

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA AMBIENTAL

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

VARIAÇÃO SAZONAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO
RIBEIRÃO DO ONÇA E DO RIO DAS VELHAS ANTES E
DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO DO RIBEIRÃO DO ONÇA,
BELO HORIZONTE - MG

Fernando Dutra de Moura Lima

Belo Horizonte

2009

Fernando Dutra de Moura Lima

Variação Sazonal da Qualidade das Águas do RIBEIRÃO do ONÇA e do RIO das VELHAS ANTES e DEPOIS da Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça, Belo Horizonte - MG

Monografia apresentada ao curso de pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador: Eduardo Von Sperling

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Monografia defendida: “*Variação Sazonal da Qualidade das Águas do Ribeirão do Onça e do Rio das Velhas Antes e Depois da Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça, Belo Horizonte – MG*”, de autoria de Fernando Dutra de Moura Lima, aprovada em 26/10/2010 pela banca examinadora constituída pelos senhores (as):

Prof. Marcos Von Sperling
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da
UFMG

Prof^a. Valéria Martins Godinho
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da
UFMG

Orientador:

Prof. Eduardo Von Sperling
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da
UFMG

**Coordenador do Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e
Tecnologia Ambiental:**

Prof. Gilberto Bandeira Caldeira de Melo
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da
UFMG

Belo Horizonte, 26 de outubro de 2010.

AGRADECIMENTOS

À Divina Providência, que nos ilumina em todos os momentos.

Ao professor Eduardo Von Sperling, pela dedicação e orientação.

À minha mãe, Marise, bondosa, e ao meu pai, José (*in memoriam*), exemplo de fé.

Aos meus irmãos, pela riqueza de experiência de vida e de boa convivência.

À minha sogra, Celsa, pelas orações diárias e à amizade saudosa do “Rosa” (*in memoriam*).

À tia “Preta”, pelo incentivo e pela troca de experiência.

Em especial à minha esposa, M^a Isabel, e aos meus filhos, Leandro e Luisa, pela compreensão e tolerância nos momentos de ausência.

RESUMO

Este estudo de caso teve como objetivo conhecer as alterações ocorridas na qualidade da água do Ribeirão do Onça e do Rio das Velhas antes e depois da implantação da Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça – Belo Horizonte (MG). Foram estudados nove parâmetros físico-químicos e um parâmetro microbiológico de quatro pontos de monitoramento limnológico da bacia hidrográfica do Rio das Velhas: OME – Ribeirão do Onça a montante da Estação de Tratamento do Ribeirão do Onça; OJE – Ribeirão do Onça a jusante da Estação de Tratamento do Ribeirão do Onça; VMO – Rio das Velhas a montante do Ribeirão do Onça; VJO – Rio das Velhas a jusante do Ribeirão do Onça.

O período de estudo foi explorado de janeiro de 1998 a outubro de 2007.

O Ribeirão do Onça junto com o Ribeirão Arrudas são os afluentes do Rio das Velhas onde se concentra o maior problema da poluição hídrica, proveniente da região metropolitana de Belo Horizonte.

A Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça – ETE Onça - foi inaugurada em junho de 2006 com a implantação da 1ª etapa, com eficiência de 60% de remoção de carga orgânica.

Os parâmetros limnológicos que apresentaram variações em decorrência da instalação da ETE Onça e ficaram em desacordo com a Resolução CONAMA nº 375 de 17 de março de 2005 foram a turbidez, o fósforo total, o nitrogênio amoniacal, a DBO, o OD e o coliformes termotolerantes.

Com a implantação da primeira etapa de instalação concluída, a ETE Onça não proporcionou melhorias na qualidade das águas do Ribeirão do Onça e continua contribuindo para a piora da qualidade da água após o seu encontro com do Rio das Velhas.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça; Parâmetros limnológicos; Autodepuração de um rio; Reator anaeróbio de manta de lodo de fluxo ascendente.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. <i>Objetivo geral.....</i>	<i>6</i>
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	<i>6</i>
3. REVISÃO DA LITERATURA	7
3.1. <i>Usos dos recursos hídricos e conservação.....</i>	<i>7</i>
3.2. <i>Características morfológicas e hidrodinâmicas de um rio.....</i>	<i>7</i>
3.3. <i>Poluição de rios.....</i>	<i>8</i>
3.4. <i>Depuração biológica das águas residuárias em rios</i>	<i>9</i>
3.5. <i>Índice de Qualidade de Água</i>	<i>11</i>
3.6. <i>Classificação e enquadramento dos corpos de água</i>	<i>12</i>
3.7. <i>Reatores UASB.....</i>	<i>14</i>
3.8. <i>Relação N/P.....</i>	<i>15</i>
3.9. <i>Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça.....</i>	<i>16</i>
4. METODOLOGIA	19
4.1. <i>Descrição da área de estudo.....</i>	<i>19</i>
4.2. <i>Parâmetros limnológicos selecionados</i>	<i>21</i>
4.3. <i>Período de amostragem</i>	<i>21</i>
4.4. <i>Procedimento de análise dos dados selecionados.....</i>	<i>21</i>
4.5. <i>Método de Amostragem</i>	<i>34</i>
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. <i>Parâmetros físicos e químicos</i>	<i>35</i>
5.1.1. <i>Temperatura da água.....</i>	<i>36</i>
5.1.2. <i>pH in natura.....</i>	<i>37</i>
5.1.3. <i>Turbidez</i>	<i>38</i>
5.1.4. <i>Fósforo total.....</i>	<i>39</i>
5.1.5. <i>Nitrogênio amoniacal.....</i>	<i>41</i>
5.1.6. <i>Nitrato.....</i>	<i>43</i>
5.1.7. <i>Nitrito</i>	<i>44</i>
5.1.8. <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....</i>	<i>45</i>
5.1.9. <i>Oxigênio Dissolvido (OD).....</i>	<i>46</i>
5.2. <i>Parâmetro Microbiológico.....</i>	<i>48</i>
5.2.1. <i>Coliformes Termotolerantes.....</i>	<i>48</i>
5.3. <i>Razão N/P.....</i>	<i>49</i>
6. CONCLUSÕES.....	52
7. RECOMENDAÇÕES.....	54
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Bacia do Rio das Velhas (Fonte: IGAM 2000).....	2
Figura 1.2 - Ponto OJE - Ribeirão do Onça a jusante da ETE Onça (Fonte: IGAM 2005)	3
Figura 1.3 – Estação OME - Ribeirão do Onça a montante da ETE Onça (Fonte: IGAM 2005)	3
Figura 3.1 - Vista aérea da ETE Onça. Tratamento Primário (Fonte: BARBOSA, 2009)	16
Figura 3.2 - Tratamento Secundário, desenho da unidade em construção (Fonte: BARBOSA, 2009)	16
Figura 3.3 - fluxograma da 1ª Etapa de tratamento da ETE Onça (Fonte: BARBOSA, 2009).	17
Figura 3.4 - fluxograma da 2ª Etapa de tratamento da ETE Onça (Fonte: BARBOSA, 2009).	17
Figura 4.1 - Localização da Bacia do Ribeirão do Onça (Fonte:UMBELINO, 2006)	19
Figura 5.1 - Valor médio da temperatura da água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	37
Figura 5.2 - Valor médio do pH “in natura” da água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	38
Figura 5.3 - Valor médio da turbidez da água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	39
Figura 5.4 - Concentração média de fósforo total na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	41
Figura 5.5 - Concentração média do nitrogênio amoniacal na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.	43
Figura 5.6 - Concentração média do nitrato na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	44
Figura 5.7 - Concentração média do nitrito na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	45
Figura 5.8 - Concentração média da DBO na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	46
Figura 5.9 – Concentração média do OD na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.....	47
Figura 5.10 - Logarítmo da densidade média de coliformes termotolerantes na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.	49

Figura 5.11 – Média da razão estequiométrica entre nitrogênio total e fósforo total na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações (OJE, VMO e VJO, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso..... 50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Descrição das estações e coordenadas em UTM.	3
Tabela 3.1 - Classificação da qualidade da água em função do IQA.	12
Tabela 3.2 - Classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes.	13
Tabela 3.3 - Etapas do processo e eficiência de tratamento da ETE Onça.....	18
Tabela 4.1 - Informação populacional domiciliar da bacia do Ribeirão do Onça em 1991 e 2000	20
Tabela 4.2 - Estação OME - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.....	22
Tabela 4.3 - Estação OJE - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.....	23
Tabela 4.4 - Estação VMO - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.....	25
Tabela 4.5 - Estação VJO - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.....	27
Tabela 4.6 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação OME	29
Tabela 4.7 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação OJE	30
Tabela 4.8 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação VMO	31
Tabela 4.9 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação VJO	32
Tabela 4.10 - Média aritmética sazonal do período de estudo das estações OME, OJE, VMO e VJO.	33
Tabela 4.11 - Relação dos métodos de ensaio utilizados no 'Projeto Águas de Minas'.	34
Tabela 5.1 - Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2	35
Tabela 5.2 - Resumo dos resultados das estações do Ribeirão do Onça a jusante e a montante da ETE Onça, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.	51
Tabela 5.3 - Resumo dos resultados das estações do Rio das Velhas a jusante e a montante do Ribeirão do Onça, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BV083 – Estação de Amostragem de número 083 localizada na Bacia do Rio das Velhas.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

COPAM – Conselho de Política Ambiental

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

DBO – Demanda Química de Oxigênio

DN – Deliberação Normativa

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normatização

IQA – Índice de Qualidade da Água

JMO – Estação de Amostragem Rio das Velhas a Jusante do Ribeirão do Onça

OD – Oxigênio Dissolvido

OJE – Estação de Amostragem Ribeirão do Onça a Jusante da ETE Onça

OME - Estação de Amostragem Ribeirão do Onça a Montante da ETE Onça

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

Ph – Potencial Hidrogeniônico

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez

VMO – Estação de Amostragem Rio das Velhas a Montante do Ribeirão do Onça

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste em um estudo comparativo das condições da qualidade da água do Ribeirão do Onça e do Ribeirão Arrudas após as alterações ocasionadas pela instalação da Estação de Tratamento de Esgoto do Onça (ETE Onça). Para isso, foram utilizados dados secundários da rede de monitoramento do Projeto Águas de Minas, em escala real, e alguns parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos de três pontos de monitoramentos limnológicos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (BV154, BV083, BV105), durante o período de janeiro de 1998 a outubro de 2007, Figura 1.1 e Figura 1.2. O ponto de monitoramento (SC10) foi criado pelo IGAM, no Ribeirão do Onça a montante da Estação de Tratamento de Esgoto do Onça, no ano de 2005, com o objetivo de monitoramento e acompanhamento das ações do Projeto Saneamento & Cidadania, Figura 1.3. Os pontos de monitoramentos limnológicos relacionados acima fazem parte do programa de monitoramento da qualidade das águas superficiais em Minas Gerais – “Projeto Águas de Minas”, realizado pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas - com objetivo de proceder à avaliação da rede de monitoramento da qualidade das águas no Estado de Minas Gerais e de contribuir para a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos bem como de priorizar as ações do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – Meta 2010.

**ALTO E MÉDIO CURSOS DO RIO DAS VELHAS
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM 2000**

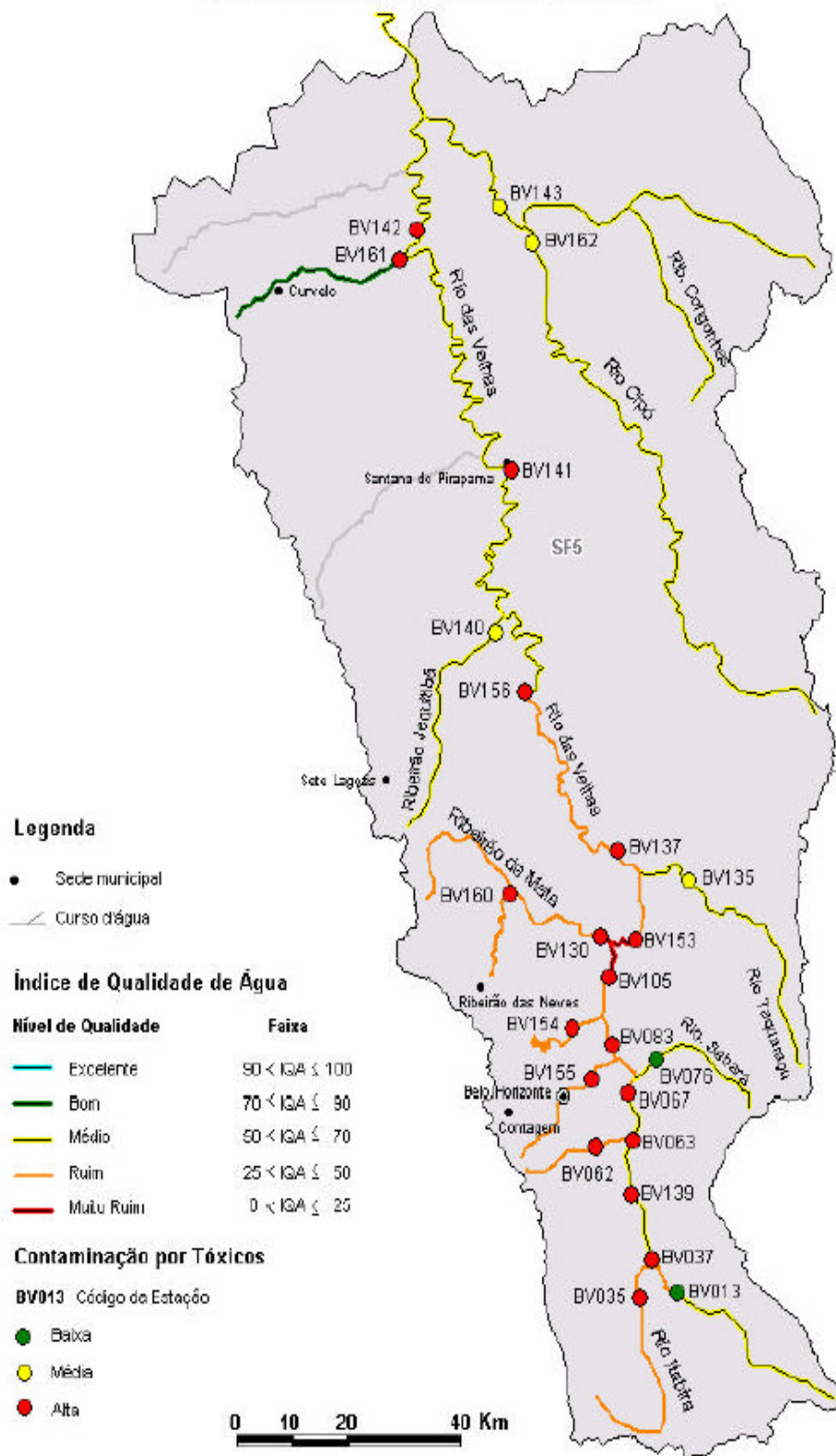


Figura 1.1 - Bacia do Rio das Velhas (Fonte: IGAM 2000)



Figura 1.2 - Ponto OJE - Ribeirão do Onça a jusante da ETE Onça (Fonte: IGAM 2005)



Figura 1.3 – Estação OME - Ribeirão do Onça a montante da ETE Onça (Fonte: IGAM 2005)

Para facilitar a identificação e a localização dos pontos de monitoramento, a abreviatura de cada ponto foi substituída da seguinte forma:

- SC10, substituída por OME (Ribeirão do Onça a montante da Estação de Tratamento de Esgoto do onça);
- BV154, substituída por OJE (Ribeirão do Onça a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto do onça);
- BV083, substituída por VMO (Rio das Velhas a montante do Ribeirão do Onça);
- BV150, substituída por VJO (Rio das Velhas a jusante do Ribeirão do Onça).

Na Tabela 1.1 são relacionadas as abreviaturas com a descrição correspondente de cada ponto e sua localização em coordenadas UTM.

Tabela 1.1 - Descrição das estações e coordenadas em UTM.

Abreviatura	Descrição da Estação	Longitude*	Latitude
OME	Ribeirão do Onça a montante da ETE Onça	615.093E	7.807.995N
OJE	Ribeirão do Onça a jusante da ETE Onça e próximo a sua foz no Rio das Velhas	613.779E	7.805.286N
VMO	Rio das Velhas a montante do Ribeirão do Onça	618.841E	7.804.819N
VJO	Rio das Velhas a jusante do Ribeirão do Onça	618.301E	7.810.183N

*Datum SAD69

(Fonte: IGAM 2000)

Foram também utilizados estudos e informações sobre o empreendimento da ETE Onça, obtidos nos arquivos da COPASA.

Os estudos de qualidade da água, nos seus aspectos limnológicos, complementados com os estudos de outras ciências (Biologia, Estatística, Geologia, Climatologia, etc.), permitem a detecção de alterações naturais e/ou artificiais (antrópico) ocorridas em um corpo d'água de uma bacia hidrográfica.

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas uma vez que mudanças significativas em qualquer dessas unidades podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante (GUERRA e CUNHA, 2000).

O monitoramento ambiental busca retratar a qualidade das águas superficiais em função de suas características físicas, químicas e biológicas, que podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade de água.

O monitoramento ambiental da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas é realizado pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) por meio do Projeto Águas de Minas, que avalia a qualidade das águas do Rio das Velhas e dos seus principais afluentes, identificando as possíveis causas de poluição para subsidiar as ações de revitalização, de recuperação e de conservação hidroambiental da bacia do Rio das Velhas.

A região metropolitana de Belo Horizonte é a região de maior concentração demográfica de Minas Gerais e vem experimentando um crescimento rápido e desordenado, resultando em fortes impactos negativos no meio ambiente.

O setor de saneamento básico é hoje o maior responsável pela poluição generalizada de rios, lagos, represas, estuários, praias e lençóis subterrâneos no país, dado que, na grande maioria dos casos, ou não existe tratamento de esgotos ou ele é feito de forma muito ineficiente (CGEE, 2005).

O sistema de drenagem de águas superficiais nas grandes metrópoles fica obsoleto quando chuvas intensas deságuam sobre o solo impermeável dos prédios e das vias asfaltadas, dificultando a capacidade de absorção do solo, favorecendo, assim, o rápido aumento do fluxo direto da água para as partes mais baixas, provocando as enchentes e a poluição dos rios em áreas a jusante.

A construção da Estação de Tratamento de Esgoto do Onça representa uma das atividades de serviços, de obras e de estudos para garantir a revitalização, a recuperação e a conservação hidroambiental da bacia do Rio das Velhas concebida no Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Fazem parte também desse plano as atividades de implantação de unidades de desinfecção nas ETE Arrudas e ETE Onça, a implantação e o tratamento de esgotos adicional na ETE Onça (filtros percoladores) e o programa Caça Esgotos, que são ações específicas para o alcance da Meta 2010, agora denominada Linha Azul.

