

Ao meu Pai

# *A Lenda do Rio Ave*

*Diz-se que certo dia, chegou à Serra da Agra uma moça vinda dos lados da Galiza. Desenvolta, jovem e bonita chegou à fronteira, que praticamente não existia, e deixou-se ficar com o seu rebanho de cabras na bela paisagem que a encantava.*

*Diz a lenda que um cavaleiro muito elegante, numa manhã de Sol quando caçava com outros caçadores pelas redondezas, ficou como que maravilhado diante da moça pastora. Cumprimentou-a ternamente:*

*- Bom dia, linda Cabreira...Tens a luz do sol no teu olhar.*

*Ela sorriu, envergonhada e respondeu com voz trémula:*

*- É dos vossos olhos, Senhor...Eu não valho o vosso cumprimento...*

*Então o cavaleiro fez sinal aos seus companheiros para se afastarem e desmontou devagar do cavalo, com um sorriso de promessas:*

*- Ouve, linda Cabreira...por ti, e só por ti, vou abandonar a caça e ficar neste local...para te adorar!*

*Assim começou mais um romance de amor, que durou horas, dias, talvez semanas...Cavaleiro e Donzela trocaram as suas juras, como se só eles existissem no mundo, ali, os dois sozinhos, recolhidos num recanto paradisíaco da Serra da Agra.*

*Mas tudo tem um fim, diz o povo e é verdade. Em certo momento o cavaleiro lembrou-se que tinha de partir.*

*Obrigações importantes esperavam-no decerto.*

*- Escuta, minha linda amada...*

*Eu vou, mas voltarei o mais rapidamente possível. Já não posso viver sem ti.*

*Triste, suspirando, ela apenas confessou:*

*- Nem sequer sei quem sois...Como vos chamais...*

*Ele riu, dominador e feliz.*

*- Pouco importa... Sou o homem que tu amas e te ama...*

*Mas se queres saber mais, digo-te que sou o Conde de uma vila próxima que virei buscar-te em breve para o meu palácio. Espera por mim!*

*- Esperarei até ao fim da minha vida.*

*E esperou, na verdade, até se secar quase morta de fome e de cansaço e de frio (e de desilusão, também!).*

*- Preciso de o encontrar, de o encontrar de novo... nem que para isso tenha de ser ave e voar...*

*E Chorou. Chorou tanto, tanto, que o caudal das suas lágrimas se transformou depois num rio e esse rio foi banhar a terra daquele que a abandonou – Vila do Conde.*

*E o bom povo quis perpetuar para sempre, com toda a justiça, o amor desgostoso da moça pastora.*

*Por isso, deu à Serra onde ela vivera a sua grande paixão o nome de Serra da Cabreira e já que ela queria ser ave passou a chamar ao Rio da Vila do Conde, o Rio Ave.*

# AGRADECIMENTOS

O presente trabalho não teria sido possível sem o apoio de um conjunto variado de pessoas e organizações que de diferentes formas contribuíram para a sua concretização.

Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, e em especial a alguns dos seus elementos, agradeço as boas condições disponibilizadas.

À Doutora Manuela Lemos Lima, minha orientadora, e ao Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira, que co-orientou este trabalho, deixo uma palavra de enorme gratidão pela forma sabedora como acompanharam este trabalho e pela disponibilidade que sempre demonstraram.

À Águas do Ave, S.A., na pessoa do Engenheiro Paulo Queirós, e à CCDR-N – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, em especial à Isabel Ribeiro, o meu muito obrigada pela disponibilidade no acesso aos dados da Rede Nacional de Qualidade da Água.

Aos meus colegas Simão e Jorge, agradeço o seu importante contributo na parte gráfica do trabalho.

Ao Engenheiro Martins Soares, agradeço a forma entusiástica e amiga como sempre apoiou e acompanhou o desenvolvimento deste trabalho.

À Ana Jacinta, agradeço a paciência e a minúcia com que reviu o trabalho.

Uma palavra especial ao Nuno pela sua enorme paciência, incentivo, amizade e carinho que sempre demonstrou.

À minha Mãe e ao Pedro, agradeço a força transmitida ao longo deste trabalho.

Ao meu Pai... sempre presente... à memória de quem dedico o trabalho.

# CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NUMA BACIA HIDROGRÁFICA

## RESUMO

A Directiva Quadro da Água estabelece uma plataforma comum para a gestão integrada e sustentável das águas naturais. Isto implica a necessidade das entidades gestoras se equiparem com instrumentos de análise para suporte à decisão.

A bacia hidrográfica, unidade primordial de planeamento e gestão, está normalmente submetida a inúmeras pressões e alterações ambientais resultantes principalmente das actividades humanas. À escala de uma bacia hidrográfica existe a necessidade de se estabelecerem metodologias que permitam a monitorização sistemática da qualidade da água para a posterior caracterização do seu estado, através de uma análise correcta dos dados recolhidos, para que as actuais e futuras pressões possam ser identificadas, compreendidas, evitadas e minimizadas.

A avaliação da interacção pressão-estado-impacto numa bacia hidrográfica pode ser facilitada com a ajuda de indicadores ambientais que, actualmente, estão na base de um dos possíveis métodos de análise, tratamento e informação, de modo a tornar os dados de cariz científico facilmente perceptíveis e utilizáveis pelos diversos públicos.

O presente trabalho descreve a metodologia desenvolvida na implementação de um sistema de indicadores de qualidade de águas superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio Ave. Esta ferramenta baseou-se no modelo conceptual de Pressão-Estado-Resposta e pode ser aplicada na avaliação de três tipos de variáveis de qualidade: biológica, físico-química e hidromorfológica.

Contudo, no âmbito do presente trabalho, esta abordagem restringiu-se unicamente a elementos de qualidade físico-química, utilizando dados da Rede Nacional de Qualidade da Água relativos aos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005.

A caracterização da qualidade das águas superficiais comportou um conjunto de etapas e cobriu as temáticas eutrofização, balanço de oxigénio, contaminação microbiológica, matéria orgânica e metais pesados, definindo para cada temática, indicadores de pressão, de estado e de resposta.

# **AN INDICATOR SYSTEM FOR SURFACE WATER QUALITY IN RIVER BASINS**

## **ABSTRACT**

The European Water Framework Directive establishes a common framework for sustainable and integrated management of natural waters. This implies a tight connection between management bodies and instruments of analysis for decision making.

The river basin, primordial unity of planning and management, is usually submitted to pressures and changes, due to human activities. At a river basin scale there is a need to establish a methodology for systematic data monitoring, for the characterization of surface water quality and for the correct analysis of collected data, so that the present and expected future pressures may be identified and understood.

The assessment of pressure-state-impact interaction can be facilitated using environmental indicator tools, which are on the basis of one of possible methods of analyses, treatment and information capable of transforming scientific data in clear way of communication with public.

This research work describes the methodology developed in the implementation of an indicator system for the Portuguese River Ave Basin surface waters. This assessment tool is based on the conceptual model Pressure-State-Response and may be used to evaluate three types of quality variables: biological, physical-chemical and hydro-morphological.

In the present work, this approach was applied only to physical-chemical quality variables. For the indicators calculation, data from the National Water Quality Network relative to the years 2002, 2003, 2004 and 2005 were used.

The characterization of the surface waters quality consists on a group of steps and deals with eutrophication, dissolved oxygen, contamination by microorganisms, organic matter and heavy metals. For each of these thematics, pressure, state and response indicators were defined.



# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento e Objectivos .....	1
1.2	Estrutura .....	4
<b>2.</b>	<b>GESTÃO DA ÁGUA.....</b>	<b>5</b>
2.1	Introdução.....	6
2.2	Directiva Quadro da Água .....	7
2.3	Quadro Institucional para a Gestão da Água em Portugal.....	14
2.4	Instrumentos de Gestão de Bacias Hidrográficas .....	17
<b>3.</b>	<b>SISTEMAS DE INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS.....</b>	<b>21</b>
3.1	Indicadores de Qualidade das Águas Superficiais .....	22
3.2	Modelos Conceptuais .....	24
3.3	Metodologias. Revisão Bibliográfica.....	28
3.3.1	Estados Unidos da América .....	29
3.3.2	Portugal .....	31
3.3.3	Espanha .....	36
3.3.4	Estónia.....	39
<b>4.</b>	<b>ESTUDO COMPARADO DE METODOLOGIAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AVE.....</b>	<b>45</b>
4.1	Caracterização Geral .....	46
4.2	Pressões sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Ave .....	51
4.3	Sistemas Infraestruturais na Bacia Hidrográfica do Rio Ave.....	57
4.3.1	Alto Ave .....	58
4.3.2	Médio Ave.....	59
4.4	Rede de Monitorização da Qualidade da Água Existente .....	61
4.5	Teste de Aplicabilidade das Metodologias .....	64
4.5.1	Variáveis Propostas .....	67
4.5.2	Normalização das Variáveis.....	69
4.5.3	Factores de Ponderação.....	70
4.5.4	Teste de Comparação das Metodologias .....	70
4.5.5	Classes de Qualidade .....	73
4.6	Análise e Discussão dos Resultados .....	73
4.6.1	Abordagem 1. Classificação por Agregação das Variáveis.....	73
4.6.2	Abordagem 2. Classificação por Agregação dos Índices Temáticos. ....	76
4.7	Conclusões.....	80
<b>5.</b>	<b>SISTEMA DE INDICADORES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AVE.....</b>	<b>81</b>
5.1	Metodologia Adoptada.....	82

5.2	Identificação das Temáticos de Qualidade da Água.....	84
5.3	Indicadores e Variáveis Propostas .....	85
5.4	Indicadores de Pressão .....	88
5.5	Indicadores de Estado.....	91
5.5.1	Dados de Monitorização da Qualidade da Água .....	91
5.5.2	Metodologia .....	92
5.6	Indicadores de Resposta.....	103
5.7	Análise e Discussão dos Resultados Obtidos para os Indicadores de Estado .....	111
5.8	Conclusão .....	119
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>123</b>
6.1	Conclusões.....	123
6.2	Sugestões de Trabalho Futuro.....	126
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>129</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>135</b>
	<b>ANEXO 1.....</b>	<b>137</b>
	<b>ANEXO 2.....</b>	<b>143</b>
	<b>ANEXO 3.....</b>	<b>149</b>
	<b>ANEXO 4.....</b>	<b>155</b>
	<b>ANEXO 5.....</b>	<b>161</b>
	<b>ANEXO 6.....</b>	<b>165</b>
	<b>ANEXO 7.....</b>	<b>169</b>
	<b>ANEXO 8.....</b>	<b>177</b>
	<b>ANEXO 9.....</b>	<b>191</b>



# LISTA DE ABREVIATURAS

- AEA** – Agência Europeia do Ambiente
- a.p.** – Aglomerados Populacionais
- APM** – Aritmética Ponderada Modificada
- ARH** – Administração de Região Hidrográfica
- BH** – Bacia(s) Hidrográfica(s)
- BHRA** – Bacia Hidrográfica do Rio Ave
- CAE** – Classes das Actividades Económicas
- CCDR** – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
- CCDR-N** – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte
- DGA** – Direcção Geral do Ambiente
- DTAR** – Drenagem e Tratamento de Águas Residuais
- EG** – Estado Geral
- e.p.** – Equivalente Populacional
- ETA** – Estação(ões) de Tratamento de Água
- ETAR** – Estação(ões) de Tratamento de Águas Residuais
- FE** – Factores de Emissão
- GQA** – General Quality Assessment
- I<sub>BOA</sub>** – Índice Balanço de Oxigénio Anual
- I<sub>CM</sub>A** – Índice Contaminação Microbiológica Anual
- I<sub>E</sub>A** – Índice Eutrofização Anual
- I<sub>G</sub>A** – Índice Geral Anual
- I<sub>MO</sub>A** – Índice Matéria Orgânica Anual
- I<sub>MP</sub>A** – Índice Metais Pesados Anual
- INAG** – Instituto da Água
- IQA** – Índice de Qualidade da Água
- NSF** – National Sanitation Foundation
- OCDE** – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
- ONG** – Organização(ões) Não Governamental(ais)
- PBH** – Plano(s) de Bacia Hidrográfica

**PEAASAR** – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

**PHBRA** – Plano Hidrográfico da Bacia do Rio Ave

**PGBH** – Plano(s) de Gestão de Bacia Hidrográfica

$P_i$  – Factor de Ponderação

**PNA** – Plano Nacional da Água

$Q_i$  – Valor de qualidade obtido, através de uma função de qualidade, para cada variável

**RH** – Região(ões) Hidrográfica(s)

**RHIDRO** – Rede Hidrométrica

**RQA** – Rede de Qualidade da Água

**SAA** – Sistema(s) de Abastecimento de Água

**SDD** – Scottish Development Department

**SDTAR** – Sistema(s) de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais

**SIDVA** – Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave

**SNIRH** – Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos

**Subíndice<sub>i</sub>** – Subíndice ou valor de qualidade obtido através de uma função de qualidade, para cada variável

$T_r$  – Tempo de Residência

**VLE** – Valor Limite de Emissão

**VMA** – Valor Máximo Admissível

**VMR** – Valor Máximo Recomendável

**WQI** – Water Quality Index

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Delimitação das regiões hidrográficas (INAG, 2005).....	16
Figura 3.1 – Modelo Pressão – Estado – Resposta (adaptado de OCDE, 2003).....	26
Figura 3.2 – Estrutura conceptual do modelo DPSIR, proposto pela AEA (adaptado de DGA/DSIA, 2000).....	27
Figura 4.1 – Bacia Hidrográfica do Rio Ave .....	47
Figura 4.2 – Esquema do Rio Ave e seus principais afluentes (Águas do Ave, S.A., 2003).....	48
Figura 4.3 – Localização das estações e pontos de amostragem existentes na BHRA .....	62
Figura 4.4 – Metodologias adoptadas no cálculo dos indicadores de estado (adaptado de Oliveira <i>et al.</i> , 2006).....	65
Figura 5.1 – Metodologia genérica usada para a construção do sistema de indicadores da BHRA .....	83
Figura 5.2 – Índices temáticos seleccionados para a caracterização do estado geral (EG) da qualidade das águas superficiais da BHRA .....	84
Figura 5.3 – Curva de penalidade proposta para a determinação do Índice de Conformidade com a Legislação (adaptado de Silva, 2002).....	90
Figura 5.4 – Localização das estações/pontos de amostragem na Bacia Hidrográfica do Rio Ave.....	91
Figura 5.5 – Regressão linear simples entre os valores de $I_GA$ e EG, no teste T1 .....	98
Figura 5.6 – Regressão linear simples entre os valores de $I_GA$ e EG, no teste T2 .....	99
Figura 5.7 – Regressão linear simples entre os valores de $I_GA$ e EG, no teste T3 .....	99
Figura 5.8 – Regressão linear simples entre os valores de $I_GA$ e EG, no teste T4 .....	99
Figura 5.9 – Infra-estruturas de drenagem e tratamento de águas residuais existentes e previstas para a BHRA (Águas do Ave, S.A., 2006).....	106
Figura 5.10 – EG da qualidade da água superficial da BHRA, em 2002 .....	117
Figura 5.11 – EG da qualidade da água superficial da BHRA, em 2003 .....	118
Figura 5.12 – EG da qualidade da água superficial da BHRA, em 2004 .....	118
Figura 5.13 – EG da qualidade da água superficial da BHRA, em 2005 .....	119
Figura 5.14 – EG's obtidos em 2005, desde a nascente à foz do Rio Ave .....	119

# ÍNDICE DE FIGURAS DOS ANEXOS

Figura A2. 1 – Função de Qualidade para a variável OD (adaptado de Green, 2006).....	145
Figura A2. 2 – Função de Qualidade para a variável CBO <sub>5</sub> (adaptado de Green, 2006).....	145
Figura A2. 3 – Função de Qualidade para a variável Nitratos (adaptado de Green, 2006).....	145
Figura A2. 4 – Função de Qualidade para a variável pH (adaptado de Green, 2006).....	146
Figura A2. 5 – Função de Qualidade para a variável Variação de Temperatura (adaptado de Green, 2006).....	146
Figura A2. 6 – Função de Qualidade para a variável Coliformes Fecais (adaptado de Green, 2006).....	146
Figura A2. 7 – Função de Qualidade para a variável Sólidos Totais (adaptado de Green, 2006).....	147
Figura A2. 8 – Função de Qualidade para a variável Fósforo Total (adaptado de Green, 2006).....	147
Figura A2. 9 – Função de Qualidade para a variável Turvação (adaptado de Green, 2006).....	147
Figura A3. 1 – Função de Qualidade para a variável OD (in Mano, 1989).....	151
Figura A3. 2 – Função de Qualidade para a variável CBO <sub>5</sub> (in Mano, 1989).....	151
Figura A3. 3 – Função de Qualidade para a variável CQO (in Mano, 1989).....	151
Figura A3. 4 – Função de Qualidade para a variável NH <sub>3</sub> (in Mano, 1989).....	152
Figura A3. 5 – Função de Qualidade para a variável pH (in Mano, 1989).....	152
Figura A3. 6 – Função de Qualidade para a variável Temperatura (in Mano, 1989).....	152
Figura A3. 7 – Função de Qualidade para a variável Condutividade (in Mano, 1989).....	153
Figura A3. 8 – Função de Qualidade para a variável Coliformes Fecais (in Mano, 1989).....	153
Figura A3. 9 – Função de Qualidade para a variável SST (in Mano, 1989).....	153
Figura A4. 1 – Função de Qualidade para a variável OD (in Barros <i>et al.</i> , 1992).....	157
Figura A4. 2 – Função de Qualidade para a variável CBO <sub>5</sub> (in Barros <i>et al.</i> , 1992).....	157
Figura A4. 3 – Função de Qualidade para a variável CQO (in Barros <i>et al.</i> , 1992).....	157
Figura A4. 4 – Função de Qualidade para a variável pH (in Barros <i>et al.</i> , 1992).....	158
Figura A4. 5 – Função de Qualidade para a variável Condutividade (in Barros <i>et al.</i> , 1992).....	158
Figura A4. 6 – Função de Qualidade para a variável Coliformes Totais (in Barros <i>et al.</i> , 1992).....	158
Figura A4. 7 – Função de Qualidade para a variável SST (in Barros <i>et al.</i> , 1992).....	159
Figura A5. 1 – Sub-Index da variável Oxigênio Dissolvido (Leisk, 2006).....	163
Figura A5. 2 – Sub-Index da variável CBO <sub>7</sub> (Leisk, 2006).....	163
Figura A5. 3 – Sub-Index da variável Amônia (Leisk, 2006).....	163
Figura A5. 4 – Sub-Index da variável Azoto Total (Leisk, 2006).....	164
Figura A5. 5 – Sub-Index da variável Fósforo Total (Leisk, 2006).....	164
Figura A8. 1 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação AV01.....	179
Figura A8. 2 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 12.....	180
Figura A8. 3 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 04H/01.....	181
Figura A8. 4 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação B8.....	182
Figura A8. 5 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 10.....	183

Figura A8. 6 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 9 .....	184
Figura A8. 7 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 05G/03 .....	185
Figura A8. 8 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 7 .....	186
Figura A8. 9 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 05G/04 .....	187
Figura A8. 10 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 5 .....	188
Figura A8. 11 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 05F/01 .....	189
Figura A8. 12 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 2 .....	190

# ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Prazos e objectivos propostos na DQA (adaptado de União Europeia, 2000) .....	8
Quadro 2.2 – Definição de “bom estado ecológico” dos rios, de acordo com a DQA (adaptado de União Europeia, 2000).....	11
Quadro 2.3 – Definição geral das classificações do estado ecológico (adaptado de União Europeia, 2000).....	12
Quadro 2.4 – Área das regiões hidrográficas de Portugal Continental (INAG, 2005 e Silva, 2002).....	15
Quadro 3.1 – Indicadores Ambientais propostos para o Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (adaptado de DGA/DSIA, 2000).....	25
Quadro 3.2 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do IQA <sub>NSF</sub> (Green, 2006).....	29
Quadro 3.3 – Escala de qualidade do IQA <sub>NSF</sub> (Green, 2006).....	30
Quadro 3.4 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do IQA (Barros <i>et al.</i> , 1992 e Mano, 1989).....	32
Quadro 3.5 – Escala de qualidade do índice geral da qualidade da água (Mano, 1989).....	34
Quadro 3.6 – Subdivisão da escala de qualidade do IQA, proposta por Mano (1989) .....	35
Quadro 3.7 – Definição de classes de estado de qualidade, com base nos indicadores de estado normalizados (Silva, 2002) .....	36
Quadro 3.8 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do IQA (Barros <i>et al.</i> , 1992).....	37
Quadro 3.9 – Escala de classificação do Índice de Qualidade da Água, adoptada no sistema utilizado em Espanha (Barros <i>et al.</i> , 1992).....	38
Quadro 3.10 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do IQA <sub>GS</sub> (Loigu e Leisk, 2001).....	42
Quadro 3.11 – Método do Sub-Index (Leisk, 2006).....	43
Quadro 3.12 – Aproximações adoptadas no método do Sub-Index (Leisk, 2006).....	43
Quadro 3.13 – Classificação da qualidade da água nos rios Estónios (adaptado de Loigu e Leisk, 2001) .....	43
Quadro 4.1 – População residente, por concelho, na área abrangida pela BHRA (INE, 2006).....	50
Quadro 4.2 – Carga poluente estimada afluente à BHRA (adaptado de DRA, 2000).....	53
Quadro 4.3 – Estimativas das cargas poluentes provenientes de fontes tóxicas afluentes à BHRA (adaptado de INAG, 2005) .....	54
Quadro 4.4 – Descritores considerados na estimativa das cargas poluentes afluentes ou originadas na BHRA (adaptado de INAG, 2005).....	55
Quadro 4.5 – Concentrações de “risco” dos parâmetros estimados para as cargas poluentes das pressões estimadas quantitativamente (adaptado de INAG, 2005).....	55
Quadro 4.6 – Estimativa das cargas poluentes provenientes de fontes difusas na RH2 (adaptado de INAG, 2005).....	56
Quadro 4.7 – Intervalos de variação das variáveis físico-químicas referentes aos efluentes tipo rejeitados pelas ITV's (Quatenaire Portugal, 2004) .....	56
Quadro 4.8 – Factores de Emissão, referentes às empresas da CAE 17 e CAE 18 (Quatenaire Portugal, 2004) .....	57
Quadro 4.9 – Características das ETAR em funcionamento (Águas do Ave, S.A., 2006) .....	58
Quadro 4.10 – Composição actual do SIDVA (Águas do Ave, S.A., 2003).....	59
Quadro 4.11 – Locais e tipos de peixes encontrados no Médio Ave (Águas do Ave, S.A., 2003).....	60
Quadro 4.12 – Caracterização das estações de monitorização da qualidade da água localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Ave. 63	
Quadro 4.13 – Caracterização dos 16 pontos de amostragem localizados ao longo da BHRA .....	64
Quadro 4.14 – Proposta de composição do vector qualidade necessário para o cálculo do I <sub>geral</sub> Anual.....	68

Quadro 4.15 – Valores objectivo adoptados na metodologia M4.....	68
Quadro 4.16 – Variáveis que constituem o vector qualidade no caso das metodologias M1, M2 e M3 .....	69
Quadro 4.17 – Factores de ponderação propostos nas metodologias M1, M2 e M3.....	70
Quadro 4.18 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices, na M1 .....	71
Quadro 4.19 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices, na M2 .....	71
Quadro 4.20 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices, na M3 .....	72
Quadro 4.21 – I <sub>G</sub> A obtidos com base no valor médio da série de observações.....	74
Quadro 4.22 – I <sub>G</sub> A obtidos com base nos valores do percentil 10 e percentil 90 da série de observações.....	75
Quadro 4.23 – I <sub>T</sub> A's obtidos com base na Metodologia M1 .....	76
Quadro 4.24 – I <sub>T</sub> A's obtidos com base na Metodologia M2 .....	77
Quadro 4.25 – I <sub>T</sub> A's obtidos com base na Metodologia M3 .....	78
Quadro 4.26 – I <sub>T</sub> A's obtidos com base na Metodologia M4 .....	79
Quadro 5.1 – Temáticas e critérios de selecção baseados na legislação.....	85
Quadro 5.2 – Indicadores propostos.....	87
Quadro 5.3 – Indicadores de pressão.....	88
Quadro 5.4 – Indicador de Cargas Poluentes .....	89
Quadro 5.5 – Proposta de descritores a utilizar na estimativa do <i>Indicador de Ocorrência de Acidentes de Poluição</i> .....	91
Quadro 5.6 – Características das estações/pontos de amostragem localizados na área de estudo .....	92
Quadro 5.7 – Valores Objectivo adoptados na temática “Metais Pesados” .....	95
Quadro 5.8 – Valores mínimos de qualidade propostos na metodologia M5.....	95
Quadro 5.9 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices.....	96
Quadro 5.10 – Factores de ponderação considerados no teste de sensibilidade para o cálculo do EG.....	97
Quadro 5.11 – Factores de ponderação atribuídos às temáticas, para o cálculo do EG .....	100
Quadro 5.12 – Classes de estado de qualidade com base nos indicadores de estado normalizados (adaptado de Loigu e Leisk, 2001 e União Europeia, 2000).....	101
Quadro 5.13 – Indicadores de Resposta para a BHRA .....	104
Quadro 5.14 – Frentes de drenagem e subsistemas que constituem a componente de águas residuais do Sistema Multimunicipal (Águas do Ave, S.A., 2006) .....	105
Quadro 5.15 – População e taxa de atendimento prevista atingir com a implementação do Sistema Multimunicipal (Águas do Ave, S.A., 2006).....	107
Quadro 5.16 – Tecnologias e/ou alterações de processo de fabrico e respectiva redução, reciclagem, reutilização ou recuperação de recursos referentes ao efluente final das ITV's (Quatenaire Portugal, 2004) .....	108
Quadro 5.17 – Características das principais ETAR a construir e a ampliar (a.p. > 2.000 e.p.) e dos meios receptores (Águas do Ave, S.A., 2006).....	109
Quadro 5.18 – Tecnologias e/ou alterações de processo de fabrico e respectiva redução, reciclagem, reutilização ou recuperação de recursos referentes aos efluentes específicos das etapas dos processos de fabrico das ITV's (Quatenaire Portugal, 2004) .....	110
Quadro 5.19 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2002.....	112
Quadro 5.20 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2003.....	112
Quadro 5.21 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2004.....	112
Quadro 5.22 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2005.....	113

# ÍNDICE DE QUADROS DOS ANEXOS

Quadro A1. 1 – Grelha de parâmetros para as Estações de Captação (DSRH/INAG, 2001) .....	139
Quadro A1. 2 – Frequência de amostragem para as Estações de Captação (DSRH/INAG, 2001).....	139
Quadro A1. 3 – Grelha de parâmetros e frequência de amostragem para as Estações de objectivo Piscícola (DSRH/INAG, 2001) 140	
Quadro A1. 4 – Grelha de parâmetros e frequência de amostragem para as Estações de Referência (DSRH/INAG, 2001).....	140
Quadro A1. 5 – Grelha parâmetros e frequência de amostragem para as Estações de Impacto e Fluxo (DSRH/INAG, 2001) .....	141
Quadro A6. 1 – Legislação comunitária e nacional relevante para a definição dos critérios de avaliação.....	167
Quadro A7. 1 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação AV01 (Cabeceira do Ave) .....	171
Quadro A7. 2 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 12 (ETA das Andorinhas).....	171
Quadro A7. 3 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 04H/01 (Garfe).....	171
Quadro A7. 4 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação B8 (Taipas) .....	172
Quadro A7. 5 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 10 (Ponte Serves).....	172
Quadro A7. 6 – Teste de Sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 9 (VIM).....	172
Quadro A7. 7 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 05G/03 (Riba d’Ave).....	173
Quadro A7. 8 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 7 (Caniços) .....	173
Quadro A7. 9 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 05G/04 (Santo Tirso).....	174
Quadro A7. 10 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 5 (Ponte Lagoncinha).....	174
Quadro A7. 11 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 05F/01 (Ponte da Trofa) .....	175
Quadro A7. 12 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 2 (Restaurante Azenha).....	175
Quadro A9. 1 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2002 .....	193
Quadro A9. 2 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2003 .....	194
Quadro A9. 3 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2004 .....	195
Quadro A9. 4 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	196
Quadro A9. 5 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 12 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	197
Quadro A9. 6 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 04H/01 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	198
Quadro A9. 7 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2002 .....	199
Quadro A9. 8 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2003 .....	200
Quadro A9. 9 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2004 .....	201



Quadro A9. 10 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	202
Quadro A9. 11 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 10 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	203
Quadro A9. 12 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 9 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	204
Quadro A9. 13 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2002.....	205
Quadro A9. 14 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2003.....	206
Quadro A9. 15 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2004.....	207
Quadro A9. 16 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2005.....	208
Quadro A9. 17 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 7 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	209
Quadro A9. 18 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2002.....	210
Quadro A9. 19 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2003.....	211
Quadro A9. 20 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2004.....	212
Quadro A9. 21 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2005.....	213
Quadro A9. 22 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 5 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	214
Quadro A9. 23 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2002 .....	215
Quadro A9. 24 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2003 .....	216
Quadro A9. 25 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2004 .....	217
Quadro A9. 26 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	218
Quadro A9. 27 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 2 e respectivos subíndices, no ano 2005 .....	219



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento e Objectivos

A gestão da água na natureza tem evoluído no sentido de se tornar uma gestão integrada com outros recursos naturais, tais como o solo e a floresta. O seu principal objectivo é o de garantir que exista água em quantidade suficiente e de qualidade adequada, de modo a possibilitar o desenvolvimento das várias actividades que dela necessitam. Por outro lado, a dependência humana do funcionamento contínuo e equilibrado do ecossistema global implica a que sejam promovidas e aplicadas políticas de gestão baseadas no uso sustentável da água, de modo a satisfazer as necessidades do presente sem comprometer o direito das gerações futuras, para que estas possam, igualmente, satisfazer as suas próprias necessidades (Vieira, 2003).

Nas últimas décadas, com a contaminação progressiva das águas, os aspectos qualitativos têm merecido especial atenção por parte das entidades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

De acordo com a Lei de Bases do Ambiente (Assembleia da República, 1987) a “bacia hidrográfica é a unidade de gestão dos recursos hídricos, a qual deverá ter em conta as suas implicações socio-económica, culturais e internacionais”.

À escala de uma bacia hidrográfica, as intervenções antrópicas são responsáveis por inúmeras alterações, nomeadamente, ao nível das zonas de inundação dos canais naturais de escoamento, da hidrodinâmica de estuários e zonas costeiras, da quantidade de sedimentos transportados, da alteração e extinção de espécies da fauna e flora autóctones, da temperatura da água, da degradação da qualidade da água e consequentes

alterações nas comunidades existentes, levando mesmo à ocorrência de alguns episódios de poluição susceptíveis de constituírem um perigo para a saúde pública.

Neste sentido, associados aos usos principais e secundários de uma bacia hidrográfica surgiram, de acordo com o Decreto-Lei n.º45/94, de 22 de Fevereiro (em parte revogado pela recente Lei da Água) – que regula o processo de planeamento de recursos hídricos e a elaboração e aprovação dos planos de recursos hídricos, apoiando-se no conceito de “bacia hidrográfica” – dois níveis de planificação, constituindo os instrumentos pioneiros e fundamentais para a gestão da água em Portugal: o Plano Nacional da Água (PNA) e os Planos de Bacia Hidrográfica (PBH).

O PNA tem por unidade espacial o território de Portugal Continental e visa, sobretudo, identificar os objectivos estratégicos nacionais e formular os princípios orientadores da política da água. No PNA é apresentado o diagnóstico da situação actual dos recursos hídricos em Portugal, são equacionados cenários de evolução sócio-económica e seu relacionamento com os recursos hídricos, são enunciados objectivos e medidas e é proposta uma programação física e financeira para um horizonte de planeamento de 20 anos, enquadrado por um conjunto de programas de acção no domínio da construção de infra-estruturas (saneamento básico e regadio) e da implementação de acções necessárias ao cumprimento de objectivos ambientais (Vieira, 2003).

Os PBH definem orientações de valorização, protecção e gestão equilibrada da água, de âmbito territorial, para uma bacia hidrográfica ou agregação de pequenas bacias hidrográficas. Para Portugal Continental foram definidos quinze PBH, tendo como unidade territorial a bacia hidrográfica a que respeitam, incluindo os estuários, as lagunas costeiras e as pequenas linhas de água costeiras adjacentes, com exclusão da faixa litoral. Os PBH dividem-se em dois tipos: o primeiro tipo inclui os PBH das bacias hidrográficas totalmente integradas em território nacional – Cávado, Ave, Leça, Vouga, Mondego, Lis, Sado e Mira e ainda as pequenas bacias hidrográficas correspondentes às ribeiras da região do Oeste e às ribeiras da região do Algarve; o segundo tipo corresponde aos PBH das bacias hidrográficas internacionais – Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana – sendo, neste caso, o objecto espacial dos planos apenas a parcela da bacia hidrográfica que se encontra em território nacional (Bernardino e Rodrigues, 2000).

Com a entrada em vigor da Directiva Quadro da Água (DQA) (União Europeia, 2000), em Dezembro de 2000, tornou-se necessário a revisão de parte importante da legislação portuguesa existente para o sector da água, no sentido de contemplar os novos paradigmas de gestão da água consagrados na DQA. Esta revisão foi iniciada com a aprovação recente da nova Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro) e da Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos (Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro), em Sessão Plenária da Assembleia da República, de 29 de Setembro de 2005.

A definição de mecanismos de gestão dos recursos hídricos deverá ter por base uma sólida informação ambiental, recolhida pelos programas de monitorização e analisada por metodologias previamente estabelecidas. Estes programas deverão permitir a compreensão clara dos fenómenos que condicionam os valores ambientais e fornecer critérios para a tomada de decisões de gestão. Surge assim a necessidade de estabelecer uma metodologia para a observação sistemática e a caracterização do estado da qualidade das águas superficiais e para a correcta interpretação dos dados obtidos, de modo a que os problemas actuais e emergentes sejam identificados e as pressões que os originam sejam compreendidas, ou seja, a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia para a construção de um Sistema de Indicadores de Qualidade de Águas Superficiais, objectivo da presente dissertação.

Pretende-se com esta metodologia estabelecer um instrumento útil de gestão, essencial para o apoio a programas de monitorização, sistematização da informação e para a comunicação clara com os responsáveis pelas decisões e com o público.

A aplicação do conceito de indicador ambiental a uma bacia hidrográfica é recente e limitada devido à especificidade e particularidade destes sistemas, pelo que, na presente dissertação se procurou desenvolver uma metodologia particularmente adequada à caracterização das suas águas superficiais.

Sendo a base de todos os modelos, a metodologia proposta no presente trabalho assenta no modelo Pressão-Estado-Resposta, uma vez que tendo como objectivo a aplicação numa bacia hidrográfica, pode ser útil na comparação com caracterizações efectuadas por outras instituições. Uma outra razão pela qual se optou por este modelo está relacionada com a adequação da sua aplicação face à relativa dificuldade na obtenção da informação de base.

A metodologia proposta neste trabalho foi aplicada ao caso de estudo – a Bacia Hidrográfica do Rio Ave – com maior aprofundamento no caso dos indicadores de estado. A análise efectuada revelou uma grande operacionalidade, validade e fiabilidade da metodologia proposta.

## **1.2 Estrutura**

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, dos quais o primeiro é constituído pela presente parte introdutória.

No capítulo 2 são referidos alguns aspectos da política de gestão dos recursos hídricos na União Europeia e em Portugal.

No capítulo 3 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre sistemas de indicadores de qualidade de águas superficiais em bacias hidrográficas.

O capítulo 4 contém um estudo comparado das metodologias revistas, aplicadas ao caso da Bacia Hidrográfica do Rio Ave.

No capítulo 5 descreve-se, com pormenor, a metodologia utilizada e os resultados obtidos no desenvolvimento de uma proposta de sistema de indicadores aplicáveis à Bacia Hidrográfica do Rio Ave.

O capítulo 6 é o capítulo final, onde são apresentadas as principais conclusões deste trabalho.

## 2. GESTÃO DA ÁGUA

*O presente capítulo descreve as actuais políticas de gestão dos recursos hídricos existentes na União Europeia e em Portugal.*

*A Directiva Quadro da Água, que estabelece o quadro de acção para a política da água da União Europeia, constitui uma plataforma comum para a gestão integrada e sustentável das águas naturais.*

*Ao nível do planeamento e gestão dos recursos hídricos em Portugal, os principais instrumentos de suporte a uma política de gestão da água actualmente concluídos e aprovados são os Planos de Bacia Hidrográfica e o Plano Nacional da Água.*

*Com a entrada em vigor da Directiva Quadro da Água, foi necessário que em Portugal se procedesse a uma revisão de parte importante da legislação para o sector da água. Esta revisão iniciou-se com a recente aprovação e publicação da Lei da Água. Entre outros aspectos igualmente importantes, a nova lei de bases da água procede à definição do princípio da Região Hidrográfica como unidade principal de planeamento e gestão, podendo esta englobar uma ou mais bacias hidrográficas.*

## 2.1 Introdução

As actuais exigências de quantidade e qualidade da água tornam prioritária a sua preservação, o seu controle e a sua utilização racional.

A definição de instrumentos de gestão deste recurso hídrico é baseada em sistemas de informação resultantes de programas de monitorização ambiental, uma vez que estes permitem: caracterizar o estado da qualidade das águas numa bacia hidrográfica; avaliar a disponibilidade de água e as alterações de longo prazo das condições naturais dos meios hídricos e das pressões das actividades humanas; avaliar a qualidade da água (química e microbiológica), considerando os actuais e potenciais usos da água, a saúde pública e o estado ecológico; por fim verificar o cumprimento dos objectivos de qualidade, de forma a permitir a definição de planos de gestão (e posterior avaliação da sua implementação), a melhoria da qualidade da água e a garantia de informação actualizada sobre o estado geral deste recurso hídrico (DSRH/INAG, 2001).

Com a aprovação da DQA é introduzido o conceito de “avaliação do estado ecológico”, abordagem que altera o anterior sistema de classificação da qualidade das águas baseado essencialmente em parâmetros físico-químicos. Os parâmetros físico-químicos são indicadores comumente utilizados na caracterização do estado da qualidade dos recursos hídricos, exigindo o estudo de um número considerável de parâmetros para uma caracterização satisfatória.

O “estado ecológico” pretende quantificar o afastamento de uma massa de água (“desvio ecológico”) relativamente a outra com características idênticas (“ecótipos”) e em condições “inalteradas”, situação a que corresponde o “estado ecológico de referência”. Neste sentido, o “estado ecológico” das águas superficiais é classificado com base em indicadores biológicos (ganhando preponderância e constituindo a base de avaliação da qualidade da água, sendo usados como indicadores da sua qualidade ecológica), físico-químicos e hidromorfológicos.

A implementação de programas de monitorização, cumprindo uma das exigências da DQA, tem como principal objectivo uma análise coerente e exaustiva do estado das águas, funcionando como ferramentas de suporte à tomada de decisão no processo de gestão dos recursos hídricos. Neste aspecto, a utilização de sistemas de indicadores de qualidade das águas superficiais baseados em índices de qualidade da água, surge como forma eficaz de acompanhamento dos programas de monitorização,



sendo possível através da integração da informação conseguida avaliar a qualidade dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica e ao longo do tempo (Toledo e Nicolella, 2002).

De facto, as águas superficiais de uma bacia hidrográfica são normalmente submetidas a inúmeras pressões e alterações ambientais resultantes principalmente das actividades humanas. À escala de uma bacia hidrográfica existe a necessidade de se estabelecerem metodologias que permitam a monitorização sistemática da qualidade da água para a posterior caracterização do seu estado, através de uma análise correcta dos dados recolhidos, para que as actuais e futuras pressões possam ser identificadas e compreendidas. A avaliação desta interacção pressão-estado-impacto poderá ser facilitada recorrendo a sistemas de indicadores ambientais (Oliveira *et al.*, 2006).

## **2.2 Directiva Quadro da Água**

A DQA estabelece o quadro de acção para a política da água da União Europeia e tem por objectivo estabelecer um quadro comum para a protecção das águas interiores, de superfície e subterrâneas, das águas de transição e das águas costeiras da União Europeia, visando prevenir a degradação e protecção da qualidade das águas, promover a utilização sustentável da água e contribuir para a mitigação dos efeitos das cheias e das secas, ou seja, visa dar respostas eficazes para inverter a crescente deterioração da qualidade das águas.

