como mineração, indústrias de tintas e pigmentos, compostos inorgânicos, curtume, lavanderias, dentre outros. A incineração também é um poluidor do ar, pois produz fumaças tóxicas que são ricas em metais pesados. Já Förstner e Wittmann (1981) mostram que a disposição dos metais pesados em bacias hidrográficas denomina por três

aspectos como a deposição de material particulado atmosférico, escoamento superficial da água da chuva após lavagem e lixiviação do solo e lançamento direto de despejos industriais e urbanos nos corpos de água. Freitas et al. (2001) citam que os metais pesados em água são absorvidos pela sociedade através do trato gastrointestinal e esta absorção pode ser afetada pelo pH, pelas taxas de movimentação no trato digestivo e pela presença de outros materiais; combinações particulares desses fatores podem contribuir para a absorção de metais ser muito alta, ou muito baixa, no homem.

O Alumínio é um elemento presente na água, pois grande parte dos tratamentos deste utiliza sulfato de Alumínio como agente coagulante. No entanto, em virtude da presença de Alumínio em água potável ser mais prontamente disponível para absorção biológica que outras fontes, assumiu-se que o Alumínio em água potável teria um efeito desproporcional sobre o mal de Alzheimer (REIBER et al., 1995). A ingestão de Alumínio pelos seres humanos também está presente em alimentos industrializados que utilizam o metal como corante e conservante.

Dos metais pesados presentes nas bacias hidrográficas, o Bromo, segundo Tavares et al. (2004), mostra que, quando é inalado ou ingerido é extremamente tóxico, podendo causar principalmente, edema pulmonar, dentre outros problemas ao organismo. O Bromo nas águas doces está presente em baixo teor, e em determinados locais pode ocorrer o despejo de efluentes industriais com altas concentrações desse íon que por muitos é utilizado como agente anti-combustão.

O Cobre é um metal encontrado em grande escala no meio ambiente, e é utilizado como condutor elétrico, utensílio doméstico, transporte de águas feitas por estações de tratamento de água, dentre outros. Em corpos d'água, a presença do Cobre varia muito, grande maioria das tubulações são feitas de Cobre e sua idade interfere. Tóth et al. (2002) mostra a corrosão do material particulado de

tubulações por águas ácidas, efluentes de tratamentos de esgotos, escoamento superficial, contaminação do lençol freático por meio de usos agrícolas do Cobre como pesticidas/herbicidas.

Keller et al. (2004) relata que compostos de Cromo são utilizados em atividades de construção, como pinturas e cimento, impressão (processos de reprodução fotomecânicos), fósforos e fogos artificiais, em memórias magnéticas de alguns computadores, fitas cassete, dentre outros. Eles também são utilizados como anticorrosivos e algicidas. O Cromo também é prejudicial e aparece com bastante frequência em corpos d'água devido ao despejo incorreto. Um dos fatores que impedem a absorção do Cromo pelos vegetais é a estrutura, que interrompe/filtra a entrada do Cromo, mas, se a concentração for alta no solo, este pode ocorrer em maior escala nos vegetais.

O Ferro aparece principalmente em águas subterrâneas, devido à dissolução pelo gás carbônico da água. Nas épocas chuvosas, o Ferro é frequentemente encontrado no desprendimento de solos, em contato com os corpos d'água, ocorrendo o processo de degradação do solo nas margens. Nos arredores de corpos d'água também é possível seu aparecimento devido às indústrias metalúrgicas, em decorrência da limpeza do material oxidado (ferrugem) denominado decapagem. Segundo Paiva et al (2000), sua carência pode causar anemia. Seu excesso acumula-se em diversas partes do corpo humano, como no fígado, pâncreas e coração. Siqueira et al (2009) salienta que pode aumentar a incidência de problemas cardíacos, diabetes, cirrose hepática, hemocromatose e outras complicações, sendo que o homem tem capacidade limitada na excreção do Ferro.

Já o Manganês, é encontrado de forma natural nas águas superficiais e subterrâneas e, por ocorrência de ações antrópicas, ele aparece em larga escala no meio ambiente. O Manganês é um elemento de extrema importância na vida dos seres humanos. Delvalls et al. (2004), salienta que altas concentrações do

metal pesado causam alucinações, perda de memória, danos ao sistema nervoso, dentre outros. As pessoas que trabalham e inalam o ar contaminado por Manganês podem contrair pneumonia e outras infecções relacionadas à respiração.

No setor industrial, o Níquel apresenta importância na proteção de ligas metálicas para que seja quase imune à oxidação. Silva (2001) cita que a niquelagem é feita por galvanoplastia, mais conhecido como banho de sais de Níquel. A presença no meio ambiente é devido à queima de combustíveis fósseis liberados na atmosfera pelas chaminés, mineração e fundição, fusão e modelagem de ligas e indústrias de eletrodeposição (CETESB, 2001). Segundo Sampaio (2003), os sais de Níquel, em termos gerais, e suas altas concentrações em solos arenosos mostram efeitos negativos às plantas. Normalmente, no ambiente, o Níquel ocorre em baixos níveis. Quando aparece em altos níveis pode provocar diversas doenças aos seres humanos, principalmente ao sistema respiratório, como câncer de pulmão, nariz, laringe e embolia pulmonar (PEREIRA, 2004). Em solos mais ácidos tem mais mobilidade, podendo chegar às águas subterrâneas.

O Zinco é um metal de grande importância, auxiliando no metabolismo das plantas e animais. Sampaio (2003) cita que na vida aquática, como por exemplo, os peixes, sua toxicidade aparece em larga escala, visto que as mudanças são repentinas, tanto na sua morfologia e fisiologia, obstrução das guelras, crescimento e maturação retardados, chegando assim, à morte. Tal metal é dissolvido nos solos e pode comprometer os lençóis subterrâneos.

2.5.5 Índice de Estado Trófico (IET)

A importância da eutrofização é crucial para a avaliação do desenvolvimento dos ecossistemas aquáticos para os que usam para o

abastecimento urbano, pois suas altas produções de macrófitas aquáticas ou fitoplâncton podem causar diversos danos, como o mau cheiro, a proliferação de mosquitos, atividades de lazer, dentre outras (RIBEIRO et al. 1995). Esse processo rege em torno de lagoas e represas, mas em casos especiais pode ocorrer em rios, e envolve as condições ambientais do local.

O índice de estado trófico tem por finalidade a classificação dos corpos d'água em diferentes graus de trofia, avaliando o aumento de nutrientes, crescimento de algas e infestação de macrófitas aquáticas. Os nutrientes em excesso provocam o crescimento anormal de plantas. A eutrofização é um dos maiores danos ambientais que podem ocorrerem em lagos, reservatórios e rios. De acordo com Mota (2006), a eutrofização pode levar à alteração dos principais componentes do curso d'água, como o sabor, o odor, a turbidez e a cor da água; à redução do oxigênio dissolvido que provoca mortalidade de peixes e outras espécies aquáticas, além da redução na balneabilidade da água. O índice de estado trófico é monitorado pelas atividades humanas nas bacias hidrográficas, além de proporcionar subsídios para a formulação de manejos e gestão dos ecossistemas aquáticos, por meio de formações que possam visar a sustentabilidade num todo, garantindo assim, o uso da água em diversas finalidades.

As classes de níveis tróficos determinadas mostram suas características para a utilização da água no abastecimento público (CETESB 2004; LAMPARELLI 2007). Suas classes são divididas em:

- a) Ultraoligotrófico: Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos ao uso da água;
- b) Oligotrófico: Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes;

- c) Mesotrófico: Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos;
- d) Eutrófico: Corpos d'água com alta produtividade em relação as condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água, decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferência nos múltiplos usos;
- e) Supereutrófico: Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral, afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos;
- f) Hipereutrófico: Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com o comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de água ou mortandades de peixes, com consequência indesejável para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

2.5.6 Índice de Qualidade de Água

O crescimento acelerado e a busca por melhores condições de vida mostram que o IQA desenvolvido pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas, vem sendo utilizado com bastante frequência. Dentro do IQA existem nove parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo total, temperatura da água, sólidos totais. Para cada parâmetro traçam-se curvas médias de concentração em função dos pesos.

Segundo o IGAM (2005), a principal vantagem do índice é a facilidade de comunicação com a sociedade, ressaltando que apresenta diversos valores e suas médias transformam-se em um único valor, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da sua interação. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

Por ser um método de referência internacional, o IQA é bastante usual como forma de avaliação em bacias hidrográficas. Como exemplo, pode-se citar Blume et al. (2010) que analisaram a qualidade de água da bacia hidrográfica do rio Sino, localizada a nordeste do Rio Grande do Sul. Foram realizadas coletas em quatro pontos, e analisados o pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), turbidez, coliformes fecais, sólidos dissolvidos totais, temperatura, Nitrato, Nitrito, Fosfato, Cromo, Chumbo, Alumínio, Zinco, Ferro e Cobre. Os autores analisaram a qualidade da água através do IQA e da resolução CONAMA nº 357, de 2005, em relação a suas restrições de uso. Seus resultados verificaram baixas condições na qualidade de água resultante de atividades antrópicas.

Já Toletto e Nicolella (2002) trabalharam na região de Guaíra, interior de São Paulo. Utilizadas as técnicas de grande variância, o monitoramento foi realizado durante um ano (junho de 1995 a junho de 1996). Foram realizadas coletas de água no período de 21 dias, em cinco pontos, utilizando-se o índice de qualidade de água para as três estações, a montante da cidade de Guaíra e as duas estações a jusante, com valores médios de $-1,757$ e $2,35$, respectivamente. Suas variáveis dentre os pontos foram: fósforo total e dissolvido, pH, OD, amônia, nitrato, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais em suspensão e clorofila. Dentre os resultados, obteve-se certas diferenças nos valores do IQA.

Grande variância nos resultados do Índice de Qualidade de Água, de todos os parâmetros analisados, fósforo total, amônia e oxigênio dissolvido, contribuíram para aproximadamente 71% da variância dos dados, sendo que o oxigênio dissolvido participou de aproximadamente 47%. A variação climática mostrou pouca participação, demonstrando apenas pequena deformidade na qualidade da água no período chuvoso.

Pinto et al (2009) analisaram a qualidade da água da cabeceira da bacia do Rio Grande, situada na Serra da Mantiqueira. Foram amostrados seis pontos no Ribeirão Lavrinha, no período de maio de 2006 a janeiro de 2007, totalizando sete amostragens. Os parâmetros analisados foram: potencial hidrogeniônico (pH), OD, condutividade elétrica, salinidade, temperatura, DBO, DQO, nitrato (NO_3^-), nitrogênio amoniacal (NH_3), fósforo (PO_4^{3-}), turbidez, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos (TDS), coliformes termotolerantes. As condições ambientais refletiram-se tanto nos valores do IQA quanto no processo de enquadramento. Constatou-se ainda, que o principal fator causador do quadro crítico é o número mais provável (NMP) de coliformes, o qual se associa com a pecuária. Em menor escala, o OD e a DBO também foram fatores limitantes.

Bucci e Oliveira (2014) caracterizaram a qualidade hídrica da represa Dr. João Penido, na cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais, relacionando os resultados com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica. Para tanto, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água referente aos seguintes parâmetros: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo total, clorofila e coliformes termotolerantes. Os resultados obtidos foram comparados com a Resolução 357/2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), e aqueles que apresentaram desconformidade em relação à norma foram: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, fósforo total e demanda bioquímica de oxigênio. Os resultados mostraram a nível 'médio' de

qualidade da água, indicando que as formas de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica têm produzido impactos negativos no ecossistema aquático.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização geral da região de estudo

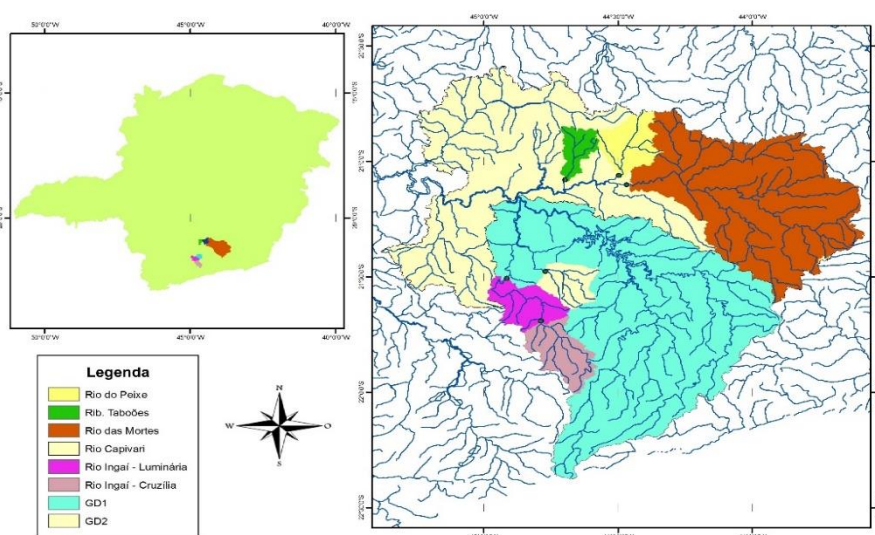
A UPGRH – GD1, mostrada na Figura 1 é denominada Alto Rio Grande. É uma região que apresenta relevo forte, ondulado na região da cabeceira, com presença de Cambissolos e suave ondulado nas regiões baixas da UPGRH, onde há predominância de Latossolos e Argissolos, com altitudes variando entre 802 a 2.631 m. Tem como vegetação predominante os Campos de Altitude, com fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila (MINAS GERAIS, 2008; SCOLFORO; CARVALHO, 2006; OLIVEIRA, 2013). O clima que predomina a região é classificado como semiúmido, apresentando em média de quatro a cinco meses secos ao ano. O uso e ocupação do solo são predominantemente de pastagem e agricultura, com fragmentos de mata nativa e eucalipto, mas ocorrem também, pequenas manchas de solo exposto e área urbana. Seu principal fator impactante sobre as bacias é o lançamento de esgotos sanitários nos Rios Aiuruoca e Capivari. Estudos feitos nos anos de 2005 mostram um nível bom no IQA do Rio Capivari (IPT, 2008). Para a unidade de planejamento GD1 foram selecionados para estudos 3 pontos amostrais em 3 sub-bacias, os quais foram denominadas de P – I, P – II e P – III.

O Ponto I, localizado no Rio Ingaí – Minduri estão inseridos nesta sub-bacia os seguintes municípios: Carrancas, Minduri e Cruzília. Tem uma área de drenagem de aproximadamente 537,86 km².

O Ponto II, localizado no Rio Capivari, na sub-bacia localizada entre as cidades de Carrancas, Luminárias e Minduri. Tem uma área de drenagem de 353,12 km².

O Ponto III localizado no Rio Ingaí – Luminárias fica na sub-bacia localizada no município de Luminárias. O uso do solo é simplesmente dividido em mata nativa e urbanização. Sua área de drenagem é de 1006,82 km².

Figura 1 - Pontos amostrais da BHRG – GD1 e GD2.