Devido às características desse novo empreendimento, avaliar as transformações ocorridas na qualidade das águas com a implantação e a operação da Estação de Tratamento de Esgoto do Onça será um estudo de caso que contribuirá com informações para outros empreendimentos similares.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Conhecer a alterações da qualidade das águas do Ribeirão do Onça e do Rio das Velhas após a implantação da Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça, ao longo de onze anos de monitoramento.

2.2. Objetivos específicos

- Levantar e discutir as variações limnológicas ocorridas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.
- Comparar os resultados em quatro pontos de amostragem limnológica da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (OME, OJE, VMO, VJO).
- Avaliar o atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.
- Identificar possíveis influências de períodos hidrológicos sobre os parâmetros limnológicos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Usos dos recursos hídricos e conservação

Segundo Libânio (2008), a água constitui-se no solvente universal da maioria das substâncias, modificando-as e modificando-se em função destas. Diversas características das águas naturais advêm dessa capacidade de dissolução, diferenciando-as pelas características do solo da bacia hidrográfica.

A disponibilidade de água doce no planeta é suficiente para cobrir a demanda da população para as atividades industriais e de irrigação. A preocupação existente refere-se à distribuição desigual dos recursos hídricos entre as várias regiões do planeta. O volume total de água doce apresenta um tempo de renovação da ordem de semanas para os rios e de anos ou décadas para os lagos (VON SPERLING, 1999).

O desenvolvimento de populações humanas cada vez mais densas em determinados pontos da superfície terrestre, populações essas que, em geral, concentram-se nas regiões em que existe água em disponibilidade, isto é, em torno dos lagos ou ao longo dos rios, deu origem ao problema da contaminação dos cursos d'água pelos seus próprios dejetos. Com efeito, rios e lagos, além de constituírem fonte de abastecimento de água, representam o veículo natural para o escoamento dos produtos indesejáveis de atividades humanas, não só domésticas como industriais (BRANCO, 1986).

Assim, são afetados os padrões de distribuição dos fatores físicos, como a incidência de luz e a temperatura da água; químicos, como a concentração de oxigênio dissolvido e de nutrientes, e biológicos, como a distribuição das comunidades aquáticas na coluna de água, que refletiria a disponibilidade de recursos alimentares para todo o ambiente (JULIO et al, 1997).

Estudos limnológicos possibilitam o conhecimento dos ecossistemas aquáticos, viabilizando o seu manejo e a melhoria de sua produção, prevendo, dentre outros problemas, a mortandade de peixes e a perda da boa qualidade da água. Além disso, tornam possível identificar fontes poluidoras, possibilitando ações de recuperação de rios e de represas (ESTEVES, 1998).

3.2. Características morfológicas e hidrodinâmicas de um rio

Os rios constituem um ambiente ecológico caracterizado, especialmente, pela presença de correnteza. Além disso, não chegam, em condições naturais (a não ser excepcionalmente), a

possuir concentrações tão elevadas de substâncias nutritivas quanto os lagos, que têm possibilidade de concentrá-las. Por outro lado, são eles especialmente suscetíveis às influências do meio e, por essa razão, de características muito variáveis (BRANCO, 1986).

Segundo Branco (1986), os rios podem ser classificados ecologicamente, por diferentes critérios, de acordo com vários fatores, como por exemplo:

- Natureza da Fonte – glacionário, fusão da neve, nascentes e drenagem direta de chuvas.
- Constância – natureza perene ou intermitente de um rio.
- Declividade, tamanho e velocidade da correnteza – três fatores intimamente relacionados. O tamanho do rio e sua declividade determinam a velocidade de sua correnteza, que é o mais importante fator ecológico. A velocidade, por sua vez, está sujeita a grandes variações de acordo com o volume de água e, portanto, à variação estacional. Ainda, em função da velocidade da correnteza, os rios podem ser classificados como “lentos” (velocidade menor que 0,5 m/s) e “rápidos” quando a velocidade for maior que 0,5 m/s.
- Natureza do Leito – também dependente da velocidade da correnteza de um rio, o que influencia na quantidade de sedimentação de material em suspensão. Quanto menor a velocidade da correnteza, maior a sedimentação de material mais fino e leve, como areias finas, silte, ou vasa orgânica.
- Temperatura – a temperatura da água de um rio tem uma relação com os teores de gases dissolvidos (O₂ e CO₂), com os teores de carbonatos, com o pH, etc. Os rios com baixas temperaturas são capazes de conter um teor mais elevado de O₂.
- Produtividade – é caracterizada pela riqueza em nutriente na massa d’água que possibilitem a vida e a reprodução de organismos aquáticos.

3.3. Poluição de rios

Os rios, em condições naturais, são carentes de nutrientes, resultando em um meio pobre em organismos vegetais e animais. Porém a capacidade produtiva de um rio pode ser aumentada quando recebe esgotos domésticos e industriais, e também quando recebe o escoamento superficial em função do período de chuva, todos ricos em nutrientes (BRANCO 1986).

Assim, quando a capacidade produtiva de um rio é aumentada, há, pois, a transformação de um meio oligotrófico (pobre em nutrientes) em eutrófico (rico em nutrientes) e o processo recebe o nome de eutrofização (BRANCO, 1986).

Ainda, segundo Branco (1986), tanto a poluição mineral, quanto a orgânica possuem os seus aspectos positivos com relação ao desenvolvimento de organismos aquáticos. O material orgânico, servindo de alimento aos seres de vida heterotrófica, pode causar – e causa, invariavelmente, – enorme proliferação desses, sobretudo bactérias, protozoários, certos tipos de vermes e larvas de insetos; os sais minerais que, geralmente, existem em quantidades insuficientes nas águas para permitir um grande desenvolvimento de organismos autótrofos, podem, em certos casos, determinar grandes proliferações de algas e, conseqüentemente, de toda a cadeia de macro e microorganismos – inclusive peixes – que, direta ou indiretamente, delas dependem para sua nutrição.

A poluição resultante do lançamento de despejos orgânicos pode causar, essencialmente, dois tipos de influências químicas nocivas sobre o meio ambiente e os organismos: primeiro, o efeito direto, tóxico; segundo, a influência indireta, através da criação de condições anaeróbias, ou pelo menos, de deficiência de oxigênio livre (BRANCO, 1986).

3.4. Depuração biológica das águas residuárias em rios

Os ecossistemas aquáticos apresentam uma dinâmica funcional no processo do metabolismo que, segundo Esteves (1998), compreende três etapas principais: produção, consumo e decomposição.

A produção consiste na presença de microorganismos (algas, macrófitas e bactérias) capazes de sintetizar a matéria orgânica a partir da energia solar, do gás carbônico e dos sais minerais e, por isso, são chamados de produtores primários.

O consumo consiste na segunda etapa e é representado pelos consumidores primários (zooplâncton, peixes e insetos), que dependem, direta ou indiretamente, da matéria orgânica sintetizada pelos organismos produtores primários.

A terceira e última etapa do metabolismo aquático é a decomposição, que é realizada, principalmente, por bactérias e fungos que decompõem a matéria orgânica em sais minerais, água e gás carbônico. Assim a dinâmica se estabelece com a reutilização dos nutrientes resultantes dessa etapa pelos microorganismos produtores.

Segundo Branco (1986), a autodepuração de um rio é a sua capacidade de depurar uma certa quantidade de carga poluidora (esgoto e material orgânico), sem prejuízo da fauna e da flora que ali habitam.

A matéria poluidora que atinge um corpo d'água sofre um processo de neutralização que inclui, principalmente, a diluição, a sedimentação e a estabilização química, processo esse que recebe a denominação genérica de autodepuração. Tanto a poluição como a sua estabilização são determinadas em termos de oxigênio dissolvido e déficit de saturação de oxigênio no meio aquático (BRANCO 1986).

Quando um rio recebe certa carga poluidora (expressa em valores de DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio) em suas águas, parte de seu oxigênio dissolvido será utilizada na oxidação biológica da matéria introduzida, provocando uma diminuição de oxigênio, que tende a ser compensado, posteriormente, à custa de dois fenômenos geralmente operantes: a reaeração, a partir de oxigênio atmosférico (exógeno), e a reoxigenação, a partir da produção fotossintética pelos organismos clorofilados que habitam a própria massa d'água (BRANCO, 1986).

A agitação e turbulência (fatores meramente físicos) de um rio têm grande importância na reaeração exógena, permitindo a melhor difusão do oxigênio atmosférico para o meio aquático. Essa agitação e turbulência de um rio são favorecidas pela velocidade da correnteza, pelos acidentes topográficos, pela temperatura, velocidade e direção dos ventos (BRANCO, 1986).

A reoxigenação “endóxena” (fator biológico) depende da presença de seres fotossintetizantes na água e que, por sua vez, dependem da transparência das águas, da intensidade luminosa e da profundidade.

Segundo Branco (1989), a depuração biológica nos rios é realizada à custa de um abundante desenvolvimento de plantas e de animais aquáticos e que a mesma se observa, mais intensamente, nos pontos do rio onde é menor a velocidade da correnteza. Por outro lado, a retirada de oxigênio da água, no processo de desoxigenação resultante da oxidação bioquímica da matéria orgânica, depende também de vários fatores, entre os quais devem ser mencionados: a presença de bactérias aeróbias, a temperatura, a sedimentação de lodo orgânico e os subprodutos da decomposição anaeróbia dos lodos sedimentados.

À medida que a reoxigenação vai se tornando preponderante sobre a desoxigenação, vão se sucedendo, no decurso do rio ou de outro tipo de manancial, as várias zonas de recuperação (BRANCO, 1986).

De acordo com Whipple, (1954 *apud* Branco, 1986) podem ser reconhecidas quatro zonas de autodepuração ao longo de um curso d'água que receba forte contribuição em esgoto: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas (*apud* BRANCO, 1986).

A zona de degradação se inicia do ponto de lançamento de despejos orgânicos, provocando um aumento da turbidez na água e acúmulo de sedimentos de coloração cinzenta no fundo do rio. Inicia-se uma grande proliferação de fungos e de bactérias aeróbias, além de protozoários, todos consumindo o oxigênio dissolvido, presente antes da poluição. Os peixes aí presentes são provenientes da região a montante do ponto da poluição, e vêm à procura de alimentos. As algas são raras devido à excessiva turbidez e os coliformes são elevados, provenientes dos lançamentos de esgotos.

A zona de decomposição ativa é semelhante à anterior em termos de turbidez, porém, devido à grande carga poluidora, o oxigênio dissolvido diminui drasticamente iniciando-se a substituição de organismos aeróbicos por outros de condições de anaerobiose, o mesmo sucedendo com a fauna. Os sedimentos, nesse ponto, são de coloração escura e com mau cheiro (desprendimento de gás sulfídrico, mercaptanas e outros), característicos de ambiente séptico. O número de bactérias do grupo dos coliformes diminui influenciado pela presença de bacteriófagos.

Na zona de recuperação, as águas apresentam-se menos turvas e ricas em nutrientes. Inicia-se, assim, a reposição do oxigênio dissolvido pelo processo físico da reaeração e pelo processo biológico da reoxigenação. Peixes mais tolerantes são provenientes da região a jusante e vêm à procura de alimentos.

Na zona de águas limpas, as águas atingem as condições normais existentes antes da poluição. Em virtude da grande mineralização proveniente da zona anterior, essas águas são muito mais ricas do que antes da poluição, restabelecendo-se, assim, o ciclo biodinâmico normal do rio.

3.5. Índice de Qualidade de Água

Com o intuito de desenvolver um indicador que, por meio dos resultados nas análises das

características físicas, químicas e biológicas, pudesse fornecer ao público em geral um balizador da qualidade das águas de um corpo hídrico, foi desenvolvido o Índice de Qualidade de Água (IQA) (BRAWN, 1974 *apud* LIBANIO, 2008).

O IQA é formado por nove parâmetros físico-químicos e biológicos. Esses parâmetros foram estabelecidos pela National Sanitation Foundation (NSF) nos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, para o desenvolvimento de um índice que indicasse a qualidade da água (SEMAD/MG, 2005).

O IQA é determinado pelo produto dos valores medidos dos nove parâmetros, colocados em ordem crescente segundo os seus pesos: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais, turbidez, coliformes fecais, pH, fosfatos, nitratos e temperatura da água.

O IQA, além de permitir comparar a qualidade de distintos corpos d'água, permite inferir o impacto de ações que visem à preservação dos ecossistemas aquáticos. A partir do cálculo do IQA, definem-se os níveis de qualidade do corpo d'água relacionando intervalo de variação do IQA a uma cor de referência, conforme mostra a Tabela 3.1 (LIBANIO, 2008).

Tabela 3.1 - Classificação da qualidade da água em função do IQA.

Nível de Qualidade	Intervalo do IQA	Cor de referência
Excelente	$IQA > 90$	Azul
Bom	$70 < IQA \leq 90$	Verde
Médio	$50 < IQA \leq 70$	Amarelo
Ruim	$25 < IQA \leq 50$	Marrom
Muito ruim	$0 < IQA \leq 25$	Vermelho

Fonte: (LIBANIO, 2008)

3.6. Classificação e enquadramento dos corpos de água

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes. O artigo 3º classifica as águas doces do Território Nacional segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, que, através de um conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionados e monitorados periodicamente, irão subsidiar a proposta de enquadramento do corpo de água. Portanto, o

monitoramento dos recursos hídricos em geral é realizado para efeito de enquadramento e para constatar a qualidade da água para os mais diversos usos e destinação.

O enquadramento dos corpos de água em classe, de acordo com o uso preponderante, e em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357, classifica os corpos de águas doces em 5 classes, como apresentado na Tabela 3.2:

Tabela 3.2 - Classificação dos corpos de água segundo os usos preponderantes.

Classe	Cor	Usos possíveis
Especial	Blue	Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1	Green	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000; À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	Yellow	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000; À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e À aquicultura e à atividade de pesca.
3	Orange	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; À pesca amadora; À recreação de contato secundário; e À dessedentação de animais.
4	Red	À navegação; e À harmonia paisagística.

(Fonte: IGAM 2007)

No período de dezembro de 1995 a junho de 1997, a FEAM efetuou o enquadramento das águas da bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Em 22 de março de 2004, atendendo à solicitação do Comitê do Bacia do Rio das Velhas, o Governo do Estado, o SEMAD e o IGAM, entre outros órgãos, assinaram um Termo de Compromisso visando à mudança de meta de qualidade de classe 3, em trechos mencionados na Deliberação Normativa COPAM Nº20 de 18 de junho de 1997, para classe 2, com objetivo de atender à Meta 2010.

3.7. Reatores UASB.

Os reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor), em português, são denominados Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo.

Em decorrência da ampliação de conhecimento na área, os sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos, notadamente os reatores de manta de lodo (UASB), cresceram em maturidade, passando a ocupar uma posição de destaque, não só em nível mundial, mas principalmente em nosso país, face às nossas favoráveis condições ambientais de temperatura (CHERNICHARO,1997).

A digestão anaeróbia de compostos orgânicos complexos é normalmente considerada um processo de dois estágios. No primeiro estágio, um grupo de bactérias facultativas e anaeróbias, denominadas formadoras de ácidos ou fermentativas, convertem os orgânicos complexos, como carboidratos, proteínas e lipídios, que são hidrolisados, fermentados e biologicamente convertidos, em materiais orgânicos mais simples, principalmente ácidos voláteis. No segundo estágio, ocorre a conversão dos ácidos orgânicos, gás carbônico e hidrogênio em produtos finais gasosos, o metano e o gás carbônico. Essa conversão é efetuada por um grupo especial de bactérias, denominadas formadoras de metano, as quais são estritamente anaeróbias. As bactérias metanogênicas são responsáveis pela maior parte da degradação do resíduo, a sua baixa taxa de crescimento e de utilização dos ácidos orgânicos normalmente representa o fator limitante no processo de digestão como um todo (CHERNICHARO, 1997).

O processo anaeróbio através de reatores de manta de lodo apresenta inúmeras vantagens em relação aos processos aeróbios convencionais, notadamente quando aplicado em locais de clima quente, como é o caso da maioria dos Municípios Brasileiros (CHERNICHARO, 1997).

Segundo Chernicharo (1997), embora os reatores UASB incluam amplas vantagens,

principalmente no que diz respeito a requisitos de área, simplicidade e baixos custos de projeto, operação e manutenção, algumas desvantagens ainda são atribuídas aos mesmos:

- possibilidade de emissão de maus odores;
- baixa capacidade do sistema em tolerar cargas tóxicas;
- elevado intervalo de tempo necessário para a partida do sistema e
- necessidade de uma etapa de pós-tratamento.

3.8. Relação N/P

A razão entre nitrogênio e fósforo determina se um ou outro nutriente é limitante ao crescimento do fitoplâncton.

Nutriente limitante é aquele que, sendo essencial para uma determinada população, limita seu crescimento. Em baixas concentrações do nutriente limitante, o crescimento populacional é baixo. Com a elevação da concentração do nutriente limitante, o crescimento populacional também aumenta. Essa situação persiste até o ponto em que a concentração desse nutriente passa a ser tão elevada no meio, que um outro nutriente passa a ser o fator limitante, por não se apresentar em concentrações suficientes para suprir os elevados requisitos da grande população (VON SPERLING, 1996).

Redfield (1958 *apud* SOUZA, 2003) propôs que o cálculo da razão N/P seria feito utilizando-se o número de átomos de N (presentes na concentração de nitrato) e o número de átomos de P (presente na concentração de fosfato).

Assim, verificou-se compatibilidade entre a composição elementar do plâncton (marinho) e a proporção de nitrogênio e de fósforo disponível naquele ambiente aquático. Assim, a sensível diferença no balanço de N/P é capaz de caracterizar ambientes aquáticos limitados por fósforo se a razão por massa for maior que 7 ou, se for o contrário, será limitado por nitrogênio (REYNOLDS, 1966 *apud* SOUZA, 2003).

A determinação do nutriente limitante em ambientes lóticos será útil quando da utilização dessas águas para a formação de represas, lagoas ou açudes.

3.9. Estação de Tratamento de Esgoto do Ribeirão do Onça

A Estação de Tratamento de Esgoto do Onça (ETE Onça) está localizada na Rodovia MG – 20, próximo ao bairro Ribeiro de Abreu, no município de Belo Horizonte e destina-se a receber todo o esgoto gerado na bacia do Ribeirão do Onça, que ocupa uma área de 63 hectares.