A DQA pretende colmatar algumas lacunas e incompatibilidades da actual legislação existente ao nível da Comunidade Europeia para o sector das águas, constituindo um marco comunitário de actuação no âmbito da política da água. Esta lei-quadro pretende garantir a coordenação, integração e a longo prazo, a adaptação dos princípios gerais e dos instrumentos para a protecção e o uso sustentável de todo o tipo de águas Comunitárias, estabelecendo e impondo objectivos de qualidade ambiental a todos os Estados-Membros, visando alcançar o “bom estado ecológico” de todas as águas.

A sua publicação e entrada em vigor, em Dezembro de 2000, veio dar uma maior relevância às metodologias de caracterização da qualidade dos meios hídricos, incluindo as águas superficiais.

São objectivos-chave da DQA:

- Proteger todo o tipo de águas – rios, lagos, águas costeiras e águas subterrâneas;
- Estabelecer objectivos ambiciosos para alcançar o “bom estado” de todas as águas até 2015;
- Criar um sistema de gestão das bacias hidrográficas, reconhecendo que os sistemas hídricos vão para além das fronteiras políticas;
- Apresentar um sistema combinado de controlo da poluição, estabelecendo ao mesmo tempo valores limite de emissão e objectivos de qualidade da água;
- Garantir a participação activa de todos os interessados, incluindo as ONG’s e as comunidades locais, nas actividades de gestão dos recursos hídricos.

Tendo em conta os objectivos ambiciosos a que a DQA se propõe, esta estabelece prazos para a sua inteira implementação, como se pode constatar da análise do Quadro 2.1.

**Quadro 2.1 – Prazos e objectivos propostos na DQA (adaptado de União Europeia, 2000)**

<b>ANO</b>	<b>OBJECTIVOS DA DQA</b>
<b>2003</b>	Transposição da DQA para a legislação nacional e regional de cada Estado-Membro e identificação por parte de cada Estado-Membro das Regiões Hidrográficas.
<b>2004</b>	Análise das pressões e dos impactos a que as águas estão expostas, incluindo uma análise económica, por parte de cada Estado-Membro.
<b>2006</b>	Os programas de monitorização, enquanto base para a gestão das águas, deverão estar operacionais e passíveis de fornecer informações acerca de: caudais e nível das águas superficiais; qualidade ecológica e química das águas superficiais e quantidade e qualidade das águas subterrâneas. Intercalibração das condições de referência, critérios de qualidade e estandarização de métodos de recolha e análises.
<b>2008</b>	Apresentação pública dos Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas.
<b>2009</b>	Publicação dos primeiros Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas.
<b>2012</b>	Os programas de medidas para o controlo da poluição nas regiões hidrográficas deverão estar operacionais.
<b>2015</b>	Os objectivos ambientais previstos na DQA deverão ser atingidos, ou seja, as águas deverão estar em “bom estado”.

A DQA estabelece, como objectivos ambientais para todas as águas da Comunidade, a prevenção da deterioração e o “bom estado”, que deverá, tal como definido no Quadro 2.1, ser satisfeito num prazo de 15 anos.

Contudo, este objectivo é específico para os diferentes tipos de águas, para as diferentes regiões e para as condições naturais (morfológicas, geológicas e climáticas).

No que diz respeito às águas de superfície, os objectivos ambientais estabelecidos na DQA consistem na prevenção da deterioração do estado das águas e na obtenção do “bom estado” para todos os meios hídricos de superfície, com excepção dos meios hídricos artificiais ou fortemente modificados. O “bom estado” exige que sejam alcançados o “bom estado químico” e o “bom estado ecológico”. No caso dos meios hídricos artificiais ou fortemente modificados, o objectivo de “bom estado ecológico” é substituído pelo de “bom potencial ecológico”, mantendo-se, no entanto, o objectivo de “bom estado químico”.

O “bom estado ecológico”, principal objectivo fixado na DQA para as águas de superfície da comunidade, é o estado de um meio de águas de superfície que, embora sujeito à influência significativa das actividades humanas traduzindo o desvio relativamente à “situação de referência”, constitui, ainda assim, um ecossistema rico, diversificado e sustentável (Henriques *et al.*, 2000).

O conceito de “estado ecológico” engloba diversos parâmetros relativos à natureza físico-química da água, às características hidrodinâmicas e à estrutura física dos meios hídricos, merecendo especial destaque os parâmetros relativos às condições dos elementos bióticos dos ecossistemas aquáticos.

A implementação da DQA e consequente cumprimento dos objectivos ambientais exige o desenvolvimento e a aplicação dos princípios e orientações da directiva, através da adopção de um conjunto de medidas por parte dos Estados-Membros e da Comissão. De entre as diversas medidas a estabelecer pelos Estados-Membros incluem-se as relacionadas directamente com a definição do “estado ecológico”, nomeadamente, a definição dos tipos de meios hídricos e respectivas condições de referência; o desenvolvimento de sistemas de avaliação e programas de monitorização de qualidade ambiental, coerentes a nível nacional com as condições de referência e finalmente, a apresentação de uma classificação a nível comunitário, a partir dos dados nacionais (Pio e Henriques, 2000).

No sentido de cumprir os objectivos ambientais da DQA, os Estados-Membros deverão, numa primeira fase, proceder à análise das características da região hidrográfica e dos impactos da actividade humana no estado das águas de superfície, bem como à análise económica dos usos das águas (artigo 5.º da DQA), através de um conjunto de etapas, designadamente a caracterização dos tipos de meios hídricos de superfície e respectiva definição das condições de referência e identificação das pressões inerentes às actividades humanas e respectiva avaliação dos impactos causados (União Europeia, 2000).

A definição do “estado ecológico” ou do “potencial ecológico” é feita a partir da avaliação de três conjuntos de elementos de qualidade: biológicos, hidromorfológicos e físico-químicos, sendo indicados, no Anexo V da DQA, os respectivos indicadores ambientais, definidos para os diferentes meios hídricos: rios, lagos, águas de transição e águas costeiras.

A avaliação destes elementos em conjunto com os critérios definidos no Quadro 2.2, permite aferir se determinada água superficial apresenta um estado ecológico “excelente”, “bom” ou “razoável”. De referir ainda que, as águas num estado inferior a razoável serão classificadas de medíocres ou más.

Passo importante para levar a bom termo a implementação da DQA e as suas exigências, consiste na definição das condições de referência a que corresponde o “estado ecológico excelente”. As condições de referência baseiam-se nas condições hidromorfológicas (regime hidrológico e condições morfológicas), nas condições biológicas (flora aquática, invertebrados bentónicos e peixes) e nas condições físico-químicas (poluentes gerais e específicos), específicas para cada tipo de meio hídrico identificado.

No caso dos meios hídricos artificiais ou fortemente modificados, os elementos de qualidade aplicáveis para o estabelecimento do “máximo potencial ecológico” específico do tipo de meio hídrico devem corresponder aos utilizados para a categoria de meio hídrico natural que mais se assemelha.

Em muitos casos, “bons” valores de referência são encontrados na literatura, podendo, contudo, ser obtidos de diferentes formas, dependendo dos dados disponíveis no momento. Em alguns casos é possível utilizar estações de referência.

**Quadro 2.2 – Definição de “bom estado ecológico” dos rios, de acordo com a DQA (adaptado de União Europeia, 2000)**

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS DO “BOM ESTADO ECOLÓGICO”
<b>QUALIDADE BIOLÓGICA</b>	
FITOPLÂNCTON	Ligeiras modificações da composição e abundância dos <i>taxa</i> fitoplantónicos. Estas modificações não indicam um crescimento acelerado de algas que dê origem a perturbações indesejáveis do equilíbrio dos organismos presentes na massa de água ou da qualidade físico-química da água ou sedimentos. Ligeiro aumento da frequência e intensidade dos <i>blooms</i> fitoplantónicos.
MACRÓFITOS E FITOBENTOS	Ligeiras modificações da composição e abundância dos <i>taxa</i> macrofíticos. Estas alterações não indicam um crescimento acelerado de fitobentos ou de plantas superiores que origine perturbações indesejáveis do equilíbrio dos organismos presentes na massa de água ou do sedimento. A comunidade fitobentónica não é negativamente afectada por flocos/mantas bacterianos devidos a actividades antropogénicas.
INVERTEBRADOS BENTÓNICOS	Ligeiras modificações da composição e abundância dos <i>taxa</i> invertebrados. A razão entre os <i>taxa</i> sensíveis e os <i>taxa</i> insensíveis às perturbações apresenta uma ligeira modificação em relação aos níveis específicos do tipo. Ligeiras alterações de <i>taxa</i> invertebrados em relação aos níveis específicos do tipo.
FAUNA PISCÍCOLA	Ligeiras modificações da composição e abundância das espécies em comparação com as comunidades específicas do tipo. Estas alterações são atribuídas a impactos antropogénicos sobre os elementos de qualidade físico-química e hidromorfológica. A estrutura etária das comunidades piscícolas dá sinais de perturbação. Nalguns casos ocorrem falhas na reprodução ou desenvolvimento de certas espécies, ao ponto de faltarem algumas classes etárias.
<b>QUALIDADE HIDROMORFOLÓGICA</b>	
REGIME HIDROLÓGICO	Condições compatíveis com os valores especificados para os elementos de qualidade biológica.
CONTINUIDADE DO RIO	
CONDIÇÕES MORFOLÓGICAS	
<b>QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICO</b>	
CONDIÇÕES GERAIS	As condições de temperatura, oxigenação, pH, capacidade de neutralização dos ácidos e salinidade permanecem dentro dos níveis estabelecidos, de forma a garantir o funcionamento do ecossistema específico e os valores especificados para os elementos de qualidade biológica. As concentrações de nutrientes não excedem os níveis estabelecidos, de modo a garantir o funcionamento do ecossistema e os valores especificados para os elementos de qualidade biológica.
POLUENTES SINTÉTICOS ESPECÍFICOS	Concentrações não superiores às normas estabelecidas nos termos do ponto 1.2.6 da DQA, sem prejuízo das Directivas 91/414/CEE e 98/8/CE (< eqs.) <sup>1</sup> .
POLUENTES NÃO SINTÉTICOS ESPECÍFICOS	Concentrações não superiores às normas estabelecidas no ponto 1.2.6 <sup>(2)</sup> da DQA, sem prejuízo das Directivas 91/414/CEE e 98/8/CE (< eqs.).

<sup>1</sup> eqs = norma de qualidade ambiental; cnr = concentração natural de referência.

<sup>2</sup> A aplicação das normas derivadas da Directiva Quadro da Água não requer a redução das concentrações de poluentes para níveis inferiores às concentrações naturais de referência (eqs > cnr).

Para a avaliação e classificação da qualidade ecológica das águas de superfície é importante a adopção de programas de monitorização adequados por parte dos Estados-Membros. Deste modo, a classificação do “estado ecológico”, ou “potencial ecológico” é dada pelo pior dos resultados de monitorização dos elementos pertinentes de qualidade biológica e de qualidade físico-química.

Para efeitos de classificação do “estado ecológico” ou “potencial ecológico” os valores resultantes da monitorização biológica deverão ser expressos em termos de “rácios de qualidade ecológica”, correspondendo à relação entre os valores dos parâmetros biológicos observados e os verificados em condições de referência, para o mesmo meio hídrico.

O Estado-Membro deverá dividir a escala de “rácios de qualidade ecológica” em cinco classes, atribuindo um valor numérico aos limites entre as classes. Esta classificação em cinco níveis pretende reflectir a divergência entre as condições actuais do estado de qualidade das águas superficiais e as condições de referência. De um modo geral, os cinco níveis de classificação são qualitativamente definidos consoante o grau das alterações causadas pela actividade humana nos elementos de qualidade (Quadro 2.3).

**Quadro 2.3 – Definição geral das classificações do estado ecológico (adaptado de União Europeia, 2000)**

ESTADO ECOLÓGICO	NÍVEL	EFEITOS DA ACTIVIDADE HUMANA	DEFINIÇÃO GERAL
EXCELENTE	I	MÍNIMOS	Nenhuma ou poucas alterações antropogénicas dos valores dos elementos de qualidade físico-químicos em relação às condições não perturbadas. Elementos de qualidade biológica <u>correspondem aos valores em condições não perturbadas.</u>
BOM	II	LIGEIROS	Os valores dos elementos de qualidade biológica apresentam baixos níveis de distorção resultantes de actividades humanas. Elementos de qualidade biológica <u>diferem ligeiramente dos valores em condições não perturbadas.</u>
RAZOÁVEL	III	FORTES	Os valores dos elementos de qualidade biológica <u>desviam-se moderadamente das condições não perturbadas.</u> Os valores mostram sinais moderados de distorção resultante da actividade humana e são significativamente mais perturbados do que em condições próprias do bom estado ecológico.
MEDÍOCRE	IV	GRAVES	Alterações consideráveis dos valores dos elementos de qualidade biológica referentes ao tipo de massa de águas de superfície em questão e em que as <u>comunidades biológicas relevantes se desviam substancialmente das condições não perturbadas.</u>
MAU	V	MUITO GRAVES	<u>Alterações graves dos valores dos elementos de qualidade biológica</u> referentes ao tipo de massa de águas de superfície em questão e em que estejam ausentes grandes porções das comunidades biológicas relevantes normalmente associadas a esse tipo de massa de águas de superfície em condições não perturbadas.

De modo a apoiar a tradução dos resultados nacionais em resultados comunitários, será estabelecida uma rede de locais de intercalibração, a fim de garantir que as fronteiras entre as classes de avaliação do estado ecológico sejam coerentes com as definições normativas constantes na DQA e comparáveis entre os Estados-Membros (União Europeia, 2000).

Neste âmbito, Portugal participou em vários projectos comunitários para a implementação da DQA, dos quais se destacam, o projecto STAR – *Standardisation of Biological River Classifications: Framework method for Calibrating Ecological Classification Systems* (Outubro/ 2001 a Junho/2005), o grupo de trabalho RECFOND – *Development of a protocol for identification of reference conditions, and boundaries between high, good and moderate status in lakes and watercourses* (Dezembro/2000 a Dezembro/2002) e o grupo de trabalho para o desenvolvimento de um Guia para o Exercício de Intercalibração (Junho/2001 a Fevereiro/2003) (Rodrigues *et al.*, 2003).

Refira-se que caberá à Comissão Europeia, através do exercício de intercalibração, estabelecer os valores de fronteira entre as classes de “estado excelente”, “estado bom” e “estado razoável”. Através deste exercício, a Comissão Europeia pretende garantir a coerência entre os valores de fronteira e entre a descrição qualitativa dos níveis de “estado ecológico”, assim como, garantir a consistência na selecção dos locais de referência e melhorar a comparabilidade entre os resultados dos sistemas de monitorização específicos dos diferentes Estados-Membros.

À escala de uma bacia hidrográfica, a avaliação do estado ecológico exige a classificação das diferentes categorias de águas da bacia hidrográfica em vários ecótipos (áreas definidas por condições geográficas e hidrológicas relativamente homogéneas consideradas relevantes para a determinação das condições ecológicas). Esta desagregação tem como objectivo estabelecer uma base comum de comparação do estado ecológico, ou seja, para que as diferenças verificadas na composição dos elementos biológicos sejam exclusivamente devidas às alterações causadas pela actividade humana e não consequência das alterações naturais inerentes às diferenças de tipo de habitat (Pio e Henriques, 2000 in Bernardino e Rodrigues, 2000).

### **2.3 Quadro Institucional para a Gestão da Água em Portugal**

Actualmente em Portugal, encontram-se concluídos e aprovados os principais PBH e o PNA, instrumentos fundamentais de suporte a uma política ambiciosa de gestão da água, congruente com os objectivos fundamentais expressos na DQA.

Embora com algumas falhas e deficiências, estes instrumentos de gestão representam um importante desenvolvimento na formulação de estratégias coerentes, indispensáveis a uma política de gestão integrada dos recursos hídricos e dos respectivos ecossistemas aquáticos em Portugal Continental.

Com a entrada em vigor da DQA, em Dezembro de 2000, tornou-se necessário a revisão de parte importante da actual legislação portuguesa para o sector da água, no sentido de contemplar os novos paradigmas de gestão da água consagrados na DQA. A primeira revisão iniciou-se com a aprovação e publicação da Lei da Água. Esta, além de transpor a DQA, estabelece as bases para a gestão sustentável dos recursos hídricos, nomeadamente através do regime de gestão sustentável das águas e do regime económico e financeiro, e define um novo quadro institucional para o sector, promovendo a sistematização da legislação aplicável ao sector das águas.

Relativamente ao seu enquadramento institucional, a Lei da Água procede à definição do princípio da Região Hidrográfica (RH) como unidade principal de planeamento e gestão, podendo englobar uma ou mais bacias hidrográficas. Deste modo, no quadro da especificidade das bacias hidrográficas, dos sistemas aquíferos nacionais e das bacias partilhadas com Espanha e ainda das características próprias das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, são criadas as regiões hidrográficas constantes do Quadro 2.4 e da Figura 2.1.

O Instituto da Água (INAG) assume as funções de regulação e coordenação, enquanto que a Autoridade Nacional da Água e as Administrações das Regiões Hidrográficas (ARH) “herdam” as actuais competências das Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) em matéria de licenciamento e fiscalização de recursos hídricos, passando igualmente a assegurar as funções de planeamento.



**Quadro 2.4 – Área das regiões hidrográficas de Portugal Continental (INAG, 2005 e Silva, 2002)**

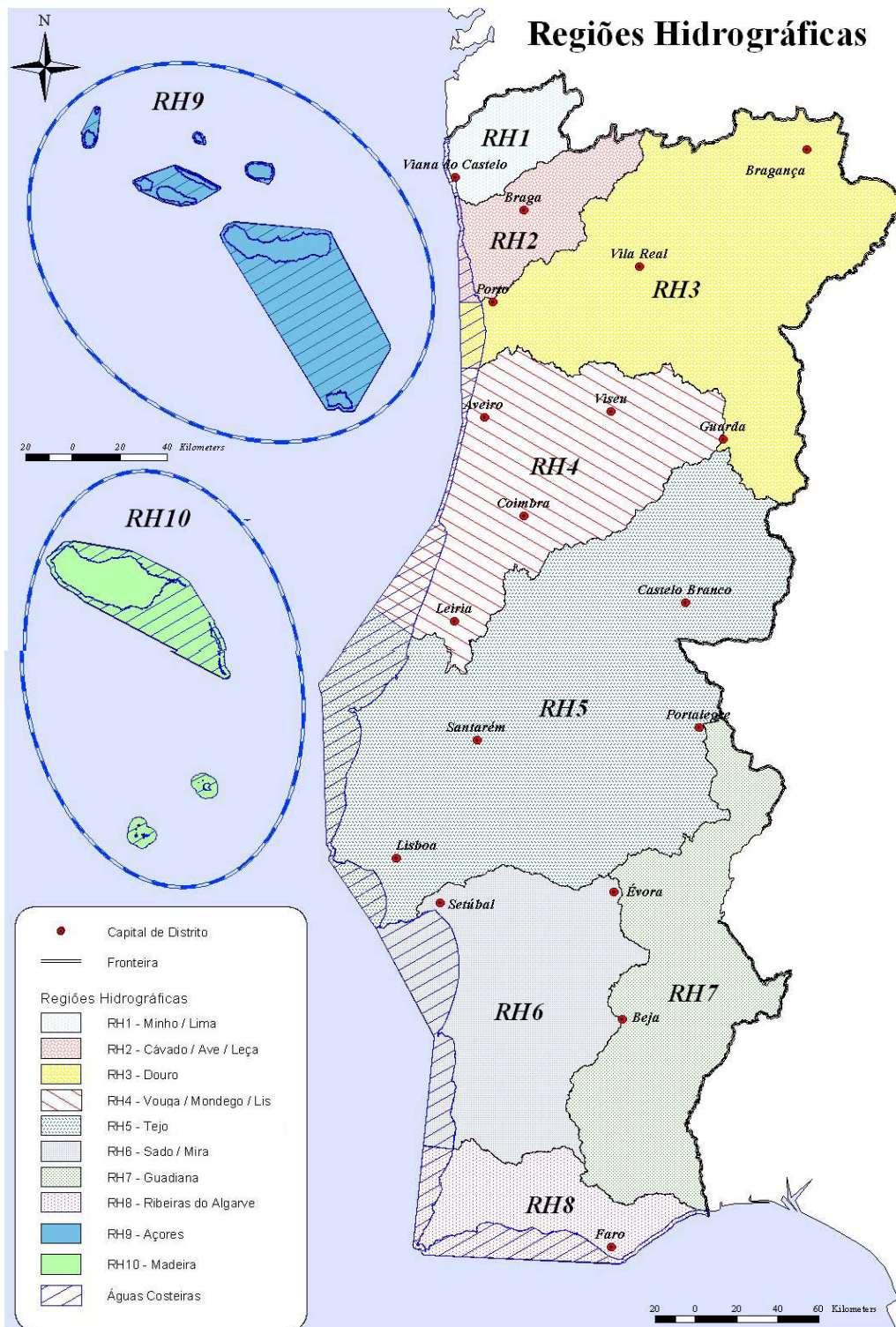
RH		DESIGNAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO	ÁREA (km <sup>2</sup> )
Regiões Hidrográficas	RH2	Cávado/Ave/Leça	BH dos rios Cávado, Ave e Leça e das ribeiras da costa entre os respectivos estuários e outras pequenas ribeiras adjacentes	3.614,61
	RH4	Vouga/Mondego/Lis/Ribeiras do Oeste	BH dos rios Vouga, Mondego e Lis, das ribeiras da costa entre o estuário do Rio Douro e a foz do Rio Lis e as bacias hidrográficas de todas as linhas de água a sul da foz do Lis até ao estuário do Rio Tejo, exclusive	17.647,34
	RH6	Sado/Mira	BH dos rios Sado e Mira e outras pequenas ribeiras adjacentes	12.147,44
	RH8	Ribeiras do Algarve	BH das ribeiras do Algarve	5.509,45
Regiões Hidrográficas Internacionais (parte em território Português)	RH1	Minho/Lima	BH dos rios Minho e Lima e das ribeiras da costa entre os respectivos estuários e outras pequenas ribeiras adjacentes	2.442,29
	RH3	Douro	BH do Rio Douro e outras pequenas ribeiras adjacentes	19.213,68
	RH5	Tejo	BH do Rio Tejo e outras pequenas ribeiras adjacentes	25.000,00
	RH7	Guadiana	BH do Rio Guadiana	11.612,99

Às CCDR são remetidas responsabilidades de articulação dos instrumentos de ordenamento com as regras e os princípios decorrentes da Lei da Água e dos instrumentos de planeamento dos recursos hídricos, bem como a integração da política da água nas políticas transversais do ambiente. Também são mantidas as competências, definidas através de legislação própria, no domínio da prevenção e controlo integrados da poluição.