Já a UPGRH – GD2, mostrada na Figura 1, é denominada Vertentes do Rio Grande. É conhecida assim por possuir diversas nascentes em seu entorno. Os solos predominantes no entorno da bacia são os latossolos. Segundo Vargas (2007), à medida que a foz se dirige ao Rio das Mortes, os latossolos vermelho-amarelos distróficos, cambissolos e neossolos litólicos aparecem com maior frequência. Sua vegetação é composta principalmente de Mata Atlântica, Cerrado e Matas de Araucárias. Tem um clima úmido (B₃), de acordo com a classificação Thornthwaite, com precipitações médias anuais acima de 1.600 mm e temperatura de no máximo 18°C (MINAS GERAIS, 2008). O uso e ocupação do solo são de pastagem e agricultura, urbanização, mineração e fragmentos de mata nativa (IPT, 2008). O IQA relativo ao Rio das Mortes, no

geral é considerado médio. Na unidade de planejamento GD2 foram selecionados 3 pontos amostrais em 3 sub-bacias para o monitoramento, os quais foram denominados P – IV, P – V e P – VI.

O Ponto IV localizado no Rio das Mortes tem a sub-bacia nas proximidades de Conceição da Barra de Minas e sua área de drenagem de aproximadamente 4272,39 km², abrangendo 17 municípios.

O Ponto V localizado no Rio do Peixe com sub-bacia entre São Tiago e Conceição da Barra de Minas possui uma área de drenagem de aproximadamente 474,34 km².

O Ponto VI localizado no Ribeirão dos Tabuões na cidade de Bom Sucesso, tem sua área de drenagem de 242,75 km². A Figura 2 mostra as seis sub-bacias selecionadas para o estudo.

Figura 2 - Bacias do GD1 e GD2 escolhidas para o monitoramento.



P – I) Rio Ingaí – Minduri; P – II) Rio Capivari; P – III) Ingaí – Luminárias;
P – IV) Rio das Mortes; P – V) Rio do Peixe; P – VI) Ribeirão dos Tabuões.

A Tabela 2 mostra os seis pontos amostrais, com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) e os pontos de altitude, sendo estes, levantados por meio do auxílio de um GPS Portátil Adventure Garmin Map 64.

Tabela 2 - Pontos de amostragens e suas respectivas coordenadas.

Pontos	Coordenadas		Altitude (m)	Cursos D'Água
	Latitude	Longitude		
P – I	21°30'22.55"S	44°54'56.84" O	995	Ingáí – Minduri
P – II	21°28'40.69"S	44°45'57.26"O	863	Capivari
P – III	21°30' 22.76" S	44°54' 56.59" O	898	Ingáí – Luminárias
P – IV	21° 3'44.31"S	44°18'41.93"O	868	Mortes
P – V	21°03'38.86" S	44°29' 57.38" O	878	Peixe
P – VI	21°4'49.61"S	44°42'8.63" O	864	Rib. Dos Tabuões

3.2 Uso e ocupação do solo

Na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG), as diversas áreas, dadas em km², possuem mais de um tipo de uso e ocupação. Na Tabela 3 estão representados os seguintes pontos de uso e ocupação da BHRG, e as classes de uso atual dos solos presentes. Há grande ocupação por pastagem e mata nativa, visto que a criação de bovinos tem maior predominância no entorno das bacias.

Tabela 3 - Uso e ocupação do solo na BHRG.

	Área (km ²)					
	Agrícola	Urbana	Espelho D'água	Pastagem	Reflorestamento	Vegetação Nativa
GD1	45,40	0,02	44,24	8.047,45	10,61	630,72
GD2	339,65	74,53	0,00	9.948,96	33,10	164,09

Fonte: IPT (2008).

3.3 Clima e regime pluvial

O clima da região do monitoramento, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente, maior que 22 °C. As médias anuais de precipitação e a temperatura são de 1.470 mm e 19,2 °C, respectivamente (DANTAS et al, 2007; ALMG, 2011; SILVA, 2014).

As cidades dos monitoramentos pluviométricos foram Barbacena, Lavras e São Lourenço, sendo estas, próximas aos pontos amostrais realizados no monitoramento.

3.3.1 Hidrografia, relevo e vegetação

Segundo o Portal de Comitês de Bacia-MG (2012), as bacias hidrográficas Alto Rio Grande e Vertentes do Rio Grande, são caracterizadas como se descreve a seguir.

O Alto Rio Grande está localizado no sul de Minas Gerais e abrange cerca de 33 municípios, possui área de 9.000 km² aproximadamente, tendo um comprimento de drenagem em seu curso d'água principal de 240 km de extensão. Os municípios de monitoramento foram Cruzília, Carrancas e

Luminárias. Já a Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande é uma região que abrange cerca de 29 municípios, com área chegando a 10.547 km². Conceição da Barra de Minas, São Tiago e Bom Sucesso foram os municípios selecionados para o monitoramento.

Segundo o IEF (2016), quanto à cobertura vegetal, em sua fase original ou nativa, era composta pelo domínio do Cerrado, Mata Atlântica, Campos Rupestres e Mata Seca. No passado, o Cerrado abrangia quase 50% do território estadual, especialmente na parte central, oeste, noroeste e norte. A Mata Atlântica ocorre no sul, sudeste, central e leste. Hoje, praticamente não existem áreas preservadas com esse tipo de vegetação.

3.4 Monitoramento das águas superficiais das bacias

Os locais determinados para coleta foram definidos mediante estudo, considerando fatores que podem influenciar em determinados aspectos, a qualidade de cada corpo hídrico. O período de monitoramento foi de abril de 2015 a fevereiro de 2016, totalizando oito campanhas, de forma a abranger o período seco e chuvoso, sendo que nas épocas de estiagem, as coletas foram feitas bimestralmente, e no período chuvoso, mensalmente. No ponto P – V (Rio do Peixe) foram feitas sete campanhas.

Foram coletadas amostras simples (em três larguras do curso d'água, sendo a 2/3 da margem para as extremidades), utilizando para a coleta de água, um Amostrador de Sedimentos em Suspensão DH – 49, em movimentos verticais, e a coleta cerca de 30 cm de profundidade. Os procedimentos de coleta e preservação das amostras obedeceram as normas estabelecidas pela CETESB (1988).

O oxigênio dissolvido foi fixado em campo, pois a distância percorrida durante a campanha de monitoramento é longa, e para a preservação da amostra,

a fixação do oxigênio é essencial. Foram utilizados os reagentes Iodeto de Azida e Sulfato Manganoso de acordo com Standard of Methods, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Fixação do OD em campo.



Fonte: Do autor (2016).

3.4.1 Medição de vazões

A medição de vazão foi realizada de forma indireta, a partir da medição de velocidade e nível. Os aparelhos utilizados no monitoramento foram micro molinete e o Qliner2. O micro molinete é mais comum e são pequenas hélices que giram conforme a velocidade da água que foram utilizadas em cursos d'água com profundidade abaixo de 30 cm. Já o Qliner 2 é um medidor eletrônico baseado em doppler acústico e foi utilizado nos cursos d'água com profundidades acima de 30 cm.

3.4.2 Parâmetros de qualidade de água analisados

a) Análises *in situ*

Durante a etapa de monitoramento, a medição da temperatura nos cursos d'água foi realizada concomitantemente às medições de vazão. Para tal finalidade foi utilizado um termômetro digital LCD, aparelho de diversas aplicações e suas medições variando de -50 °C a 300°C.

b) Análises Laboratoriais

Após as coletas, foram determinados os parâmetros necessários ao cálculo do IQA: Coliformes Termotolerantes, Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitratos, Fosfato Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduos Totais (Sólidos Totais), Sólidos Suspensos e Dissolvidos. As análises foram realizadas no Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Laboratório de Análise de Qualidade de Água, seguindo as normas regulamentadas de acordo com (APHA, 2005).

Para observar a contaminação por metais pesados nas sub-bacias em estudo, foram determinados oito parâmetros, sendo eles: Alumínio, Bromo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco. Foi utilizado o aparelho fotômetro multiparâmetro HI 83209, da Hanna Equipamentos. Para a realização das análises, cada metal pesado tem sua metodologia, seguindo juntamente da metodologia do aparelho. As análises de metais pesados foram realizadas no laboratório de Relação Água-Solo do Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Departamento de Engenharia – DEG/UFLA.

3.4.3 Rendimento Específico

A determinação do rendimento específico mostra a disponibilidade hídrica da região em estudo. Em termos gerais, mostra a capacidade de uma bacia hidrográfica em produzir água.

O rendimento específico é dado pela Equação 1:

$$Re = \frac{Q}{Ad} \quad (1)$$

Em que: Re é o Rendimento Específico ($L \cdot s^{-1} \cdot km^2$); Q é a Vazão ($m^3 \cdot s^{-1}$); Ad é a Área de Drenagem (km^2).

3.4.4 Descarga Sólida em Suspensão

A concentração de sólidos em suspensão está ligada diretamente à constituição do solo e como ele é usado. Os parâmetros de sólidos em suspensão foram analisados no Laboratório de Qualidade de Água do núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Lavras.

Para a determinação dos sedimentos em suspensão na seção transversal, são necessários os valores de concentração média ($mg \cdot L^{-1}$), vazão ($m^3 \cdot s^{-1}$). Com isso, para a obtenção dos valores, foi utilizado a Equação 2:

$$Q_{ss} = 0,0864 \cdot Q_l \cdot C_s \quad (2)$$

Onde Q_{ss} é a descarga sólida em suspensão na seção transversal (t/dia); Q_l é a vazão (descarga líquida) ($m^3 \cdot s^{-1}$); C_s Concentração de sólidos em suspensão ($mg \cdot L^{-1}$).

3.4.5 Índice de Estado Trófico

Foi calculado o índice de estado trófico a partir dos valores de fósforo total, que devem ser entendidos por uma medida do potencial de eutrofização, sendo que este atua como agente no processo. Segundo Lamparelli (2004), o cálculo de IET para rios é dado pela Equação 2:

$$IET = 10 \cdot \left[6 - \frac{1,77 - 0,42 \cdot \ln(P)}{\ln 2} \right] \quad (3)$$

Onde: IET é o Índice de Estado Trófico; P é o Fósforo Total (mg.L⁻¹).

Os valores obtidos perante a Equação 3, interpretados a um nível de ponderação, são determinados na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores dos limites das concentrações de Fósforo Total para os diferentes níveis tróficos.

Estado Trófico	Ponderação
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IET = Índice de Estado Trófico

Fonte: Lamparelli (2004).

3.4.6 Índice de Qualidade de Água

Os parâmetros necessários para a realização do IQA, segundo o IGAM (2005), são mostrados na Tabela 5, juntamente com as atribuições aos pesos dos parâmetros, de acordo com sua importância, variando entre 0 e 1.

Tabela 5- Peso dos parâmetros para o cálculo do IQA.

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio Dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	0,15
Potencial Hidrogeniônico(pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg.L^{-1})	0,10
Nitratos ($\text{mg.L}^{-1} \text{NO}_3$)	0,10
Fosfatos (mg/L PO_4^{3-})	0,10
Variação na Temperatura ($^{\circ} \text{C}$)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos Totais (mg. L^{-1})	0,08

Fonte: IGAM (2005).

O IQA é calculado de acordo com a equação 4 descrita a seguir:

$$\text{IQA} = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad (4)$$

Dada à equação, tem-se:

IQA – índice de qualidade da água, um número de 0 a 100; q_i é a qualidade do parâmetro i obtido por meio da curva média específica de

qualidade; w_i é o peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade (entre 0 e 1).

A classificação e o IQA em classe de qualidade obedecem ao disposto na Tabela 6.

Tabela 6 - Nível de qualidade da água

Nível de qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA < 100$
Bom	$70 < IQA < 90$
Médio	$50 < IQA < 70$
Ruim	$25 < IQA < 50$
Muito ruim	$0 < IQA < 50$

Fonte: IGAM (2005).

As curvas médias específicas de cada parâmetro utilizadas seguiram a metodologia descrita pelo IGAM.

3.5 Caracterização de acordo com as normas pertinentes

De acordo com os valores máximos permitidos para a classe 1, conforme Tabela 7, objetivo de ser mais restritivo os parâmetros dos metais pesados, sendo estes determinado ao risco de contaminação e danos à saúde pública.

Tabela 7 - Padrões dos Metais Pesados e seu valor permitido.

Parâmetro	Valor máximo (mg. L ⁻¹)
Alumínio	0,1
Bromo	-
Cobre	0,01
Cromo	0,05
Ferro	0,3
Manganês	0,1
Níquel	0,025
Zinco	0,18

Fonte: DN COPAM CERH (01/ago.)

Já os valores de qualidade máximos permitidos para a classe 2, que tem por finalidade abastecimento para consumo humano após o tratamento adequado, proteção às comunidades aquáticas, irrigação de hortaliças e proteção as comunidades aquáticas em Terras Indígenas) da respectiva DN, conforme a Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros de Qualidade de Água e seu valor permitido.

Parâmetros	Valor Permitido
Oxigênio Dissolvido	Não inferior a 5 mg L ⁻¹ O ₂
pH	6,0 a 9,0
DBO _{5,20}	DBO _{5,20} até 5 mg L ⁻¹ O ₂
Turbidez	Até 100 UNT
Fosfato Total	Até 0,1 mg L ⁻¹
Coliformes Termotolerantes	Até 1000 NMP/100mL
Nitrato	Até 10 mg L ⁻¹
Sólidos Totais	Até 500 mg L ⁻¹

Fonte: DN COPAM CERH (01/08).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Capivari

4.1.1 Vazões monitoradas do GD-1

Os valores de vazão medidos nas seções de controle monitoradas na UPGRH – GD1 (Ingaí – Minduri, Capivari e Ingaí – Luminárias), juntamente com os valores de precipitação durante o monitoramento estão registrados no Gráfico 1. Observa-se nítida variação nos valores de vazão entre o período de estiagem e o período chuvoso, e que em todas as campanhas, a bacia do Rio Ingaí com ponto de monitoramento em Luminárias, foi a que apresentou maior vazão, situação explicada por sua maior área de drenagem. Já os menores valores de vazão foram registrados no ponto amostral Ingaí – Minduri, devido as baixas precipitações registradas no período de estiagem.