A ETE Onça, Figura 3.1 e Figura 3.2, foi inaugurada em junho de 2006 e se constitui em uma das maiores estações no mundo utilizando-se do processo de reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (Reator UASB). Com capacidade instalada de 2,05 m³/s pretende atender uma população de até 1.030.000 habitantes, sendo prevista sua duplicação em segunda etapa (CHERNICHARO, 2005).

A COPASA iniciou, em março de 2008, as obras de implantação da primeira etapa do tratamento secundário da ETE Onça, com capacidade de tratamento de 1.800 l/s, que irá contribuir para o aumento da eficiência do processo de tratamento, que atualmente está em torno de 60% e, após a conclusão das obras, prevista para setembro de 2010, a eficiência será elevada para mais de 90%. O empreendimento espera propiciar um ganho rápido e significativo nos níveis de redução da poluição do Ribeirão do Onça (BARBOSA, 2009).



Figura 3.1 - Vista aérea da ETE Onça. Tratamento Primário (Fonte: BARBOSA, 2009)



Figura 3.2 - Tratamento Secundário, desenho da unidade em construção (Fonte: BARBOSA, 2009)

A unidade de tratamento se processa em duas etapas: a primeira etapa compreende a unidade de tratamento primário e é constituída pelos tratamentos preliminares, primário e parte do tratamento secundário, com a utilização do reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB), onde são retirados cerca de 60% da carga orgânica e de sólidos

grosseiros e suspensos, Figura 3.3.

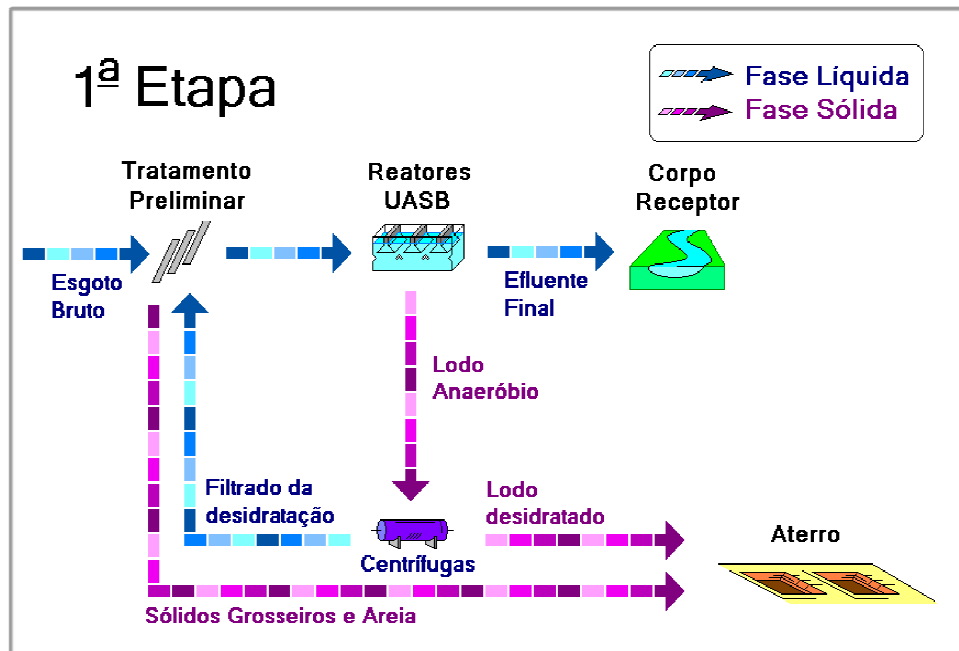


Figura 3.3 - fluxograma da 1ª Etapa de tratamento da ETE Onça (Fonte: BARBOSA, 2009).

A segunda etapa, Figura 3.4, ainda em construção, constitui na unidade de tratamento secundário por filtros biológicos percoladores, para aumentar a remoção de carga orgânica para cerca de 90%.

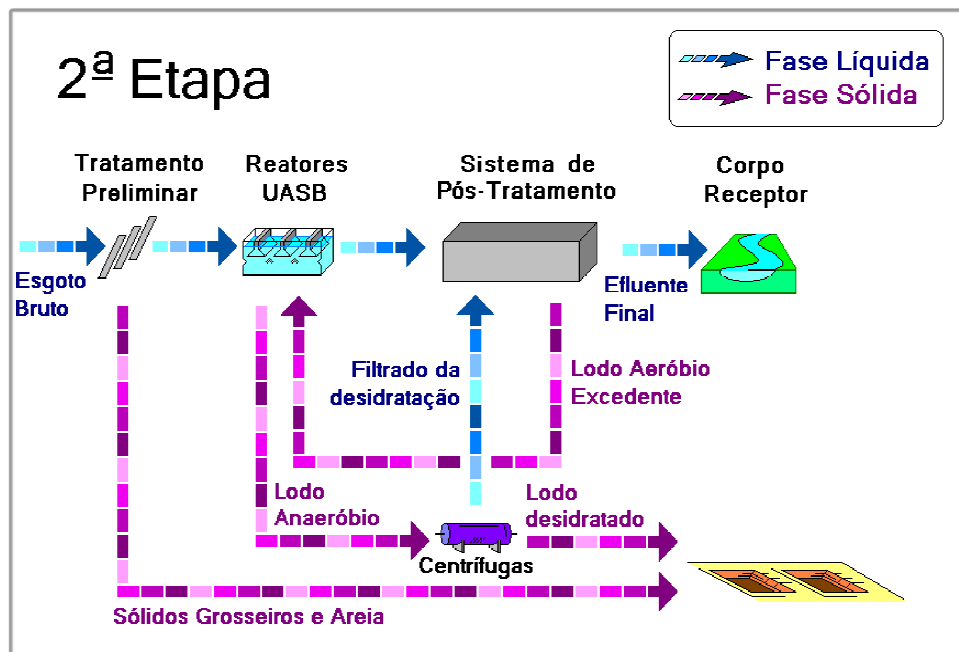


Figura 3.4 - fluxograma da 2ª Etapa de tratamento da ETE Onça (Fonte: BARBOSA, 2009).

Na Tabela 3.3, apresentamos as etapas do processo e eficiência de tratamento da ETE Onça.

Tabela 3.3 - Etapas do processo e eficiência de tratamento da ETE Onça

Etapas	Processo	Função	Equipamento	Eficiência esperada
Primeira Etapa	Físico (gradeamento, peneiramento e sedimentação)	Separação dos sólidos grosseiros	Grade grossa e fina	60%
		Separação da areia e do material inorgânicos	Desarenador por sedimentação	
		Retém sólidos maiores que 6 mm	Peneira	
	Biológico (digestão anaeróbica da matéria orgânica)	Redução de parte da matéria orgânica	Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)	
Segunda Etapa	Biológico (digestão aeróbica por bactérias, fungos e protozoários)	Remoção da matéria orgânica e de sólidos em suspensão	Filtro biológico percoladores	90%

(Fonte: BARBOSA, 2009).

4. METODOLOGIA

4.1. Descrição da área de estudo

O Ribeirão do Onça é afluente do Rio das Velhas e encontra-se na parte da bacia denominada de Alto Rio das Velhas, cortando parte oeste do município de Contagem e parte norte do município de Belo Horizonte, Figura 4.1.

O Ribeirão do Onça possui uma extensão total de 38 km e uma bacia de drenagem estimada de 211 km² (GONÇALVES, 2002).

Ao longo do seu percurso, o Ribeirão do Onça recebe várias denominações, sendo conhecido em sua nascente por Córrego do Bitácula. Ao atravessar o Município de Contagem, recebe as denominações de Córrego São João e Ribeirão do Cabral, ao atingir o Município de Belo Horizonte passa a se chamar Ribeirão Sarandi até desaguar na Lagoa da Pampulha. A jusante dessa lagoa, recebe um novo nome, Ribeirão da Pampulha, até a confluência com o Córrego Cachoeirinha, recebendo, a partir desse ponto, o nome de Ribeirão do Onça até sua desembocadura no Rio das Velhas (GONÇALVES, 2002).



Figura 4.1 - Localização da Bacia do Ribeirão do Onça (Fonte:UMBELINO, 2006)

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Onça está inserida na unidade pré-craibrianas, constituída de rochas do Embasamento Cristalino Arqueano. Situa-se sobre o conjunto morfoestrutural denominado Depressão Belo Horizonte, onde predomina o relevo de colinas com topos planos e/ou arredondados, desenvolvidas por processos erosivos sobre as rochas predominantemente granito-gnáissicas (SILVA, 2006 *apud* UMBELINO, 2006).

Sua topografia, em geral, é levemente acidentada, com altitudes variando entre 760 e 980 metros.

O tipo de solo predominante na região é o Latossolo, variando principalmente do Vermelho ao Vermelho Escuro (SILVA, 2006 *apud* UMBELINO, 2006).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, ou seja, tropical de savana, com inverno seco (junho, julho e agosto) e verão chuvoso (novembro, dezembro e janeiro). A temperatura média em todos os meses do ano são superiores a 18°C, sendo que a média anual é de 21°C. A umidade relativa do ar média é em torno de 72%, sendo agosto e setembro os meses de mais baixa umidade, associados principalmente à existência da ilha de calor urbana. A média anual de chuva é de 149 mm, sendo 89% distribuídos entre outubro e março, os meses mais quentes do ano (REIS e MALTA, 2001 *apud* UMBELINO, 2006).

A cobertura vegetal da bacia do Ribeirão da Onça é composta por remanescentes bastante alterados dos biomas cerrados e mata atlântica (GENRICH, 2002 *apud* UMBELINO, 2006).

Devido à ocupação da região, a maior parte da vegetação nativa foi destruída, restando áreas com resquícios de vegetação secundária na porção nordeste da bacia (Município de Belo Horizonte) e na porção oeste da bacia (Município de Contagem). São raras as áreas onde a vegetação está relativamente preservada, com maior diversidade de estratos arbóreos. Os principais remanescentes se encontram no Jardim Zoológico de Belo Horizonte, nos Parques Municipais Lagoa do Nado, Parque Municipal Ursulina de Andrade Mello e Estação Ecológica da UFMG. Também existe resquício de vegetação secundária na porção nordeste da bacia (bairro Serra Verde, Granja Werneck, Capitão Eduardo, todos em Belo Horizonte) e na porção oeste da bacia (área do bairro Confisco e das fazendas Tapera, Taquaril e Bom Jesus, todas em Contagem. (UMBELINO, 2006).

O crescimento populacional verificado na bacia hidrográfica do Ribeirão do Onça, nos últimos anos, é apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Informação populacional domiciliar da bacia do Ribeirão do Onça em 1991 e 2000

Variável	1991	2000
População Total	1.029.781	1.239.648
Total de domicílios	247.251	324.488

(Fonte:UMBELINO, 2006)

Entre 1991 e 2000, a população demográfica do Ribeirão do Onça aumentou de 1.029.781 para 1.239.648 habitantes, ou seja, ocorreu um crescimento de 209.903 pessoas. Enquanto a

população da bacia aumentou em 20%, o número de domicílios aumentou 31%, passando de 247.241 para 324.488 residências (UMBELINO, 2006).

4.2. Parâmetros limnológicos selecionados

Dentro do escopo do presente trabalho, só foi selecionada parte do conjunto de dados disponíveis da relação dos parâmetros analisados pelo IGAM. Assim, foram selecionados 10 parâmetros limnológicos, 9 físico-químicos e 1 microbiológico, considerados mais relevantes para a interpretação da qualidade da água .

- Parâmetros físicos e químicos: temperatura da água, pH in natura, turbidez , fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD).
- Parâmetros microbiológicos: coliformes termotolerantes.

4.3. Período de amostragem

Para os pontos OJE, VMO e VJO foram utilizados os dados obtidos no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007. O ponto OME foi criado pelo IGAM, no Ribeirão do Onça a montante da Estação de Tratamento de Esgoto do Onça, no ano de 2005. Para esse ponto, foram utilizados os dados obtidos no período de janeiro de 2006 a outubro de 2007.

4.4. Procedimento de análise dos dados selecionados

Foi calculada a média aritmética dos dados coletados dos meses de maio e de julho para o período seco e dos meses de outubro e de janeiro para o período de chuva. Na Tabela 4.2, Tabela 4.3, Tabela 4.4 e Tabela 4.5, são apresentadas as séries históricas dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007 para os pontos OJE, VMO e VJO e para o ponto OME no período de janeiro de 2006 a outubro de 2007. Na Tabela 4.6, Tabela 4.7, Tabela 4.8 e Tabela 4.9, são apresentados os resultados das médias aritméticas sazonais dos pontos de monitoramento OME, OJE, VMO e VJO respectivamente, no período de estudo. Na Tabela 4.10, é apresentada a compilação da média aritmética sazonal do período em estudo das estações OME, OJE, VMO e VJO.

Tabela 4.2 - Estação OME - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.

Variável	Classe 2	Unidade	SC10	SC10	SC10	SC10	SC10	SC10	SC10	SC10
Data			20/1/2006	24/4/2006	13/7/2006	18/10/2006	26/1/2007	19/4/2007	17/7/2007	9/10/2007
Hora*										
Tempo			bom	nublado	bom	nublado	nublado	nublado	bom	nublado
Temperatura da Água		° C	26,2	23,9	21,9	27,7	28,4	27,3	22,7	23,1
pH "in loco"	6 a 9		7,60	7,50	7,60	7,70	7,80	7,50	7,20	7,10
Turbidez	100	NTU	24,00	33,30	29,60	162,00	34,80	29,70	11,90	81,10
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	2,69	1,60	1,33	0,81	0,83	2,11	1,60	0,14
Nitrogênio Orgânico*		mg / L N								
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	20,00	16,10	23,40	14,50	8,70	12,30	12,00	20,20
Nitrato	10	mg / L N	0,05		0,01		0,20		0,07	
Nitrito	1	mg / L N	0,010		0,010		0,150		0,070	
Nitrogênio Total		mg / L N	20,060	16,100	23,420	14,500	9,050	12,300	12,140	20,200
OD	> 5	mg / L	3,8	4,7	3,8	4,3	5,1	4,1	5,2	5,0
DBO	5	mg / L	68	41	137	67	54	28	60	63
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	1.600	350	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000

*A hora de coleta das amostras não foi informada.

**O nitrogênio orgânico está somado ao valor do nitrogênio amoniacal.

Tabela 4.3 - Estação OJE - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.

Variável	Classe 2	Unidade	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE
Data			21/1/1998	26/3/1998	23/7/1998	19/11/1998	21/1/1999	20/5/1999	22/7/1999	18/11/1999	20/1/2000	18/5/2000
Hora			14:00	12:00	13:50	12:45	13:40	13:15	11:20	12:25	10:00	10:30
Tempo			Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Nublado	Nublado	Bom
Temperatura da Água		° C	26,0	27,0	24,0	27,0	31,0	24,0	24,0	24,0	26,0	21,0
pH "in loco"	6 a 9		7,80	6,00	7,80	7,40	7,50	7,20	7,00	7,60	7,50	7,30
Turbidez	100	NTU	64,70	45,90	29,90	29,80	63,00	37,90	42,60	7,77	109,00	36,40
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,17	0,34	0,75	1,51	0,30	0,85	2,61	1,00	0,28	1,35
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	3,60		2,10		2,40		3,10		0,51	2,37
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	7,20	7,40	15,10	15,40	11,80	12,00	17,20	14,20	0,20	14,00
Nitrato	10	mg / L N	0,01	0,42	0,15	0,01	0,09	0,01	0,01	0,04	0,22	0,16
Nitrito	1	mg / L N	0,156		0,076		0,003		0,024		0,081	0,004
Nitrogênio Total			10,966	7,820	17,426	15,410	14,293	12,010	20,334	14,240	1,011	16,534
OD	> 5	mg / L	4,2	3,1	3,4	0,7	2,2	3,9	2,5	3,1	5,1	1,3
DBO	5	mg / L	28	15	25	61	43	73	85	52	16	51
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	160.000	80	160.000	17.000	1.700	160.000	160.000	22.000	160.000

Variável	Classe 2	Unidade	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE
Data			20/7/2000	22/11/2000	18/1/2001	17/5/2001	19/7/2001	22/11/2001	17/1/2002	16/5/2002	18/7/2002	13/11/2002
Hora			9:15	12:30	10:45	8:45	9:40	10:05	9:55	10:00	10:00	9:55
Tempo			Bom	Bom	Bom	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Bom	Nublado
Temperatura da Água		° C	17,0	28,0	26,0	20,0	20,3	24,7	24,8	21,9	20,6	23,6
pH "in loco"	6 a 9		7,00	8,50	7,18	7,60	7,61	7,49	7,59	7,23	6,81	7,32
Turbidez	100	NTU	47,40	11,50	20,10	244,00	252,00	55,50	134,00	89,60	141,00	162,00
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	2,85	0,85	1,95	0,43	0,57	0,82	0,13	1,92	2,87	0,47
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	5,10	0,20	3,30		13,00		1,10		4,80	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	17,60	9,60	8,30	1,60	4,10	6,20	1,70	8,90	15,70	5,60
Nitrato	10	mg / L N	0,02	0,21	0,01	0,38	0,86	0,18	0,71	0,03	0,01	0,51
Nitrito	1	mg / L N	0,004	0,105	0,006	0,091	0,111	0,081	0,211	0,007	0,012	
Nitrogênio Total			22,724	10,115	11,616	2,071	18,071	6,461	3,721	8,937	20,522	6,110
OD	> 5	mg / L	1,7	3,0	1,5	5,9	4,6	4,0	6,0	0,7	0,5	4,8
DBO	5	mg / L	21	26	34	31	62	49	15	81	134	37
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	140	160.000	17.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000