No que se refere a órgãos consultivos, são estabelecidos o Conselho Nacional da Água, órgão consultivo do governo, e os Conselhos da Região Hidrográfica, órgãos consultivos das ARH.

As principais alterações e “novidades” decorrentes da aprovação da Lei da Água, relativamente ao ordenamento jurídico, são as seguintes:

- a) Cada ARH tem jurisdição territorial própria, tendo por base o princípio da Região Hidrográfica como unidade principal de planeamento e gestão. Deste modo, foram criadas cinco ARH, de acordo com a seguinte distribuição espacial:



**Figura 2.1 – Delimitação das regiões hidrográficas (INAG, 2005)**

- **ARH do Norte:** RH Minho e Lima; RH Cávado, Ave e Leça; RH Douro;
- **ARH do Centro:** RH Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste;
- **ARH do Tejo:** RH Tejo;
- **ARH do Alentejo:** RH Sado e Mira; RH Guadiana;
- **ARH do Algarve:** RH Ribeiras do Algarve.

As estruturas institucionais que asseguram a administração das RH's dos Açores e Madeira serão definidas em diploma regulamentar (Pio, 2005).

- b) A Lei da Água põe termo à actual divisão entre o regime aplicável à gestão das águas marítimas e o regime aplicável à gestão das restantes águas;
- c) É criado um sistema único para a gestão sustentável das águas, independentemente da sua natureza e a dos terrenos confinantes;
- d) A Lei da Água veio definir as bases do regime económico-financeiro previsto na DQA e aplicável à utilização das águas, que figura tanto na necessidade de assegurar a internalização dos custos decorrentes das actividades susceptíveis de causar impacto negativo no estado de qualidade e quantidade das águas, como na necessidade de assegurar a recuperação dos custos das prestações públicas que proporcionam vantagens aos utilizadores ou garantam a qualidade e quantidade das águas utilizadas, neles se incluindo os custos de escassez;
- e) Por último, a Lei da Água vem consolidar de forma sistematizada a legislação dispersa aplicável ao sector das águas, constituindo um importante instrumento de sistematização e ordenamento jurídico, neste sector (Água em Revista, 2005).

## 2.4 Instrumentos de Gestão de Bacias Hidrográficas

Um dos principais aspectos introduzidos pela DQA é a gestão integrada das águas no quadro de acção das bacias hidrográficas, definidas pelos respectivos limites topográficos independentemente dos limites territoriais dos Estados-Membros e dos

limites administrativos<sup>3</sup>, englobando, assim, todos os meios hídricos de uma mesma bacia hidrográfica: rios e canais, lagos e albufeiras, aquíferos<sup>4</sup>, estuários e outras águas de transição e águas costeiras<sup>5</sup>.

Para além dos PBH, a DQA contempla, no seu artigo 13.º, a elaboração de um Plano de Gestão de Bacia Hidrográfica (PGBH) para cada RH situada inteiramente no seu território.

Estes planos incluem a análise das regiões hidrográficas, de acordo com o artigo 5.º, o registo das áreas de protecção, de acordo com o artigo 6.º e os programas de monitorização, em consonância com o estipulado no artigo 8.º da DQA. Os programas de medidas integradas nos PGBH constituem os instrumentos jurídicos privilegiados da acção das autoridades competentes das bacias hidrográficas. Os planos são objecto de consulta pública durante a sua elaboração, e deverão ser publicados no prazo de nove anos. Os programas de medidas que os integram são igualmente vinculativos também no prazo de nove anos, devendo, no entanto, ser implementados num prazo de doze anos.

Um outro aspecto importante introduzido pela DQA, consiste na criação de um sistema uniforme que permita a adaptação dos objectivos de qualidade ambiental gerais às condições próprias de cada RH, ao contrário das Directivas em vigor, em que as normas de qualidade são definidas em função dos usos da água (Henriques *et al.*, 2000).

No quadro de aplicação e entrada em vigor da DQA e para cumprimento de um dos objectivos apresentado no seu artigo 4.º, que consiste em “evitar a deterioração do estado ecológico e a poluição das águas superficiais e reconstruir as águas superficiais, por forma a alcançar um bom estado destas águas”, a DQA inclui, no artigo 8.º a exigência de “elaboração de programas de monitorização do estado das águas por forma a permitir uma análise coerente e exaustiva do estado das águas em cada região hidrográfica” (União Europeia, 2000).

---

<sup>3</sup> As pequenas bacias hidrográficas podem ser agrupadas numa única região hidrográfica, ou agregadas a bacias hidrográficas contíguas de maior dimensão.

<sup>4</sup> Os aquíferos que se estendem por mais do que uma bacia hidrográfica são inseridos na bacia hidrográfica dominante, para efeito da formulação e implementação das medidas de gestão e protecção integrada dos recursos hídricos.

<sup>5</sup> As águas costeiras são inseridas na bacia hidrográfica mais próxima ou mais apropriada, em função das descargas de águas interiores.

Em Portugal, para além do INAG/SNIRH (Instituto da Água/Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos), outras entidades efectuam programas regulares de controlo analítico com objectivos de carácter mais específico.

A rede de monitorização de recursos hídricos superficiais desenvolvida pelo INAG/SNIRH é constituída por quatro redes: meteorológica, hidrométrica, de qualidade da água e sedimentológica.

Segundo o DSRH/INAG (2000), a rede hidrométrica (RHIDRO) tem como objectivo principal a avaliação das disponibilidades dos recursos superficiais e a sua distribuição no espaço e no tempo. Estas estações são classificadas consoante o principal objectivo das medições efectuadas: i) estações de base ou referência; ii) estações de fluxo; iii) estações de fronteira; iv) estações de impacto e v) estações de armazenamento. O estabelecimento da rede de qualidade da água (RQA) tem em conta o princípio da sua integração com a rede hidrométrica, por forma a conhecer não só as concentrações dos vários parâmetros, mas também as cargas mássicas associadas. Estas estações, tal como na rede hidrométrica, são classificadas consoante o objectivo das medições efectuadas:

Mediante os objectivos a que estão associadas, as estações classificam-se em:

- i) Objectivo de captação, captação futura e captação de reserva, que permite a classificação da qualidade das origens de água para abastecimento quanto à aptidão para o respectivo uso;
- ii) Objectivo fronteira, para os locais situados em rios transfronteiriços e que permite quantificar a carga poluente que aflui aos recursos hídricos nacionais;
- iii) Objectivo de fluxo, que permite avaliar a evolução espacial da qualidade da água num curso de água;
- iv) Objectivo de impacto, que quantifica as alterações sofridas em zonas com forte pressão antrópica ou em áreas consideradas sensíveis;
- v) Objectivo de referência, que avalia as características naturais básicas (informação prévia à influência antropogénica);
- vi) Objectivo PCTI, que pretende cumprir o Procedimento Comum de Troca de Informações (77/795/CEE);

- vii) Objectivo de ciprinídeo e salmonídeo, que pretende classificar a qualidade das águas designadas como ciprinícolas ou salmonícolas, no âmbito da Directiva 78/659/CEE (transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto);
- viii) Objectivo piscícola, que pretende avaliar a aptidão de determinadas águas poderem vir a ser designadas como ciprinícolas ou salmonícolas (DSRH/INAG, 2000 e Rodrigues *et al.*, 2003).

Cada estação inserida na RQA poderá ter um ou mais objectivos de acordo com as finalidades propostas. A grelha dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e biológicos e respectiva frequência de amostragem depende dos objectivos atribuídos a cada estação – ANEXO 1 (DSRH/INAG, 2001).

Para uma maior eficácia da rede de monitorização, algumas estações estão dotadas de sensores e *data logger*, de modo a permitirem uma monitorização contínua da qualidade da água e o estabelecimento de relação directa entre os escassos parâmetros dos sensores e os parâmetros analisados laboratorialmente de forma discreta.

Existem, assim, vários tipos de estações:

- i) Tipo Convencional: amostragens mensais com determinações analíticas em laboratórios,
- ii) Tipo Automática+Convencional: sonda automática com medição contínua de alguns parâmetros e amostragens mensais com determinações analíticas em laboratórios;
- iii) Tipo Automática+Telemetria+Convencional: sonda automática com medição contínua de alguns parâmetros, telemetria com envio de alarme sempre que limites estabelecidos sejam ultrapassados e amostragens mensais com determinações analíticas em laboratórios.

### **3. SISTEMAS DE INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS**

*Os sistemas de indicadores ambientais são indispensáveis para fundamentar tomadas de decisão aos mais diversos níveis e nas mais variadas áreas. São um conjunto de variáveis associadas a determinado intervalo de tempo e domínio espacial, cujo significado é passível de julgamento com recurso a critérios de referência e objectivos, constituindo uma forma organizada de caracterizar um determinado sistema em estudo.*

*A escolha de um indicador deverá resultar da aplicação de uma série de critérios que ponderam as suas características quanto à sua relevância, consistência e mensurabilidade.*

*No presente capítulo descrevem-se os instrumentos e as metodologias analisados, que têm como elemento comum e objectivo principal a caracterização da qualidade das águas superficiais com base no conceito de indicador ambiental, desenvolvido ao longo das últimas três décadas, nomeadamente, os indicadores de estado da qualidade da água baseados em variáveis físico-químicas.*

### 3.1 Indicadores de Qualidade das Águas Superficiais

O conceito genérico de indicador ambiental, inúmeras vezes utilizado, corresponde a um descritor quantitativo das pressões sobre o estado do ambiente e das suas alterações.

Na temática dos indicadores ambientais, distinguem-se três conceitos independentes: parâmetro, indicador e índice. O parâmetro é uma variável ambiental mensurável, à qual eventualmente é atribuída um valor qualitativo, relevante para a caracterização do ambiente; os indicadores ambientais são conjuntos de parâmetros ambientais relevantes para a caracterização de aspectos específicos de dada região ou sistema, ou da sua evolução; os índices são ponderações numéricas das variáveis ambientais e pretendem exprimir, através de um valor numérico, determinado aspecto mais genérico do estado do ambiente.

Os sistemas de indicadores ambientais, como ferramenta de caracterização, constituem objecto de investigação e são, entre os instrumentos de apoio à gestão, os que merecem particular atenção no quadro da aplicação da DQA.

Tal como mostra a origem da palavra (do latim *indicare*), um indicador representa algo a salientar ou a revelar, e.g., uma descida de um barómetro pode indicar a aproximação de uma tempestade (DGA/DSIA, 2000). Um indicador deve ter uma significância superior à directamente associada ao valor do parâmetro e um significado sintético, bem como ser desenvolvido para um objectivo específico.

Os indicadores ambientais visam reduzir o número de “medições” necessárias para caracterizar de forma exacta uma dada situação, assim como simplificar o processo de comunicação com o utilizador final.

Contudo, os indicadores ambientais são apenas uma das ferramentas disponíveis para a avaliação ambiental, sendo necessária uma interpretação cuidada para que possam traduzir o seu significado efectivo. Para além disso, todos os indicadores deverão ser analisados dentro do seu contexto, regional, social, económico ou outro.

A escolha de um indicador deverá resultar de um conjunto de critérios e propriedades, devendo ser (Oliveira *et al.*, 2005):

- Quantitativo, abrangente, facilmente mensurável e passível de uma monitorização regular a um custo não excessivo;



- Bem apoiado e aceite em termos técnicos e científicos e de consenso internacional, como “bom” indicador da qualidade da água;
- Caracterizador e representativo dos principais problemas de qualidade da água;
- Sensível a acções de gestão, para que os seus valores possam reflectir as medidas e as acções políticas e de gestão tomadas;
- Capaz de descrever os diferentes tipos de poluição;
- Sensível às pressões exercidas sobre o sistema pelas diversas utilizações, bem como à variabilidade espacial e temporal;
- Representativo do estado e usos do sistema;
- Abrangente, essencialmente quando forem considerados no processo de consulta pública para a tomada de decisão;
- Único, tanto quanto possível, de modo a não existirem sobreposições entre indicadores químicos, físicos e biológicos relacionados;
- De fácil construção, baseado em dados relativamente acessíveis em condições fiáveis e de fácil interpretação pelos diferentes intervenientes (decisores políticos, técnicos e o público em geral);
- Baseado em métodos analíticos, de modo a assegurar a fiabilidade e a comparabilidade dos dados;
- Baseado em dados precisos e exactos, para que a sua validade e fiabilidade sejam asseguradas;
- Complementar aos indicadores biológicos;
- Capaz de descrever o “estado de saúde” e funcionamento do ecossistema em estudo;
- Útil em capacidade de previsão e retrospectiva, isto é, serem capazes de fornecer informação relacionada com tendências de evolução (passadas e futuras) de variáveis ambientais ou socio-económicas relevantes.

### 3.2 Modelos Conceptuais

O processo de selecção dos indicadores segue um conjunto de critérios objectivos, exequíveis e verificáveis, descritos na secção anterior, que justificam a escolha adequada.

Ao longo das últimas três décadas têm sido propostos, por vários autores e organizações internacionais ligadas à área do ambiente, diferentes modelos conceptuais de sistemas de indicadores para a caracterização da qualidade ambiental, de entre os quais se destacam os seguintes:

- O modelo PSR (da designação original, *Pressures, State, Response*) ou Pressão – Estado – Resposta;
- O modelo DSR (da designação original, *Driving forces, State, Response*) ou Forças motrizes – Estado – Resposta
- O modelo DPSIR (da designação original, *Driving forces, Pressures, State, Impact, Response*) ou Forças motrizes – Pressões – Estado – Impacto – Resposta (Ribeiro, 2000).

Ao nível de cada país, em particular, nos países industrializados, têm sido adoptados diversos sistemas de indicadores, destinados a estruturar os respectivos relatórios do estado do ambiente (Silva, 2002).

A OCDE, em 1998, desenvolveu o modelo *pressão-estado-resposta*, com base no modelo *stress-resposta* proposto por RAPPORT e FRIEND (in Rekolainen *et al.*, 2003), constituindo a base inicial para a evolução e desenvolvimento de modelos conceptuais, como seja o caso do modelo *driving forces-pressures-state-impact-response* (DPSIR), proposto e actualmente adoptado pela Agência Europeia do Ambiente (EEA, 1999). Novos desenvolvimentos deste último, foram efectuados por WIERINGA em 2003 (in Rekolainen *et al.*, 2003).

Por outro lado, com base no conceito de desenvolvimento sustentável, a Direcção Geral do Ambiente (DGA) desenvolveu uma proposta de indicadores de desenvolvimento sustentável, com base no modelo PSR, considerando quatro categorias distintas: indicadores ambientais (A), indicadores económicos (E), indicadores sociais (S) e indicadores institucionais (I).

No Quadro 3.1, listam-se os indicadores para o sector da água doce, seleccionados na componente indicadores ambientais, com particular interesse para o presente trabalho.

**Quadro 3.1 – Indicadores Ambientais propostos para o Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (adaptado de DGA/DSIA, 2000)**

CÓDIGO	NOME	TIPO
A23	Disponibilidades hídricas	Estado
A24	Captação de água subterrânea e superficial	Pressão
A25	Consumo de água	Pressão
A26	População com acesso a água potável regularmente monitorizada	Estado
A27	Eficiência dos sistemas de abastecimento de água	Pressão
A28	Qualidade das águas superficiais	Estado
A29	Qualidade das águas subterrâneas	Estado
A30	Qualidade da água para consumo humano	Estado
A31	Produção de águas residuais	Pressão
A32	População servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais	Resposta
A33	Eficiência dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais	Resposta
A34	Reutilização de águas residuais tratadas	Resposta
A35	Densidade de redes hidrológicas	Resposta
A36	Investimento e despesa na preservação ambiental de sistemas de água doce	Resposta

As principais características do modelo PSR são (DROTRH, 2001):

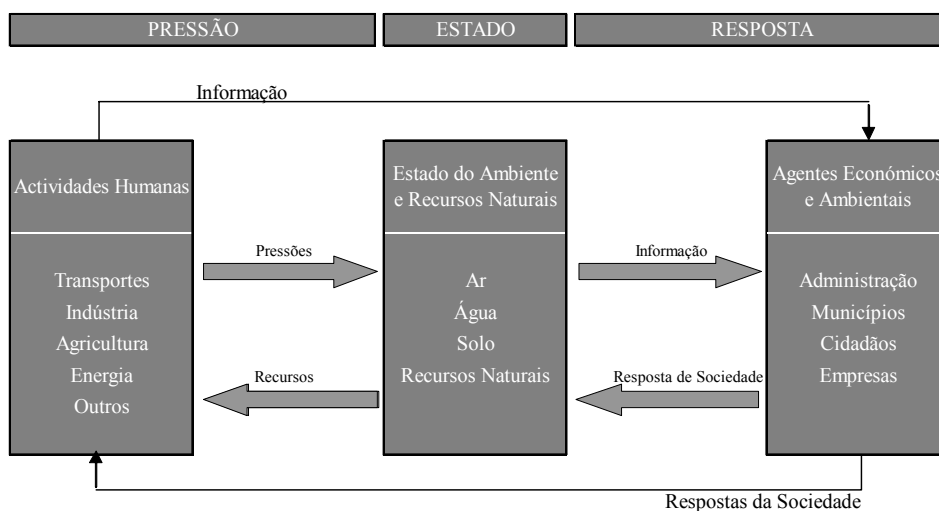
- Os *Indicadores de Pressão* descrevem pressões das actividades humanas sobre o ambiente que se traduzem em alterações na qualidade do ambiente e quantidade dos recursos naturais.
- Os *Indicadores de Estado* caracterizam a qualidade do ambiente, qualidade e quantidade dos recursos naturais, permitindo o conhecimento imediato do estado de determinado sistema;
- Os *Indicadores de Resposta* pretendem demonstrar os esforços efectuados pela sociedade, em resposta a alterações no estado do ambiente.