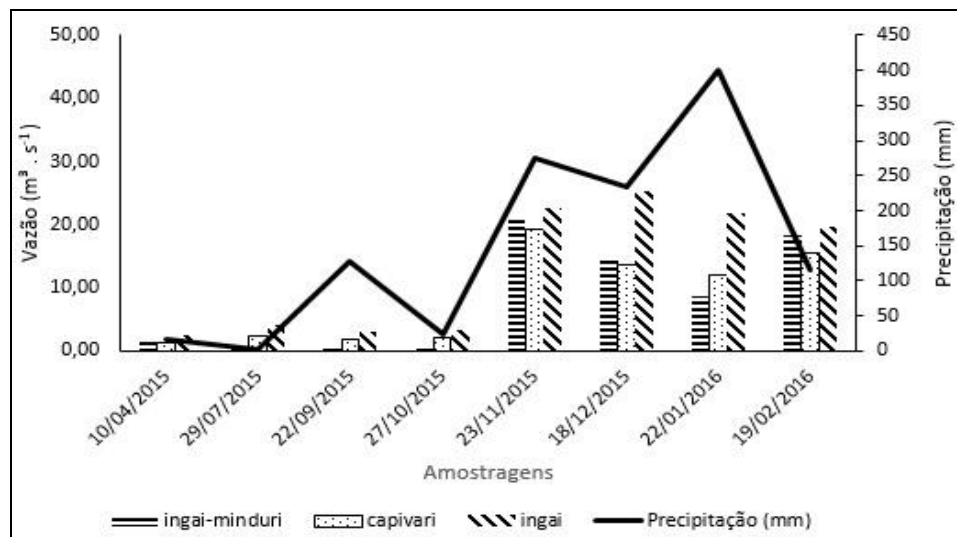


Gráfico 1 - Vazões amostradas da Bacia Hidrográfica Capivari, juntamente com os dados de precipitação registrados

4.1.2 Rendimento Específico (Capivari)

Os valores de rendimento específicos encontrados são mostrados no Gráfico 2. É possível observar que as quatro primeiras amostras do período de estiagem não apresentaram variações significativas, indicando um período em que as precipitações são mínimas. No comportamento hidrológico nesse período quase não ocorre variações, sendo este, feito em períodos bimestrais. Já no período de chuvas, mostrado a partir da quinta campanha, pode-se observar uma ascensão do seu comportamento, indicando um período crítico para a prevenção contra eventos hidrológicos. Durante o monitoramento, pode-se observar uma recarga do aquífero, mostrando que o total infiltrado foi satisfatório, como determinado no seu resultado final.

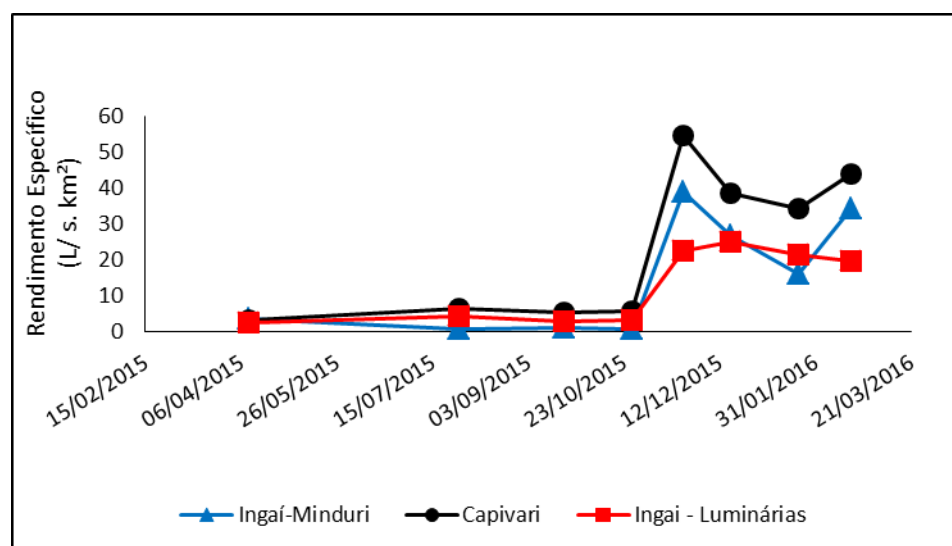


Gráfico 1 - Valores de Rendimento Específico da B.H Capivari.

4.1.3 Descarga de Sedimentos em Suspensão – UPGRH GD - 1

4.1.3.1 Rio Ingaí-Minduri

No Gráfico 3, estão apresentados a descarga sólida de sedimentos em suspensão em função da descarga líquida (vazão), a curva de tendência com o modelo que melhor se ajustou e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2). Considerando o ponto de amostragem relativo ao Rio Ingaí, em Minduri, pode-se verificar que a Descarga Sólida (DS) pode ser obtida a partir da Descarga Líquida (Ds), conforme a equação presente no gráfico supracitado, e que o referido modelo apresentou coeficiente de determinação igual a 90,99%. Valor considerado bom conforme Nogueira et al. (2012), em trabalho de monitoramento de sólidos totais, dissolvidos e turbidez em quatro afluentes de uma Usina Hidroelétrica em Goiás, durante o período de agosto de 2010 a junho de 2011. De acordo com os resultados obtidos, as precipitações são fatores fundamentais no aumento da turbidez, sólidos (totais e suspensos) e à vegetação presente ao redor, que interferiu nos resultados. Segundo Gomes et al. (2007), o aumento da tensão nos cursos d'água provoca a movimentação de partículas, agindo sobre os depósitos de sedimentos que são formados nos períodos de estiagem, determinando assim, o transporte de sedimentos trazidos pelas águas superficiais. Um dos fatores que favorecem a elevada quantidade de sólidos em suspensão é a agropecuária, que perturba a estrutura do solo compactando-o e ajudando o escoamento superficial da água.

Verifica-se ainda, que houve uma variação do comportamento de DS quando se analisa o valor de vazão igual a $18,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ que forneceu uma DS maior que a vazão de $21 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, quando o que se espera é um comportamento contrário ao ocorrido. Este comportamento pode ter originado de eventos de alta intensidade em dias anteriores ao dia da campanha.

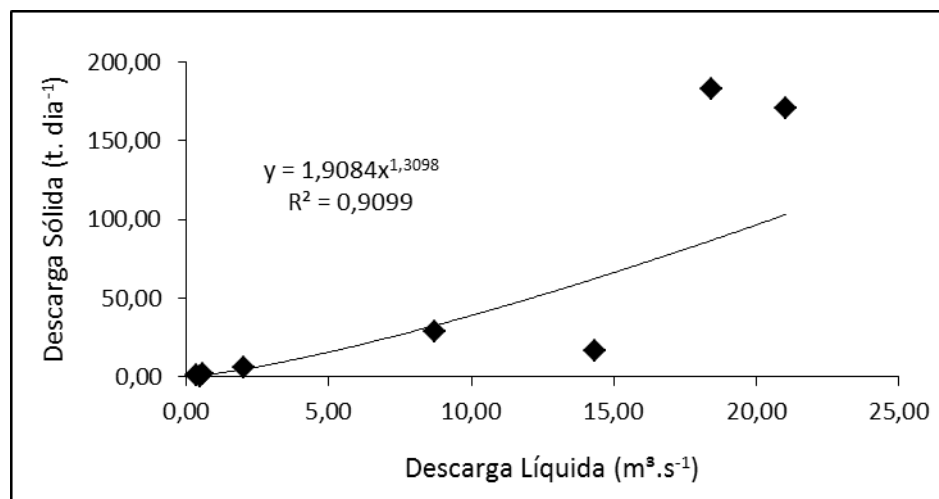


Gráfico 2 - Valores de Descarga Sólida em Suspensão da B – I.

4.1.3.2 Rio Capivari

O Gráfico 4 apresenta, para a bacia do Rio Capivari, os valores de descarga sólida *versus* descarga líquida. Para uma melhor compreensão dos dados foi utilizado um modelo polinomial de grau 2, o qual apresentou R^2 igual a 0,9563. É importante salientar, que no ponto amostral, a maior vazão ocorreu na quinta campanha, em meados de novembro de 2015, visto que as altas precipitações na região de estudo influenciaram diretamente a produção de sedimentos. Já nas primeiras campanhas, as variações de valores foram pequenas (1,77; 3,15 e 3,10 mg. L⁻¹). Fatores morfológicos ou orográficos podem ter influenciado em relação aos seus valores apresentados da descarga sólida em suspensão (MULDER; SYVITSKY, 1996; SOUZA, 2003).

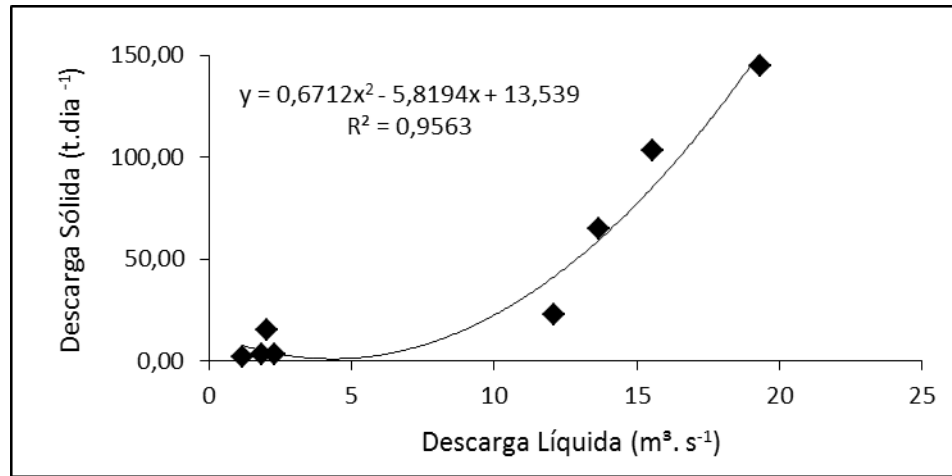


Gráfico 3 - Valores de Descarga Sólida em Suspensão da B – II.

4.1.3.3 Rio Ingaí – Luminárias

No ponto amostral Ingaí – Luminárias foram determinados valores de descarga sólida *versus* descarga líquida. Como mostra o Gráfico 5, o modelo que melhor se ajustou foi o potencial, apresentando um R^2 igual a 0,80. Verifica-se elevados valores de precipitação ocorridos no período chuvoso e estes foram essenciais para a determinação da curva de descarga de sedimento, mostrando o comportamento correspondente com as vazões monitoradas e, conseqüentemente, elevadas concentrações de sedimentos em suspensão. Na sétima campanha, houve um dos maiores valores de vazões monitorados (21,76 m³. s⁻¹), e com a descarga sólida inferior comparada as outras campanhas. Isso mostra que as altas precipitações ocorridas no local, não causaram um grande carreamento de sólidos no entorno da bacia. É importante ressaltar, que as altas precipitações ocasionam erosões. Segundo Vanoni (1977), as águas carregam sais dissolvidos provenientes do contato com materiais solúveis. Eles sobem e formam minerais, como calcita, gipsita e halita, ou simplesmente vão salinizar as águas dos mares.

O fenômeno geológico erosão sempre existiu, mas com o passar dos anos aumenta, devido às atividades antrópicas no entorno da bacia. Atualmente, outro fenômeno em destaque que vem aumentando a quantidade de sedimentos é o aquecimento global, pelas elevadas temperaturas, aumento das precipitações, escoamento e também de enchentes que interferem ativamente no processo. As partículas dentro de um escoamento são erodidas ou sedimentam-se. Sua situação real é o transporte à jusante (MEDEIROS et al., 2008), o que normalmente ocorre, pois o transporte de sedimentos é necessário se ocorrer de acordo com os fatores como o clima, precipitação, vento e vai depender da seção do curso d'água. Os sedimentos em suspensão incluem tanto partículas provenientes do próprio leito, como também a chamada carga de lavagem de finos, que é uma espécie de cobertura do fundo dos sedimentos, provenientes de uma bacia tem a montante (MEDEIROS et al., 2008).

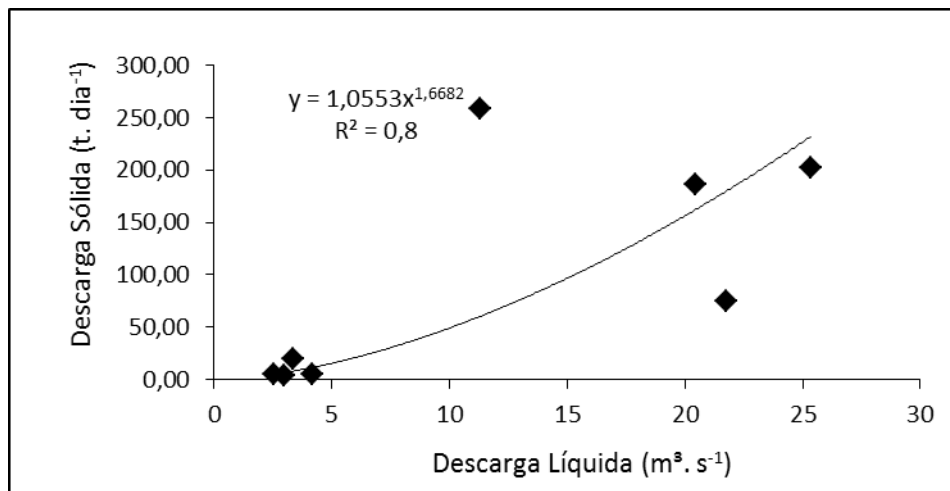


Gráfico 4- Valores de Descarga Sólida em Suspensão da B – III.

4.2 Mortes

4.2.1 Vazões monitoradas do GD-2

As vazões médias dos três pontos amostrais da bacia hidrográfica do Rio das Mortes, juntamente com os valores de vazão da estação meteorológica de Lavras, mostradas no Gráfico 6, apresentam grande diferença de valores, como por exemplo, as vazões medidas no Rio das Mortes, que são significativamente superiores às medidas nas demais seções de controle. Fato explicado por sua maior área de drenagem.

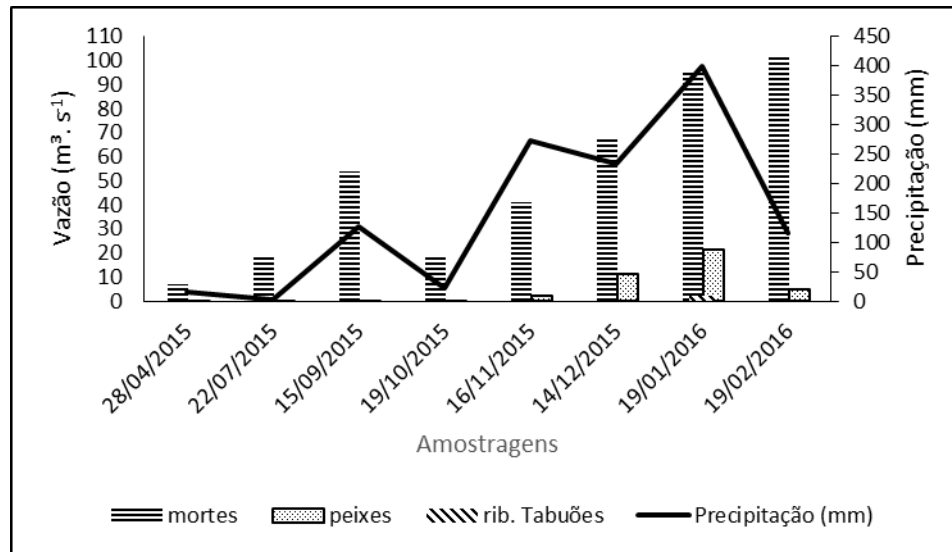


Gráfico 5 - Vazões amostradas da Bacia Hidrográfica Mortes juntamente com os dados de precipitação registrados.