Continuação Tabela 4.3

Variável	Classe 2	Unidade	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE
Data			23/1/2003	10/4/2003	10/7/2003	30/9/2003	9:20	9:30	22/1/2004	15/4/2004	7/10/2004	15/7/2004	7/10/2004	20/1/2005	20/1/2005	20/4/2005		
Hora			9:25	11:25	9:30	9:20	9:20	9:30	9:20	9:30	8:55	9:20	8:55	10:40	10:40	9:50		
Tempo			Bom	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Nublado	Bom		
Temperatura da Água		° C	25,6	25,7	19,0	23,0	7,00	7,20	7,60	7,50	22,7	7,70	7,70	20,5	24,6	19,1		
pH "in loco"	6 a 9		7,50	7,20	7,20	7,00	7,20	7,20	7,60	7,50	22,7	7,70	7,70	20,5	24,6	19,1		
Turbidez	100	NTU	121,00	12,90	40,30	23,80	23,80	40,30	26,90	17,70	44,30	32,10	44,30	364,00	364,00	28,40		
Fosfato Total	0,1	Mg/LP	0,23	0,78	1,00	3,30	3,30	1,00	0,87	0,40	0,59	0,92	0,59	0,42	1,40			
Nitrogênio Orgânico		mg/LN	0,70		1,30			1,30	1,50			1,40		1,00				
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg/LN	1,90	3,80	15,10	23,10	23,10	15,10	9,20	10,70	4,00	4,00	9,50	3,00	15,10			
Nitrato	10	mg/LN	0,88	0,25	0,01	0,02	0,02	0,01	0,18	0,15	0,24	0,24	0,45	0,63				
Nitrito	1	mg/LN	0,180		0,003			0,003	0,070			0,139		0,109				
Nitrogênio Total			3,660	4,050	16,413	23,120	23,120	16,413	10,950	10,850	5,779	5,779	9,950	4,739	15,100			
OD	> 5	mg/L	6,7	1,3	1,3	0,5	0,5	1,3	2,5	3,3	3,2	3,2	5,2	4,5	1,6			
DBO	5	mg/L	17	25	68	93	93	68	13	19	30	30	19	22	46			
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	50.000	160.000			

Variável	Classe 2	Unidade	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE	OJE
Data			14/7/2005	5/10/2005	19/1/2006	19/4/2006	12/7/2006	11/10/2006	11/10/2006	17/4/2007	17/4/2007	23/1/2007	17/4/2007	18/7/2007	18/7/2007	09/10/2007		
Hora			9:50	11:00	12:05	10:55	13:40	11:00	11:00	12:50	12:50	13:05	12:50	15:00	15:00	11:10		
Tempo			Bom	Bom	Bom	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Bom	Nublado	Bom	Bom	Bom	nublado		
Temperatura da Água		° C	18,3	27,2	23,8	21,1	19,1	24,5	24,5	26,5	26,5	24,9	26,5	22,5	22,5	23,6		
pH "in loco"	6 a 9		7,2	7,3	7,2	7,5	7,4	7,3	7,3	7,1	7,1	7,4	7,1	7,0	6,9			
Turbidez	100	NTU	41,10	23,10	15,70	29,60	42,90	19,10	19,10	18,90	18,90	85,90	18,90	64,80	75,60			
Fosfato Total	0,1	Mg/LP	0,49	2,31	1,13	0,42	1,59	0,29	0,29	1,34	1,34	0,71	1,34	2,53	2,09			
Nitrogênio Orgânico		mg/LN	1,70		1,30		1,70			2,20		2,20		3,60				
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg/LN	18,20	21,40	16,80	10,40	23,80	19,40	19,40	10,10	10,10	7,40	10,10	16,40	13,70			
Nitrato	10	mg/LN	0,01		0,07		0,03			0,18		0,18		0,01				
Nitrito	1	mg/LN	0,006		0,013		0,011			0,073		0,073		0,007				
Nitrogênio Total			19,916	21,400	18,183	10,400	25,541	19,400	19,400	10,100	10,100	9,853	10,100	20,017	13,700			
OD	> 5	mg/L	0,7	1,0	0,5	4,3	0,5	0,5	0,5	1,4	1,4	1,2	1,4	1,0	0,5			
DBO	5	mg/L	135	63	54	18	68	47	47	31	31	15	31	24	65			
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	170	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000			

Tabela 4.4 - Estação VMO - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.

Variável	Classe 2	Unidade	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO
Data			21/1/1998	26/3/1998	23/7/1998	19/11/1998	21/1/1999	20/5/1999	22/7/1999	18/11/1999	19/1/2000	17/5/2000
Hora			11:30	11:00	12:45	11:00	12:30	11:20	10:35	10:20	14:10	13:30
Tempo			Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Nublado	Chuvoso	Bom
Temperatura da Água		° C	24,0	25,0	21,0	26,0	28,0	22,0	20,0	22,0	26,0	22,0
pH "in loco"	6 a 9		7,40	6,20	7,60	6,60	7,50	7,10	6,70	6,80	7,00	7,50
Turbidez	100	NTU	389,00	78,30	11,70	54,00	111,00	5,51	17,50	29,30	1.438,00	17,50
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,06	0,27	0,45	0,44	0,23	0,48	1,78	0,21	0,83	0,96
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,90	0,00	0,90	0,00	1,10		2,30		0,77	1,70
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	0,90	3,90	0,90	3,30	3,30	4,30	5,50	2,90	0,10	7,70
Nitrato	10	mg / L N	0,54	0,75	0,27	0,26	0,43	0,05	0,04	0,33	0,25	0,90
Nitrito	1	mg / L N	0,054		0,048		0,083		0,063		0,064	0,054
Nitrogênio Total			2,394	4,650	2,118	3,560	4,913	4,350	7,903	3,230	1,184	10,354
OD	> 5	mg / L	7,1	5,2	6,2	5,1	5,2	5,8	5,2	5,0	5,6	5,2
DBO	5	mg / L	4	11	28	28		13	26	15	18	20
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	3.500	160.000	80	160.000	160.000	1.100	160.000	160.000	160.000	160.000

Variável	Classe 2	Unidade	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO
Data			17/5/2000	19/7/2000	21/11/2000	18/1/2001	16/5/2001	18/7/2001	16/1/2002	15/5/2002	17/7/2002	12/11/2002
Hora			13:30	12:50	15:00	9:40	14:10	13:25	13:50	13:10	14:30	14:15
Tempo			Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Nublado
Temperatura da Água		° C	22,0	16,0	26,0	24,0	23,0	16,8	26,0	22,2	22,7	25,7
pH "in loco"	6 a 9		7,50	6,80	7,20	7,02	7,43	7,33	6,78	7,18	6,77	7,09
Turbidez	100	NTU	17,50	25,20	63,30	24,80	140,00	19,10	415,00	34,90	54,90	86,60
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,96	0,45	0,88	0,39	1,96	0,22	0,14	0,36	1,50	0,49
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	1,70	1,60	2,30	0,20		1,00	0,70		3,00	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	7,70	2,50	4,10	2,40	14,60	1,10	0,20	4,30	6,10	6,00
Nitrato	10	mg / L N	0,90	0,09	0,22	0,16	0,04	0,75	0,25	0,33	0,27	0,72
Nitrito	1	mg / L N	0,054	0,059	0,015	0,032	0,032	0,067	0,010	0,075	0,027	
Nitrogênio Total			10,354	4,249	6,635	2,792	14,672	2,917	1,160	4,705	9,397	6,720
OD	> 5	mg / L	5,2	7,4	4,2	5,2	1,5	7,7	6,8	4,9	3,5	4,1
DBO	5	mg / L	20	12	19	15	73	9	2	24	68	30
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	160.000	50	3.500	160.000	160.000	90.000	160.000	160.000	160.000

Continuação Tabela 4.4

Variável	Classe 2	Unidade	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO
Data			22/1/2003	9/4/2003	9/7/2003	29/9/2003	21/1/2004	14/4/2004	14/7/2004	6/10/2004	19/1/2005	19/4/2005
Hora			11:15	14:20	10:40	11:05	10:50	10:55	11:00	11:10	13:45	13:25
Tempo			Nublado	Bom	Bom	Nublado	Nublado	Chuvoso	Bom	Nublado	Chuvoso	Nublado
Temperatura da Água		° C	22,2	25,5	20,6	23,7	24,0	22,4	20,5	23,4	22,3	24,4
pH "in loco"	6 a 9		6,90	8,00	7,00	6,90	7,50	7,50	7,20	7,40	7,40	6,90
Turbidez	100	NTU	1.166,00	6,61	9,18	19,90	564,00	286,00	22,00	46,50	707,00	37,00
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,43	0,43	0,92	0,22	0,43	0,07	0,23	0,13	0,54	0,26
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,30		0,70		0,40		0,10		0,30	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	1,10	0,10	3,70	10,10	0,30	0,10	0,90	1,60	0,40	2,20
Nitrato	10	mg / L N	0,30	1,34	0,26	0,35	0,47	0,80	0,32	0,34	0,24	0,49
Nitrito	1	mg / L N	0,013		0,078		0,023		0,023		0,029	
Nitrogênio Total			1,713	1,440	4,738	10,450	1,193	0,900	1,343	1,940	0,969	2,690
OD	> 5	mg / L	6,9	5,0	5,5	4,0	6,2	6,3	6,6	6,0	6,7	6,8
DBO	5	mg / L	2	12	18	29	3	10	5	7	3	8
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	160.000	160.000	160.000	17.000	160.000	90.000	160.000	90.000	160.000

Variável	Classe 2	Unidade	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO	VMO
Data			13/7/2005	5/10/2005	19/1/2006	19/4/2006	12/7/2006	11/10/2006	23/1/2007	17/4/2007	17/7/2007	9/10/2007
Hora			11:10	9:00	8:55	9:00	9:30	9:15	9:10	9:45	9:05	9:00
Tempo			Bom	Bom	Bom	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Bom	Bom	Nublado
Temperatura da Água		° C	19,4	23,0	21,1	19,1	17,0	22,3	23,1	23,1	18,3	21,4
pH "in loco"	6 a 9		7,00	7,20	7,50	7,40	7,10	7,30	7,30	7,10	6,70	6,90
Turbidez	100	NTU	23,60	35,40	36,20	21,70	7,52	27,50	168,00	37,40	14,10	16,80
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,75	0,31	0,29	0,32	0,71	0,53	0,07	0,59	0,77	0,10
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,80		0,30		0,50		0,30		1,00	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	2,90	0,80	1,30	2,40	4,10	4,10	0,20	2,40	4,00	6,40
Nitrato	10	mg / L N	0,08	0,11	0,11	0,43	0,41		0,27		0,16	
Nitrito	1	mg / L N	0,114		0,061		0,066		0,019		0,038	
Nitrogênio Total			3,894	0,910	1,771	2,830	5,076	4,100	0,789	2,400	5,198	6,400
OD	> 5	mg / L	6,0	5,4	6,3	6,3	6,6	5,5	6,5	5,5	6,0	4,1
DBO	5	mg / L	13	8	14	10	15	17	2	4	22	14
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	160.000	160.000	160.000	50.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000

Tabela 4.5 - Estação VJO - Série histórica dos resultados das amostras coletadas no período de janeiro de 1998 a outubro de 2007.

Variável	Classe 2	Unidade	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO
Data			22/1/1998	27/3/1998	24/7/1998	20/11/1998	22/1/1999	21/5/1999	23/7/1999	19/11/1999	20/1/2000	18/05/2000
Hora			9:30	8:50	9:05	9:05	9:05	8:30	8:50	9:05	11:05	11:35
Tempo			Bom	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Bom	Bom	Nublado	Nublado	Bom
Temperatura da Água		° C	22,0	24,0	19,0	23,0	26,0	16,0	20,0	23,0	25,0	21,0
pH "in loco"	6 a 9		7,20	6,40	7,10	7,20	7,20	6,90	6,90	6,80	6,80	7,10
Turbidez	100	NTU	206,00	89,40	95,40	1.752,00	35,00	37,30	48,10	14,90	471,00	41,30
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,01	0,28	0,53	0,57	0,50	0,99	1,45	0,79	0,23	0,82
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	1,10		1,70		1,60		3,50		1,15	1,27
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	1,60	2,80	7,20	4,40	5,50	10,50	10,00	6,30	2,30	6,40
Nitrato	10	mg / L N	0,32	0,04	0,01	0,06	0,04	0,01	0,01	0,12	0,20	0,44
Nitrito	1	mg / L N	0,054		0,005		0,005		0,024		0,076	0,133
Nitrogênio Total			3,074	2,840	8,915	4,460	7,145	10,510	13,534	6,420	3,726	8,243
OD	> 5	mg / L	5,0	1,5	1,6	1,0	1,9	1,0	0,6	0,7	4,3	0,7
DBO	5	mg / L	13	7	22	65	27	44	88	25	11	29
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	160.000	160.000	14.000	160.000	1.700	700	160.000	160.000	160.000

Variável	Classe 2	Unidade	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO
Data			20/7/2000	22/11/2000	18/1/2001	17/5/2001	19/7/2001	22/11/2001	17/1/2002	16/5/2002	18/7/2002	13/11/2002
Hora			10:30	14:00	11:50	10:15	10:50	11:10	11:00	11:15	11:45	11:00
Tempo			Bom	Bom	Bom	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Bom	Nublado
Temperatura da Água		° C	17,0	27,0	26,0	20,7	20,3	24,1	24,1	22,1	20,2	23,7
pH "in loco"	6 a 9		6,60	8,10	6,94	7,25	7,22	7,10	7,03	6,78	6,44	6,80
Turbidez	100	NTU	48,00	42,40	27,50	434,00	64,80	111,00	1.088,00	82,30	71,00	67,50
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	1,85	0,34	0,31	0,09	0,29	0,37	0,05	0,73	0,95	0,30
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	2,40	0,10	1,80		1,50		1,30		1,60	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	7,50	3,30	3,30	2,20	3,70	3,00	1,40	4,70	6,20	4,00
Nitrato	10	mg / L N	0,03	0,25	0,10	0,41	0,11	0,11	0,28	0,01	0,02	0,32
Nitrito	1	mg / L N	0,005	0,034	0,027	0,063	0,323	0,033	0,105	0,005	0,006	
Nitrogênio Total			9,935	9,935	5,227	2,673	5,633	3,143	3,085	4,715	7,826	4,320
OD	> 5	mg / L	0,7	2,9	1,2	2,6	1,6	1,4	5,1	1,0	0,5	1,6
DBO	5	mg / L	32	9	9	28	72	19	14	27	47	27
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	30	160.000	90	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000

Continuação Tabela 4.5

Variável	Classe 2	Unidade	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO
Data			23/1/2003	10/4/2003	10/7/2003	30/9/2003	22/1/2004	15/4/2004	15/7/2004	7/10/2004	20/1/2005	20/4/2005
Hora			11:30	12:25	10:40	10:40	10:25	10:30	10:05	9:55	10:40	10:45
Tempo			Bom	Nublado	Bom	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Bom
Temperatura da Água		° C	22,7	24,8	18,9	23,5	24,4	22,7	19,5	20,7	24,6	23,6
pH "in loco"	6 a 9		6,70	7,00	7,00	6,70	7,40	7,10	7,50	7,30	7,50	7,00
Turbidez	100	NTU	495,00	7,07	12,00	17,90	87,50	182,00	25,00	34,70	629,00	32,30
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,49	0,31	1,18	0,41	0,26	0,24	0,61	0,49	0,37	0,45
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,50		0,90		0,50		0,70		0,40	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	0,70	1,30	8,80	11,80	2,60	2,00	3,70	6,40	0,80	4,00
Nitrato	10	mg / L N	0,36	0,44	0,07	0,05	0,52	0,37	0,27	0,41	0,42	
Nitrito	1	mg / L N	0,053		0,051		0,088		0,066		0,068	
Nitrogênio Total			1,613	1,740	9,821	11,850	3,708	2,370	4,736	6,810	1,688	4,000
OD	> 5	mg / L	6,5	3,7	0,5	0,5	4,8	4,7	2,3	2,0	5,8	2,6
DBO	5	mg / L	4	7	36	20	9	11	12	13	5	12
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	160.000	160.000	160.000	160.000	50.000	30.000	160.000	160.000	46	160.000

Variável	Classe 2	Unidade	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO	VJO
Data			14/7/2005	5/10/2005	19/1/2006	19/4/2006	12/7/2006	11/10/2006	23/1/2007	17/4/2007	18/7/2007	10/10/2007
Hora			9:50	13:00	12:05	12:05	13:40	12:45	13:05	14:00	15:00	14:50
Tempo			Bom	Bom	Bom	Nublado	Bom	Nublado	Nublado	Bom	Bom	Bom
Temperatura da Água		° C	18,3	26,6	23,8	20,2	19,1	24,2	24,9	24,9	22,5	25,1
pH "in loco"	6 a 9		7,10	7,00	7,00	7,30	7,10	7,20	7,20	7,00	6,80	6,70
Turbidez	100	NTU	532,00	24,10	12,00	27,40	3,46	45,80	203,00	19,40	22,20	47,70
Fosfato Total	0,1	Mg/ L P	0,97	0,65	0,49	0,14	1,04	0,88	0,20	0,63	1,19	0,40
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,80		0,80		0,80		0,50		1,20	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	8,60	5,10	0,80	2,50	9,00	5,30	1,70	3,20	2,90	12,40
Nitrato	10	mg / L N	0,09		0,27		0,14		0,33		0,09	
Nitrito	1	mg / L N	0,066		0,192		0,061		0,120		0,035	
Nitrogênio Total			9,556	5,100	2,062	2,500	10,001	5,300	2,650	3,200	4,225	12,400
OD	> 5	mg / L	0,8	1,8	1,9	3,8	0,8	1,7	3,8	2,6	0,8	0,5
DBO	5	mg / L	30	14	22	14	17	13	4	6	19	28
Coliformes Fecais	1000	NMP/100 ml	170	160.000	160.000	160.000	160.000	160.000	50.000	160.000	160.000	160.000

Tabela 4.6 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação OME

Variável	Classe 2	Unidade	Média	Média	Média	Sazonal
Período de Estudo			2006	2007	Total	
Temperatura da Água		o C	26,95	25,75	26,35	Chuva
			22,90	25,00	23,95	Seca
pH "in loco"	6 a 9		7,65	7,45	7,55	Chuva
			7,55	7,35	7,45	Seca
Turbidez	100,0	NTU	93,00	57,95	75,48	Chuva
			31,45	20,80	26,13	Seca
Fosfato Total	0,1	mg / L P	1,75	0,49	1,12	Chuva
			1,47	1,86	1,66	Seca
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,00	0,00	0,00	Chuva
			0,00	0,00	0,00	Seca
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	20,00	8,70	14,35	Chuva
			23,40	12,00	17,70	Seca
Nitrato	10,0	mg / L N	0,05	0,20	0,13	Chuva
			0,01	0,07	0,04	Seca
Nitrito	1,0	mg / L N	0,010	0,150	0,080	Chuva
			0,010	0,070	0,040	Seca
Nitrogênio Total			20,060	9,050	14,555	Chuva
			23,420	12,140	17,780	Seca
OD	> 5	mg / L	4,05	5,05	4,55	Chuva
			4,25	4,65	4,45	Seca
DBO	5,0	mg / L	67,50	58,50	63,00	Chuva
			89,00	44,00	66,50	Seca
Coliformes Fecais	1000,0	NMP / 100 ml	160.000	160.000	160.000	Chuva
			975	160.000	80.488	Seca