De acordo com esta metodologia, as actividades humanas causam pressões, episódicas ou permanentes, que têm repercussão nos processos naturais (biológicos,

químicos, hidrológicos) conduzindo a alterações nas condições ambientais – no estado – de diversos receptores.

Às modificações do estado do ambiente, traduzidas por alterações nos valores dos elementos de qualidade ambiental, corresponde uma resposta da sociedade traduzida em medidas ou actuações políticas que têm por finalidade alterar a grandeza ou o tipo de pressões exercidas sobre o ambiente (Lammers e Gilbert, 1999).

Na Figura 3.1 são apresentados, de forma esquemática, os diversos elementos deste modelo conceptual e as suas interligações.



**Figura 3.1 – Modelo Pressão – Estado – Resposta (adaptado de OCDE, 2003)**

O modelo PSR pretende demonstrar as relações causa-efeito existentes e auxiliar os decisores e público em geral a reconhecer os factores ambientais, económicos e outros como interligados. Este modelo é considerado um modelo neutro, dado apenas considerar e analisar as inter-relações existentes e nunca se estas exercem impacto positivo ou negativo sobre o ambiente, tendo a vantagem de ser um dos modelos mais facilmente compreendido e utilizado, não excluindo, contudo, as relações mais complexas que existem nos ecossistemas, nas relações ambiente-economia e ambiente-sociedade (OCDE, 2003).

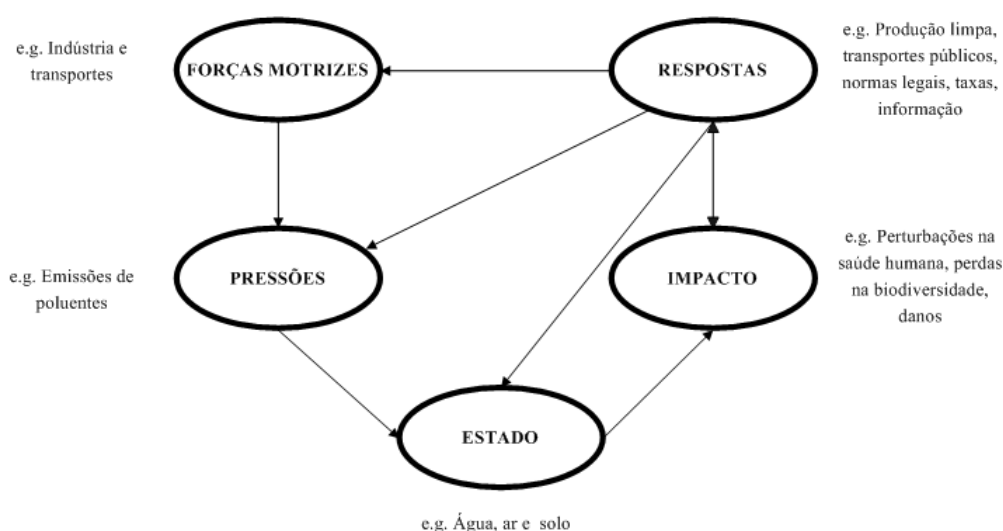
Uma versão mais sofisticada do modelo PSR é o modelo DPSIR, desenvolvido pela EEA (1999), tendo por base uma análise sistémica das relações entre o sistema

ambiental e o sistema humano. É um modelo de avaliação ambiental integrada que considera os sectores de actividade humana geradores das pressões (as *driving forces*), e os elementos de impacto sobre o ambiente que requerem respostas materializadas em diversos tipos e níveis de política macro-económicas ou sectoriais. Este modelo conceptual é particularmente útil na estruturação da recolha de informação.

O modelo DPSIR considera que:

- As *Forças Motrizes* são as principais causas dos problemas ambientais (e.g. as evoluções sociais e económicas, nomeadamente, o aumento do uso de transportes e da energia);
- Estas *Forças Motrizes* exercem *Pressões* no ambiente (e.g. exploração de recursos naturais e emissão de poluentes);
- Devido às pressões exercidas, surgem alterações no *Estado* do ambiente (e.g. qualidade dos componentes ambientais);
- Estas alterações originam *Impactos* na saúde humana, nos ecossistemas e nos materiais;
- Como *Resposta* a estas mudanças, a sociedade actua sobre as outras componentes, com vista a diminuir a gravidade dos problemas ambientais.

Na Figura 3.2 estão esquematizados os diversos intervenientes deste modelo conceptual e as respectivas interligações.



**Figura 3.2 – Estrutura conceptual do modelo DPSIR, proposto pela AEA (adaptado de DGA/DSIA, 2000)**

### 3.3 Metodologias. Revisão Bibliográfica

São apresentadas neste capítulo, cinco metodologias recolhidas da bibliografia especializada, que têm como elemento comum e principal objectivo a caracterização da qualidade das águas superficiais com base no conceito de indicador ambiental, mais concretamente, nos indicadores de estado da qualidade da água baseados em variáveis físico-químicas.

A primeira metodologia descrita, testada inúmeras vezes nos E.U.A., consiste na experiência pioneira da utilização de um índice como instrumento social que permite avaliar os custos e o impacto do esforço despendido para controlar a poluição, o *Water Quality Index* (WQI) desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), em 1970 (Mano, 1989).

A segunda metodologia, anterior à publicação da DQA, diz respeito à primeira experiência de aplicação de critérios de classificação da qualidade da água em rios portugueses, proposta por Mano (1989) e baseada na metodologia utilizada pelo Scottish Development Department (SDD) em 1976, 1981 e 1986 (in Mano, 1989).

A terceira metodologia, posterior à publicação da DQA e proposta por Silva (2002), baseada no modelo PSR para avaliação e quantificação dos indicadores de pressão, estado e resposta, no sentido de avaliar o estado ecológico do Estuário do Tejo. Esta metodologia consistiu na aplicação do conceito de indicador ambiental a estuários.

A quarta metodologia, consiste na metodologia aplicada na década de 1990 em Espanha, baseada na proposta de Provencher e Lamontagne (1989) (in Albuquerque, 1991) que conjuntamente com a segunda, deram origem a testes de aplicabilidade na mesma bacia hidrográfica, com vista a comparar os resultados obtidos em cada uma.

A quinta metodologia, proposta por Loigu e Leisk (2001) para avaliar o estado químico dos rios Estónios. Esta metodologia é baseada na metodologia proposta pela National Rivers Authority, em 1994, e é actualmente utilizada em Inglaterra e País de Gales, para avaliar a qualidade dos rios e canais destes dois países (utilizada pela Environment Agency, através do método General Quality Assessment – GQA) (Environment Agency, 2006).

### 3.3.1 Estados Unidos da América

Na tentativa de definição de um sistema de acompanhamento eficaz dos programas de monitorização dos recursos hídricos, surgiu em 1970 criado pela NSF, o primeiro índice ( $IQA_{NSF}$ ) com aplicabilidade universal que permitiu avaliar genericamente a qualidade de uma água.

Este índice considera a existência de um vector de qualidade, factores de ponderação, funções de qualidade e funções de agregação e é baseado no método de Delphi, que consiste num questionário lançado a um painel de peritos sobre a inclusão de 32 variáveis no valor de índice. Deste processo, foram seleccionadas 9 variáveis, que passaram a constituir o vector de qualidade na avaliação da qualidade da água, sendo a cada uma delas atribuído em peso relativo variando de 7 a 17% (Quadro 3.2):

- Oxigénio Dissolvido (OD), em percentagem de saturação (% sat);
- Coliforme Fecais (C.Fec) em colónias/100 mL;
- pH;
- Carência Bioquímica de Oxigénio ( $CBO_5$ ), em mg/L;
- Temperatura (Temp), em °C;
- Fósforo Total ( $PO_4^-$ ), em mg/L;
- Nitratos ( $NO_3^-$ ), em mg/L;
- Turvação, em NTU;
- Sólidos Totais (ST), em mg/L.

**Quadro 3.2 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do  $IQA_{NSF}$  (Green, 2006)**

VARIÁVEIS	$P_i$
OD (% sat)	0,17
Colif. Fecais (n.º colónias/100 mL)	0,16
pH	0,11
$CBO_5$ (mg $O_2$ /L)	0,11
Temperatura (°C)	0,10
Fósforo Total (mg $PO_4^-$ /L)	0,10
Nitratos (mg $NO_3^-$ /L)	0,10
Turvação (NTU)	0,08
Sólidos Totais (mg /L)	0,07
$\sum P_i$	<b>1,00</b>

As funções de qualidade (ANEXO 2), igualmente produto de inúmeros questionários e baseadas em critérios específicos para cada uma das variáveis, permitem a correspondência entre os respectivos valores das variáveis e um subíndice, i.e. , um valor na escala de qualidade da água. A escala das funções de qualidade varia de 0-100.

O  $IQA_{NSF}$  é calculado através do produto ponderado da importância atribuída a cada variável, de acordo com a função de agregação descrita pela Equação (3.1).

$$IQA_{NSF} = \prod_{i=1}^n \text{Subíndice}_i \times P_i \quad (3.1)$$

Em que:

$IQA_{NSF}$  – Índice de qualidade da água;

n – vector de qualidade;

Subíndice<sub>i</sub> ou Q<sub>i</sub> – Subíndice da i-ésima variável, obtido a partir da respectiva função de qualidade, em função da sua concentração;

P<sub>i</sub> – Peso atribuído a cada variável.

Na aplicação do  $IQA_{NSF}$ , um os índices mais comumente utilizado para avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais, foram definidas classes de qualidade, ou seja, uma escala de classificação da qualidade da água, conforme descrito no Quadro 3.3.

**Quadro 3.3 – Escala de qualidade do  $IQA_{NSF}$  (Green, 2006)**

$IQA_{NSF}$	QUALIDADE
[100 – 91]	Excelente
[90 – 70]	Boa
[70 – 50]	Média
[50– 25]	Má
[25– 0]	Muito Má

O  $IQA_{NSF}$  expressa variações espaciais e temporais, sendo considerado um dos índices mais representativos por muitos especialistas e inúmeras vezes testado nos E.U.A. (Mano, 1989).



### 3.3.2 Portugal

#### *Anterior à Publicação da DQA*

Em Portugal têm sido desenvolvidos vários estudos na área dos indicadores e índices ambientais. Destacam-se a título de exemplo, o trabalho de Martins (1994), na Direcção Geral do Ambiente, sobre a definição de indicadores ambientais na generalidade; Mano (1989), que constituiu, no que se refere às águas doces, uma experiência pioneira de aplicação de critérios de classificação da qualidade da água dos rios Portugueses e Ramos (1996) na área da qualidade da água e sedimentos costeiros. De referir igualmente, os trabalhos de carácter mais abrangente desenvolvidos pela Universidade Nova de Lisboa (UNL) (1989), Correia e Neves (1993), o sistema “SPIA”, desenvolvido na UNL (Melo *et al.*, 1996; Vasconcelos e Baptista, 1996) e Ribeiro e Rodrigues (1997). Salienta-se ainda o trabalho de síntese apresentado no âmbito do Plano Nacional de Política de Ambiente (PNPA) (MARN, 1995) e o Relatório de Estado de Ambiente (REA) de 1998, que pela primeira vez recorreu à apresentação organizada de indicadores tipo “pressão-estado-resposta” (in Silva, 2002).

Mano (1989) apresentou um sistema de índices para a avaliação da qualidade de água superficial, nas bacias hidrográficas do Minho e Ave, anterior à publicação da DQA. O seu trabalho consistiu na aplicação de um Índice de Qualidade da Água (IQA) e baseou-se na metodologia utilizada em Inglaterra e Escócia, proposta pelo SDD em 1976, 1981 e 1983, que utilizava funções de qualidade propostas e construídas com base nas opiniões de peritos e que permitem transformar as concentrações das variáveis em valores de qualidade. Esta metodologia baseia-se em:

- a) Vectores de qualidade (variáveis que “melhor” descrevem a qualidade da água superficial);
- b) Funções de qualidade (ANEXO 3);
- c) Factores de ponderação;
- d) Função de agregação (fórmula matemática mais adequada à descrição da qualidade da água para o conjunto dos dados utilizados);
- e) Escala de qualidade do índice geral de qualidade, proposta por House e Ellis (1986).

O vector de qualidade utilizado nesta metodologia incluiu as seguintes variáveis:

- Oxigénio Dissolvido (OD), em percentagem de Saturação (% sat);
- Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>), em mg/L;
- Carência Química de Oxigénio (CQO), em mg/L;
- pH;
- Amoníaco (NH<sub>3</sub>), em mg/L;
- Temperatura (Temp), em °C;
- Condutividade (g), em µS/cm;
- Coliformes Fecais (C. Fec), em NMP/100 mL.

As funções de qualidade, baseadas em critérios específicos para cada uma das variáveis, permitem a correspondência entre os respectivos valores das variáveis e um subíndice, i.e. um valor na escala de qualidade da água (Q<sub>i</sub>).

A utilização dos factores de peso tem por objectivo atribuir uma importância relativa a cada uma das variáveis utilizadas, sendo o seu somatório igual à unidade (Quadro 3.4).

**Quadro 3.4 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do IQA (Barros *et al.*, 1992 e Mano, 1989)**

VARIÁVEIS	P <sub>i</sub>
Temp. amostra (°C)	0,05
pH Lab	0,09
OD (% sat)	0,19
Condutividade (20 °C) (µs/cm)	0,06
SST (mg SST/L)	0,07
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,15
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	0,15
Colif. Fecais (NMP/100 mL)	0,12
Azoto Amoniacal (NH <sub>4</sub> /L)	0,12
Σ P <sub>i</sub>	<b>1,00</b>

Foram testadas, pelo autor, seis funções de agregação para o cálculo do IQA:

i) Média Aritmética Simples (AS):

$$IQA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Subíndice}_i \quad (3.2)$$

ii) Média Aritmética Ponderada (AP):

$$IQA = \sum_{i=1}^n \text{Subíndice}_i \times P_i \quad (3.3)$$

iii) Média Aritmética Simples Modificada (ASM):

$$IQA = \frac{1}{100} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Subíndice}_i \right)^2 \quad (3.4)$$

iv) Média Aritmética Ponderada Modificada (APM):

$$IQA = \frac{1}{100} \left( \sum_{i=1}^n \text{Subíndice}_i \times P_i \right)^2 \quad (3.5)$$

v) Média Geométrica Simples (GS):

$$IQA = \left( \prod_{i=1}^n \text{Subíndice}_i \right)^{\frac{1}{n}} \quad (3.6)$$

vi) Média Geométrica Ponderada (GP)

$$IQA = \prod_{i=1}^n \text{Subíndice}_i^{P_i} \quad (3.7)$$

Em que:

IQA – Índice de Qualidade da Água;

n – vector de qualidade;

Subíndice<sub>i</sub> ou Q<sub>i</sub> – Subíndice ou valor de qualidade obtido, através de uma função de qualidade, para cada variável;

P<sub>i</sub> – Peso atribuído a cada variável.

Após comparar os resultados obtidos com a aplicação das seis funções de agregação, Mano (1989) conclui que a formulação Aritmética Ponderada Modificada – Equação (3.5), cujo índice, proposto por Solway RBP no trabalho efectuado pelo SDD em 1976, representa o quadrado do índice aritmético ponderado dividido por cem – é a função que melhor reproduz a qualidade de uma determinada água. Esta função de agregação, além de conduzir à obtenção de índices ponderados e não apenas a médias simples, pelo facto de se tratar de uma função de agregação aditiva, não induz, tal como sucede com as funções de agregação multiplicativas, à obtenção de valores por defeito, especialmente para as classes de qualidade mais baixas.

Na Equação (3.5) as funções de qualidade são utilizadas para o cálculo de cada Subíndice<sub>i</sub>, sendo P<sub>i</sub> o factor de ponderação correspondente a cada vector de qualidade.

No Quadro 3.5 apresenta-se a escala de classificação da qualidade adoptada nesta metodologia.

**Quadro 3.5 – Escala de qualidade do índice geral da qualidade da água (Mano, 1989)**

<b>IQA</b>	<b>QUALIDADE</b>	<b>NÍVEL DE POLUIÇÃO</b>
[100 – 91]	Excelente	
[90 – 71]	Muito Boa	
[70 – 61]	Boa	
[60 – 51]		Fraco
[50 – 41]		Fraco-Moderado
[40 – 31]		Moderado-Forte
[30 – 21]		Forte
[20 – 10]		Inadmissível

A utilização da escala 10 – 100 permitiu estabelecer uma correspondência entre os valores obtidos para o IQA e os usos potenciais da água. Por um lado, a utilização de uma escala numérica permite a localização precisa de um determinado troço em estudo, dentro das classes definidas, o que é importante quando os valores de qualidade obtidos se situam próximos dos valores-limite definidos para cada uma das classes. Por outro lado, o valor 10, como limite inferior da escala do IQA reflecte a atribuição de um valor intrínseco de qualidade, mesmo perante situações de poluição grave (Mano, 1989).

Mano (1989), baseado na proposta de House e Ellis (1986) propôs a subdivisão da escala de qualidade do IQA, apresentada no Quadro 3.6.

**Quadro 3.6 – Subdivisão da escala de qualidade do IQA, proposta por Mano (1989)**

CLASSE	IQA	SIGNIFICADO
1	[71 – 100]	Água de elevada qualidade. Utilizável para a generalidade dos usos a baixo custo
2	[51 – 71]	Água de qualidade razoável. Utilizável para a generalidade dos usos, a custos moderados
3	[31 – 50]	Água poluída. Utilizável para um número restrito de usos, com elevados custos de tratamento
4	[10 – 30]	Água muito poluída, com baixo valor económico, requerendo elevados investimentos em instalações de tratamento.

Deste trabalho resultou uma metodologia, adoptada no quadro de elaboração dos Planos de Bacia Hidrográfica, que consiste na caracterização das águas superficiais interiores (rios e albufeiras), em que se recorre à agregação de parâmetros de qualidade da água, seleccionados de acordo com os usos pretendidos para o meio em estudo, por forma a construir índices que permitam definir qual a classe de qualidade em que se enquadra o trecho do meio aquático em estudo (Silva, 2002).

#### *Posterior à publicação da DQA*

Silva (2002), posteriormente à publicação da DQA, propôs uma metodologia baseada na utilização de instrumentos de gestão, os sistemas de indicadores ambientais, para a caracterização da qualidade da água. O modelo de enquadramento adoptado foi o modelo PSR, aplicado ao estuário do Tejo.

A metodologia adoptada para o processo de desenvolvimento de indicadores comportou um conjunto de passos que incluíram, além da informação de contexto, a identificação das zonas homogéneas no estuário em estudo, definidas com base em critérios morfológicos, de salinidade e de gestão, e das escalas de tempo relevantes para definir os domínios de integração espacial e temporal das variáveis observadas, que conduziram aos valores significativos. Após removida a dimensão estes últimos, através da sua normalização por aplicação de operadores algébricos (transformada hiperbólica) e operadores gráficos (funções de qualidade), aferiu-se a conformidade com a qualidade

ambiental (valores de referência e valores objectivo) a partir dos valores dos indicadores normalizados. A metodologia inclui a definição de classes de qualidade definidas no Quadro 3.7, cumprindo as exigências da DQA.

**Quadro 3.7 – Definição de classes de estado de qualidade, com base nos indicadores de estado normalizados (Silva, 2002)**

CLASSES DE QUALIDADE	ESTADO DE QUALIDADE
Todos os Indicadores de Estado = 100	Excelente
Mais do que ½ dos Indicadores de Estado = 100 e todos $\geq 50$	Bom
Menos do que ½ dos Indicadores de Estado = 100 e todos $\geq 50$	Degradado
Um (ou mais) Indicadores de Estado $\leq 50$	Mau

### 3.3.3 Espanha

Em Barros *et al.* (1992) é efectuada uma comparação entre duas metodologias: uma adoptada de SDD (descrita em 3.3.2) e outra aplicada correntemente em Espanha, baseada na proposta de Provencher e Lamontagne (1989) (in Albuquerque, 1991).

Tal como na metodologia adoptada pelo SDD, esta baseia-se em vectores de qualidade (variáveis X e Y), funções de qualidade, factores de ponderação (definidos de acordo com o tipo de variável e calculados de acordo com a Equação (3.8), funções de agregação (Equação (3.9)) e numa escala de qualidade do Índice de Qualidade da Água (Quadro 3.9).