4.2.2 Rendimento Específico (Mortes)

O Gráfico 7 apresenta o comportamento do Rendimento Específico nas seções de controle monitoradas na Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes. Observa-se que o Rio do Peixe e o Ribeirão dos Tabuões apresentam comportamento semelhante. O Rio das Mortes, com a seção de controle em Conceição da Barra de Minas, apresentou rendimentos específicos maiores em 5 das 8 avaliações, situação que aponta para uma maior capacidade de regularização de vazão desta bacia em detrimento das demais. Entre os fatores que contribuíram para este comportamento, cita-se o tipo de solo, o qual apresenta pequena profundidade e baixa capacidade de armazenamento de água, e tendência à impermeabilização superficial e alta suscetibilidade à erosão hídrica (ALMEIDA; RESENDE, 1985; CURI et al., 1994; SANTOS et al., 1998; MENEZES et al., 2009).

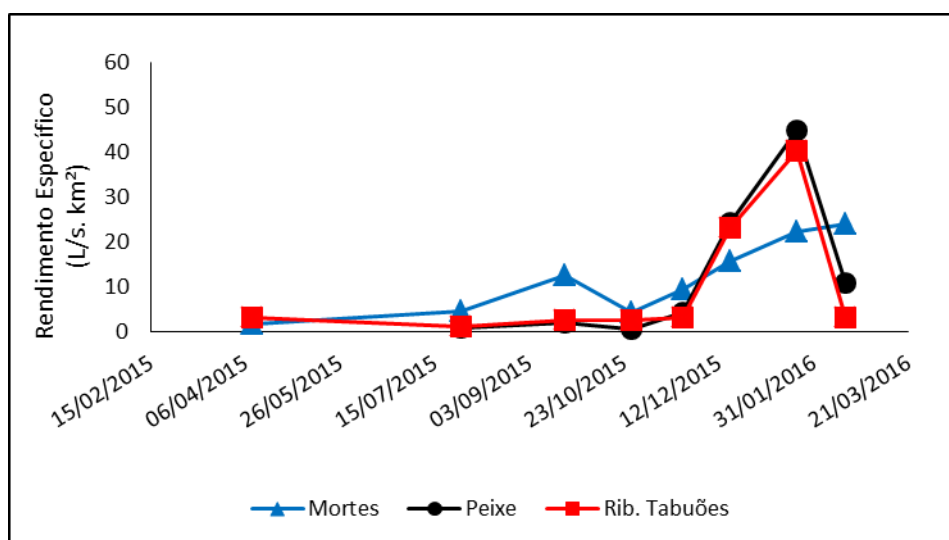


Gráfico 6 - Valores de Rendimento Específico da B.H Mortes.

4.2.3 Descarga de Sedimentos em Suspensão UPGRH – GD – 2

4.2.3.1 Rio das Mortes

Analisando a descarga sólida em suspensão do Rio das Mortes no Gráfico 8, verifica-se que o modelo potencial apresentou um bom ajuste, pois o coeficiente de correlação R^2 foi de 0,9499. Essa situação permite a quantificação da carga de sedimentos em suspensão a partir de valores de vazão os quais são mais facilmente determinados.

A degradação das bacias hidrográficas, principalmente pela ação do homem no solo e dos fenômenos meteorológicos naturais, resulta na mobilização de sedimentos em quantidades maiores que as produzidas em centenas de anos em condições de equilíbrio natural (SIMÕES; COIADO, 2001; MELO, 2008). De acordo com esses resultados, alguns fatores são determinantes na concentração dos sedimentos suspensos tais como intensidade da chuva, fatores ligados a geomorfologia da bacia, e as condições de umidade e descarga. A diferença de valores foi significativa, sendo distribuída corretamente durante as épocas de estiagem e chuva. Elevadas concentrações de sedimentos podem estar relacionadas a degradação de bacias, que por sua vez, pode originar do lançamento de esgotos, da agricultura ao redor de áreas de preservação permanente e de atividades agroindustriais.

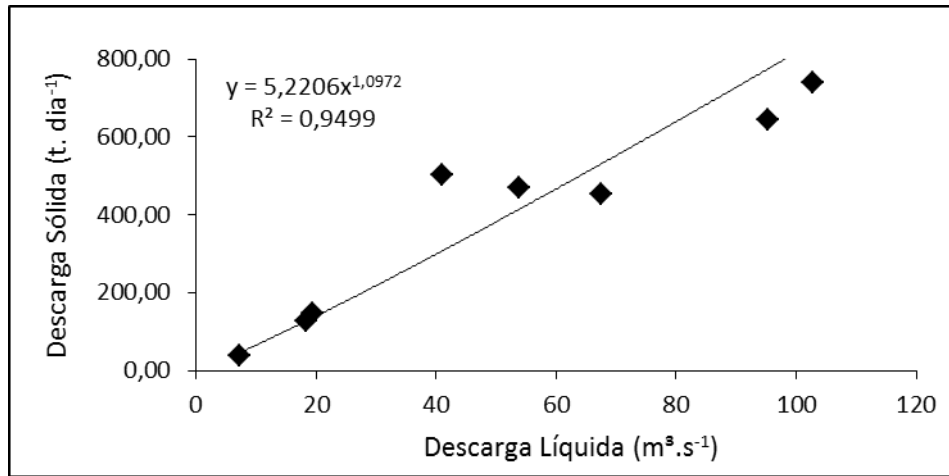


Gráfico 7 - Valores de Descarga Sólida em Suspensão na B – IV.

4.2.3.2 Rio do Peixe

Considerando a seção de controle localizada no Rio do Peixe, verifica-se que o modelo potencial também apresentou bom ajuste, em função do coeficiente R^2 de 0,92 (GRÁFICO 9). Outra constatação é que existe certa coerência na geração de sedimentos entre a seção de controle localizada no Rio do Peixe e na localizada no Rio das Mortes em Conceição da Barra de Minas, a qual pôde ser verificada ao analisar vazões próximas a $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nas respectivas seções de controle. Estas vazões geram valores de descarga sólida bastante próximos e da ordem de 150 ton dia^{-1} . Tal situação implica em dizer que as bacias apresentam comportamento semelhante e, que possivelmente, também se apresentam impactadas de maneira similar.

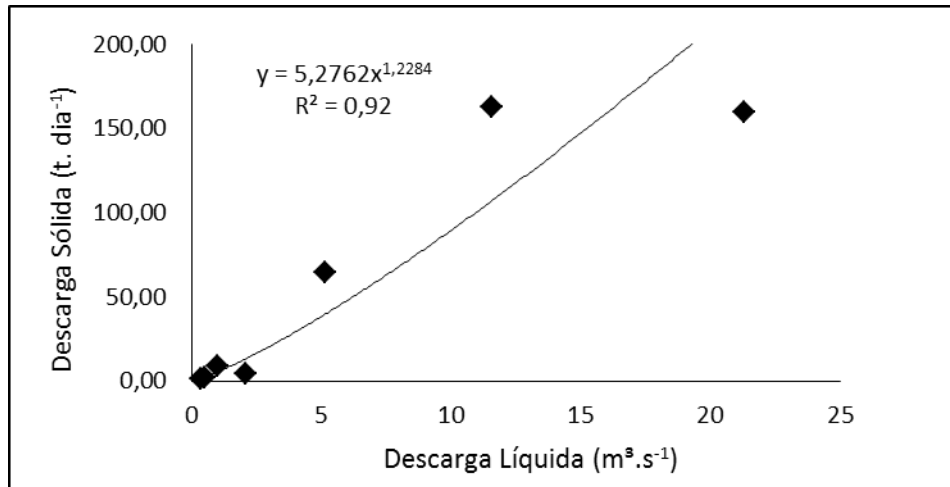


Gráfico 8 - Valores de Descarga Sólida em Suspensão na B – V.

4.2.3.3 Ribeirão dos Tabuões

O Gráfico 10 apresenta o comportamento da descarga sólida em função da vazão, assim como ocorrido no Rio do Peixe e no Mortes, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o potencial. Neste caso específico, o ajuste do modelo potencial não representou R^2 acima de 0,90, porém, cabe ressaltar, que um R^2 de 0,84 é aceitável.

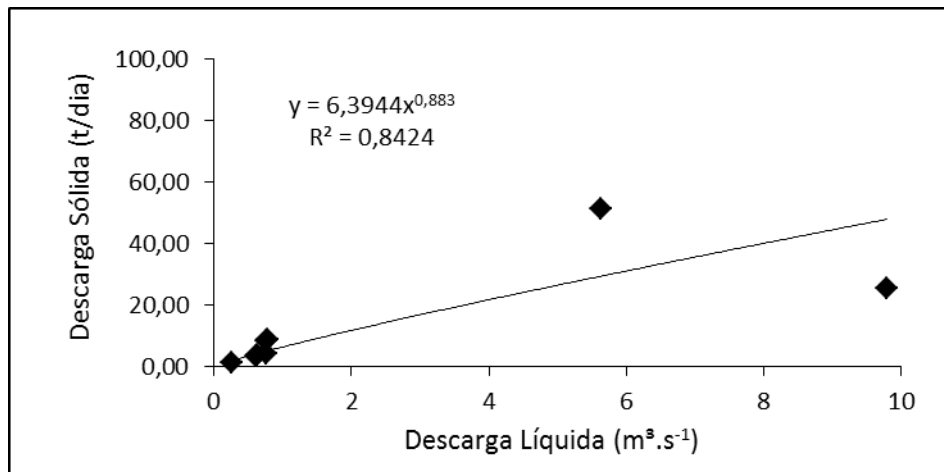


Gráfico 9 - Valores de Descarga Sólida em Suspensão na B – VI.

4.3 Metais Pesados

4.3.1 Bacia hidrográfica Capivari

Na Tabela 9 são apresentados os valores de metais pesados dos três pontos amostrais juntamente com os valores máximos permitidos pela Deliberação Normativa COPAM CERH 01/08 – Classe 1.

Tabela 9 - Valores das amostras de Metais Pesados, parâmetros inorgânicos e comparação com valores máximos permitidos Classe 1 para a COPAM CERH 01/08 –para as sub-bacias P – I, P – II e P – III.

Sub – bacias	Data	Metais Pesados analisados (mg. L ⁻¹)							
		Al	Br	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn
P – I (Ingaí – Minduri)	10/04/15	0,02	0,00	0,01	0,00	1,1	0,41	0,09	0,02
	29/07/15	0,07	0,05	0,01	0,00	0,6	0,30	0,03	0,09
	22/09/15	0,03	0,00	0,11	0,00	1,6	0,30	0,56	0,33
	26/10/15	0,00	0,00	0,10	0,00	1,0	0,00	0,74	0,09
	23/11/15	0,01	0,35	0,58	0,01	1,9	0,40	0,49	0,06
	18/12/15	0,03	0,00	0,01	0,04	2,6	0,00	0,56	0,04
	22/01/16	0,00	0,00	0,02	0,00	3,0	0,50	0,71	0,00
	19/02/16	0,12	0,00	0,17	0,00	2,1	4,40	0,70	0,00
P – II (Capivari)	10/04/15	0,03	0,01	0,12	0,00	0,6	0,22	0,02	0,12
	29/07/15	0,01	0,00	0,11	0,00	0,47	0,20	0,00	0,20
	22/09/15	0,06	0,0	0,06	0,03	1,10	0,50	0,00	0,19
	26/10/15	0,03	0,04	0,00	0,00	0,76	0,30	0,39	0,08
	23/11/15	0,02	0,12	0,21	0,11	0,68	0,60	0,52	0,22
	18/12/15	0,00	0,88	0,21	0,05	1,48	1,40	0,34	0,36
	22/01/16	0,00	0,09	0,13	0,00	1,41	0,20	0,40	0,02
	19/02/16	0,07	0,00	0,14	0,05	1,34	1,90	0,50	0,00
P – III (Ingaí - Luminárias)	10/04/15	0,04	0,00	0,01	0,00	0,58	0,00	0,02	0,00
	29/07/15	0,03	0,00	0,00	0,01	1,07	2,50	0,01	0,44
	22/09/15	0,02	0,02	0,11	0,00	1,25	0,00	0,02	0,02
	26/10/15	0,00	0,00	0,11	0,01	0,41	0,90	0,07	0,08
	23/11/15	0,01	0,23	0,15	0,00	1,10	0,10	0,80	0,00
	18/12/15	0,02	0,01	0,34	0,00	1,45	0,00	0,01	0,00
	22/01/16	0,00	0,38	0,00	0,07	1,94	10,9	0,61	0,07
	19/02/16	0,00	0,03	0,67	0,01	1,67	0,4	0,70	0,05
VMP	0,1	-	0,01	0,05	0,3	0,1	0,025	0,18	

Valores em Negrilo superam os valores máximos permitidos para Classe 1 da DN COPAM CERH 01/08 – Classe 1.

As quantidades de metais pesados variaram tanto para o período seco quanto para o chuvoso. O Alumínio, nos três pontos amostrais, mostrou acima do permitido na oitava campanha do P – I (Ingaí – Minduri) e este elemento pode ser disperso no meio ambiente em funções de processos naturais ou antrópicos, como a erosão. As altas concentrações de Alumínio em contato com seres humanos causam várias doenças, em especial o Alzheimer (PERL, 1988; FREITAS et al., 2001).

O metal pesado Cobre, teve resultados acima do permitido nos três pontos amostrais em grande parte do monitoramento. Segundo Moore (1991), o Cobre pode ter fortes tendências na contaminação de peixes, com os efeitos da toxicidade mais do que outro metal. No ponto amostral Ingaí – Minduri e Capivari, a concentração do metal pesado pode estar associada ao uso de fungicidas próximo aos pontos amostrais. Outra constatação foi que houve influência da sazonalidade durante o período monitorado. Segundo a EPA (1972), concentrações de 0,015 a 3,0 mg. L⁻¹ são consideradas altas, por isso enquadram-se como tóxicas em água doce, pois comprometem muitas espécies de peixes, crustáceos, moluscos e plânctons em geral. Já ponto amostral Ingaí – Luminárias mostrou acima do permitido em 5 das 8 campanhas monitoradas. Seus altos valores durante o período de chuvas estão associados às poluições pontuais próximas ao ponto amostral, como o despejo incorreto de esgoto. Concentrações de 0,5 mg. L⁻¹ são letais para diversos tipos de peixes e doses acima de 1,0 mg. L⁻¹ são nocivos aos micro-organismos (CETESB, 2009).

Analisando-se o Cromo, verifica-se que este metal pesado não apresentou valores acima do permitido durante o período de avaliação no P – I (Ingaí – Minduri). Já nos pontos amostrais Capivari e Ingaí – Luminárias foram encontrados valores acima do permitido para o Cromo em três e uma campanha, respectivamente. Podem estar associados aos despejos incorretos de efluentes industriais no P – II, já no P – III pode ter ocorrido influência da sazonalidade, aumentando a concentração no período chuvoso. O Cromo é lançado nos corpos d'água por indústrias em geral, como curtume, cromagem de metais, preparação de corantes e minerais (MARTIN et al., 1976; PEREIRA, 2004). Nas proximidades da região há extrações de minério, fator que pode ter resultado nos altos teores apresentados.