Tabela 4.7 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação OJE

Variável	Classe 2	Unidade	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Sazonal
Período de Estudo			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Média Total		
Temperatura da Água		o C	26,50	27,50	27,00	25,35	24,20	24,30	22,75	25,90	24,15	24,25	25,19	Chuva	
			25,50	24,00	19,00	20,15	21,25	22,35	21,05	18,70	20,10	24,5	21,66	Seca	
pH "in loco"	6 a 9		7,60	7,55	8,00	7,34	7,46	7,25	7,65	7,50	7,25	7,15	7,47	Chuva	
			6,90	7,10	7,15	7,61	7,02	7,20	7,60	7,20	7,45	7,05	7,23	Seca	
Turbidez	100,0	NTU	47,25	35,39	60,25	37,80	148,00	72,40	35,60	193,55	17,40	80,75	72,84	Chuva	
			37,90	40,25	41,90	248,00	115,30	26,60	24,90	34,75	36,25	41,85	64,77	Seca	
Fosfato Total	0,1	mg / L P	0,84	0,65	0,57	1,39	0,30	1,77	0,73	1,37	0,71	1,4	0,97	Chuva	
			0,55	1,73	2,10	0,50	2,40	0,89	0,66	0,95	1,01	1,935	1,27	Seca	
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	3,60	2,40	0,51	3,30	1,10	0,70	1,50	1,00	1,30	2,2	1,76	Chuva	
			2,10	3,10	5,10	13,00	4,80	1,30	1,40	1,70	1,70	3,6	3,78	Seca	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	7,20	11,80	0,20	8,30	1,70	1,90	9,20	3,00	16,80	7,4	6,75	Chuva	
			15,10	17,20	17,60	4,10	15,70	15,10	4,00	18,20	23,80	16,4	14,72	Seca	
Nitrato	10,0	mg / L N	0,01	0,09	0,22	0,01	0,71	0,88	0,18	0,63	0,07	0,18	0,30	Chuva	
			0,15	0,01	0,02	0,86	0,01	0,01	0,24	0,01	0,03	0,01	0,14	Seca	
Nitrito	1,0	mg / L N	0,16	0,00	0,081	0,006	0,211	0,180	0,070	0,109	0,013	0,073	0,09	Chuva	
			0,08	0,02	0,004	0,111	0,012	0,003	0,139	0,006	0,011	0,007	0,04	Seca	
Nitrogênio Total			10,966	14,293	1,011	11,616	3,721	3,660	10,950	4,739	18,183	9,853	8,90	Chuva	
			17,426	20,334	22,724	18,071	20,522	16,413	5,779	19,916	25,541	20,017	18,67	Seca	
OD	> 5	mg / L	2,45	2,65	4,05	2,75	5,40	3,60	3,85	2,75	0,50	0,85	2,89	Chuva	
			3,25	3,20	1,50	5,25	0,60	1,30	3,25	1,15	2,40	1,2	2,31	Seca	
DBO	5,0	mg / L	44,50	47,50	21,00	41,50	26,00	55,00	16,00	42,50	50,50	40	38,45	Chuva	
			20,00	79,00	36,00	46,50	107,50	46,50	24,50	90,50	43,00	27,5	52,10	Seca	
Coliformes Fecais	1000,0	NMP / 100 ml	160.000	88.500	11.070	160.000	160.000	160.000	160.000	105.000	160.000	160.000	132457	Chuva	
			80.040	80.850	160.000	88.500	160.000	160.000	160.000	80.085	160.000	160.000	128947	Seca	

Tabela 4.8 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação VMO

Variável	Classe 2	Unidade	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Sazonal
Período de Estudo			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Média Total		
Temperatura da Água		o C	25,00	25,00	26,00	24,75	25,85	22,95	23,70	22,65	21,70	22,25	23,99	Chuva	
			23,00	21,00	19,00	19,90	22,45	23,05	21,45	21,90	18,05	20,70	21,05	Seca	
pH "in loco"	6 a 9		7,00	7,15	7,10	7,24	6,94	6,90	7,45	7,30	7,40	7,10	7,16	Chuva	
			6,90	6,90	7,15	7,38	6,98	7,50	7,35	6,95	7,25	6,90	7,13	Seca	
Turbidez	100,0	NTU	221,50	70,15	750,65	84,40	250,80	592,95	305,25	371,20	31,85	92,40	277,12	Chuva	
			45,00	11,51	21,35	79,55	44,90	7,90	154,00	30,30	14,61	25,75	43,49	Seca	
Fosfato Total	0,1	mg / L P	0,25	0,22	0,86	0,49	0,32	0,33	0,28	0,43	0,41	0,09	0,37	Chuva	
			0,36	1,13	0,71	1,09	0,93	0,68	0,15	0,51	0,52	0,68	0,67	Seca	
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,90	1,10	0,77	0,20	0,70	0,30	0,40	0,30	0,30	0,30	0,53	Chuva	
			0,90	2,30	1,60	1,00	3,00	0,70	0,10	0,80	0,50	1,00	1,19	Seca	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	0,90	3,30	0,10	2,40	0,20	1,10	0,30	0,40	1,30	0,20	1,02	Chuva	
			0,90	5,50	2,50	1,10	6,10	3,70	0,90	2,90	4,10	4,00	3,17	Seca	
Nitrato	10,0	mg / L N	0,54	0,43	0,25	0,16	0,25	0,30	0,47	0,24	0,11	0,27	0,30	Chuva	
			0,27	0,04	0,09	0,75	0,27	0,26	0,32	0,08	0,41	0,16	0,27	Seca	
Nitrito	1,0	mg / L N	0,054	0,083	0,06	0,03	0,010	0,013	0,023	0,029	0,06	0,019	0,039	Chuva	
			0,048	0,063	0,06	0,07	0,027	0,078	0,023	0,114	0,07	0,038	0,058	Seca	
Nitrogênio Total			2,394	4,913	1,184	2,792	1,160	1,713	1,193	0,969	1,77	0,789	1,89	Chuva	
			2,118	7,903	4,249	2,917	9,397	4,738	1,343	3,894	5,08	5,198	4,68	Seca	
OD	> 5	mg / L	6,10	5,10	4,90	4,85	5,45	5,45	6,10	6,05	5,90	5,30	5,52	Chuva	
			5,70	5,50	6,30	4,60	4,20	5,25	6,45	6,40	6,45	5,75	5,66	Seca	
DBO	5,0	mg / L	16,00	15,00	18,50	19,00	16,00	15,50	5,00	5,50	15,50	8,00	13,40	Chuva	
			19,50	19,50	16,00	41,00	46,00	15,00	7,50	10,50	12,50	13,00	20,05	Seca	
Coliformes Fecais	1000,0	NMP / 100 ml	81.750	160.000	80.025	81.750	125.000	160.000	88.500	125.000	160.000	160.000	122.20	Chuva	
			80.040	80.550	160.000	160.000	160.000	160.000	125.000	160.000	105.000	160.000	135.05	Seca	

Tabela 4.9 - Média aritmética sazonal anual do período de estudo da estação VJO

Variável	Classe 2	Unidade	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Sazonal
Período de Estudo			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Média Total		
Temperatura da Água		o C	22,50	24,50	26,00	25,05	23,90	23,10	22,55	25,60	24,00	25,00	24,22	Chuva	
			21,50	18,00	19,00	20,50	21,15	21,85	21,10	20,95	19,65	23,70	20,74	Seca	
pH "in loco"	6 a 9		7,20	7,00	7,45	7,02	6,92	6,70	7,35	7,25	7,10	6,95	7,09	Chuva	
			6,75	6,90	6,85	7,24	6,61	7,00	7,30	7,05	7,20	6,90	6,98	Seca	
Turbidez	100,0	NTU	979,00	24,95	256,70	69,25	577,75	256,45	61,10	326,55	28,90	125,35	270,60	Chuva	
			92,40	42,70	44,65	249,40	76,65	9,54	103,50	282,15	15,43	20,80	93,72	Seca	
Fosfato Total	0,1	mg / L P	0,29	0,65	0,29	0,34	0,18	0,45	0,38	0,51	0,69	0,30	0,41	Chuva	
			0,41	1,22	1,34	0,19	0,84	0,75	0,43	0,71	0,59	0,91	0,74	Seca	
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	1,10	1,60	0,63	1,80	1,30	0,50	0,50	0,40	0,80	0,50	0,91	Chuva	
			1,70	3,50	1,84	1,50	1,60	0,90	0,70	0,80	0,80	1,20	1,45	Seca	
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	1,60	5,50	2,80	3,30	1,40	0,70	2,60	0,80	0,80	1,70	2,12	Chuva	
			7,20	10,00	6,95	3,70	6,20	8,80	3,70	8,60	9,00	2,90	6,71	Seca	
Nitrato	10,0	mg / L N	0,32	0,04	0,23	0,10	0,28	0,36	0,52	0,42	0,27	0,33	0,29	Chuva	
			0,01	0,01	0,24	0,11	0,02	0,07	0,27	0,09	0,14	0,09	0,11	Seca	
Nitrito	1,0	mg / L N	0,054	0,005	0,06	0,03	0,105	0,053	0,088	0,068	0,192	0,120	0,077	Chuva	
			0,005	0,024	0,07	0,32	0,006	0,051	0,066	0,066	0,061	0,035	0,071	Seca	
Nitrogênio Total			3,074	7,145	6,830	5,227	3,085	1,613	3,708	1,688	2,062	2,650	3,708	Chuva	
			8,915	13,534	9,089	5,633	7,826	9,821	4,736	9,556	10,001	4,225	8,334	Seca	
OD	> 5	mg / L	3,00	1,30	3,60	1,30	3,35	3,50	3,40	3,80	1,80	2,15	2,72	Chuva	
			1,55	0,80	0,70	0,95	0,75	2,10	3,50	1,70	2,30	1,70	1,61	Seca	
DBO	5,0	mg / L	39,00	26,00	30,50	14,00	20,50	12,00	11,00	9,50	17,50	16,00	19,60	Chuva	
			14,50	66,00	30,50	20,50	37,00	21,50	11,50	21,00	15,50	12,50	25,05	Seca	
Coliformes Fecais	1000,0	NMP / 100 ml	87.000	160.000	800.150	160.000	160.000	160.000	105.000	80.023	160.000	105.000	197.717	Chuva	
			160.000	1.200,00	160.000	160.000	160.000	160.000	95.000	80.085	160.000	160.000	129.629	Seca	

Tabela 4.10 - Média aritmética sazonal do período de estudo das estações OME, OJE, VMO e VJO.

Variável	Classe 2	Unidade	OME	OJE	VMO	VJO	Sazonal
Temperatura da Água		o C	26,35	25,19	23,99	24,22	Chuva
			23,95	21,66	21,05	20,74	Seca
pH "in loco"	6 a 9		7,55	7,47	7,16	7,09	Chuva
			7,45	7,23	7,13	6,98	Seca
Turbidez	100,0	NTU	75,48	72,84	277,12	270,60	Chuva
			26,13	64,77	43,49	93,72	Seca
Fosfato Total	0,1	mg / L P	1,12	0,97	0,37	0,41	Chuva
			1,66	1,27	0,67	0,74	Seca
Nitrogênio Orgânico		mg / L N	0,00	1,76	0,53	0,91	Chuva
			0,00	3,78	1,19	1,45	Seca
Nitrogênio Amoniacal	3,7	mg / L N	14,35	6,75	1,02	2,12	Chuva
			17,70	14,72	3,17	6,71	Seca
Nitrato	10,0	mg / L N	0,13	0,30	0,30	0,29	Chuva
			0,04	0,14	0,27	0,11	Seca
Nitrito	1,0	mg / L N	0,080	0,09	0,039	0,077	Chuva
			0,040	0,04	0,058	0,071	Seca
Nitrogênio Total			14,555	8,90	1,89	3,708	Chuva
			17,780	18,67	4,68	8,334	Seca
OD	> 5	mg / L	4,55	2,89	5,52	2,72	Chuva
			4,45	2,31	5,66	1,61	Seca
DBO	5,0	mg / L	63,00	38,45	13,40	19,60	Chuva
			66,50	52,10	20,05	25,05	Seca
Coliformes Fecais	1000,0	NMP / 100 ml	160.000	132457	122.20	197.717	Chuva
			80.488	128947	135.05	129.629	Seca
Relação estequiométrica entre a concentração total de nitrogênio e fósforo			5,88	4,14	2,34	4,08	Chuva
			4,84	6,64	3,14	5,06	Seca

Os resultados dos parâmetros selecionados foram comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para corpos hídricos de classe 2.

Conforme Deliberação Normativa Nº 20 de 18 de junho de 1997, o Ribeirão do Onça foi enquadrado como classe 3 no trecho correspondente ao barramento da represa da Pampulha até a confluência com o Rio das Velhas, com exceção do trecho canalizado, e o Rio das Velhas foi enquadrado como classe 3 no trecho da confluência do Ribeirão Sabará até a confluência do Rio Jaboticatubas.

Com o intuito de melhorar a qualidade ambiental, especialmente as águas da bacia, e de assegurar saúde à população, o Comitê da Bacia do Rio das Velhas solicitou, em março de 2004, a alteração do enquadramento de trechos de água classe 3 para classe 2, previsto na DN COPAM Nº20/97 (IGAM, 2005).

4.5. Método de Amostragem

As coletas e as análises foram realizadas pela Fundação Centro de Tecnologia de Minas Gerais – CETEC. As amostras coletadas foram do tipo simples, de superfícies, tomadas preferencialmente na calha principal do corpo de água do rio. Os métodos de coleta, de preservação e de análise, seguiram as normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO ou, na ausência delas, as normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA AWWA-WPCF, 19ª edição.

Na Tabela 4.11, é apresentada a relação dos métodos de ensaios utilizados pelo “Projeto Águas de Minas”

Tabela 4.11 - Relação dos métodos de ensaio utilizados no ‘Projeto Águas de Minas’.

Ensaio	Tipo de ensaio	Referência Normativa
Temperatura da água	Termometria	APHA 2550 B
pH	Potenciometria	APHA 4500 H ⁺ B
Turbidez	Turbidimetria	APHA 2130 B
Fósforo total	Colorimetria	APHA 4500-P E
Nitrogênio Amoniacal	Colorimetria	ABNT NBR 10560/1998
Nitrato	Colorimetria	APHA 4500-NO ³⁻ E
Nitrito	Colorimetria	APHA 4500-NO ²⁻ B
DBO	Winkler/incubação	ABNT NBR 12614/1992
OD	Titulometria	ABNT NBR 10559/1998
Coliformes Termotolerantes	Tubos múltiplos	APHA 9221 E

(Fonte: IGAM 2007)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As discussões sobre os resultados apresentados neste trabalho, em relação à classificação de corpos d'água, serão baseadas na Resolução CONAMA 357/2005. Apesar de o Ribeirão do Onça e o Rio das Velhas terem sido enquadrados na classe 3, conforme Deliberação Normativa COMPAM N° 20 de 18 de junho de 1997, nos trechos correspondentes à área de estudo, os parâmetros analisados serão baseados à luz dos limites estabelecidos para águas de classe 2, uma vez que os objetivos da Meta 2010 para o Rio das Velhas é a melhoria da classificação de suas águas para a classe 2 nesse trecho do rio, apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2

Parâmetros	Unidades	Limites
Temperatura	°C	-
ph <i>in natura</i>	-	6,0 - 9,0
Turbidez	UNT	100
Fósforo total ¹	mg/L	0,1
Nitrogênio Amoniacal ²	mg/L	3,7
Nitrato	mg/ L	10
Nitrito	mg/ L	1
DBO	mg/L	< 5
OD	mg/L	≥ 5,00
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000

Legenda:

1 ambientes lóticos: 0,1 mg/L

2 Limite variável de acordo com pH:

3,7 mg/ L, para $\text{pH} \leq 7,5$

2,0 mg/ L, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$

1,0 mg/ L, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$

(Fonte: CONOMA, 2005)

5.1. Parâmetros físicos e químicos

As qualidades físicas das águas de um rio, em condições naturais, dificilmente são modificadas, uma vez que as variáveis ambientais atuam sobre o mesmo desde a criação desse ambiente. A interação de vários fatores, tais como fatores edáficos (características de solo que afetam os organismos), fatores morfológicos e fatores climáticos e geográficos, como radiação solar, precipitação, ventos, estações climáticas e temperatura, determinará o grau de

trofia de um rio. Esse equilíbrio pode ser bastante alterado pelas ações antrópicas, modificando consideravelmente o comportamento fisiológico dos cursos d'água.

5.1.1. Temperatura da água

O alto calor específico da água facilita a acumulação de energia luminosa, que se dissipa em forma de calor. Portanto, a temperatura de um curso d'água sofre oscilações naturais em função do clima (variação segundo a sazonalidade) e/ou de um afluente de fontes termais e oscilações antrópicas em função da contribuição de águas de resfriamento e de despejos industriais.

O conhecimento da temperatura no corpo d'água é particularmente importante por três razões (CUNHA, *apud* RUAS, 2006): as descargas de efluentes de diferentes temperaturas podem causar efeitos negativos no ecossistema aquático; a temperatura influencia as reações químicas, físicas e biológicas; seu valor afeta o equilíbrio de íons; a variação da temperatura afeta a densidade da água e, como consequência, altera os processos de transporte e a solubilidade de gases dissolvidos (Cunha, 2003 *apud* Ruas, 2006).

De acordo com a Figura 5.1, o valor médio da temperatura da água indica a existência de um padrão temporal semelhante entre as estações do Ribeirão do Onça e as estações do Rio das Velhas. Todas as estações tiveram uma elevação da temperatura no período de chuva, seguida de queda no período de estiagem. Entre as estações estudadas, a que apresentou o menor valor médio de temperatura foi a estação VMO e o maior foi a estação OME.