Nesta metodologia, a selecção das variáveis analíticas que intervêm no cálculo do índice, distingue dois tipos de variáveis:

- Variáveis X, cuja concentração é sempre significativa para caracterizar a qualidade, qualquer que seja o seu valor (variáveis básicas):
  - a) Coliformes Fecais (C. Fec), em Col./100 mL;
  - b) Oxigénio Dissolvido (OD), em mg/L;
  - c) Sólidos Suspensos Totais (SST), em mg/L;
  - d) pH;
  - e) Condutividade a 25°Cm (g), em ( $\mu$ S/cm);
  - f) Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO5), em mg/L;
  - g) Carência Química de Oxigénio (CQO), em mg/L.

Dada a inexistência, no sistema adoptado em Espanha, de funções de qualidade para as variáveis Temperatura da amostra e Azoto Amoniacal, estas variáveis não foram incluídas no vector de qualidade. Do mesmo modo, dada a inexistência de uma função de qualidade própria da variável Coliformes Fecais e devido à sua importância para a avaliação da qualidade das águas superficiais em Portugal, foi utilizada para esta variável a função representativa da variável Coliformes Totais.

- Variáveis Y, que só afectam o potencial de utilização da água condicionado pela sua qualidade a partir de determinada concentração, e para as quais concentrações menores ou nulas, não têm significado para caracterizar a qualidade (variáveis complementares): Fenóis; Sulfatos; Nitratos; Fosfatos; Detergentes; Cianetos; Cloretos; Magnésio; Cálcio; Chumbo; Zinco; Crómio Hexavalente; Cobre; Cádmio; Sódio; Mercúrio.

Estas só intervêm no somatório quando o valor de qualidade que corresponde à sua concentração é inferior a 60.

Tal como na primeira metodologia apresentada em 3.3.2, esta baseia-se em funções de qualidade (ANEXO 4) associadas a cada uma das variáveis, permitindo transformar as concentrações das variáveis em valores de qualidade.

Dado que, o grau de importância de uma variável relativamente a outra está relacionado com o uso que se pretende dar à água, foram atribuídas diferentes ponderações às diferentes variáveis (Quadro 3.8).

**Quadro 3.8 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do IQA (Barros *et al.*, 1992)**

VARIÁVEIS	P <sub>i</sub>
pH Lab	0,16
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	0,16
Conductividade (25 °C)	0,16
SST (mg SST/L)	0,16
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,16
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	0,05
Colif. Totais (NMP/100 mL)	0,16
$\Sigma P_i$	<b>1,00</b>

Uma vez que o índice de qualidade da água oscila entre zero e cem, a soma dos coeficientes de ponderação, será igual a um. Para o cálculo da ponderação,  $P_i$  (Equação (3.8)), foi atribuído a cada variável um coeficiente  $a_{ij}$ , em que  $j$  varia entre 1 (variável muito importante) e 4 (variável pouco significativa), consoante a influência de cada uma.

$$P_i = \frac{(1/a_{ij})}{\sum_{j=1}^4 (1/a_{ij})} \quad (3.8)$$

A expressão matemática simplificada para o cálculo do índice de qualidade da água, utilizada em Espanha, é descrita na equação seguinte:

$$IQA = \sum (Q_i \times P_i) \quad (3.9)$$

Em que:

IQA – Índice de Qualidade da Água;

$Q_i$  – Valor de qualidade obtido, através de uma função de qualidade, para cada variável;

$P_i$  – Peso atribuído a cada variável.

A classificação atribuída ao Índice de Qualidade da Água, no sistema utilizado em Espanha, encontra-se descrita no Quadro 3.9.

**Quadro 3.9 – Escala de classificação do Índice de Qualidade da Água, adoptada no sistema utilizado em Espanha (Barros *et al.*, 1992)**

IQA	CLASSIFICAÇÃO
[100 – 90]	Excelente
[90 – 80]	Boa
[80 – 70]	Intermédia
[70 – 60]	Admissível
[60 – 0]	Inadmissível

Após aplicação das duas metodologias (primeira metodologia apresentada em 3.3.2 e metodologia apresentada na presente subsecção) aos dados do ano hidrológico



1988/89 da Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, os autores concluíram que, embora os resultados obtidos não fossem directamente comparáveis, em termos tendenciais conduziram a idênticas classificações de qualidade, não se verificando diferenças acentuadas. As diferenças evidenciadas deveram-se essencialmente às diferentes funções de agregação que lhes estão subjacentes (Equações (3.5) e (3.9)), uma vez que as funções de qualidade e a ponderação atribuída nas duas metodologias não apresentam diferenças significativas.

O facto da função de agregação representada pela Equação (3.5) ser uma função aditiva, poderá ter conduzido ao “mascaramento” dos valores de qualidade mais baixos, tributáveis a qualquer das variáveis que constituíram o vector de qualidade. Por outro lado, o facto da função de agregação representada pela Equação (3.9) ser multiplicativa, faz com que se repercutissem acentuadamente, no valor final do índice, as variações de qualidade das variáveis nela incorporadas, verificando-se com mais evidência, neste último caso, o acentuar da tendência para o decréscimo da qualidade da água com o aumento da distância à nascente, situação típica da generalidade dos cursos de água em Portugal, devido ao aumento da densidade populacional e ao desenvolvimento das zonas costeiras (Barros *et al.*, 1992).

Os resultados destas metodologias foram ainda comparados com os que seriam obtidos por aplicação dos critérios definidos pela antiga DSCP-DGRAH<sup>6</sup> e que constituíram, no que se refere às águas doces, uma experiência pioneira de aplicação de critérios de classificação da qualidade da água dos rios Portugueses (Silva, 2002).

### 3.3.4 Estónia

A metodologia para a avaliação do estado ecológico dos rios Estónios foi compilada em Nõges (2002 e 2003), onde pode ser encontrada uma revisão bibliográfica mais extensa relativa a diferentes métodos para avaliar o estado geral da qualidade da água dos rios.

A avaliação do estado ecológico dos rios estónios baseado na classificação do estado químico tem vindo a ser trabalhada ao longo de vários anos, tendo em

---

<sup>6</sup> Direcção de Serviço de Controlo de Poluição da Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos. Serviço e organismo com a responsabilidade da administração do domínio hídrico antes de 1984, enquadrados no Ministério que tutelava as obras públicas, em Portugal.

consideração os dados de monitorização dos rios ao longo de um largo período de tempo.

Esta metodologia, proposta por Loigu e Leisk (2001), para avaliação do estado químico dos rios estónios, baseia-se na metodologia proposta pela *National Rivers Authority*<sup>7</sup>, 1994, e é actualmente utilizada em Inglaterra e País de Gales, para avaliar a qualidade dos rios e canais destes dois países, através do método *General Quality Assessment* – GQA, utilizado pela Environment Agency (2006). Este método permite avaliar o estado da qualidade da água e respectivas alterações ao longo do tempo, com base na monitorização do seu estado químico, no sentido de identificar os problemas e tipos de poluição mais comuns. Como objectivo final, pretende-se com este método associar a cada troço de um rio uma das seis classes de qualidade propostas (A a F).

A metodologia apresentada por estes autores, consiste numa adaptação do método GQA para avaliar a qualidade da água dos rios estónios, com base no seu estado químico.

Segundo estes autores, na maioria dos casos, o parâmetro estatístico média anual é utilizado para avaliar e estimar a qualidade da água, embora a utilização do valor médio, não se afigure muitas vezes, suficiente para descrever a qualidade da água. A função estatística frequentemente utilizada é o desvio padrão, sendo o percentil o valor mais adequado para a caracterização geral dos dados. Deste modo, os percentis poderão ser considerados como médias ponderadas e comparados com a média e o desvio padrão.

Assim, na metodologia proposta, a avaliação da qualidade da água baseou-se no cálculo do percentil 10 da distribuição normal, para o caso do OD, e no cálculo do percentil 90 da distribuição log-normal, no caso dos restantes parâmetros.

Os percentis significam que em 90% das amostras, as concentrações estão abaixo de valor específico, ou que, em apenas 10% das amostras, a concentração poderá estar acima desta valor.

No caso do OD, o cálculo dos percentis é mais seguro, assumindo uma distribuição normal. Segundo a *National Rivers Authority* (Environment Agency,

---

<sup>7</sup> Parte da actual *Environment Agency*

2006), para uma distribuição normal, os percentis são calculados de acordo com a Equação (3.10),

$$q_{10} = m - 1,2816s \quad (3.10)$$

Em que:

$q_{10}$  – percentil 10

$m$  – média

$s$  – desvio padrão

Para os parâmetros  $CBO_7$ , azoto amoniacal, fósforo total e azoto total, o cálculo dos percentis é feito assumindo uma distribuição log-normal. Deste modo, os valores  $m$  e  $s$  são convertidos nos valores para o logaritmo dos dados ( $M$  e  $S$ , respectivamente), recorrendo ao método dos momentos (Equações (3.11) e (3.12)):

$$M = \ln\left(\frac{m}{\sqrt{1 + s^2 / m^2}}\right) \quad (3.11)$$

$$S = \sqrt{\ln(1 + s^2 / m^2)} \quad (3.12)$$

Em que:

$M$  – Estimativa da média logarítmica e

$S$  – Desvio Padrão logarítmico

A estimativa do percentil 90 ( $q_{90}$ ) é calculado através da Equação (3.13),

$$q_{90} = e^{(M+1,2816S)} \quad (3.13)$$

Em que:

$q_{90}$  – percentil 90

Seguindo o mesmo raciocínio, as classes de qualidade foram definidas com base no percentil 90 para os parâmetros CBO<sub>7</sub>, azoto amoniacal, fósforo total e azoto total e com base no percentil 10, para o caso do OD, o que significa que o rio deve apresentar valores abaixo do valor específico, para o caso do primeiro grupo de variáveis, em pelo menos, 90% das amostras, enquanto que os níveis de OD não deverão cair abaixo do valor específico, não mais que em 10% das amostras.

Para combinar os vários parâmetros, a metodologia para estimar o estado geral – o método do Sub-Index – foi adaptado para os rios Estónios e recorre à seguinte função de agregação,

$$IQA_{GS} = (SI_{O_2\%})^{P_i} \times (SI_{CBO_7})^{P_i} \times (SI_{NH_4})^{P_i} \times (SI_{N_{tot}})^{P_i} \times (SI_{P_{tot}})^{P_i} \quad (3.14)$$

Esta função foi construída combinando os factores de ponderação (P<sub>i</sub>), descritos no Quadro 3.10 e os subíndices das variáveis (SI), calculados através das funções de qualidade (ANEXO 5), num único valor adimensional, para caracterizar o estado geral (IQA<sub>GS</sub><sup>8</sup>) da qualidade da água.

**Quadro 3.10 – Factores de ponderação utilizados no cálculo do IQA<sub>GS</sub> (Loigu e Leisk, 2001)**

VARIÁVEIS	P <sub>i</sub>
OD (% Sat)	0,15
CBO <sub>7</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,30
Amónia (mg N/L)	0,10
Fósforo Total (mg P/L)	0,25
Azoto Total (mg N/L)	0,20
Σ P <sub>i</sub>	<b>1,00</b>

O método do Sub-Index (Quadro 3.11) foi utilizado de forma a estabelecer uma base comum para os diferentes indicadores e baseia-se no seguinte princípio: o valor fronteira entre a Classe I e II, apresentará um SI de 100. O valor fronteira entre a Classe II e III, apresentará um SI de 75. O valor limite entre a Classe III e IV apresentará um SI de 40 e o valor fronteira entre a Classe IV e V apresentará um SI de 5.

<sup>8</sup> Na formulação original, IQA<sub>GS</sub> é designado por GS (Loigu e Leisk, 2001).

**Quadro 3.11 – Método do Sub-Index (Leisk, 2006)**

VARIÁVEL	VALOR DA VARIÁVEL				
	I	II	III	IV	V
OD (% sat)	100	70	60	50	40
CBO <sub>7</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	100	3	5	8	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/L)	100	0,1	0,3	0,45	0,6
N-tot (mg N/L)	100	2	3	4	5
P-tot (mg P/L)	100	0,05	0,08	0,12	0,16

Deste modo, o método propõe a adopção de diferentes aproximações, consoante o valor fronteira definido pelo valor da variável em causa (Quadro 3.12).

**Quadro 3.12 – Aproximações adoptadas no método do Sub-Index (Leisk, 2006)**

CLASSE	I – II	II – III	III – IV	IV – V
<b>SI VALOR FRONTEIRA</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>40</b>	<b>5</b>
OD (% sat)	<b>100</b>	$SI = 2,5x - 75$	$SI = 3,5x - 135$	$SI = 3,5x - 135$
CBO <sub>7</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	<b>100</b>	$SI = -12,5x + 137,5$	$SI = -11,667x + 133,33$	$SI = -17,5x + 180$
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/L)	<b>100</b>	$SI = -125x + 112,5$	$SI = -233,33x + 145$	$SI = -233,33x + 145$
N-tot (mg N/L)	<b>100</b>	$SI = -25x + 150$	$SI = -35x + 180$	$SI = -35x + 180$
P-tot (mg P/L)	<b>100</b>	$SI = -833,33x + 141,67$	$SI = -875x + 145$	$SI = -875x + 145$

**Quadro 3.13 – Classificação da qualidade da água nos rios Estónios (adaptado de Loigu e Leisk, 2001)**

VARIÁVEL	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V
	IQA <sub>GS</sub> = [100 – 90] ELEVADO	IQA <sub>GS</sub> = [90 – 75] BOM	IQA <sub>GS</sub> = [75 – 55] RAZOÁVEL	IQA <sub>GS</sub> = [55 – 35] POBRE	IQA <sub>GS</sub> = [35 – 0] MAU
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	<6-9>
OD (% Sat)	>70	70-60	60-50	50-40	<40
CBO <sub>7</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	<3,0	3,0-5,0	5,0-8,0	8,0-10,0	>10,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/L)	<0,1	0,1-0,3	0,3-0,45	0,45-0,6	>0,6
N-tot (mg N/L)	<2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	>5,0
P-tot (mg P/L)	<0,05	0,05-0,08	0,08-0,12	0,12-0,16	>0,16

Os índices de qualidade da água baseados em indicadores químicos e as respectivas classes de qualidade da água definidas de acordo com as exigências da DQA, oscilam entre 0 e 100, à semelhança das metodologias descritas anteriormente e foram definidas de acordo com a descrição apresentada no Quadro 3.13, com vista à classificação geral dos rios Estónios.

## **4. ESTUDO COMPARADO DE METODOLOGIAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AVE**

*No presente capítulo apresenta-se um teste de aplicabilidade das metodologias revistas no capítulo 3, à excepção da metodologia proposta pela NSF, adoptando como área de estudo piloto a “zona mais poluída” da Bacia Hidrográfica do Rio Ave e visando apenas a caracterização de um subconjunto do sistema de indicadores de estado.*

*Faz-se uma caracterização sumária das componentes física e socio-económica, da respectiva rede hidrográfica, das pressões existentes e da avaliação e monitorização da qualidade dos meios hídricos.*

*A metodologia proposta por Loigu e Leisk (2001) afigurou-se como a mais adequada, pela sua actualidade e facilidade de aplicação. No entanto, face a certas incompatibilidades verificadas na sua aplicação à área de estudo, propõe-se a introdução de algumas alterações e ajustes.*

#### 4.1 Caracterização Geral

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Ave (BHRA), Figura 4.1, engloba totalmente as áreas de jurisdição dos concelhos de Fafe, Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Vieira do Minho, Vila de Conde, Vila Nova de Famalicão e Vizela e parcialmente as áreas de jurisdição dos concelhos de Barcelos, Braga, Cabeceiras de Basto, Felgueiras, Lousada, Maia, Mondim de Basto e Paços de Ferreira.

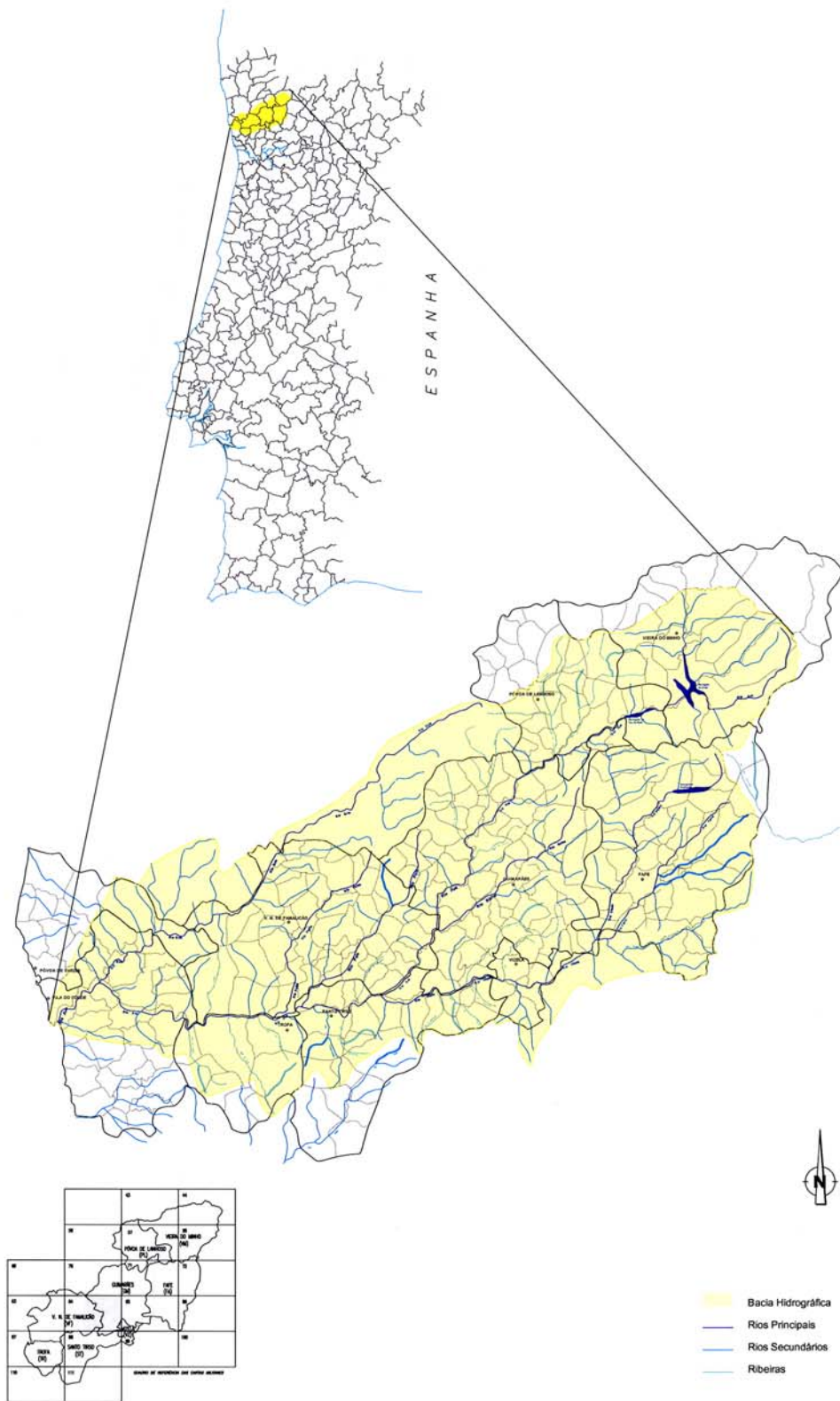
O território abrangido pela BHRA é constituído pela bacia hidrográfica do Rio Ave propriamente dita e por duas faixas costeiras que drenam directamente para o Oceano Atlântico: uma a norte da foz do Rio Ave, com 3,4 km<sup>2</sup> de superfície e outra a sul, que inclui o Rio Onda e algumas ribeiras de costa e com 6,4 km<sup>2</sup> de superfície. A BHRA é limitada a Norte pela Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, a Oriente pela Bacia Hidrográfica do Rio Douro e a Sul pela Bacia Hidrográfica do Rio Leça.

A BHRA ocupa uma área de cerca de 1.390 km<sup>2</sup>, caracterizando-se pela existência de vários rios e ribeiras (Figura 4.2). Os dois afluentes do Rio Ave de maior dimensão são os rios Este e Vizela, com bacias hidrográficas de cerca de 247 e 340 km<sup>2</sup>, respectivamente.