A concentração de Ferro mostrou-se acima do permitido durante todo o monitoramento, sendo que os maiores valores foram observados durante o

período de chuvas, este comportamento possivelmente se explica pela mineralogia da região e ao desprendimento e conseqüente transporte de solos vindos a montante. Segundo Richter e Neto (1991), no Brasil, é comum altos teores de Ferro, já que as águas superficiais com matéria orgânica possuem Ferro ligado ou combinado com algum material coloidal. Cursos d'água de Minas Gerais apresentam grandes teores de Ferro e Manganês, em função das características geoquímicas da bacia de drenagem. Altas concentrações desses dois elementos mostram valores baixos de oxigênio dissolvido, como em águas subterrâneas ou em camadas mais profundas de rios e lagos (FUNASA, 2014).

O metal pesado Manganês mostrou-se acima do permitido em grande parte do monitoramento, nos três pontos amostrais. Este metal é associado à mineralogia. Altas concentrações de Manganês podem ser provenientes do solo e de características geotérmicas, das transformações ambientais dos compostos de manganês, naturalmente presentes e das atividades de microrganismos (WHO,1981; MARTINS; LIMA 2001).

Já o metal pesado Níquel apresentou em todas as campanhas valores acima do permitido para o ponto Ingaí – Minduri e nos outros dois pontos amostrais durante todo o período chuvoso. Segundo o COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental), um valor aceitável é de até 0,025 mg. L⁻¹. Considerando a seção de controle Ingaí – Minduri, a partir da terceira campanha os valores aumentaram, sendo estes associados ao contato do solo com a matéria orgânica. Nas seções de controle Capivari e Ingaí – Luminárias valores acima do permitido ocorreram durante o período chuvoso, fato que pode ser associado a influência da sazonalidade climática existente na região.

O Zinco apresentou valores acima do padrão aceitável em poucas campanhas. Essa situação pode ser explicada pelas descargas descontroladas de efluentes de esgotos, oriundos de poluições difusas presentes na região.

4.3.2 Bacia hidrográfica Mortes

Na tabela 10 são apresentados os valores totais de metais pesados encontrados nos pontos amostrais Mortes, Peixe e Ribeirão dos Tabuões e os valores máximos permitidos conforme a Deliberação Normativa COPAM CERH 01/08.

Tabela 10 - Valores das amostras de Metais Pesados, parâmetros inorgânicos e comparação com valores máximos permitidos Classe 1 para a COPAM CERH 01/08 –para as sub-bacias P – IV, P – V e P – VI.

Sub - Bacias	Data	Metais Pesados analisados (mg. L ⁻¹)							
		Al	Br	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn
P – IV (Rio das Mortes)	28/04/15	0,02	0,00	0,10	0,02	1,17	0,00	0,06	0,09
	22/07/15	0,04	0,06	0,07	0,02	0,75	0,30	0,02	0,53
	15/09/15	0,02	0,00	0,03	0,00	1,46	0,20	0,04	0,00
	19/10/15	0,01	0,11	0,06	0,00	0,55	0,10	0,02	0,52
	16/11/15	0,29	3,90	0,84	0,07	3,87	15,2	0,92	0,29
	14/12/15	0,50	2,96	0,67	0,30	3,22	13,0	0,66	0,00
	19/01/16	0,07	0,13	0,17	0,03	2,68	0,50	0,43	0,13
	17/02/16	0,05	0,30	0,02	0,01	1,21	0,00	0,02	0,14
P – V (Rio do Peixe)	22/07/15	0,01	0,12	0,00	0,02	0,54	0,10	0,02	0,38
	15/09/15	0,03	0,00	0,00	0,00	1,10	0,10	0,02	0,03
	19/10/15	0,03	0,00	0,04	0,02	0,66	0,20	0,00	0,04
	16/11/15	1,00	7,91	1,0	0,30	4,32	19,6	0,94	0,05
	14/12/15	0,35	3,33	0,78	0,30	2,67	16,4	0,83	0,03
	19/01/16	0,02	0,00	0,03	0,02	2,25	4,4	0,55	0,14
	17/02/16	0,02	0,00	0,12	0,03	2,66	0,2	0,08	0,07
P – IV (Rib. Dos Tabuões)	14/05/15	0,01	0,10	0,00	0,00	0,59	0,20	0,01	0,00
	22/07/15	0,01	0,02	0,04	0,00	0,55	0,00	0,01	0,20
	15/09/15	0,06	0,01	0,04	0,03	1,20	0,20	0,00	0,00
	19/10/15	0,00	0,00	0,05	0,00	0,51	0,00	0,42	0,14
	16/11/15	0,00	0,11	0,00	0,00	1,02	0,00	0,66	0,10
	14/12/15	0,01	0,21	0,10	0,02	1,25	0,00	0,05	0,15
	19/01/16	0,00	0,00	0,00	0,02	3,73	0,30	0,02	0,09
	17/02/16	0,04	0,03	0,08	0,01	1,79	0,30	0,77	0,01
VMP		0,1	-	0,01	0,05	0,3	0,1	0,025	0,18

Valores em Negrito superam os valores máximos permitidos para Classe 1 da DNCOPAM CERH 01/08 – Classe 1.

O metal pesado Alumínio mostrou-se acima do permitido em duas campanhas, tanto para o ponto amostral Mortes quanto para o Peixe. Seus valores podem estar associados às fontes de poluição à montante do ponto amostral Mortes.

Considerando a concentração do metal pesado Bromo, por não existir legislação, vale destacar que os resultados encontrados na quinta e sexta campanhas são considerados altos, assim como no caso do Alumínio, este fator pode ter originado em despejos incorretos, embalagens e restos de alimentos.

O metal pesado Cobre apresentou-se acima do permitido em todas as campanhas monitoradas no P – IV (Mortes). Seus altos valores podem estar associados a contaminações no entorno da bacia. No passado, a região foi alvo da extração de ouro e, atualmente, minerações são encontradas a montante de onde foi feita a coleta. Altas concentrações de Cobre no organismo provocam diversas doenças no fígado e rins (FRIZZO, 2006). A influência da sazonalidade foi crucial para os resultados acima do permitido durante o período chuvoso no P – V (Rio do Peixe). O uso agrícola de fungicidas pode ser correlacionado com os resultados encontrados.

O metal pesado Cromo mostrou valores acima do permitido apenas nos pontos amostrais Mortes (P – IV) e Peixe (P – V), com uma e duas campanhas acima do permitido, respectivamente. O aumento do pH pode levar a diminuição do metal pesado. Segundo Magro et al. (2013), grandes concentrações do Cromo podem comprometer a vida aquática, em decorrência da alteração no sistema imunológico causando infecções.

O metal pesado Ferro, assim como os três pontos amostrais do GD1 também foram superiores ao permitido em todo o monitoramento. Os altos valores de Ferro no final do monitoramento mostraram que as altas precipitações foram fundamentais nos resultados encontrados. Os solos do estado de Minas Gerais mostram altos teores de Ferro. As águas ferruginosas permitem o

desenvolvimento das chamadas ferro-bactérias, as quais, desde o início de seu desenvolvimento até a sua morte, transmitem à água odores fétidos e cores avermelhadas (SAMPAIO, 2003).

O metal pesado Manganês mostrou variações de comportamento entre os três pontos amostrais do GD2. Vale destacar os altos valores encontrados campanhas 16/11/2015 e 14/12/2015, tanto para P – IV (Mortes), quanto para P – V (Peixe), os valores foram, respectivamente, 15,2 e 13 mg. L⁻¹ (P – IV) e 19,6 e 16,4 mg. L⁻¹ (P – V). Acredita-se que este comportamento foi influenciado pelas altas precipitações em dias anteriores às coletas e por descartes de contaminantes vindos a montante do ponto amostral Morte, associados à mineração. No Rio do Peixe ocorreram valores mais altos e nas mesmas campanhas, podendo estar correlacionado com poluições difusas, como a decomposição da matéria orgânica que libera compostos orgânicos.

O metal pesado Níquel apresentou valores superiores ao permitido nos três pontos amostrais, sendo que no Rio das Mortes os valores ocorreram acima do permitido nos períodos seco e chuvoso, e nos demais, apenas no período chuvoso. Como citado anteriormente, as altas precipitações e fortes ventos podem ter ocasionado o desprendimento de partículas rochosas e solos presentes na bacia.

O Zinco mostrou valores acima do permitido em três pontos amostrais do GD2. No Rio das Mortes (P – IV) os valores foram acima do permitido nos dois períodos, fator associado ao aumento das chuvas. Já nos outros dois pontos amostrais o metal pesado Zinco mostrou-se superior ao permitido apenas no período seco, fator associado ao acúmulo de efluentes de esgotos oriundos de poluições difusas na região.

4.4 Índice de Estado Trófico

4.4.1 IET Capivari

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados obtidos para o parâmetro Índice de Estado Trófico nas seções de controle localizadas no Rio Ingaí – Minduri, Capivari e Ingaí – Luminárias, respectivamente. Seus valores foram classificados em quatro graus de trofia, Mesotrófico Eutrófico, Hipertrófico e Supereutrófico.

Tabela 11 - IET dos três pontos amostrados na Bacia Hidrográfica Capivari.

	Data das Campanhas	IET (Capivari)					
		P – I		P – II		P – III	
		Valor	Classe	Valor	Classe	Valor	Classe
Período Seco	10/04/15	77,38	<i>Hiper.</i>	75,74	<i>Hiper.</i>	65,07	<i>Super.</i>
	29/07/15	59,22	<i>Eutro.</i>	59,94	<i>Eutro.</i>	67,28	<i>Hiper.</i>
	22/09/15	71,59	<i>Hiper.</i>	70,74	<i>Hiper.</i>	69,82	<i>Hiper.</i>
	Classificação	69,39	<i>Hiper</i>	68,80	<i>Hiper</i>	67,39	<i>Hiper</i>
Período Chuvoso	26/10/15	62,53	<i>Eutro.</i>	67,28	<i>Hiper.</i>	67,75	<i>Hiper.</i>
	23/11/15	71,29	<i>Hiper</i>	71,52	<i>Hiper.</i>	70,82	<i>Hiper.</i>
	18/12/15	58,38	<i>Meso.</i>	70,74	<i>Hiper.</i>	57,39	<i>Meso.</i>
	22/01/16	82,30	<i>Hiper</i>	63,95	<i>Super.</i>	65,31	<i>Super.</i>
	19/02/16	79,31	<i>Hiper</i>	69,92	<i>Hiper.</i>	56,15	<i>Meso.</i>
	Classificação	70,76	<i>Hiper</i>	68,68	<i>Hiper</i>	63,48	<i>Super</i>
	Média Final	70,25630		68,73295		64,95293	
	Classificação Final	Hipereutrófico		Hipereutrófico		Supereutrófico	

Fonte: (LAMPARELLI, 2004; CETESB 2007).

No P – I (Ingaí – Minduri) os graus de trofia foram Eutrófico, Hipereutrófico e Mesotrófico. Em períodos chuvosos, como a sexta campanha, foi classificado como Mesotrófico, apontado com uma produtividade baixa de nutriente em níveis aceitáveis. No período de estiagem e no período chuvoso a classificação média do IET foi Hipereutrófico, podendo inferir que a região apresenta alta produtividade de nutrientes, e como classificação geral, o mesmo

grau de trofia, sendo que as atividades antrópicas mostraram grande participação interferindo nas concentrações de matéria orgânica, afetando significativamente seus múltiplos usos.

Já no P – II ocorrem três classificações, Hipertrófico, Eutrófico e Supereutrófico. Na segunda campanha, os valores mostram que a deterioração da qualidade de água pode resultar de ações antrópicas ocorridas no entorno da bacia ou em menor escala de fontes naturais, sendo classificado como Eutrófico. Segundo Fia et al. (2009), elevados teores de Fósforo ocorrem em função do entorno da bacia cortar regiões que apresentam intensa atividade agrícola. Assim como na P – I a classificação do IET para os períodos seco e chuvoso foi hipereutrófico e como classificação final, o mesmo grau de trofia, podendo-se inferir que as atividades antrópicas, como as atividades agropecuárias, contribuem significativamente para o aumento de matéria orgânica no curso d'água.

Um aspecto importante é que durante o período chuvoso, na seção de controle P – III o IET foi classificado em duas avaliações como Mesotrófico, devido à contribuição também das fontes pontuais de poluição, porém, em menor escala que nas demais campanhas de monitoramento. Na primeira e na sétima campanhas foram classificadas como Supereutrófico, associado às atividades antrópicas, fator determinante para seu valor final e contribuindo para o crescimento de algas. Nas demais foram classificadas como Hipereutrófico. A concentração alta de Fósforo É associada às precipitações próximas às campanhas coletadas. Poluições pontuais de efluentes líquidos próximos no ponto amostral Ingaí-Luminárias foram fatores relevantes para os resultados obtidos. A classificação no período seco foi hipereutrófico e no período chuvoso supereutrófico indicando que o período chuvoso, com maior vazão, foi fator de mudança do IET.

Os resultados finais de IET estão associados à poluição ao longo da bacia nos seus três pontos amostrais, sendo eles com grau de trofia Hipereutrófico e Supereutrófico. De maneira geral, o grau de trofia sofreu influência do regime de precipitações sazonal característico da região, sendo que durante o período de estiagem foi de Eutrófico, Hipereutrófico e Supereutrófico e no período de chuvas foi Eutrófico, Hipereutrófico, Mesotrófico e Supereutrófico. Isso se dá devido às atividades de origem antrópicas, como poluições pontuais (esgotos) e o uso de insumos agrícolas.

4.4.2 IET Mortes

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados obtidos para o parâmetro Índice de Estado Trófico nas seções de controle localizadas no Rio das Mortes, Rio do Peixe e Ribeirão dos Tabuões, localizados na bacia hidrográfica do Rio das Mortes. Seus valores foram classificados em três graus de trofia, sendo eles Eutrófico, Hipertrófico e Supereutrófico.

Tabela 12 - IET dos três pontos amostrados na Bacia Hidrográfica Mortes.

	Data das Campanhas	IET (Mortes)					
		P – IV		P – V		P – VI	
		Valor	Classe	Valor	Classe	Valor	Classe
Período Seco	10/04/15	71,52	Hiper.	-		71,35	Hiper.
	29/07/15	67,28	Hiper.	71,52	Hiper.	73,28	Hiper.
	22/09/15	61,65	Eutro.	70,82	Hiper.	74,26	Hiper.
	Classificação	66,81	Super	71,17	Hiper	72,96	Hiper
Período Chuvoso	26/10/15	67,28	Hiper.	69,92	Hiper.	75,08	Hiper.
	23/11/15	70,74	Hiper.	71,87	Hiper.	71,85	Hiper.
	18/12/15	62,93	Eutro.	61,14	Eutro.	70,86	Hiper.
	22/01/16	69,82	Hiper.	62,11	Eutro.	73,80	Hiper.
	19/02/16	65,31	Super.	62,11	Eutro.	77,86	Hiper.
Classificação	67,21	Hiper	65,43	Super	73,89	Hiper	
	Média	67,06974		66,26129		73,548596	
	Classificação Final	Hipereutrófico		Supereutrófico		Hipereutrófico	

Nota: A B – V foi realizada sete campanhas.