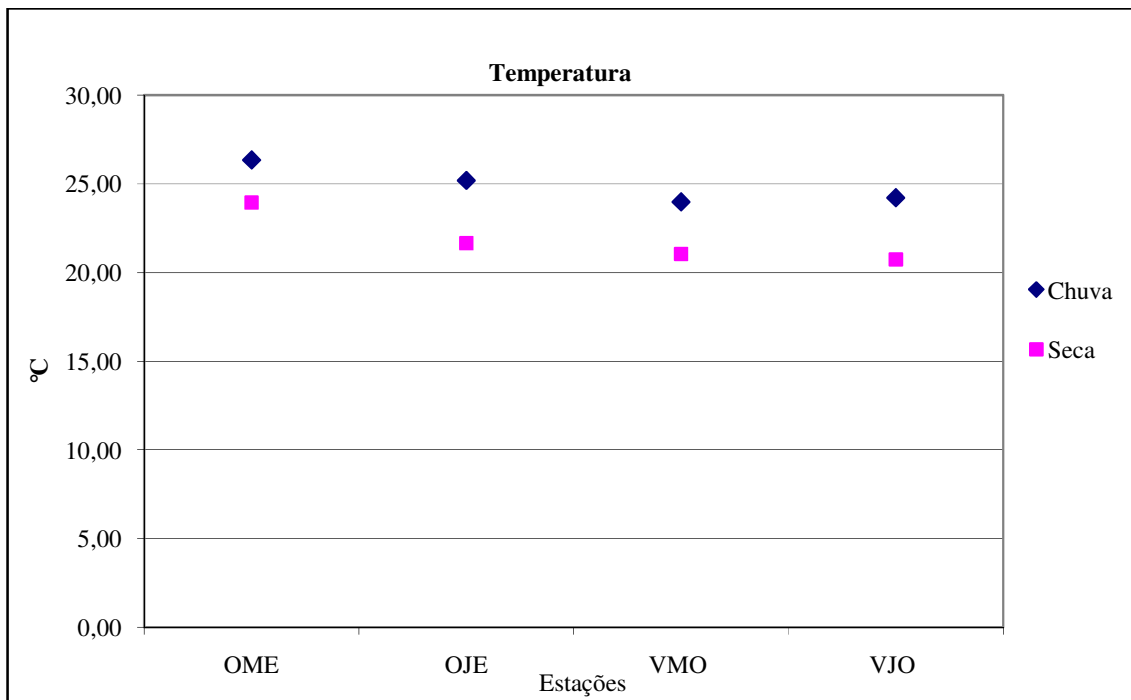


Figura 5.1 - Valor médio da temperatura da água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.2. pH in natura

O potencial hidrogeniônico (pH) indica se água é ácida, básica ou neutra. Se estiver em torno de 7, a água é neutra, de 6 para baixo, ácida, e de 8 para cima, básica.

As águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo adequado à manutenção da vida aquática. Alterações podem ser em decorrência da atividade algal-fotossíntese, respiração- da dissolução de rochas e do lançamento de despejos domésticos e industriais. Mais raramente, em regiões industrializadas, pode ocorrer abaixamento do pH motivado por chuva ácida devido à complexação de poluentes gasosos ao vapor d'água presente na atmosfera (LIBÂNIO, 2008).

O valor médio do pH “in natura” da água, em todas as estações, indica a existência de um padrão temporal semelhante, não existindo grande variação entre o período seco e o chuvoso. Todas as estações mantiveram um valor médio de pH “in natura” da água entre 6,93 e 7,55, dentro do intervalo das águas naturais de superfície. (Figura 5.2).

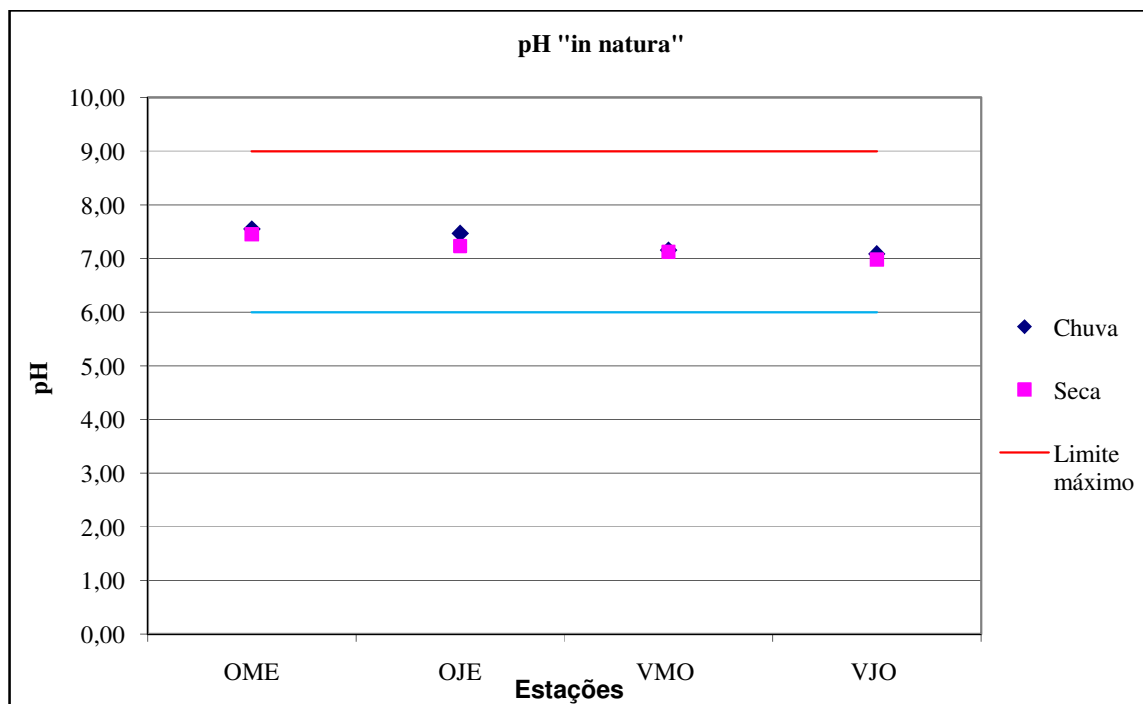


Figura 5.2 - Valor médio do pH "in natura" da água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.3. Turbidez

A turbidez natural das águas superficiais está, geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (LIBÂNIO, 2008).

A turbidez como característica física acaba por se constituir em uma referência da concentração de partículas suspensas na água, obtida a partir da passagem de um feixe de luz através da amostra, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT), também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas de turbidez (LIBÂNIO, 2008).

A turbidez não está vinculada necessariamente às questões sanitárias, podendo ser bastante alterada em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, de altos índices pluviométricos e do uso de prática agrícolas.

De acordo com a Figura 5.3, a turbidez apresentou, em todas as estações, valor médio em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05 (< 100 UNT) ao longo do período seco. Quanto ao período de chuva, às estações OME e OJE, pertencentes ao Ribeirão do Onça, também ficaram em conformidade com a Resolução CONAMA 357/05. Somente as estações

VMO e VJO, ambas pertencentes ao Rio das Velhas, apresentaram valores médios acima do limite de 100 UNT. Essa elevação, principalmente entre as estações VMO e VJO, pode estar relacionada ao aumento do escoamento superficial ocasionado pelas chuvas.

Ainda, analisando a Figura 5.3, observa-se que, no período seco, o valor médio da turbidez teve um leve aumento da estação OME para a estação OJE. Esse aumento pode estar relacionado com a ETE Onça, uma vez que sua eficiência é de somente 60% na remoção da DBO. O mesmo ocorreu entre as estações VMO e VJO, onde, no mesmo período (seco), ocorreu um leve aumento da turbidez em função da contribuição do Ribeirão do Onça e de prováveis contribuições de descarga de esgotos no trecho entre essas duas estações.

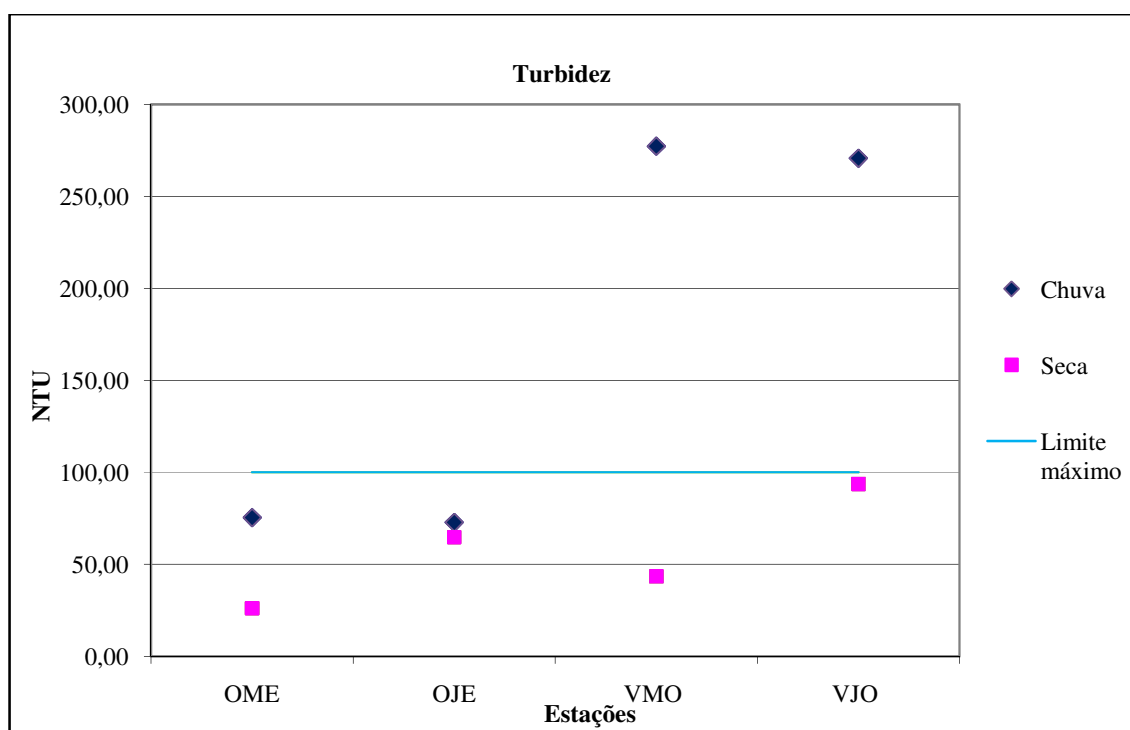


Figura 5.3 - Valor médio da turbidez da água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.4. Fósforo total

O fósforo ocorre na água na forma de vários tipos de fosfato, principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões em formas mais simples. O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996). Sua fonte pode ser natural

(oriundas da dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica) ou antropogênica (derivadas de despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes) (VON SPERLING, 1996). A Resolução Conama 357/05 estabelece limite máximo para o fósforo de 0,1 mg/l, para ambientes lóticos.

De acordo com a Figura 5.4, o valor do fósforo total está bastante elevado em todas as estações. A estação OME apresentou valor mais elevado, para o fósforo total, acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, em relação às outras estações. Esse fato está relacionado ao aumento da população demográfica e, conseqüentemente, ao aumento dos despejos domésticos e industriais bem como o aumento do emprego de detergentes superfosfatados nos domicílios.

A ETE Onça contribui para a redução dos valores do fósforo total, entre as estações OME e OJE, tanto no período de chuva quanto no período de seca.

As estações localizadas no Ribeirão do Onça (OME e OJE) apresentaram valores mais elevados de fósforo total em relação às estações localizadas no Rio das Velhas. Esse aumento pode estar relacionado ao menor poder de diluição na concentração desse parâmetro no Ribeirão do Onça onde o volume do corpo d'água é menor que o volume do Rio das Velhas.

Podemos também constatar que o período de chuva contribui para a diluição desse parâmetro, reduzindo sua concentração no corpo d'água em todas as estações estudadas.

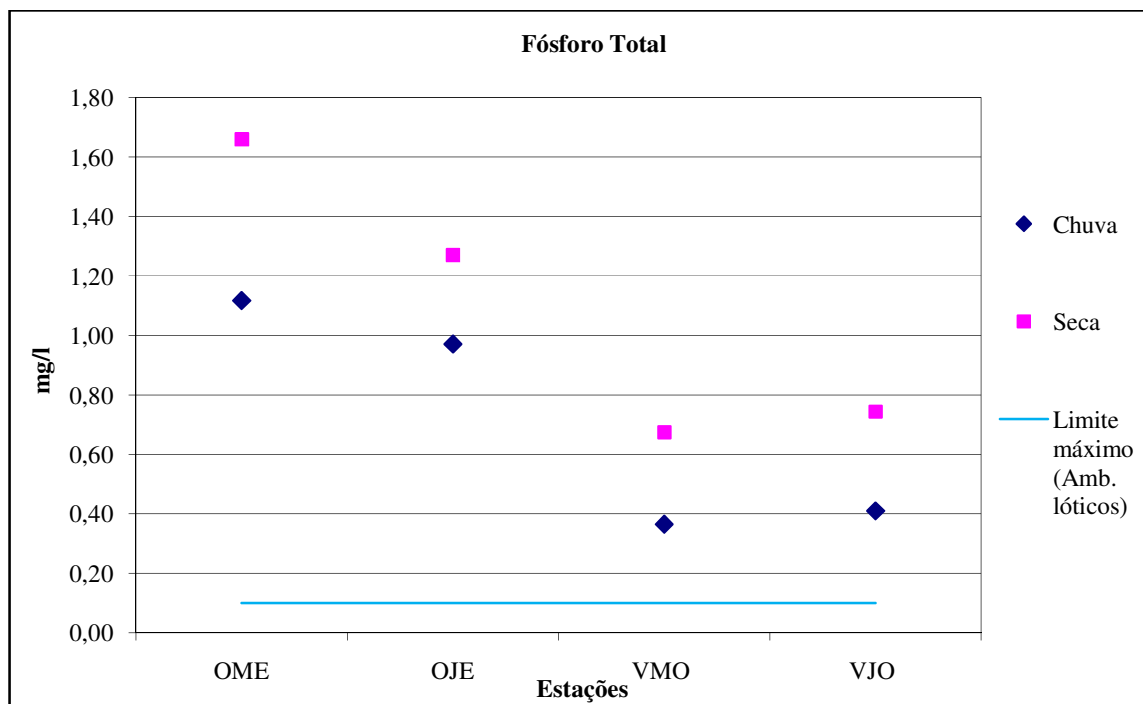


Figura 5.4 - Concentração média de fósforo total na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.5. Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio, gás mais abundante na atmosfera terrestre (78%), pode ser encontrado nos corpos d'água em função do seu estado de oxidação sob as formas:

1. Nitrogênio orgânico na forma dissolvida (compostos orgânicos nitrogenados e particulados), integrando a biomassa dos organismos do meio aquático.
2. Nitrogênio molecular (N_2), sujeito a constantes perdas na atmosfera.
3. Amônio (NH_4^+), forma reduzida presente em condições anaeróbias.
4. Nitrito (NO_2^-), forma intermediária e instável da oxidação do amônio.
5. Nitrato (NO_3^-), forma oxidada presente em condições anaeróbias e indicador de poluição remota por esgotos domésticos (LIBÂNIO, 2008).

Além da origem natural, na forma de proteína, clorofila e outros compostos orgânicos, o nitrogênio apresenta significativa origem antrópica, decorrente do lançamento de despejos domésticos, industriais e de criatório de animais, assim como de fertilizantes utilizados em solos agriculturáveis passíveis de serem carreados pelas chuvas.

O limite estabelecido pela legislação para o nitrogênio amoniacal varia de acordo com o pH encontrado (Tabela 5.1). Como o valor médio de pH ficou abaixo de 7,5 em todas as estações estudadas, o limite máximo para o nitrogênio amoniacal, neste estudo, é de 3,7mg/l N.

De acordo com a Figura 5.5, podemos observar que, no período de chuva, houve contribuição para a redução do valor do nitrogênio amoniacal em todas as estações estudadas.

As estações localizadas no Ribeirão do Onça (OME e OJE) apresentaram valores mais elevados de nitrogênio amoniacal em relação às estações localizadas no Rio das Velhas. Esse aumento pode estar relacionado ao menor poder de diluição na concentração desse parâmetro no Ribeirão do Onça onde o volume do corpo d'água é menor que o volume do Rio das Velhas.

Ainda, na Figura 5.5, pode ser observado que a ETE Onça contribuiu para a redução dos valores do nitrogênio amoniacal nos períodos seco e chuvoso, a única estação que ficou abaixo do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 para esse parâmetro.

A estação VMO foi a única estação que apresentou valor médio desse parâmetro em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 ($< 3,7\text{mg/l N}$) nos dois períodos (chuvoso e seco). Essa estação está localizada no Rio das Velhas a montante do Ribeirão do Onça, porém a jusante do Ribeirão Arrudas, onde está localizada a ETE Arrudas, corroborando com esse desempenho.

A estação VOJ também apresentou valor médio do nitrogênio amoniacal em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 ($< 3,7\text{mg/l}$), favorecido pela diluição da concentração desse parâmetro no corpo d'água provocada pelo período de chuva.

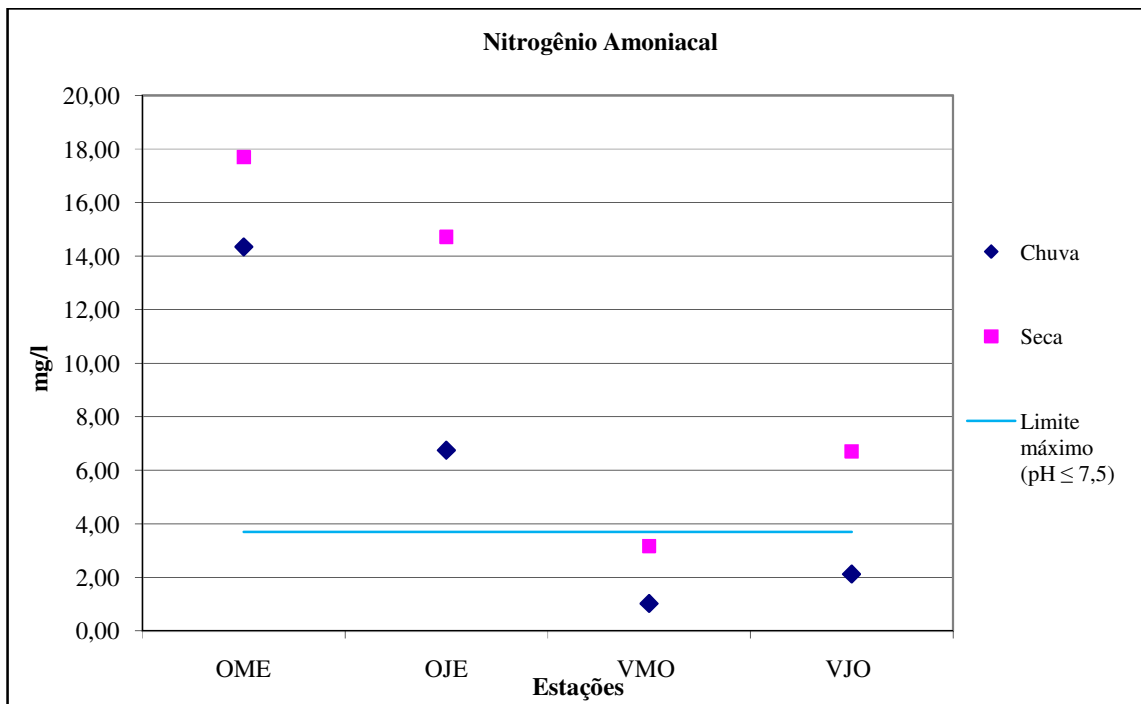


Figura 5.5 - Concentração média do nitrogênio amoniacal na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.6. Nitrato

O nitrato (NO_3^-) é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas, e é produto da oxidação bioquímica da amônia. O estudo da variação da concentração de nitratos e das demais formas de nitrogênio serve para caracterizar a velocidade do processo de autodepuração dos corpos d'água (MARQUES, 1993 *apud* RUAS, 2006). O nitrato é uma das principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVES, 1998). Resultados de análise da água com alteração de nitrogênio nas formas predominantemente reduzidas (nitrogênio orgânico e amoniacal) indicam que a fonte de poluição encontra-se próxima, ou seja, caracteriza-se por uma poluição recente, enquanto que a prevalência da forma oxidada (nitrato e nitrito) sugere que a fonte de contaminação esteja distante do ponto de coleta, sendo a poluição, portanto, remota.