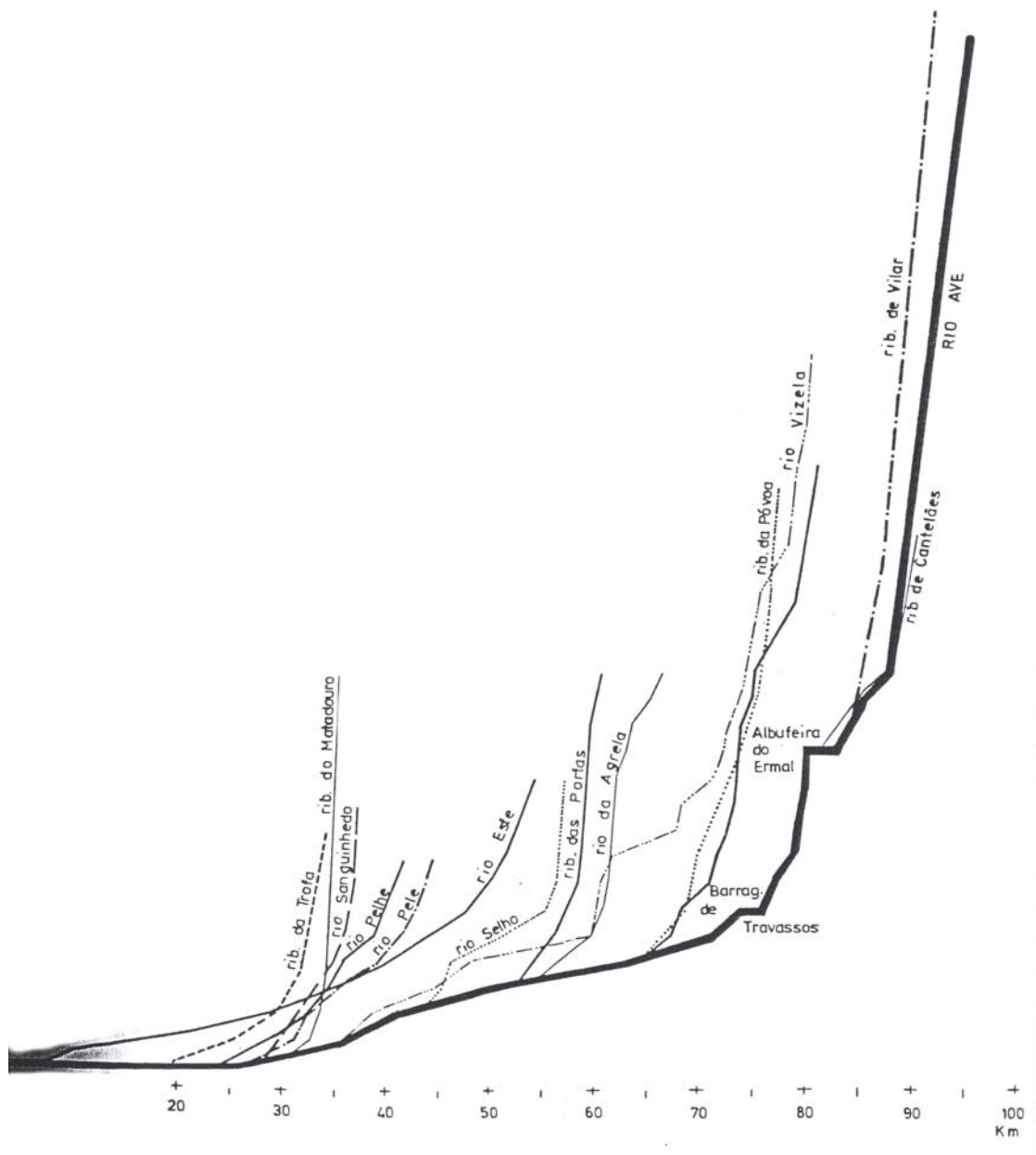
O Rio Ave, com 93,5 km de extensão, nasce no cimo da Serra da Cabreira (1.260 metros de altitude), desagua em Vila do Conde e apresenta um trecho inicial de aproximadamente 7 km de grande declive. O declive diminui sensivelmente a partir do local onde foi construída a Barragem do Ermal, voltando a aumentar até à Barragem de Queimadela. A jusante e até à foz, o Rio Ave apresenta uma corrente fraca com uma largura de leito cada vez maior e com curvas acentuadas.

O Rio Vizela, com 46,5 km de extensão, apresenta um declive acentuado até próximo da confluência com o Rio Ferro, que diminui e se mantém até à foz no concelho de Santo Tirso. A sub-bacia do Rio Vizela engloba a maior parte do concelho de Fafe e uma superfície considerável dos concelhos de Guimarães, Vizela e Felgueiras. Esta bacia integra os rios Ferro e Bugio, em cujas margens se encontram instaladas importantes unidades indústrias têxteis.





**Figura 4.1 – Bacia Hidrográfica do Rio Ave**



**Figura 4.2 – Esquema do Rio Ave e seus principais afluentes (Águas do Ave, S.A., 2003)**

O Rio Este, com 25 km de extensão, nasce nas imediações de Braga e apresenta declive acentuado nos primeiros 7 km. Com a excepção da zona de Braga, atravessa áreas predominantemente agrícolas e os seus afluentes são de pequena dimensão. Durante o período de estiagem, há a salientar o desvio das águas do rio para irrigação dos campos marginais, originando uma diminuição da qualidade e da quantidade da água.

Os rios Pelhe e Pele, com 20 km de extensão, correm quase paralelamente e apresentam áreas de drenagem de 44 e 61 km<sup>2</sup>, respectivamente. Os declives dos dois rios são semelhantes nas zonas de montante e da foz, sendo que, na zona intermédia o Rio Pelhe corre em terreno mais acidentado e na sua parte final atravessa a cidade de Vila Nova de Famalicão.

A sub-bacia do Rio Selho ocupa uma área de 58,7 km<sup>2</sup> e o curso principal desenvolve-se numa extensão de 20 km. O seu principal afluente é o ribeiro de Couros, ou ribeiro da Costa, que atravessa a cidade de Guimarães. O Rio Selho, apenas nos troços iniciais e finais corre em terreno acidentado e com declive acentuado.

A sub-bacia da Ribeira da Póvoa estende-se a uma área de 34,3 km<sup>2</sup>, correspondendo a uma extensão fluvial de 12 km. No troço inicial e médio, a ribeira apresenta um declive elevado, diminuindo nos últimos 4 km até à foz.

O Rio Trofa apresenta uma área de drenagem de 26,2 Km<sup>2</sup> e desenvolve-se ao longo de 14,5 km, sendo os primeiros 5 km percorridos em montanha e os restantes em planície.

Relativamente aos aspectos relacionados com a geologia, a BHRA caracteriza-se, na sua generalidade, pela existência de formações geológicas compostas por afloramentos graníticos, característicos das montanhas do noroeste de país.

A altitude média da área abrangida pela BHRA é de cerca de 208 metros, variando entre o nível do mar e os 1 260 metros, sendo que, os declives mais acentuados estão localizados na cabeceira da bacia. Em resultado da sua posição geográfica e proximidade relativamente ao Oceano Atlântico, esta região é bastante pluviosa, com temperaturas médias anuais entre 13°C e 15°C, existindo, contudo, assimetrias acentuadas na distribuição da precipitação. O clima, nas regiões de montante da bacia, é húmido com elevada precipitação e reduzida eficiência térmica no Verão. Na zona central da bacia, o clima é do tipo muito húmido com moderada escassez de água no Verão. Na faixa litoral o clima é do tipo sub-húmido e os níveis de precipitação são significativamente inferiores aos verificados noutras regiões da bacia.

O escoamento anual na foz do Rio Ave é, em média, de 1.250 hm<sup>3</sup>, estimando-se que a precipitação média anual sobre a bacia seja de 1.791 mm, correspondendo a 2.498 hm<sup>3</sup>.

Em termos de ocupação do solo, as superfícies da BHRA, à excepção das áreas predominantemente fabris, são essencialmente agrícolas, representando cerca de 46% do total da superfície da bacia. As áreas urbanas representam uma pequena área, concentrando-se essencialmente no litoral, mais concretamente nas áreas de influência das sedes dos concelhos de Braga, Guimarães, Trofa, Santo Tirso, Vila Nova de Famalicão, Vila do Conde e Vizela. Os espaços florestais localizam-se essencialmente na zona de montante da bacia, sobretudo no concelho de Vieira do Minho (DRA, 2000).

De acordo com os dados do último censo populacional (2001), a população correspondente à totalidade dos concelhos acima referidos é de cerca de 1.235.939 habitantes, de acordo com a distribuição constante do Quadro 4.1.

**Quadro 4.1 – População residente, por concelho, na área abrangida pela BHRA (INE, 2006)**

<b>CONCELHO</b>	<b>POPULAÇÃO RESIDENTE (CENSOS 2001) (Habitantes residentes totais)</b>	<b>VARIAÇÃO POPULAÇÃO RESIDENTE CENSOS 1991 – 2001 (%)</b>
Barcelos	122.096	9,3
Braga	164.192	16,2
Cabeceiras de Basto	17.846	9,0
Fafe	52.757	10,2
Felgueiras	57.595	17,2
Guimarães	159.576	10,8
Lousada	44.712	17,0
Maia	120.111	28,9
Mondim de Basto	8.573	-9,9
Paços de Ferreira	52.985	19,9
Póvoa de Lanhoso	22.772	5,8
Póvoa de Varzim	63.470	15,8
Santo Tirso	72.396	3,8
Trofa	37.581	14,5
Vieira do Minho	14.724	-6,7
Vila do Conde	74.391	14,7
Vila Nova de Famalicão	127.567	11,6
Vizela	22.595	12,9
<b>TOTAL (18 CONCELHOS)</b>	<b>1.235.939</b>	<b>11,2</b>

Em termos dinâmicos, analisando as taxas de variação da população residentes entre os censos decanos, 1991 e 2001, verifica-se um apreciável dinamismo demográfico na região da bacia, ou seja, em termos gerais, a população aumentou em cerca de 11,2% e apenas nas zonas mais interiores se verificaram perdas populacionais significativas, nomeadamente nos concelhos de Vieira do Minho e Mondim de Basto.

Do ponto de vista das actividades económicas, a BHRA caracteriza-se, na sua quase totalidade pela importância acentuada da indústria, sobretudo pelo universo das Indústrias Têxteis e de Vestuário (ITV's), à excepção dos concelhos de Vieira do Minho e de Celorico de Basto, de maior especialização agrícola e o concelho de Braga, com maior concentração do sector terciário.

#### **4.2 Pressões sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Ave**

Com o objectivo de posterior definição dos indicadores de pressão, apresenta-se na presente secção a informação de base disponível e relevante para o tema. Esta informação está relacionada com a quantificação das cargas de poluição pontuais e difusas, directamente afluentes ou originadas na BHRA.

Nos parágrafos seguintes apresentam-se as estimativas dessas cargas poluentes, algumas das quais bastante recentes, inventariadas no Plano Hidrográfico da Bacia do Rio Ave – PHBRA – (DRA, 2000); INAG (2005) e em Quatenaire Portugal (2004).

Para além da informação de base disponível no PHBRA, no *Relatório Síntese sobre a Caracterização das Regiões Hidrográficas previstas na Directiva-Quadro da Água* (INAG, 2005), que visou dar cumprimento à disposição prevista no art.º 15.º da DQA, foram quantificadas as pressões poluentes, tanto quanto possível, abrangidas pelas Directivas 75/440/CEE; 76/160/CEE; 78/659/CEE<sup>9</sup> e 79/923/CEE<sup>10</sup>; 91/271/CEE<sup>11</sup>; 76/464/CEE e 96/61/CE<sup>12</sup>, destacando-se as seguintes:

- **Fontes de Poluição Tópicas:**
  - i) Efluentes domésticos urbanos;

---

<sup>9</sup> Directiva 78/659/CEE, relativa à qualidade das águas doces que necessitam de ser protegidas ou melhoradas a fim de estarem aptas para a vida dos peixes.

<sup>10</sup> Directiva 79/923/CEE, relativa à qualidade exigida das águas conquícolas.

<sup>11</sup> Directiva 91/271/CE, relativa ao tratamento das águas residuais urbanas.

<sup>12</sup> Directiva 96/61/CE, relativa à Prevenção e o Controlo Integrado de Poluição Industrial (IPPC)

ii) Indústrias: unidades que se inserem nas principais Classes de Actividades Económicas (CAE), abrangendo a indústria pecuária (suiniculturas e boviniculturas) e todos os outros sectores de actividade da indústria transformadora potencialmente com maior importância em termos de efluentes líquidos. No caso concreto da BHRA, destaca-se o universo das ITV's, características do Vale do Ave.

Sobre este aspecto, refere-se ainda nesta secção e devido à sua importância, um estudo realizado durante o ano de 2004, pela Quaternaire Portugal, sobre a *Actividade Industrial na Bacia do Ave: Situação Actual e Perspectivas de Evolução*, complementando a informação de base proveniente do relatório referido anteriormente e do PHBRA. Este estudo teve como principal objectivo estimar a produção de águas residuais industriais e respectivas cargas poluentes, por sector de actividade, das principais indústrias presentes na BHRA, constituindo um importante suporte de tomada de decisão para a análise de pertinência e viabilidade de projectos de investimentos a realizar no Médio Ave, com vista à melhoria da qualidade ambiental da bacia. Este estudo será alvo de análise detalhada nos parágrafos seguintes.

iii) Aterros sanitários;

iv) Extracções mineiras e

v) Aquicultura.

- **Fontes de Poluição Difusa:**

i) Agricultura;

ii) Fontes difusas urbanas/artificiais.

Os aterros sanitários e as extracções mineiras podem ser considerados como cargas de poluentes tóxicas e/ou difusas, no entanto, dado que a estas fontes estão normalmente associados pontos de recolha das escorrências superficiais, foram consideradas fontes tóxicas. A mesma abordagem têm as actividades agro-pecuárias, que por simplicidade e por não alterarem significativamente os resultados da análise face aos objectivos da DQA, foram também consideradas como fontes pontuais.

De acordo com os dados provenientes do PHBRA, as cargas poluentes totais, tóxicas (urbanas e industriais) e difusas, geradas na BHRA, estimam-se em cerca de

9.647 ton/ano em CBO<sub>5</sub>, de acordo com a distribuição constante do Quadro 4.2, onde se verifica que as cargas de poluição tóxica industrial (66%) são superiores às cargas de poluição tóxica urbana (34%).

**Quadro 4.2 – Carga poluente estimada afluyente à BHRA (adaptado de DRA, 2000)**

BACIA HIDROGRÁFICA	CARGA POLUNTE (ton/ano)	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	P <sub>Total</sub>	N <sub>Total</sub>
Bacia Hidrográfica do Rio Ave	Tóxica Urbana	3.255	6.597	4.780	207	830
	Tóxica Industrial	6.394	18.860	5.033	0	0
	Difusa	---	---	---	13	28
	<b>Total (PHBRA)</b>	<b>9.649</b>	<b>25.457</b>	<b>9.813</b>	<b>220</b>	<b>858</b>

Embora, ainda se verifiquem situações de carência de infra-estruturas de drenagem e tratamento de efluentes industriais, a entrada em funcionamento do Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA) constituiu uma melhoria significativa no que se refere ao tratamento de águas residuais industriais, visto o sistema tratar fundamentalmente efluentes de origem industrial (representando cerca de 75% do total de efluente tratado).

Relativamente à poluição difusa, destacam-se os concelhos de Póvoa de Varzim e Vila de Conde, pelo uso excessivo de adubos, assim como os concelhos de Guimarães e Vila Nova de Famalicão, onde se situa a maior contribuição do sector pecuário. Referem-se ainda, os concelhos responsáveis pela maior contribuição das cargas anuais de azoto e fósforo: Guimarães, Santo Tirso e Vila Nova de Famalicão.

Relativamente à presença de substâncias perigosas, a BHRA caracteriza-se por uma elevada insuficiência de dados analíticos sobre a presença deste tipo de substâncias perigosas nos efluentes industriais, inviabilizando a correspondente quantificação das suas cargas poluentes. Contudo, face às características do tipo de indústria existente na BHRA, é provável a ocorrência deste tipo de substâncias nos efluentes industriais.

Recentemente, também o INAG (2005) procedeu à quantificação das cargas poluentes afluentes à BHRA, baseando-se no universo de fontes poluidoras anteriormente quantificadas no PNA e no PHBRA. Em alguns casos, a determinação das cargas geradas baseou-se na monitorização dos efluentes das unidades poluentes, mas, na generalidade dos casos, foi estimada quantitativamente.

As cargas poluentes afluentes directamente à BHRA foram calculadas a partir da estimativa de cargas poluentes provenientes de um total de 344 fontes tópicas para o conjunto das bacias hidrográficas do Cávado, Ave e Leça (RH2), efectuada pelo INAG. A particularização para a BHRA foi efectuada distribuindo as cargas poluentes da RH2 proporcionalmente às áreas das três bacias. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 4.3.

**Quadro 4.3 – Estimativas das cargas poluentes provenientes de fontes tópicas afluentes à BHRA (adaptado de INAG, 2005)**

BACIA HIDROGRÁFICA	CARGA POLUNTE (ton/ano)	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	P <sub>Total</sub>	N <sub>Total</sub>
Bacia Hidrográfica do Rio Ave	<i>Total (INAG)</i>	<i>8.319</i>	<i>15.839</i>	<i>---</i>	<i>214</i>	<i>1.015</i>

Comparando os dados constantes do Quadro 4.3 com as estimativas de cargas poluentes afluentes à BHRA efectuada no PHBRA (Quadro 4.2), verifica-se uma convergência das duas estimativas no que diz respeito às cargas poluentes totais de CBO<sub>5</sub>, P<sub>Total</sub> e N<sub>Total</sub>, à excepção da carga poluente expressa em termos de CQO.

Contudo, as estimativas de cargas poluentes efectuadas no PHBRA aparentam ser mais realistas, apontando, na sua generalidade, para um cenário bastante mais pessimista, principalmente no que se refere às cargas orgânicas, expressas em termos de CQO. Estes elevados teores de carga orgânica poderão estar relacionados com as principais características dos efluentes industriais provenientes da indústria têxtil, que apresentam como características predominantes elevadas cargas orgânicas, elevada mineralização, amplo espectro de pH, cor, teores significativos de metais pesados e elevada carga bacteriana, o que leva a crer que o método utilizado na particularização das cargas poluentes afluentes à BHRA proporcionalmente à sua área é inadequado e irrealista.

Em paralelo e no caso das pressões estimadas quantitativamente, o INAG definiu, ainda, os respectivos descritores das fontes poluentes directamente afluentes às linhas de água (Quadro 4.4) e consideradas como as mais significativas no condicionamento do estado ecológico.



**Quadro 4.4 – Descritores considerados na estimativa das cargas poluentes afluentes ou originadas na BHRA (adaptado de INAG, 2005)**

FONTES POLUENTES	CBO <sub>5</sub>	CQO	SST	N <sub>t</sub>	P <sub>t</sub>	DESCRITORES UTILIZADOS
Efluentes domésticos urbanos	√	√	√	√	√	Habitantes equivalentes
Indústria Pecuária	√	√	√	√	√	Animais equivalentes
Indústria Transformadora	√	√	√	√	√	Variável consoante a informação disponível: 1.º – Produção (factor preferencial); 2.º – Número de trabalhadores (utilizado na ausência do anterior)

Consideram-se pressões significativas as que, actuando individualmente ou em conjunto com outras pressões, transformam as massas de água em massas de água em risco, susceptíveis de falharem os objectivos ambientais previstos na DQA, i.e. o bom estado ecológico e químico, definidos através dos elementos de qualidade biológica, físico-química e hidromorfológica (INAG, 2005).

Deste modo, as concentrações de “risco” dos parâmetros das cargas poluentes provenientes das pressões estimadas quantitativamente e que colocam as massas de água em risco são definidas no Quadro 4.5.

**Quadro 4.5 – Concentrações de “risco” dos parâmetros estimados para as cargas poluentes das pressões estimadas quantitativamente (adaptado de INAG, 2005)**

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÃO DE RISCO
<i>Condições de Oxigenação</i>	
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	> 5
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	> 20
<i>Estado de Eutrofização</i>	
Azoto Total (mg N/L)	> 1,9
Fósforo Total (mg P/L)	> 0,25

Relativamente às fontes difusas consideradas, nomeadamente a agricultura, e à semelhança da metodologia utilizada no caso das pressões tóxicas, a particularização para a BHRA relativamente aos parâmetros azoto e fósforo foi efectuada, distribuindo proporcionalmente as cargas poluentes da RH2 pelas respectivas áreas das três bacias. Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 4.6.