Fonte: (LAMPARELLI 2004; CETESB 2007)

A P – IV (Rio das Mortes) apresentou graus de trofia classificados como Eutrófico, Hipereutrófico e Supereutrófico. Na terceira campanha, o resultado Eutrófico, corresponde à época coletada com grandes atividades antrópicas na região, determinando as alterações indesejáveis no meio, como excesso de nutrientes e interferência em seus múltiplos usos. Ressalta-se que tanto para o período seco como o chuvoso, a classificação média em cada período foi Hipereutrófico, evidenciando, no geral, alto grau de poluição no referido ponto amostral, o qual é afetado por grandes quantidades de matéria orgânica e nutrientes, conseqüentemente, interferindo significativamente na vida aquática.

O P – V (Rio do Peixe) teve como classificações Eutrófico e Hipereutrófico e sua média final como Supereutrófico. O uso e ocupação do solo da região são predominantemente pastagem e atividade agropecuária, o que justifica os resultados obtidos. Nas últimas campanhas as trofias foram classificadas como Eutrófico, devido ao assoreamento, ou seja, houve uma redução de nutrientes devido ao período chuvoso. A classificação no período

seco foi Hipereutrófico e no período chuvoso Supereutrófico, indicando que o período chuvoso, com maior vazão foi fator de mudança do IET, indicando efeito de sazonalidade.

Em todas as campanhas o IET do P – VI (Ribeirão dos Tabuões), foi classificado como Hipereutrófico, não apresentando efeito da sazonalidade. Este curso d'água é caracterizado por elevado grau de assoreamento, sendo mínima a mata ciliar em um dos lados do curso d'água. No próprio ponto amostral foi a quantidade de sedimentos, matéria orgânica e nutrientes que concentram no fundo do leito. Seus valores estão associados às atividades no entorno da bacia, como pecuária e plantações.

4.5 Qualidade da Água

4.5.1 Bacia hidrográfica Capivari

A Tabela 13 apresenta os resultados do monitoramento e os valores máximos permitidos conforme a DN COPAM CERH01/08 – Classe 1. Os pontos amostrais nas cidades de Cruzília, Carrancas e Luminárias, respectivamente.

Tabela 13 - Valores dos parâmetros de qualidade de água e comparação com os valores máximos permitidos para Classe 2 da DN COPAM CERH 01/08 para as sub-bacias P – I, P – II e P – III.

Data da amost.	C.F NMP/ 100 mL	DBO mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	pH	O.D mg L ⁻¹	S.T mg L ⁻¹	T. (°C)	Turb. UNT	NO ₃ ⁻ mg.L ⁻¹
P – I (Ingai – Minduri)									
10/04/15	4,5. 10 ⁵	2,3	0,06	6,96	6,9	32,5	20,3	14,6	5,89
29/07/15	45. 10 ⁵	1,3	0,004	7,29	8,3	495,0	16,0	8,5	2,28
22/09/15	25. 10 ⁵	1,0	0,02	7,30	7,7	139,1	19,0	12,3	3,25
26/10/15	25. 10 ⁵	4,6	0,009	7,24	7,4	115,8	23,0	14,1	3,65
23/11/15	110.10 ⁵	1,0	0,014	8,46	7,1	350,0	19,5	136,6	3,94
18/12/15	140.10 ⁵	4,0	0,025	7,92	6,7	28,3	22,0	94,4	5,47
22/01/16	311.10 ⁵	3,0	0,055	8,26	7,8	105,8	21,8	48,3	3,94
19/02/16	2,5.10 ⁵	1,0	0,051	7,03	8,0	407,5	22,1	349,3	7,41
P – II (Capivari)									
10/04/15	4,5. 10 ⁵	3,0	0,04	6,6	6,9	50,0	21,0	5,5	12,9
29/07/15	0,3. 10 ⁵	5,0	0,00	7,3	8,5	247,5	15,6	1,4	2,00
22/09/15	2,5. 10 ⁵	2,3	0,02	7,1	7,7	42,5	16,2	3,9	3,54
26/10/15	200. 10 ⁵	2,6	0,01	7,1	7,3	118,3	22,6	4,7	3,33
23/11/15	140. 10 ⁵	3,0	0,01	8,1	6,9	358,0	22,0	258,3	7,83
18/12/15	110. 10 ⁵	2,6	0,02	8,1	6,5	17,5	21,8	200,6	7,69
22/01/16	300. 10 ⁵	2,0	0,03	8,2	7,6	76,6	20,9	25,7	5,19
19/02/16	4,0. 10 ⁵	2,0	0,07	6,8	7,7	458,3	20,5	111,4	3,81
P – III (Ingai – Luminárias)									
26/05/15	20. 10 ⁵	3,3	0,233	7,37	7,0	343,3	21,0	10,0	9,91
29/07/15	25. 10 ⁵	5,0	0,009	7,22	7,8	5,0	16,7	5,2	6,30
22/09/15	25. 10 ⁵	2,0	0,012	7,05	7,5	46,6	19,6	15,4	3,53
26/10/15	20. 10 ⁵	3,0	0,017	7,14	7,3	153,3	23,5	8,4	3,81
23/11/15	140.10 ⁵	2,3	0,023	7,99	7,2	525,0	21,4	129,0	3,67
18/12/15	25. 10 ⁵	3,0	0,042	8,08	6,4	27,5	22,3	128,0	4,86
22/01/16	110.10 ⁵	1,6	0,031	8,07	8,0	136,6	22,2	76,8	3,25
19/02/16	2,5. 10 ⁵	3,0	0,016	6,5	7,8	565,0	23,1	156,3	7,83
VMP	≤ 1000	≤ 5	≤ 0,1	6 e 9	>5	≤ 500	-	100	≤ 10

VMP: Valor máximo permitido (negrito).

Fonte: COPAM CERH 01/ago. – Classe 1.

Os valores de coliformes termotolerantes variaram para os três pontos amostrais durante o período de monitoramento. Em épocas de estiagem, seus valores se apresentaram de forma geral, mais baixos do que no período chuvoso, porém, em comparação com a DN COPAM CERH 01/08 nenhuma amostra se apresentou dentro dos padrões estabelecidos. Observou-se que no período

chuvoso seus valores aumentaram, podendo inferir que foi devido ao carreamento das fezes de animais por meio do escoamento superficial, haja vista que as atividades antrópicas nas sub-bacias em questão, são caracterizadas por atividades agropecuárias.

A DBO durante o monitoramento não excedeu o limite estabelecido. A demanda bioquímica de oxigênio origina-se da quantidade de oxigênio necessário para biodegradar a matéria orgânica. Vale ressaltar, que quanto maiores os valores de DBO, mais rapidamente o oxigênio dissolvido irá reduzir e comprometer a vida aquática. No P – II e P – III notou-se valores no limite do valor máximo permitido (VMP) que é de 5,0 mg. L⁻¹ (enquadramento na Classe 1) isso mostra que, apesar de estar num período de poucas chuvas, o contato dos bovinos no entorno da bacia e o uso e ocupação do solo na região, que é praticamente de pastagem, foram fatores determinantes do comportamento da DBO.

O parâmetro PO₄³⁻ apresentou apenas um resultado acima do permitido, o qual foi encontrado na primeira campanha a seção de controle do P – III com resultado de 0,233 mg. L⁻¹. As demais campanhas nos três pontos amostrais se mostraram dentro dos padrões estabelecidos, não ultrapassando o limite permitido.

O pH também ficou dentro dos padrões estabelecidos, sendo que seu maior valor foi 8,46, ocorrido na quinta campanha do P – I. O pH manteve-se dentro do padrão aceitável, entre 6 e 9. No período de chuvas o pH, em algumas campanhas, registrou valores acima de 8,0. Os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e a fatores antropogênicos, como por exemplo, o despejo de esgotos domésticos e industriais, e a consequente oxidação da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005; LOPES, 2010).

O Oxigênio Dissolvido mostrou valores dentro do padrão estabelecido nos três pontos amostrais, ou seja, maior que 5,0 mg. L⁻¹. No P – I ao longo do período de avaliação, o oxigênio dissolvido apresentou certa variação em sua magnitude, sendo o valor máximo encontrado igual a 8,3 mg. L⁻¹ (segunda campanha). Isso se deu devido ao fato de que as águas com temperaturas mais baixas (16°C) retêm maior concentração de oxigênio. Pinto et al (2009), relatam que em estudo de qualidade de água do Ribeirão Lavrinha na região do Alto Rio Grande, quando a temperatura da água se apresentava baixa, altas concentrações de oxigênio dissolvido foram encontradas, e a matéria orgânica também registrou valores baixos.

Os valores Sólidos Totais mostraram-se acima do permitido apenas na última campanha do ponto amostral Ingaí – Luminárias. Esse valor registrado se deve ao fato de que na região ocorreram altas precipitações, determinando a quantidade alta de Sólidos Totais. Poletto e Carvalho (2004) também encontraram valores altos de sólidos totais em torno de 700 mg. L⁻¹ na microbacia do córrego do Ipê, em São Paulo, na época chuvosa. No entorno dessa microbacia havia solo exposto e monoculturas, sendo observado carregamento de partículas em época chuvosa para o curso d'água. Branco (1999) mostrou que os contaminantes da água, de forma geral, contribuem para a carga de sólidos presentes na água, os quais podem ser classificados pelas suas características físicas e químicas.

A temperatura da água em todo monitoramento variou de 15,60 a 23,50 °C para os três pontos amostrais. A temperatura é fator fundamental na qualidade de água, pois o lançamento de um determinado efluente com altas temperaturas pode causar um significativo impacto nos cursos d'água. A água apresenta uma excepcional habilidade de armazenar calor, isso faz com que um rio, depois de aquecido, volte muito lentamente a sua temperatura natural. A

poluição térmica de várias fontes, também pode apresentar efeito cumulativo (BRANCO, 1981; PERCEBON, 2005).

Os valores de Turbidez mostraram influência da sazonalidade nos três pontos amostrais, mostrando valores acima do permitido durante o período de chuvas. Seus altos valores podem ser associados ao carreamento de partículas de solo, despejos incorretos de efluentes gerados a partir de esgotos e o contato de animais nas margens do ponto amostral.

O NO_3^- mostrou-se acima do permitido apenas no P – II na primeira campanha. Marques et al. (2011) relatou no seu trabalho, que valores acima do permitido em cursos d'água estão associados a dejetos humanos e de animais. Não só na primeira campanha, mas os altos teores de nitrato em cursos d'água possuem efeitos diversos na saúde. A intensidade do processo de contaminação depende, principalmente, das quantidades de nitrato ali presentes ou adicionadas ao solo, da permeabilidade do solo, das condições climáticas e o manejo de irrigação e da profundidade do lençol freático ou aquífero (EMBRAPA, 2002).

4.5.2 Bacia hidrográfica Mortes

Na Tabela 14 são apresentados os valores de qualidade da água para os três pontos amostrais localizados na bacia hidrográfica do Rio das Mortes e os limites máximos permitidos para a classe 2 conforme a DN COPAM CERH 01/08.

Tabela 14 - Valores dos parâmetros de qualidade de água e comparação com os valores máximos permitidos para Classe 2 da DN COPAM CERH 01/08 para as sub-bacias P – IV, P – V e P – VI.

Data da amost.	C.F NMP/ 100 mL	DBO mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg L ⁻¹	pH	O.D mg L ⁻¹	S.T mg L ⁻¹	Temp (°C)	Turb UNT	NO ₃ ⁻ mg L ⁻¹
P – IV (Mortes)									
28/04/15	2,5. 10 ⁵	3,3	0,02	7,18	7,39	91,67	21,0	24,12	8,94
22/07/15	25. 10 ⁵	4,6	0,014	6,98	8,8	193,0	16,7	15,2	2,00
15/09/15	25. 10 ⁵	1,6	0,006	7,18	8,0	175,0	19,68	38,0	7,97
19/10/15	9,5. 10 ⁵	2,67	0,008	7,32	7,2	191,6	23,54	10,08	4,92
16/11/15	0,4. 10 ⁵	1,3	0,016	7,59	6,76	166	24,4	153,0	9,77
14/12/15	25. 10 ⁵	4,0	0,035	8,15	7,10	1114	23,81	512,0	3,20
19/01/16	25. 10 ⁵	1,0	0,01	7,61	7,3	357,5	21,36	129,6	8,38
17/02/16	4,0. 10 ⁵	1,0	0,063	7,49	7,3	401,6	23,3	192	4,08
P – V (Peixe)									
22/07/15	2,5. 10 ⁵	3,0	0,02	7,14	8,0	175,0	16,7	12,63	2,28
15/09/15	0,3. 10 ⁵	1,0	0,014	7,24	7,4	179,1	23,0	40,7	3,53
19/10/15	0,6. 10 ⁵	5,0	0,017	7,44	7,1	195,8	26,2	8,91	4,50
16/11/15	3,5. 10 ⁵	3,0	0,014	7,51	7,9	350,0	22,0	371,0	8,38
14/12/15	0,9. 10 ⁵	1,6	0,003	8,15	7,7	1254	23,8	728,0	3,81
19/01/16	1,4. 10 ⁵	1,6	0,026	7,93	7,8	287,5	21,31	122,0	2,00
17/02/16	1,1. 10 ⁵	1,0	0,059	6,66	7,0	167,5	23,66	124,8	1,73
P – VI (Ribeirão dos Tabuões)									
14/05/15	0,2. 10 ⁵	1,3	0,148	7,2	7,4	173,3	19,0	60,0	9,56
22/07/15	2,5. 10 ⁵	2,6	0,176	7,06	8,6	180,8	24,6	19,2	10,88
15/09/15	2,5. 10 ⁵	1,0	0,023	7,29	7,4	151,6	29,28	46,6	3,53
19/10/15	2,5. 10 ⁵	4,6	0,055	7,46	6,5	182,5	31,4	9,96	5,05
16/11/15	9,5. 10 ⁵	3,0	0,012	7,58	7,4	100,0	25,0	153,6	9,08
14/12/15	7,5. 10 ⁵	2,6	0,03	8,29	7,93	1069	27,2	512,0	2,14
19/01/16	115. 10 ⁵	2,3	0,026	7,79	7,5	310,8	23,56	114,6	1,73
17/02/16	4,0. 10 ⁵	1,0	0,06	7,03	7,0	165,8	28,13	73,06	0,20
VMP	≤ 1000	≤ 5	≤ 0,1	6 e 9	>5	≤ 500	-	100	≤ 10

VMP: Valor máximo permitido (negrito).

Fonte: COPAM CERH 01/08 – Classe 1.