Nas zonas de autodepuração natural dos rios, observa-se a presença de nitrogênio orgânico na zona de degradação, nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (IGAM, 2007).

Ao contrário do fósforo total, os resultados de nitrato apresentaram valores bem inferiores ao limite máximo permitido na Resolução CONAMA 375/2005 que é de 10 mg/l. De um modo

geral, os resultados foram mais altos no período de chuva.

A estação VMO apresentou valor médio maior de nitrato no período seco e no período chuvoso, em relação às outras estações.

Podemos observar, na Figura 5.6, que, no Ribeirão do Onça, o nitrato apresentou valores menores na estação OME no período seco e no período chuvoso, em relação à estação OJE. No Rio das Velhas, o nitrato diminuiu nos dois períodos (seco e chuvoso), entre as estações VMO e VJO.

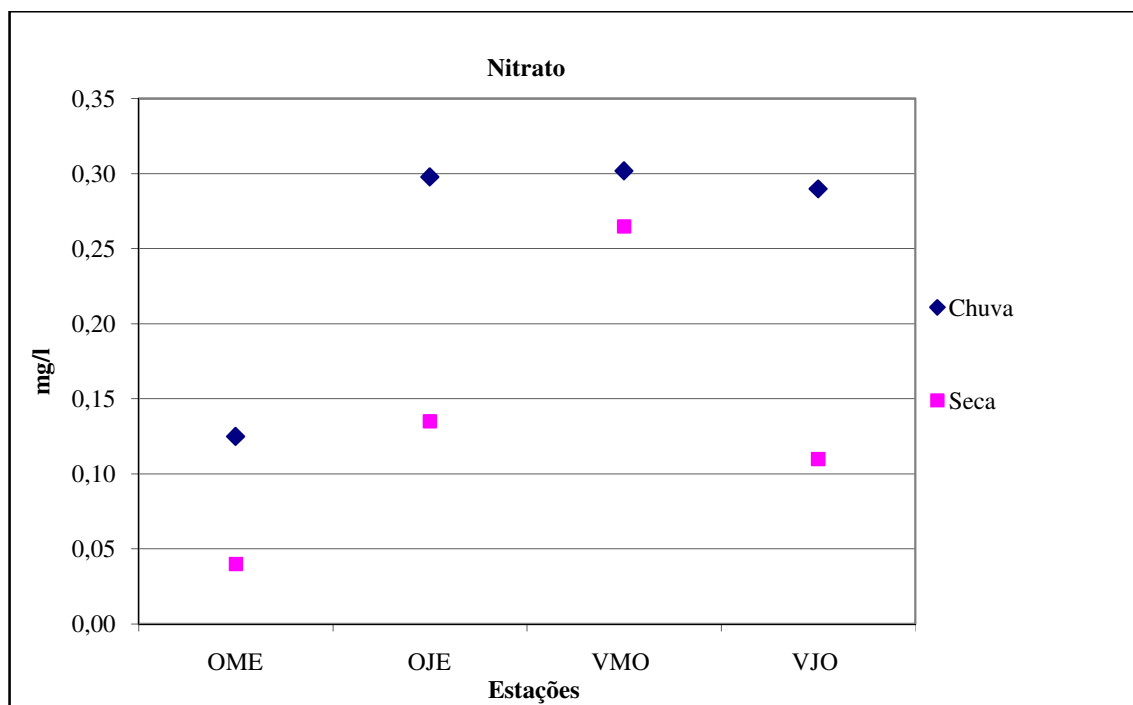


Figura 5.6 - Concentração média do nitrato na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.7. Nitrito

O nitrito também foi detectado em todas as estações em baixas concentrações, todas dentro dos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (1 mg/l). Esse elemento é intermediário entre o nitrato e a amônia, sendo normalmente encontrado nas águas limpas em teores inferiores a 0,010 mg/l.

Somente a estação VMO apresentou um comportamento contrário ao das outras estações e apresentou valor médio mais elevado, no período de chuva, para o nitrito.

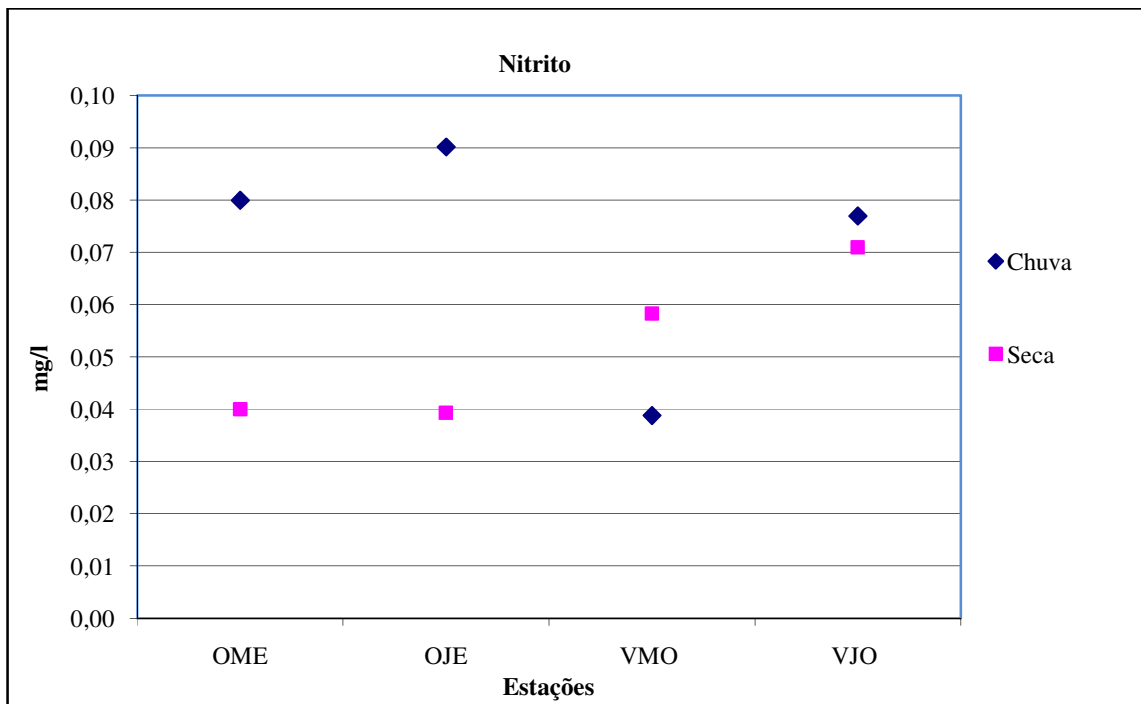


Figura 5.7 - Concentração média do nitrito na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.8. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O parâmetro DBO expressa a presença de matéria orgânica, constituindo-se em importante indicador de qualidade das águas naturais. A determinação da DBO realiza-se a partir da diferença na concentração de oxigênio dissolvido (OD) em amostra de água em período de 5 dias e temperatura de 20°C. Dessa forma, se uma amostra de água natural apresentar DBO de 10 mg/l, indica que serão necessários 10mg de oxigênio dissolvido para estabilizar, em um período de 5 dias, a 20°C, a quantidade de matéria orgânica biodegradável contida em 1 l da amostra (LIBÂNIO, 2008).

De acordo com a Figura 5.8, o valor médio para a DBO está bastante elevado em todas as estações, ultrapassando o limite máximo permitido pela Resolução CONAMA 375/2008.

Podemos constatar que o período de chuva contribui para a diluição desse parâmetro, reduzindo seu valor praticamente em todas as estações, exceto na estação VJO em que ocorreu aumento da DBO causado provavelmente pela contribuição proveniente do Ribeirão do Onça.

Podemos observar também que, no Ribeirão do Onça, ocorreu uma redução da DBO, tanto no período de chuva quanto no período de seca, entre as estações OME e OJE.

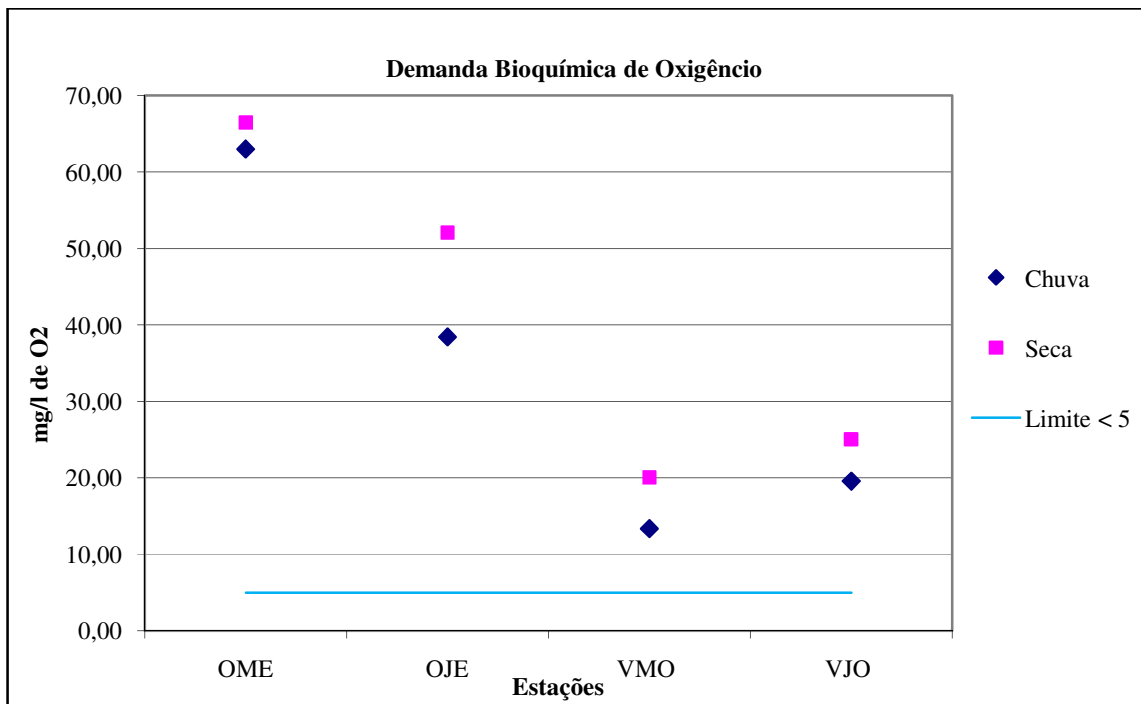


Figura 5.8 - Concentração média da DBO na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.1.9. Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é reconhecidamente o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático. Comumente refere-se à concentração de OD como percentual da concentração de saturação, pois os valores absolutos podem, não necessariamente, traduzir as condições do corpo d'água. A concentração de OD à saturação é diretamente proporcional à pressão atmosférica ou inversamente à altitude e indiretamente proporcional à temperatura (LIBÂNIO, 2008). Entende-se saturação de oxigênio como sendo a quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura (ESTEVES, 1988).

Cursos d'água de velocidade mais elevada favorecem o aporte do oxigênio da atmosfera, enquanto em lagos e reservatórios, a concentração de OD pode superar à de saturação em dias de intensa atividade fotossintética da comunidade algal e das plantas aquáticas (LIBÂNIO, 2008). Diante desse fato, a presença de corredeira em um rio irá favorecer um aporte do oxigênio da atmosfera, enquanto nos locais onde o rio é mais lento, principalmente em áreas de remanso, promoverá um aporte de oxigênio proveniente de organismos fotossintetizantes.

Para a manutenção da vida aquática aeróbia, são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 a 5 mg/l, de acordo com o grau de exigência de cada organismo (LIBÂNIO,

2008). A legislação determina que o OD se mantenha em níveis igual e/ou acima de 5 mg/l, para águas de classe 2.

A Figura 5.9 demonstra que a estação VJO (Rio das Velhas a jusante do Ribeirão do Onça) apresentou, nos dois períodos (seca e chuva), o menor valor médio para o OD, seguido das estações OJE e OME, todas abaixo dos 5 mg/l. Somente a estação VMO apresentou valor médio acima do limite mínimo estabelecido pela legislação.

O valor da concentração de OD diminuiu no Ribeirão do Onça entre as estações OME e OJE, demonstrando que a ETE-Onça, com sua eficiência parcial de tratabilidade de apenas 60%, está diminuindo a concentração do OD nesse trecho do ribeirão. O mesmo ocorreu no Rio das Velhas no trecho entre as estações VMO e VJO, e podemos inferir que, nessas estações, além da contribuição da concentração reduzida do OD proveniente do Ribeirão do Onça, temos também a contribuição de descarga de esgotos e de águas pluviais, contribuindo para a redução da concentração do OD nesse trecho do rio.

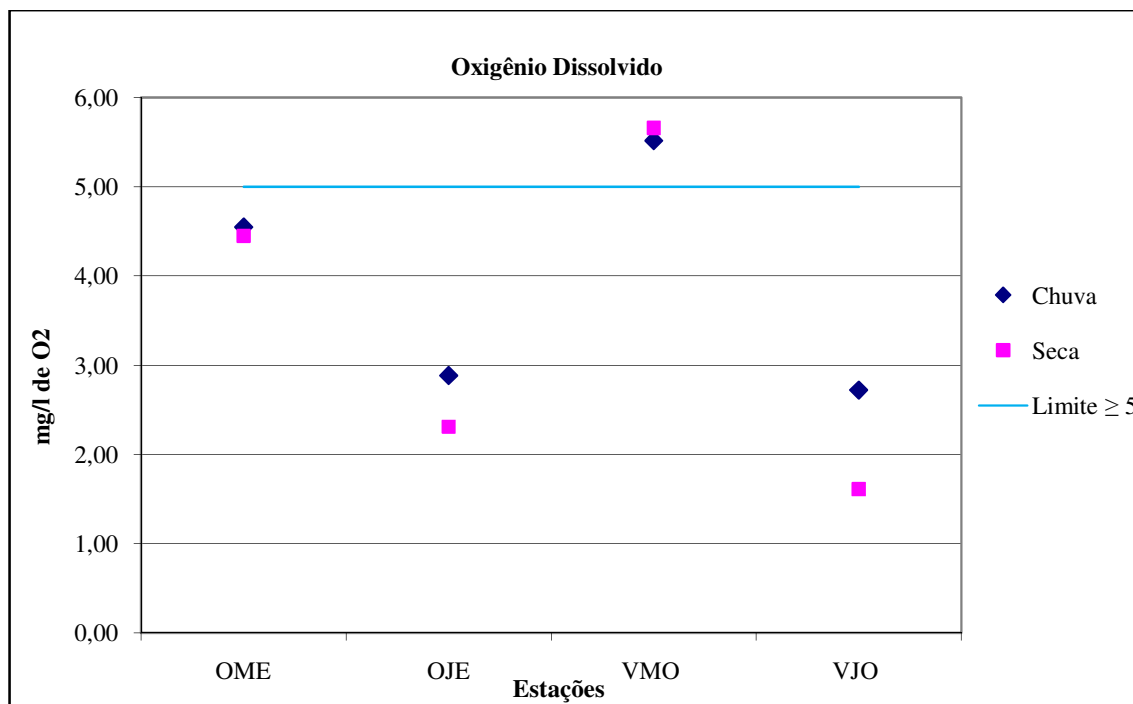


Figura 5.9 – Concentração média do OD na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.2. Parâmetro Microbiológico

Os microorganismos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Outro aspecto de grande relevância em termos da qualidade biológica da água é relativo à possibilidade da transmissão de doenças (VON SPERLING, 2005).

5.2.1. Coliformes Termotolerantes

Quando um rio recebe uma carga de esgoto, passa a ter diversos tipos de bactérias, sendo algumas patogênicas, que não são da água e podem causar doenças às pessoas que a consumirem.

Coliformes termotolerantes são bactérias do grupo coliformes que habitam normalmente o trato intestinal dos animais de sangue quente e têm como principal representante a *Escherichia coli*, exclusivamente de origem fecal.

Esse grupo de bactérias, denominadas *termotolerantes*, por serem capazes de fermentar a lactose em temperaturas elevadas, $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, por um prazo de 24 horas, engloba predominantemente o gênero *Escherichia* e, em menor monta, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, os dois últimos passíveis de serem isolados em ambientes não poluídos como água, solo e plantas. Esses gêneros representam percentual variável entre 3 e 4% nas fezes humanas e entre 3 e 8% nas fezes de animais. Dessa forma, o impreciso termo *coliformes fecais* reporta-se às bactérias termotolerantes, incluindo os gêneros não necessariamente de origem fecal (Cerqueira; Horta, 1999, *apud* LIBANIO, 2008).

Para a efetivação do enquadramento do ribeirão do Onça e do rio da Velhas como classe 2 o parâmetro coliformes termotolerantes não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 274, de 2000.

De acordo com a figura 5.12, o parâmetro coliformes termotolerantes apresentou valor médio elevado acima dos limites máximos permitidos pela Resolução CONAMA Nº 357 em todas as estações.

No período seco, esse parâmetro apresentou, no Ribeirão do Onça, entre as estações OME e

OJE, um considerável aumento do seu valor, demonstrando a contribuição da ETE Onça, nesse trecho, em função de não existir ainda o polimento do efluente tratado na ETE Onça, com objetivo de reduzir a carga de micro-organismos patogênicos.

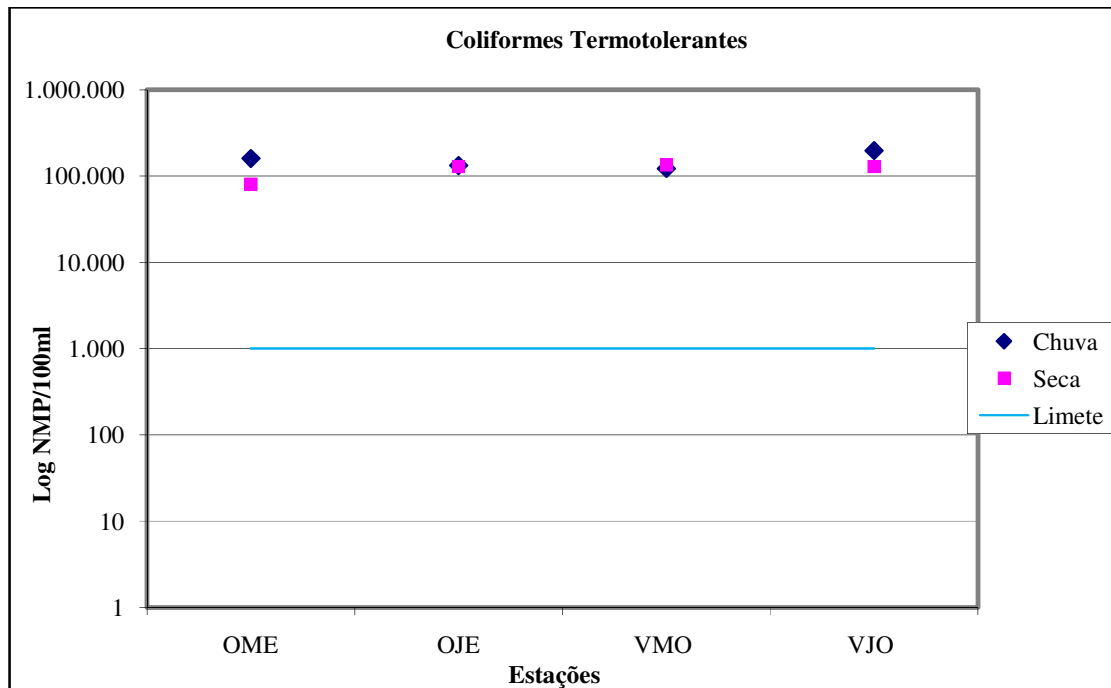


Figura 5.10 - Logarítimo da densidade média de coliformes termotolerantes na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

5.3. Razão N/P

A relação entre as concentrações de nitrogênio (representado pelas frações amoniacal, nitroso e nítrico) e de fósforo (representado pelo sal fosfato) permite concluir sobre a ocorrência do nutriente limitante no processo de eutrofização. Conhecendo-se o nutriente limitante, é possível, mediante a sua eliminação ou impedimento de sua chegada, garantir a integridade ecológica do manancial. A determinação do nutriente limitante é feita considerando-se que a demanda da alga é equivalente à distribuição de nutrientes na sua biomassa. A constituição da biomassa algal é normalmente derivada da chamada relação de Redfield (C₁₀H₁₁₈O₄₅N₁₆P), o que vale dizer que as algas, em média, demandam 16 vezes mais nitrogênio do que fósforo (VON SPERLING, 2001).

A razão N/P foi calculada entre o valor médio do cálculo estequiométrico do nitrogênio total

(soma do valor médio do nitrato, do nitrito, do nitrogênio amoniacal e orgânico) e o valor médio do cálculo estequiométrico do fósforo total. Assim, a razão estequiométrica com valores maiores que 7 caracteriza um ambiente aquático limitado por fósforo, caso contrário, será limitado por nitrogênio.

De acordo a Figura 5.11, a razão N/P, em todas as estações, ficou abaixo de 7 em ambos os períodos (chuvoso e seco), caracterizando o ambiente limitado por nitrogênio.

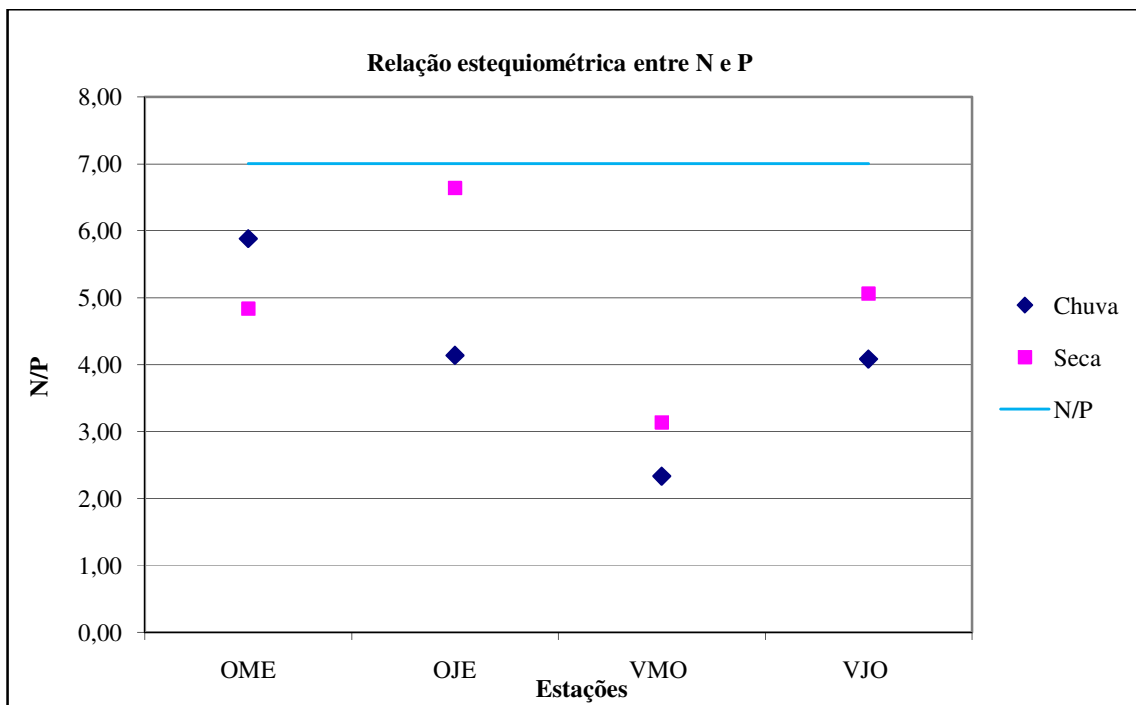


Figura 5.11 – Média da razão estequiométrica entre nitrogênio total e fósforo total na água das estações (OME de jan/06 a out/07 e para as outras estações (OJE, VMO e VJO, de jan/1998 a out/07), nos períodos seco e chuvoso.

Na Tabela 5.2 e Tabela 5.3, são apresentados os resultados dos parâmetros que ficaram fora dos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 5.2 - Resumo dos resultados das estações do Ribeirão do Onça a jusante e a montante da ETE Onça, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Parâmetros	limites	A Montante da ETE Onça		A Jusante da ETE Onça	
		Chuva	Seca	Chuva	Seca
OD	>5mgO2	NA	NA	NA	NA
DBO	>100mgO2	NA	NA	NA	NA
N.Amoniacal	<3,7mg/L	NA	NA	A	A
Nitrito	até 1mg/L	A	A	A	A
Nitrato	até 10mg/L	A	A	A	A
Fósforo total	até 0,1mg/L	NA	NA	NA	NA
Turbidez	>5 UNT	A	A	A	A
pH <i>in natura</i>	6 a 9	OK	A	A	A
C.termotoler.	até 1000 NMP/100ML	NA	NA	NA	NA

Legenda:

A – Atente à Resolução CONAMA 357/5002;

NA – Não atende à Resolução CONAMA 357/2005

Tabela 5.3 - Resumo dos resultados das estações do Rio das Velhas a jusante e a montante do Ribeirão do Onça, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Parâmetros	limites	A Montante do Ribeirão do Onça		A Jusante do Ribeirão do Onça	
		Chuva	Seca	Chuva	Seca
OD	>5mgO2	A	A	A	NA
DBO	>100mgO2	NA	NA	NA	NA
N.Amoniacal	<3,7mg/L	A	A	A	NA
Nitrito	até 1mg/L	A	A	A	A
Nitrato	até 10mg/L	NA	A	A	A
Fósforo total	até 0,1mg/L	NA	NA	NA	NA
Turbidez	>5 UNT	NA	A	A	A
pH <i>in natura</i>	6 a 9	A	A	A	A
C.termotoler.	até 1000 NMP/100ML	NA	NA	NA	NA

Legenda:

A – Atente à Resolução CONAMA 357/5002;

NA – Não atende à Resolução CONAMA 357/2005

6. CONCLUSÕES

Este estudo avaliou as variações na qualidade da água em quatro estações pertencentes à rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais das bacias do Rio das Velhas, utilizando-se de uma série histórica de dados com o objetivo de observar as variações ocorridas na qualidade das águas do Ribeirão do Onça, com a implantação da ETE Onça (Estação de Tratamento de Esgoto do Onça).

Devido à recente data da inauguração da ETE Onça (junho de 2006), não foi possível observar os resultados esperados da qualidade das águas a jusante desse vultoso empreendimento.

Com relação ao atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2, verificou-se que a DBO, coliformes e o fósforo total apresentaram resultados insatisfatórios em todas as estações, tanto no período de chuva quanto no período de seca. O OD também apresentou a mesma situação dos parâmetros listados acima, ou seja, insatisfatório nos dois períodos, para todas as estações, menos para a estação VMO, que apresentou resultados satisfatórios para os dois períodos (seco e chuvoso). A estação VMO está localizada no Rio das Velhas a montante do Ribeirão do Onça e a jusante do Ribeirão Arrudas. Esse fato demonstra que a ETE Onça ainda não proporciona uma melhora da qualidade das águas do Ribeirão do Onça, comprometendo ainda mais a qualidade do Rio das Velhas.

A turbidez apresentou resultados satisfatórios em todas as estações no período seco e, no período de chuva, nas duas estações do Ribeirão do Onça (OME e OJE), o que não ocorreu com as duas estações do Rio das Velhas (VMO e VJO), que apresentaram resultados insatisfatórios para turbidez no período de chuva. Isso está provavelmente relacionado ao fato de a bacia de contribuição do Rio das Velhas ser maior que a do Ribeirão do Onça, que recebe uma maior quantidade de águas superficiais em consequência das chuvas. A Lagoa da Pampulha, localizada no Ribeirão do Onça, contribui também para a diminuição da turbidez, funcionando como bacia de retenção de sólidos provenientes de todos os tributários a montante de sua vertente.

A estação OME recebe, no período das chuvas, uma grande contaminação por coliformes termotolerantes, provenientes de escoamento superficial provocado pelas chuvas.

A estação VMO apresentou a melhor condição de qualidade da água em relação às outras estações, provavelmente em função da eficiência da ETE Arruda, localizada no Ribeirão Arrudas a montante dessa estação.

A razão entre o nitrogênio e o fósforo (N/P) caracteriza o ambiente estudado limitado pelo nitrogênio, sendo esse o fator limitante ao desenvolvimento das algas nesses ambientes.

7. RECOMENDAÇÕES

A Estação de Tratamento do Onça está em processo de implantação da etapa do tratamento secundário, o que elevará a sua eficiência para mais de 90%, melhorando a qualidade das águas do Ribeirão do Onça e do Rio das Velhas. Recomenda-se, assim, que estudos semelhantes tenham continuidade em anos vindouros visando à complementação e à confirmação dos resultados.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20 th ed. Washinton, 1998.
- BARBOSA, Francis Jane Rocha (francisbarbosa97@gmail.com). Fwd: MATERIAL MONOGRAFIA [mensagem pessoal]. Mensagem recebida porfernando.mouralima@yahoo.com.br em 08 jul. 2009.
- BRANCO, S.M. *Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária*. 3.ed., São Paulo: CETESB/ASCTESB, 1986. 616 p.
- BROWN, R.M. & Mcclelland, N.I. *Up from chaos: the water quality index as an effective instrument in water quality management*. Michigan: National Sanitation Foudantion. 1974. 27 p.
- CERQUEIRA, D. A.; HORTA, M. C. S. – *Coliformes fecais não existem*, Anais Eletrônicos do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1999 *apud* LIBÂNIO, M.. *Fundamento de Tratamento e Qualidade da Água*. São Paulo: Editora Átomo, segunda edição, 2008. 444 p.
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - *Prospecção Tecnológica em Recursos Hídricos*. Brasília:CGEE, 2005, 100 p.
- CHERNICHARO C. A. L. 1997 - *Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias – Reatores anaeróbios* – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 246 p.
- CHERNICHARO C. A. L.; VON SPERLING, M.; SILVA MONTEIRO.T.A *Avaliação de Alternativas de Pós-Tratamento para os Efluentes dos Reatores UASB da ETE Onça (Belo Horizonte, 1.000.000 hb)*. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Campo Grande/MS, 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 274, de 19 de novembro de 2000. *Dispõe sobre a balneabilidade*. Republicação: Diário Oficial da União, 25 de janeiro de 2001.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Publicação: Diário Oficial da União, 18 de março de 2005.
- CUNHA, C.L.N.; ROSMAN, P.C.C.; MONTEIRO, T.C.N. Avaliação da Poluição em Rios usando modelagem Computacional. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.8, n. 3, p. 126-134, 2003 *apud* RUAS, A. L. *Avaliação das alterações da qualidade de águas tropicais decorrentes da instalação de barramentos para fins de geração de energia elétrica: estudo de caso do Rio Pomba*. 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - UFMG / DESA, Belo Horizonte.
- ESTEVES, F.A. 1998 *Fundamentos de Limnologia*. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p.
- FEAM – *Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 1997* – Projeto: Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais - Águas de Minas – Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 1998, 53 p.

- GENRICH, A.V.S. *Análise de impactos ambientais na cabeceira da drenagem da bacia do córrego Vilarinho- regional Venda Nova RMBH-MG*. 2002. 90f. Dissertação de (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Geografia, Belo Horizonte, 2002 *apud* UMBELINO G. *Proposta metodológica para avaliação da população residente em áreas de risco ambiental: o caso da bacia hidrográfica do córrego do Onça/MG*. 2006. cap. 5, p. 91-108.
- GONÇALVES, J.C. 2002 *Análise do consumo de água segundo as diversas tipologias industriais nas bacias dos ribeirões Arrudas e Onça, nos municípios de Belo Horizonte e Contagem*. UFMG, 2002. cap. 4, p. 11-14.
- GUERRA, A. J; CUNHA, S. B. *Degradação Ambiental*. In: - Geomorfologia e meio ambiente. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. cap. 7, p. 337–379.
- IGAM – *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – Instituto Mineiro de Gestão das Águas*. Belo Horizonte: IGAM, 2000, 112 p.
- IGAM – *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – Instituto Mineiro de Gestão das Águas*. Belo Horizonte: IGAM, 2005, 228 p.
- IGAM - *Relatório de Implantação da Rede Dirigida de Monitoramento das Águas Superficiais da Sub-bacia do Rio das Velhas em Minas Gerais – Instituto Mineiro de Gestão das Águas*. Belo Horizonte: IGAM, 2005, 85 p.
- IGAM – *Monitoramento das Águas Superficiais da Sub-bacia do Rio das Velhas em Minas Gerais – Relatório Anual 2007 - Instituto Mineiro de Gestão das Águas*. Belo Horizonte: IGAM, 2007, 256 p.
- JÚLIO JR., H. F.; BONECKER, C. C.; AGOSTINHO, A. A. *Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguaçu*. In: *Reservatório do Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Editado por AGOSTINHO, A. A. & GOMES, L. C. Maringá: EDUEM, 1997, 387 p.
- LIBÂNIO, M. *Fundamento de Tratamento e Qualidade da Água*. São Paulo: Editora Átomo, segunda edição, 2008. 444 p.
- MARQUES, P.P. Programa de Qualidade das Águas. A Água em Revista. Revista Técnica e Informativas da CPRM. v.1, n.1, p. 35-42, 1993. *apud* RUAS, A. L. Avaliação das alterações da qualidade de águas tropicais decorrentes da instalação de barramentos para fins de geração de energia elétrica: estudo de caso do Rio Pomba.
- REDFIELD, A.C. *The biological control of chemical factor in the environment*. Am. Sei. 46:205 – 222, 1958 *apud* SOUZA, A.D.e, *Variação especial e temporal de parâmetros de qualidade da água em um reservatório tropical (Represa de Vargem das Flores Contagem M.G.) e suas implicações com os aspectos limnológicos*, 2003, 245 p. (Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- REYNOLDS, C. S. *Vegetation process in the pelagic: a model for ecosystem theory*, Excellence in ecology, Ecology Institute, Oldendorf – Luhe, 371 pp. 1-28, 1966 *apud* SOUZA, A.D.e, *Variação especial e temporal de parâmetros de qualidade da água em um reservatório tropical (Represa de Vargem das Flores Contagem M.G.) e suas implicações com os aspectos limnológicos*, 2003, 245 p. (Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- REIS, R.; MALTA, I *Atlas climatológico de Minas Gerais em CD.ROM*. Período de dados – 1961 a1990. Belo Horizonte: PUC MINAS, 2001 *apud* UMBELINO G. *Proposta*

- metodológica para avaliação da população residente em áreas de risco ambiental: o caso da bacia hidrográfica do córrego do onça/MG*. 2006. cap. 5, p. 91-108.
- RUAS, A. L. *Avaliação das alterações da qualidade de águas tropicais decorrentes da instalação de barramentos para fins de geração de energia elétrica: estudo de caso do Rio Pomba*. 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - UFMG / DESA, Belo Horizonte.
- SEMAD – *Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) Estabelecimento das Equações do Índice da Qualidade da Água (IQA) – Relatório 1* – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais: SEMAD, 2005, 16 p.
- SISLVA, A. et al. *Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte*. Belo Horizonte: UFMG. 1995. apud UMBELINO G. *Proposta metodológica para avaliação da população residente em áreas de risco ambiental: o caso da bacia hidrográfica do córrego do onça/MG*. 2006. cap. 5, p. 91-108.
- UMBELINO G. *Proposta metodológica para avaliação da população residente em áreas de risco ambiental: o caso da bacia hidrográfica do córrego do onça/MG*. 2006. cap. 5, p. 91-108.
- VON SPERLING, E. 1999 – *Morfologia de Lagos e Represas* – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 138 p.
- VON SPERLING, M. 2005 – *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos* 3º Edição – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 452 p..
- VON SPERLING, E. (2001). *Uso de relações limnológicas para avaliação da qualidade da água em mananciais de abastecimentos*. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa/PB, 2001.
- WHIPPLE, G. C. *The Microscopy of Drinking Water*. E.U.A., John Wiley & Sons, 1954 apud BRANCO, S.M. *Hidrologia Aplicada à Engenharia Sanitária*. 3.ed., São Paulo: CETESB/ASCTESB, 1986. 616 p.