Observou-se que para os coliformes termotolerantes, assim como para as sub-bacias do GD1 (TABELA 14), os resultados para P – IV, P – V e P – VI, sub-bacias pertencentes ao GD2, foram maiores que o permitido pela DN COPAM CERH 01/2008. Com exceção do P – IV, as demais sub-bacias foi observado aumento de coliformes no período chuvoso. Seus altos valores são associados ao

escoamento superficial, vindos a montante, com grandes quantidades de dejetos, tanto animais quanto humanos.

Já a DBO apresentou-se dentro do limite estabelecido para os três pontos amostrais. A DBO mostrou-se em todas as campanhas, abaixo do permitido. Na terceira campanha do P – V foi encontrado um resultado no limite máximo permitido, indicando fonte de poluição por matéria orgânica a montante.

O Fósforo apresentou valores acima do permitido em duas campanhas do P – IV, durante o período seco, podendo estar correlacionado à poluição difusa, muito provavelmente por fertilizantes aplicados na agricultura. Os nutrientes em excesso tendem a escoar superficialmente pelo terreno, até atingir os corpos d'água. Nos outros pontos amostrais o valor de Fósforo se mostrou dentro do padrão estabelecido.

O pH nos três pontos amostrais apresentou valores variando de 6,66 até 8,29 durante o monitoramento, entretanto, estes valores se encontram dentro do padrão estabelecido que é de 6 a 9. O maior valor encontrado pode ser explicado pela alta temperatura registrada na mesma campanha, que foi de 27, 2°C. O pH depende da temperatura e da radiação solar, pois essa variação de valores ocorre durante o dia, por conta dos processos bioquímicos na água. O pH com valores altos (alcalinos) de cursos d'água pode estar associado a proliferação de vegetais em geral, pelo excesso de nutrientes, aumentando e o consumo de gás carbônico e conseqüente a diminuição do ácido carbônico da água tornando o pH elevado (VON SPERLING, 1995).

O oxigênio dissolvido teve seus valores dentro dos padrões estabelecidos durante o monitoramento, o menor valor registrado foi 6,5 mg. L⁻¹ no P – VI e o maior de 8,8 mg. L⁻¹ no P – IV. No seu maior valor de OD registrado, deve-se ao fato que as concentrações de matéria orgânica resultam na maior taxa de respiração dos micro-organismos e o consumo de oxigênio é menor.

Os Sólidos Totais mostraram valores acima do permitido em uma mesma campanha para todos os pontos amostrais, podendo estar associado às fortes chuvas ocorridas em dias anteriores à coleta. Essa condição causa grandes carregamentos de solos e detritos no entorno da bacia. Observou-se também que as maiores concentrações de sólidos totais se deram no período chuvoso, situação que está em conformidade com os altos valores registrados de turbidez, que por sua vez, apresentou valores acima do permitido, no período chuvoso, em todos os pontos amostrais.

Os valores registrados da temperatura variaram de 16,7 a 31,4°C. O lançamento de determinado efluente modifica a temperatura da água e também de processos naturais, como os geotérmicos e redução de vazão.

O Nitrato mostrou-se alto e acima do permitido em apenas uma campanha. Suas concentrações nos três pontos amostrais variaram de 1,73 a 10,88 mg. L⁻¹, e ambos os valores encontrados no P – VI. Seus altos valores podem estar associados ao processo de lixiviação de fertilizantes usados na agricultura e ao transporte de sedimentos pelo escoamento superficial.

4.6 Índice de Qualidade de Água

4.6.1 Capivari

Na Tabela 15, apresenta-se os valores de IQA calculado para cada ponto amostral e conforme datas das campanhas na Bacia Hidrográfica Capivari.

Tabela 15 - IQA da Bacia Hidrográfica Capivari durante o período monitorado.

Data da Amostragem	IQA					
	P – I		P – II		P – III	
	Valor	Classe	Valor	Classe	Valor	Classe
10/04/15	51,12	Médio	48,88	Ruim	44,86	Ruim
29/07/15	50,83	Médio	56,68	Médio	48,37	Ruim
22/09/15	53,48	Médio	53,52	Médio	50,54	Médio
26/10/15	50,82	Médio	53,65	Médio	49,13	Ruim
23/11/15	40,62	Ruim	39,09	Ruim	35,78	Ruim
18/12/15	47,73	Ruim	40,53	Ruim	36,55	Ruim
22/01/16	48,40	Ruim	49,87	Ruim	47,08	Ruim
19/02/16	40,15	Ruim	39,94	Ruim	34,65	Ruim
Média	47,89		47,77		44,62	
Classificação	RUIM		RUIM		RUIM	

Para a sub-bacia P – I observou-se que no período seco, o IQA apresentou classificação Média, sendo esta, melhor que a classificação do período chuvoso. Tal situação ocorreu devido ao fato de que os parâmetros que mais contribuíram para sua classificação foram as menores concentrações de coliformes, turbidez e sólidos totais, em comparação com o período chuvoso. Durante o monitoramento, a melhor classificação foi registrada na terceira campanha (IQA = 53,48). Fato que pode ser atribuído ao carreamento de sedimentos, despejos incorretos de efluentes, dentre outros. Já como pior resultado, foi a última campanha, com valor de 40,15 classificado como Ruim, fator associado às altas concentrações de coliformes, sólidos totais, turbidez e o

nitrito. No momento em que a precipitação torna-se frequente, ou seja, no período chuvoso, a qualidade da água decai, sendo o IQA como classificação final Ruim, com média de 47,89. Seu resultado teve um peso maior devido às altas precipitações no período chuvoso, influenciado principalmente, pela alta quantidade de coliformes.

Já o P – II (Rio Capivari) apresentou resultados semelhantes ao P – I, sendo que no período seco, de forma geral, o IQA foi classificado como Médio, fator associado a inexistência ou baixas precipitações. Destaca-se que a melhor condição observada na terceira campanha (IQA = 50,54), devido à época de poucas chuvas, onde os valores de turbidez, sólidos totais e coliformes termotolerantes foram determinantes para o melhor valor de IQA. No período chuvoso, os valores diminuíram e a classificação foi Ruim. Essa classificação teve como interferente as altas precipitações a partir do mês de novembro, e o carreamento de substâncias orgânicas e inorgânicas, além de fezes de animais devido à presença de gado e aumentando os valores de sólidos, turbidez e coliformes.

O Rio Ingaí – Luminárias (P – III), à exceção da terceira campanha, que apresentou IQA Médio, o qual foi atribuído a esse valor as baixas concentrações de sólidos, baixa turbidez e menor quantidade de coliformes, o curso d'água foi classificado como Ruim durante o período monitorado. Ressalta-se que este é o único ponto amostral que passa dentro da cidade, e atribui-se a sua classificação ao lançamento de efluentes domésticos próximos ao ponto de coleta, como mostra a Figura 4C, sendo fator fundamental para as altas concentrações de Nitrito, Fosfato, Coliformes e Matéria Orgânica.

Figura 3 - Fatores impactantes dos pontos amostrais do GD1.



- A) Pisoteio do gado próximo ao P – I (Ingaí – Minduri);
B) Dejetos bovinos próximo ao ponto amostral no P – II;
C) Despejo incorreto de esgoto próximo ao ponto de coleta do P – III (Ingaí – Luminárias).

De uma maneira geral, observou-se que a sazonalidade influenciou a classificação do IQA nos três pontos amostrais da bacia hidrográfica Capivari, evidenciando uma qualidade das águas pela faixa médio no período de inverno (com exceção do ponto amostral Ingaí – Luminárias) onde as precipitações são menores. Já as altas precipitações, mostraram um IQA inferior ao período seco,

há um carreamento de partículas com o escoamento superficial, afetando a qualidade de água. Os principais fatores que interferiram na qualidade das águas foram as atividades agropecuárias, e lançamento de poluição pontual e difusa no rio.

4.6.2 Mortes

Na Tabela 16 estão apresentados os valores de IQA e a correspondente classificação para as avaliações realizadas nas seções de controle monitoradas na Bacia hidrográfica do Rio das Mortes.

Tabela 16 - IQA da Bacia Hidrográfica Mortes durante o período monitorado.

Data da Amostragem	IQA (Mortes)					
	P – IV		P – V		P – VI	
	Valor	Classe	Valor	Classe	Valor	Classe
28/04/15	48,19	Ruim	-	-	40,10	Ruim
22/07/15	51,26	Médio	51,47	Médio	37,32	Ruim
15/09/15	48,11	Ruim	53,80	Médio	39,85	Ruim
19/10/15	52,17	Médio	53,29	Médio	37,16	Ruim
16/11/15	42,91	Ruim	39,92	Ruim	30,93	Ruim
14/12/15	38,38	Ruim	40,40	Ruim	31,86	Ruim
19/01/16	39,99	Ruim	42,04	Ruim	35,54	Ruim
17/02/16	41,11	Ruim	42,59	Ruim	46,73	Ruim
Média	45,27		46,43		37,44	
Classificação	RUIM		RUIM		RUIM	

Nota: Na B – V foram realizadas 7 campanhas.

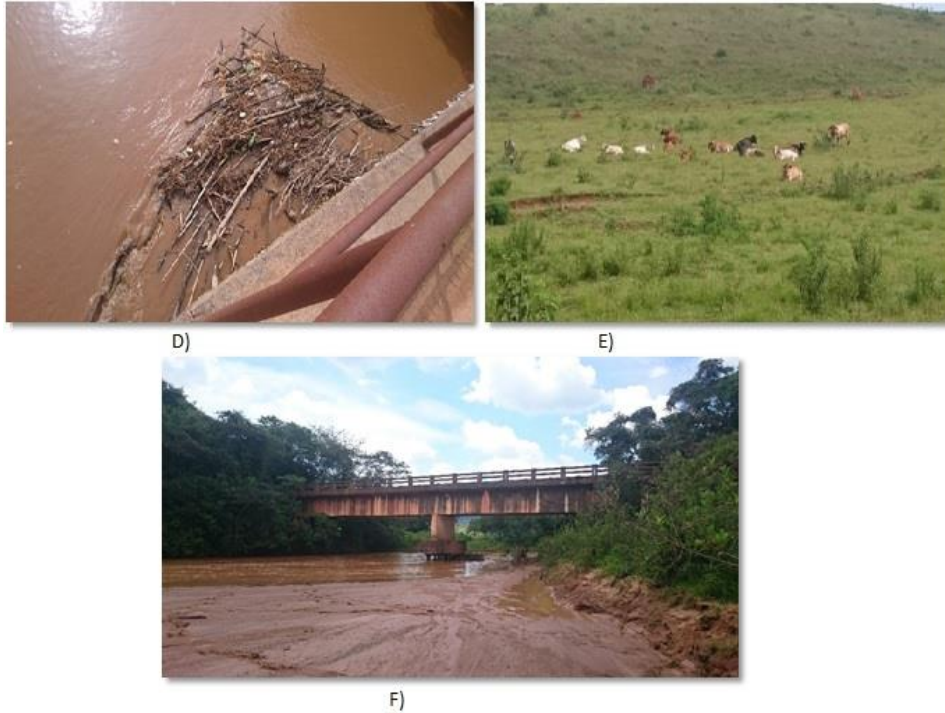
A P – IV, localizada nas proximidades de Conceição da Barra de Minas, apresentou seus melhores resultados de IQA na segunda e quarta campanhas, respectivamente, os quais foram classificados como Médio, podendo estar associado às baixas precipitações e menores concentrações de nitrato em relação as outras campanhas do período seco. Nas demais campanhas o IQA foi classificado como Ruim. As altas precipitações registradas a partir da quinta campanha foram fatores determinantes nos resultados finais, pois, o escoamento

superficial direto gerado foi responsável por aumentos nos valores da concentração de Nitrato, Turbidez, Coliformes e Sólidos Totais.

Já no P – V localizado nas proximidades de São Tiago o IQA, no período seco, foi classificado como Médio, fator associado às baixas precipitações ocorridas no ponto amostral. No período de altas precipitações, foi classificado como Ruim, sendo que o parâmetro determinante para a piora do IQA foram os altos valores de sólidos totais, turbidez, e coliformes, com o carreamento de partículas sólidas e fezes de animais, devido à presença de gado no entorno da bacia, como mostra a Figura 5, e por ser uma área com grande predominância de pastagem e ausência da mata ciliar, contribuindo para a degradação do curso d'água.

No ponto amostral P – VI, seus valores de Índice de Qualidade de Água não apresentaram variação, sendo enquadrados tanto nos períodos de estiagem quanto no chuvoso como Ruim. A classificação justifica-se pela ausência de mata ciliar, o pisoteio de animais próximo às margens do curso d'água e o assoreamento nítido. Estes foram fatores fundamentais para as elevadas concentrações de coliformes, nitrato, sólidos totais e turbidez e determinantes para a classificação do IQA. Destaca-se ainda, que os piores valores foram observados em época chuvosa (quinta, sexta e sétima coletas), sendo que os parâmetros que mais prejudicaram o IQA foram as altas concentrações de sólidos totais e o aumento elevado de coliformes termotolerantes e elevada turbidez.

Figura 4 Fatores impactantes nos pontos amostrais do GD2.



- D) Presença de contaminantes no P – IV (Mortes);
E) Presença do gado próximo ao P – V (Peixe);
F) Assoreamento nítido no P – VI (Ribeirão dos Tabuões).

A qualidade da água da bacia hidrográfica Mortes, nos três pontos amostrais, apresentaram IQA enquadrado como Ruim, devido ao manejo incorreto dos solos, o assoreamento de cursos d'água, ausência de mata ciliar, o contato direto de gados com as margens e o despejo incorreto de efluentes.

5 CONCLUSÕES

Bacia Hidrográfica do Rio Capivari (GD1):

- a) A Bacia Hidrográfica mostrou bons Rendimentos Específicos durante o período avaliado, situação que os solos da referida bacia apresentaram boa recarga. É possível determinar a descarga sólida de sedimentos a partir da vazão dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Capivari;
- b) As quantidades elevadas de metais pesados presentes nos três pontos avaliados estão associadas à exploração mineral e poluições pontuais;
- c) O período de chuvas influenciou os resultados finais do IET, classificando como Hipereutrófico e Supereutrófico, e estes, associados aos despejos incorretos de efluentes de esgoto;
- d) O IQA foi classificado como Ruim. Isso se deve principalmente à agricultura intensiva e o contato do gado com os cursos d'água monitorados.

Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes (GD2)

- a) A Bacia Hidrográfica do Rio das Mortes, durante o monitoramento, mostrou uma menor capacidade de recarga do aquífero, fator relacionado ao tipo de solo não ser adequado à capacidade de infiltração, mostrando ter uma produção baixa. As Descargas Sólidas mostraram comportamentos semelhantes no P – IV e P – V, ao contrário P – VI, devido ao assoreamento nítido;
- b) Os resultados acima do permitido de metais pesados podem ser correlacionados ao despejo incorreto de efluentes oriundos de indústrias e mineração;

- c) O período de chuvas influenciou drasticamente nos resultados finais do IET, classificando como Hipereutrófico e Supereutrófico, sendo estes, associados de poluições difusas;
- d) O IQA foi classificado como Ruim, devido aos contaminantes de origem orgânica e inorgânica, associado à pastagem, contato do gado com as margens e o despejo incorreto de resíduos líquidos e sólidos.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional Das Águas. Disponível em:
<<http://www2.ana.gov.br/>>. Acesso em: 23 maio 2015.
- ALBUQUERQUE, A. W.; CHAVES, I.B.; VASQUES FILHO, J.
Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num
regolito eutrófico de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.
18, p. 279 – 283,1994.
- ALMEIDA, J. R.; RESENDE, M. Considerações sobre o manejo de solos rasos
desenvolvidos de rochas pelíticas no Estado de Minas Gerais. **Informe**
Agropecuário, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p.19-26, 1985.
- ANZECC/ARMCANZ - Australian Guidelines for Water Quality Monitoring
and Reporting. October, 2000. Disponível em:
<<http://www.ea.gov.au/water/quality/nwqms/#monitor>>. Acesso em: 20 dez.
2015.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standart Methods
for the Examination of Water end Wastewater**. 19 th Edition. Washington, D.
C., 1995. 1155 p.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In:
RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e
recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BLUME, K. K. et al. Water quality assessment of the Sinos River, Southern
Brazil. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 70, n. 4, dez. 2010. (Suplement).
- BORDALO, A. A; NILSUMRANCHIT, W; CHALERMWAT, K. Water quality
and uses of the Bangpakong river (Eastern Thailand). **Water Research**, v. 35, n.
15), p. 3635–3642, 2001.

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. D.; SURAMPALLI, R. Y. Nitrate contamination of ground water sources and potential health effects. **Journal of the American Water Works Association**, p. 85-90,1992.

BUCCI, M, H, S.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Rev. Ambient. Água**, v. 9, n.1, p. 130-148, 2014.

BRANCO, S. M. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. p.1-36.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C.; CASTRO, A. G. M.; KANASHIRO, A. M. I.; GAMA, N. M. S. Q. Pesquisa de coliformes totais e coliformes fecais analisados em ovos comerciais no laboratório de Patologia Avícola de descaldado. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 68, n. 1. p. 19-22, jan./jun., 2001.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da Atividade Agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, 2000.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P. **Guia de Práticas Sedimentométricas**. Brasília, DF: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000, 154p.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008, 599 p.

CASANOVAS, J. A. A. M.; BOSH, I. S. **Impact assessment of changes in land use/conservation practices on soil erosion in the Penede Ás Anoia vineyard region (NE Spain)**. Soil & Tillage Research: 2000, p. 101-106.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1995.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – CBH. Disponível em:
<<http://www.cbh.gov.br/>>. Acesso em: 18/03/2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.
Estabelecimento de valores de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo: CETESB, 2001. 92 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANAMENTO AMBIENTAL.
Relatório de qualidade de águas interiores do estado de São Paulo 2004. São Paulo: CETESB, 2005. 307 p.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters.** 1981. 346 p. Tese. (Doutorado) - West Lafayette, Purdue University, 1981.

CURI, N.; CHAGAS, C. S.; GIAROLA, N. F. B. Distinção de ambientes agrícolas e relações solo-pastagens nos Campos da Mantiqueira (MG). In: EVANGELISTA, A. R.; CARVALHO, M. M.; CURI, N. (Ed.). **Desenvolvimento de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes MG:** reunião de trabalho sobre pastagens nativas e desenvolvimento de pastagens para o gado de leite das zonas dos Campos Vertentes. Lavras: ESAL/EMBRAPA, 1994. p. 21-43.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Cienc. Agrotec**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez., 2007.

DELVALLS, T. A.; ANDRES, A.; BELZUNCE, M. J.; BUCETA, J. L.; CASADO, M. C. M.; CASTRO, R.; RIBA, I.; VIGURI, J. R.; BLASCO, J. Chemical and ecotoxicological guidelines for managing disposal of dredged material. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 23, n. 10-11, p. 819-828, 2004.

DENNISON, W, C.; ORTH, R. C. C, J.; MOORE, K. A.; STEVENSON, J. C.; CARTER, V.; KOLLAR, S.; BERGSTROM, P. W.; BATIUK, R. A. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. **BioScience**, v. 4, p. 86-94, 1993.

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. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

DUHA, J. D.; SHANDAS, V.; CHANG, H.; GEORGE, L. A. **Rates of urbanisation and the resiliency of air and water quality**. 2008. p. 238-256.

EPA. **Water Quality Criteria**, Washington, D.C. 1972. 595 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária . **Agricultura e Qualidade de Água: Contaminação da Água por Nitrato**. 2002. 28 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência -FINEP, Rio de Janeiro. 1988, 575 p.

FIA, R.; MATOS, A. T.; CORADI, P. C.; RAMIREZ, O. P. Estado Trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 4, n. 1, 2009.

FIGUEIREDO, A. G. Análise da produção e transporte de sedimentos nas bacias do Rio do Peixe e Rio Aguapeí. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 8., **Anais...** São Paulo. 1989. V.2.

FÖRSTNER, U; WITTMANN, G, T, W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. 2 ed. 1981. 488 p.

FREITAS, M. B. et al. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad. Saúde Pública**. v. 17, n. 3. p. 651- 660, 2001.

FUNASA. Fundação Nacional Da Saúde . **Manual de controle da qualidade de água para técnicos que trabalham em ETAS**. 2004. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2016.

GALINDO, E. F. **A Intersetorialidade como Requisito para Construção de uma Cidade Saudável**: política de Saneamento e de Saúde no Recife. 2004. 153p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004

GOMES, N. M.; FARIA, M. A.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 427- 435, 2007.

GUERESCHI, R.M. **Macroinvertebrados bentônicos em córregos da estação ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP**: subsídios para monitoramento ambiental. Tese. (Doutorado) - UFCar São Carlos, SP, 2004.

HEPP, L. U. **Ocorrência e distribuição espacial de macroinvertebrados bentônicos no Rio Suzana, Erechim - RS**. Erechim, URI. 2002. Monografia. 79 p. (Pós Graduação), 2002.

HITCHINS, A. D.; HARTMAN, P. A.; TODD, E. C. D. **Compendium o methods for the microbiological examination of foods**: Coliforms-Escherichia coli and its toxins. 3. ed. Washington: American Public Health Association, 1996. p.325-369.

IEF. Instituto Estadual de Florestas. **Cobertura Vegetal de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/florestas>>. Acesso: 04 abr. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Índice de Qualidade de água**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> . Acesso em: 18 abr. 2016.

KELLER, W.; CHENICHARO, C. A.; LAUFFER, J.; MOREIRA, R. V. **O Cromo nos resíduos sólidos de curtumes** – Imobilização em materiais cerâmicos. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 19., **Anais...**1997. p. 1749- 1772.

KOHYAMA, T; CANADELL, J; OJIMA, D, S; PITELKA, L, F. "Forest ecosystems and environments: scaling up from shoot module to watershed." **The Ecological Society of Japan** **20**, p. 241-242. 2005.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. São Paulo. Tese. 235 p. (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2004.

LEITE, A. E. B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA**. 2004. Dissertação. (Mestrado). DSSA/ENSP/FIOCRUZ - Rio de Janeiro, 2004.

LOPES, F. W. A. **Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do Ribeirão de Carrancas – MG**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

LOPES, N. H. Y. **Análise de Produção de água e sedimentos em microbacias experimentais com o modelo SWAT**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2008.

LOPES, F. W. A.; JÚNIOR, A. P. M. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. p. 134-147, jul./dez, 2010.

MAFFEZZOLLI, G.; NUNER, A. P. D. Crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. **Acta Sci. Biol. Sci.** v. 28, n.1, p. 41- 45, 2006.

MAGRO, C. D. M.; DEON, M. C.; THOMÉ, A.; PICCIN, J. S. P.; COLLA, L. M. Bioissorção passiva do Cromo (VI) através da microalga *Spirulina platensis*. **Quim. Nova**, v. 36, n. 8, p. 1139-1145, 2013.

MARTINS, I.; LIMA, I. V. **Ecotoxicologia do manganês e seus compostos**. Salvador, 2001. v. 7.

MAZIERO, T. A.; WENDLAND, E. Avaliação de recarga subterrânea de bacias urbanas no município de São Carlos, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS. 14., **Anais...** São Carlos, SP. 2005.

MCDONNELL, J. J.; SIVAPALAN, M.; VACHE, K.; DUNN, S.; GRANT, G.; HAGGERTY, R.; HINZ, C.; HOOPER, R.; KIRCHNER, J.; RODERICK, M. L. SELKER, J; WEILER, M. Moving beyond heterogeneity and process complexity: A new vision for watershed hydrology. **Water Resources Research**, v. 43. 2007.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. 1 ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da Água em bacias hidrográficas rurais: Um desafio atual para sobrevivência futura. **Revista Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez, 2002.

MEYBECK, M.; FRIEDRICH, G.; THOMAS, R.; CHAPMAN, D. An introduction to water quality. In: Water quality assessments: A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring; D. Chapman (Ed.). **Chapman & Hall**, London, p. 241-320. 1992.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Zoneamento ecológico – econômico do Estado de Minas Gerais – ZEE-MG**. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.zee.gov.br/pdf/componentes_geofisico_biotico/5recursos_h%C3%ADdricos.pdf>. Acesso em: 25 jan.2016.

MINAS GERAIS. **Deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG, no. 01**, de 05 de maio de 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno de Licenciamento Ambiental**. Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/dai_pnc/_arquivos/pnc_caderno_licenciamento_ambiental_01_76.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

MOORE, J. W. **Inorganic Contaminants of surface Water: Research and monitoring priorities**. New York: Springer-Verlag, 1991. 334p.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2006. 388 p.

MULDER, T.; SYVITSKY, J. P. M. Climatic and morphologic relationships of rivers. Implications of sea level fluctuations on river loads. **J Geol.**, v. 104, 2004, p. 509-523.

NICOLELLA, L. G. T. G. **Índice de Qualidade de Água em microbacia sob uso agrícola e urbano**. *Scientia Agricola*, v. 59, n.1, p. 181-186, 2002.

NOGUEIRA, P. F.; CABRAL, J. B. P.; OLIVEIRA, S. F. Análise da concentração dos sólidos em suspensão, turbidez e TDS nos principais afluentes do reservatório da UHE barra dos coqueiros- GO. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 485-494, 2012. (Edição Especial).

NORRIS, P. E.; BATIE, S. S. "Virginia Farmers" Soil Conservation decisions: An Application of tobit analysis. **Southern Journal of Agricultural Economics**. p. 79-90, 1987.

OLIVEIRA, V, A. **Regionalização de vazões nas regiões de Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD1 e GD2, Minas Gerais**. 2013. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PAIVA, A.; RONDÓ, P.; SHINOHARA, E. G. Parâmetros para avaliação do estado nutricional de ferro. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 4, agosto, 2000.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. São Carlos. 2001. 216 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, IPH UFRGS. v. 1, n. 1, p. 20-36, 2004.

PINTO, D. B. F. **Qualidade dos recursos hídricos superficiais em sub-bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande-MG**. 2007. Dissertação. 89 p (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Lavras, Lavras, MG. 2007.

PINTO, D. B. F.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; COELHO, G. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil. **Ciênc. agrotec**. v. 33, n. 4, p. 1145-1152, 2009.

POLETO, C.; CARVALHO, S. L. **Avaliação da influência da degradação do solo de uma microbacia hidrográfica na qualidade da água do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP**. Disponível em: <<http://cemac-ufla.com.br/AnaisTrabVoluntários.htm>> Acesso em: 12 mar. 2016.

PORTO, R.; ZAHED, F.K.; TUCCI, C.; BIDONE, F. Drenagem urbana. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2001, p. 243-252, 2001. Cap. 6.

PRUSK, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. **Escoamento Superficial**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2004. 87 p.

REIBER, S.; KUKULL, W.; STANDISH, P. L. Drinking aluminum and bioavailability. **J Am Water Works Assoc.**, p. 66-100, 1987.

RIBEIRO, M. C. L. B.; PRETERE, J. M. M.; JURAS, A. A. Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia-Tocantins River Basin, Brazil. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. 11, p. 325-350, 1995.

SAMPAIO, A. C. S. **Metais Pesados na Água e Sedimentos dos Rios da Bacia do Alto Paraguai**. 2003. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 2003.

SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CRUZ, A. B.; TEIXEIRA, W. G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p.183-189, 1998.

SCAPIN, J. **Caracterização do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano na cidade de Santa Maria – RS**. 2005. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria. 2005.

SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 288 p. v.1.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A. **Métodos de análise microbiológica de alimentos**. Campinas: ITAL, 1995. 228 p.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varala, 1997. 295 p.

SILVA, C. S. J.; OLIVEIRA, A. D.; JUNIOR, L. M. C.; SCOLFORO, J. R. S.; SOUZA, A., N. Viabilidade econômica e rotação florestal de plantios de candeia (*Eremanthus erythropapus*) em condições de risco. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 113-122, jan./mar. 2014.

SILVA, C. S. Níquel. In: **Balanco Mineral Brasileiro**. 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/niquel.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

SIQUEIRA, L. F. S.; NETO, J. J. G. C.; ROJAS, M. O. A. I. **Determinação de ferro (II) em água do mar pelo sistema Fe (II)/ KSCN via espectrometria do UV-Vis: uma alternativa prática e de baixo custo**. São Luís: UFMA, 2009.

SOUZA, W. F. L.; KNOPPERS, B. Fluxos de Água e Sedimentos a costa leste do Brasil: Relações entre a Tipologia e as pressões antrópicas. **Geochim**, Brasil. v. 17, p. 57-74, 2003.

STAMBUK, G. N. Water quality evaluation by index in Dalmatia. **Water Research**, v. 33, n. 16, p. 3423-3440, 1999.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A.; SOUSA, G.; NOLASCO, F. R.; BONASSI, J. A.; BATAGELLO, H. H. Recuperação de Bromo em Soluções Aquosas Residuais. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p.320-322, 2004.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan./mar. 2002.

TÓTH, J.; TOMÁS, J.; LAZOR, P. **The evaluation of bioavailability of cadmium, lead, copper, zinc and chromium in heavily contaminated fluvisoil**. Slovak Agricultural University, Nitra. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2005. 678 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 2007, p. 943.

VANONI, V. **Sedimentation Engineering**. ASCE, Manual and Reports on Engineering Practice, n. 54. New York, 1977.

VANZELA, L. S.; LIMA, R. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; MAURO, F. Diagnóstico da vazão e descarga sólida total do córrego Três Barras no município Marinópolis – SP. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., **Anais...** São Pedro, 2004.

VESTENA, L, R. **Análise da relação entre a dinâmica de áreas saturadas e o transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica por meio de monitoramento e modelagem**. Florianópolis. 2008. 268 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, SC, 2008.

VON SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. In: **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1995.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas residuárias)**, Belo Horizonte, MG, 1996. v. 1.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality recommendations**. 2. ed. Geneva: WHO , 2000. v. 1.