**Quadro 4.6 – Estimativa das cargas poluentes provenientes de fontes difusas na RH2 (adaptado de INAG, 2005)**

BACIA HIDROGRÁFICA	CARGA POLUNTE (ton/ano)	
	P	N-N <sub>Total</sub>
Ave	80	330

A par destas estimativas de cargas poluentes directamente afluentes à BHRA, provenientes de fontes tóxicas e difusas e sendo a bacia em estudo extremamente industrializada, sendo os sectores de actividade mais representativos em termos de população empregada a Fabricação dos Têxteis (CAE 17) e a Indústria do Vestuário (CAE 18), achou-se por bem apresentar nesta secção as principais conclusões do estudo sobre a *Actividade Industrial na Bacia do Ave: Situação Actual e Perspectivas de Evolução* da Quaternaire Portugal (2004), de modo a complementar e a particularizar a informação de base relativa às principais pressões e respectivas cargas orgânicas provenientes destes sectores de actividade.

O estudo teve como principais objectivos estimar e estabelecer cenários de evolução da produção de águas residuais industriais e respectivas cargas poluentes por sector de actividade da indústria têxtil e de vestuário, através da análise fina das sub-CAE a três dígitos (CAE 171 – Preparação e Fiação de Fibras Têxteis e CAE 173 – Acabamentos Têxteis) e da CAE 18, dado estes sectores de actividade serem caracterizados por processos produtivos que envolvem consumos de água elevados, gerando ao mesmo tempo cargas poluentes significativas, uma vez que englobam, na sua maioria, operações de tingimento, estampagem e preparação das fibras.

Partindo dos padrões máximos e mínimos característicos das variáveis físico-químicas referentes aos efluentes tipo rejeitados por este tipo de indústria (Quadro 4.7), foram estimados os factores de emissão para o caudal ( $FE_{\text{Caudais}}$ ) e para a carga poluente ( $FE_{\text{C. Orgânica}}$ ), compilados no Quadro 4.8.

**Quadro 4.7 – Intervalos de variação das variáveis físico-químicas referentes aos efluentes tipo rejeitados pelas ITV's (Quaternaire Portugal, 2004)**

CAE	pH	CQO (mg/L)	CBO <sub>5</sub> (mg/L)	SST (mg/L)	Condutividade (mS/cm)
17	7 – 12	400 – 1100	35 – 660	27 – 700	0,24 – 7,74
18	11	460	200	57	----

**Quadro 4.8 – Factores de Emissão, referentes às empresas da CAE 17 e CAE 18 (Quatenaire Portugal, 2004)**

<b>FE (2002)</b>	<b>TRABALHADORES (CAE 17)</b>	<b>TRABALHADORES (CAE 18)</b>
FE <sub>Caudal</sub> (m <sup>3</sup> .trab <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	1.177	506
FE <sub>CQO</sub> (kg.trab <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	1.063	234
FE <sub>CBOS</sub> (kg.trab <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	347	100
FE <sub>SST</sub> (kg.trab <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	191	29

As principais conclusões deste estudo vêm confirmar que de entre os factores de emissão associados à carga orgânica, o FE<sub>CQO</sub> é aquele que representa maior carga poluente associado à indústria têxtil e de vestuário, quando comparado com os factores de emissão associados aos restantes parâmetros físico-químicos, sendo responsável por 65% da carga poluente gerada por estes sectores de actividade.

### **4.3 Sistemas Infraestruturais na Bacia Hidrográfica do Rio Ave**

O estado actual da qualidade da água na BHRA está de certo modo condicionado pela própria distribuição demográfica, ordenamento do território, ocupação do solo e distribuição das actividades económicas na área da bacia e respectivas pressões. De facto, a área abrangida pela bacia é caracterizada por um povoamento variado que condiciona a análise da poluição de origem urbana e industrial. A ocupação urbana concentra-se na zona central sul da bacia, sobretudo nos concelhos de Guimarães, Santo Tirso, Trofa, Vila Nova de Famalicão e Vizela, com elevadas densidades populacionais e importante implantação industrial. A área de montante da bacia é ocupada por aglomerados mais dispersos e de menor dimensão.

Por outro lado, a área abrangida pela BHRA, com excepção das zonas a montante contíguas à nascente, tem sido sujeita, nos últimos trinta anos, a descargas de efluentes sem tratamento prévio provenientes da actividade industrial, essencialmente do sector têxtil fortemente implantado nesta região. Como consequência, assistiu-se à deterioração da qualidade da água que passou a constituir um perigo para a saúde pública por ser imprópria para consumo humano, assim como para utilização industrial, usos recreativos, pesca e irrigação.

A especificidade desta ocupação territorial considera duas abordagens distintas, não só no que respeita ao estado actual da qualidade da água na BHRA, como no que

respeita aos baixos níveis de atendimento da população em termos de infra-estruturas de drenagem e tratamento de águas residuais (30%). Deste modo, é possível distinguir-se duas zonas com características bem diferenciadas: A zona do Alto Ave (Vieira do Minho, Póvoa de Lanhoso e Fafe) e a zona do Médio Ave (Guimarães, Vizela, Santo Tirso, Vila Nova de Famalicão, Póvoa de Varzim, Trofa e Vila do Conde).

#### 4.3.1 Alto Ave

De montante para jusante, desde a nascente até à foz, localizam-se os concelhos de Vieira do Minho e Póvoa de Lanhoso. Estes concelhos possuem algumas infra-estruturas de tratamento de águas residuais restritas a algumas freguesias e respectivas sedes de concelho. No concelho de Fafe, para além da população urbana e dado o sector têxtil apresentar um desenvolvimento considerável ao longo dos rios Vizela e Ferro, as infra-estruturas existentes são insuficientes para fazer face à adequada colecta e tratamento das águas residuais produzidas neste concelho.

Nestes concelhos, a solução comumente adoptada ao nível da drenagem e tratamento de águas residuais são as soluções “autónomas”, e.g. fossas sépticas ou sistemas individuais, cobrindo cerca de 50% da população total envolvida. Actualmente, estes concelhos são servidos por oito ETAR, cujas principais características se apresentam no Quadro 4.9.

**Quadro 4.9 – Características das ETAR em funcionamento (Águas do Ave, S.A., 2006)**

DESIGNAÇÃO DA ETAR	CONCELHO	TIPO ETAR <sup>13</sup>	CAPACIDADE	
			POPULAÇÃO (e.p.)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /dia)
Salamonde I	Vieira do Minho	PLAN	250	38
Salamonde II	Vieira do Minho	PLAN	250	38
Ruivães	Vieira do Minho	PLAN	400	60
Rossas	Vieira do Minho	PLAN	600	90
Vieira do Minho	Vieira do Minho	LAAP	3.500	455
Póvoa de Lanhoso	Póvoa de Lanhoso	LPMC	3.600	550
Calvelos	Fafe	LPMC	14.000	2.100
Zona Industrial do Socorro	Fafe	LPMC	5.050	860

<sup>13</sup> Tipo de ETAR: **PLAN** – ETAR de Plantas; **LAAP** – Lamas Activadas com Arejamento Prolongado; **LPMC** – Leito Percolador de Meia Carga.

### 4.3.2 Médio Ave

A zona do Médio Ave, considerada a mais populosa e “mais poluída”, é servida na sua maioria por um sistema integrado de drenagem e tratamento de águas residuais (SIDVA), no qual as águas residuais produzidas nos concelhos envolvidos são concentradas num número restrito de três sistemas de drenagem (Frentes de Drenagem) e três ETAR e respectivos aterros sanitários para deposição das lamas (Quadro 4.10).

**Quadro 4.10 – Composição actual do SIDVA (Águas do Ave, S.A., 2003)**

<b>INFRA-ESTRUTURAS</b>	<b>FRENTE DE DRENAGEM DE SERZEDELO</b>	<b>FRENTE DE DRENAGEM DE RABADA</b>	<b>FRENTE DE DRENAGEM DE AGRA</b>
<b>ETAR</b>	<b>ETAR de Serzedelo</b>	<b>ETAR de Rabada</b>	<b>ETAR de Agra</b>
Nível de Tratamento	Terciário	Terciário	Terciário
Localização	Guimarães	Santo Tirso	Vila Nova de Famalicão
Capacidade (m <sup>3</sup> /dia)	15.120	30.240	30.240
<b>SISTEMA INTERCEPTOR</b>	<b>Ave, Selho</b>	<b>Ave, Vizela, Nespereira, São Martinho</b>	<b>Ave, Pele, Pelhe, Trofa, Covelas, Matadouro, Sanguinhedo</b>
Localização	Guimarães e Vila Nova de Famalicão	Guimarães, Vizela, Santo Tirso e Vila Nova de Famalicão	Santo Tirso, Vila Nova de Famalicão e Trofa
Extensão (km)	35	43	65
<b>ATERRO SANITÁRIO</b>	<b>Serzedelo</b>	<b>Rabada</b>	<b>Agra</b>
Localização	Guimarães	Santo Tirso	Vila Nova de Famalicão
Volume (m <sup>3</sup> )	25.852	75.513	13.381

Para além das ETAR indicadas no Quadro 4.10, existe ainda a ETAR de Queimados que serve essencialmente a cidade de Vila Nova de Famalicão.

Esta solução, definida à escala da BHRA, representou e continua a representar extrema importância para a despoluição da “zona mais poluída” da BHRA, consistindo numa solução integrada de drenagem e tratamento conjunto de águas residuais industriais e urbanas produzidas na região do Médio Ave.

O SIDVA, criado em 1997, numa iniciativa intermunicipal, protagonizada pela Associação de Municípios do Vale do Ave, constituiu a primeira grande resposta institucional da sociedade para fazer face aos problemas de poluição existentes nesta zona da bacia e que urgiam em ser resolvidos.

Naturalmente, com a entrada em funcionamento do SIDVA, o estado da qualidade da água na zona do Médio Ave melhorou significativamente, sendo um dos indicadores da melhoria da qualidade das águas, a presença de ictiofauna. Neste sentido foi efectuado um levantamento de campo, entre Julho e Setembro de 2003, junto de pescadores e associações de pescadores, dos locais onde existe peixe nesta região (Quadro 4.11).

**Quadro 4.11 – Locais e tipos de peixes encontrados no Médio Ave (Águas do Ave, S.A., 2003)**

LOCAL	TIPOS DE PEIXE	FONTE
Caldas das Taipas na zona do Interceptor do Ave – Guimarães	Barbos, Carpas, Trutas Arco-íris, Bogas, Percas, Perca Lúcio, Gardons (peixe francês), Enguias e Góbios	Pescadores do Rio Ave
Freguesia de Ronfe, mini-hídrica no Lugar de Ínsua, na zona do Interceptor do Ave - Guimarães	Carpas, Percas, Perca Lúcio (Sandre) e Achigã	Trabalhador da mini hídrica
Caniços, a montante da ligação do Vizela – Santo Tirso	Perca, Barbos e Pimpões	Pescadores do Rio Ave
Santiago do Bougado na zona do Interceptor do Ave – Trofa	Perca, Barbos e Pimpões	Pescadores do Rio Ave
Regularmente ao longo do Rio Ave	Bogas, Barbos, Escalos, Enguias, Carpas, Percas, Lagostins, Pimpões e Trutas	Delegação de Caça e Pescas de Vieira do Minho

Os pescadores contactados descrevem a existência de peixe em várias zonas do Ave correspondendo, grande parte, a zonas onde está implantado actualmente o sistema, desde o ano de 2000, isto é, três anos após a entrada em funcionamento do sistema de drenagem e de tratamento. Foi ainda referido pelos pescadores o desaparecimento temporário de algumas das espécies de peixe identificadas, sempre que ocorrem descargas clandestinas de efluente industrial no Rio Ave ou nos seus afluentes.

Actualmente, tendo em consideração as orientações estratégicas definidas no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) para o período 2000 – 2006 (MAOT, 2000), isto é, que em 2006, 95% da população portuguesa seja servida com Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e 90% com Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais (SDTAR), os sistemas multimunicipais apresentam-se como soluções de gestão integrada do ciclo urbano da água, garantindo um melhor serviço ao consumidor, em termos de qualidade, quantidade, segurança e fiabilidade da água que é captada, tratada e distribuída e

salvaguardando o ambiente, através da recolha e tratamento das águas residuais que são rejeitadas em condições ambientalmente seguras.

É neste sentido que o Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Vale do Ave, adiante designado por Sistema Multimunicipal, criado pelo Decreto – Lei n.º 135/2002, de 14 de Maio (Assembleia da República, 2002), encontrando-se em fase inicial de implementação, actua, de modo a resolver os problemas que actualmente se colocam ao nível do abastecimento de água às populações e do tratamento das águas residuais, urbanas e industriais, na área geográfica de Fafe, Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Santo Tirso, Trofa, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão e Vizela.

Este Sistema Multimunicipal tem por objectivos:

- Garantir um serviço de qualidade no que se refere ao abastecimento público de água e ao saneamento, a custos controlados, permitindo a fixação de tarifas socialmente aceitáveis;
- Despoluir as bacias hidrográficas pertencentes ao sistema, abrangendo praticamente toda a BHRA;
- Cumprir a legislação nacional e comunitária nesta matéria;
- Garantir a sustentabilidade do sistema;
- Promover a qualidade do ambiente e a melhoria das condições socio-económicas e da qualidade de vida das populações.

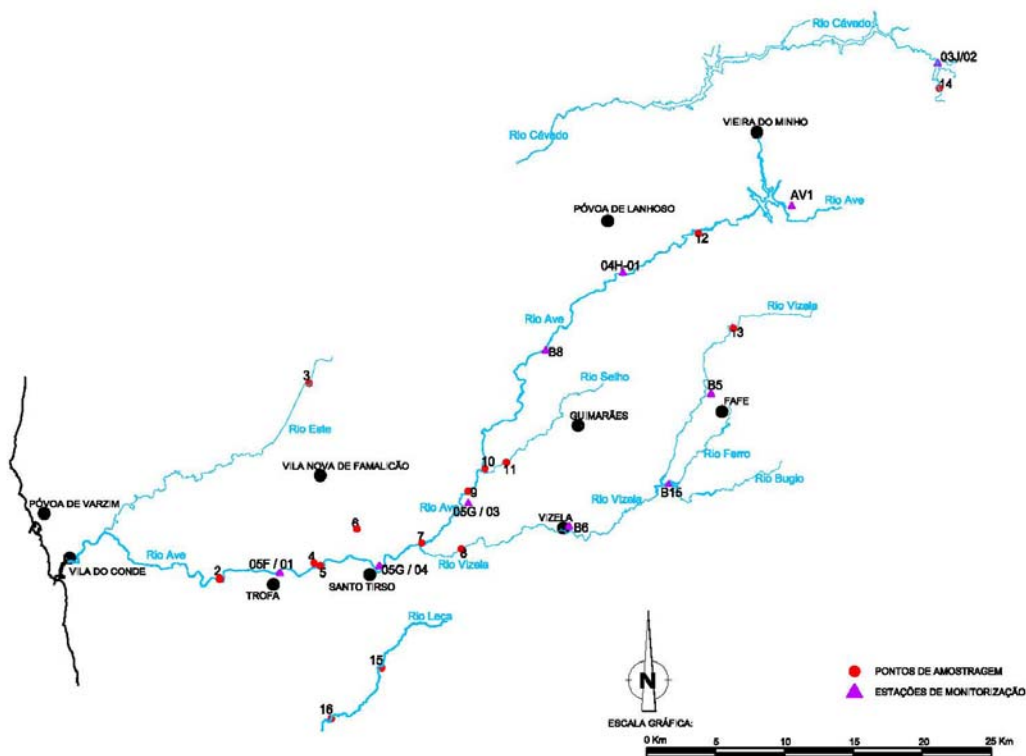
O Sistema Multimunicipal será alvo de análise pormenorizada no capítulo 5.

#### **4.4 Rede de Monitorização da Qualidade da Água Existente**

No que se refere à qualidade das águas superficiais, o Rio Ave começou a ser monitorizado regularmente desde o início de 1982, tendo durante o ano de 1989 havido um reajustamento e algum reforço dos locais de amostragem.

Actualmente, a monitorização ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ave/Leça, através da rede de monitorização de recursos hídricos superficiais – RQA – desenvolvida pelo INAG/SNIRH, é constituída por 11 estações de qualidade da água e 16 pontos de amostragem, 8 estações hidrométricas automáticas e 20 estações meteorológicas.

Os dados provenientes das estações de monitorização e dos pontos de amostragem da qualidade da água, encontram-se armazenados na Base de Dados de Qualidade da água “DMSQA”, pertença da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N). Na Figura 4.3 apresenta-se, esquematicamente, a localização destas estações/pontos de amostragem na bacia em estudo e no Quadro 4.12 e Quadro 4.13, a respectiva caracterização.



**Figura 4.3 – Localização das estações e pontos de amostragem existentes na BHRA**

Também no ANEXO 1 e de acordo com o referido no capítulo 2, é apresentada a grelha de parâmetros e respectiva frequência de amostragem consoante os objectivos atribuídos a cada estação/ponto de amostragem.

Na sequência das directrizes apontadas pela DQA, em Janeiro de 2005, foram implantados estrategicamente ao longo de área abrangida pela BHRA, 16 pontos de amostragem da qualidade da água que se vêm juntar às estações de monitorização apresentadas no Quadro 4.12, reforçando a ideia de que os Estados-Membros deverão criar mecanismos de gestão fiáveis que permitam avaliar a qualidade da água em tempo



útil, dos resultados das acções de despoluição implementadas e financiadas pelos fundos comunitários.

Estes, em conjunto com as estações de monitorização da RQA permitem avaliar a evolução da qualidade da água dos meios receptores e a sua requalificação ambiental, com a execução e entrada em funcionamento das infra-estruturas, existentes e a construir, e consequente utilização das mesmas.

**Quadro 4.12 – Caracterização das estações de monitorização da qualidade da água localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Ave**

<b>CÓDIGO/ ESTAÇÃO</b>	<b>CURSO DE ÁGUA</b>	<b>ALTITUDE (m)</b>	<b>ÁREA DA BACIA (km<sup>2</sup>)</b>	<b>DISTÂNCIA À FOZ (km)</b>	<b>OBJECTIVO/ TIPO</b>	<b>ENTRADA EM FUNCIONAMENTO</b>
AV01 Cabeceira do Ave	Rio Ave	---	---	80	Referência, Piscícola Convencional	Março 2000
B8 Taipas	Rio Ave	200	309	55	Captação, Piscícola Convencional	Novembro 1992
B15 Ferro	Rio Ferro	200	124	1,5	Captação, Ciprinídeo Convencional	Novembro 1992
AV02 Foz do Pequeno	Rio Pequeno	---	---	---	Piscícola Convencional	Março 2000
04H/01 Garfe	Rio Ave	140	199	66,7	Fluxo Convencional	Outubro 1989
B5 Golães	Rio Vizela	300	45	32	Captação, Salmonídeo Convencional	Novembro 1992
05G/01 Ponte Brandão	Rio Selho	100	70	3,6	Impacto Convencional	Outubro 1988
B6 Vizela (St. Adrião)	Rio Vizela	200	228	17,4	Captação, Salmonídeo Automática+ Telemetria+ Convencional	Novembro 1992
05G/03 Riba de Ave	Rio Ave	101	476	40	Impacto Convencional	Maió 1998
05G/04 Santo Tirso	Rio Ave	100	830	31	Impacto Convencional	Maió 1998
05F/01 Ponte da Trofa	Rio Ave	52	979	22,5	Impacto, Fluxo Convencional	Maió 1998

**Quadro 4.13 – Caracterização dos 16 pontos de amostragem localizados ao longo da BHRA**

<b>CÓDIGO/PONTO DE AMOSTRAGEM</b>	<b>CURSO DE ÁGUA</b>	<b>ENTRADA EM FUNCIONAMENTO</b>
1 – Ponte ETAR Penices	Rio Este	Março 2005
2 – Restaurante Azenha	Rio Ave	Janeiro 2005
3 – Ponte do Este	Rio Este	Janeiro 2005
4 – Ponte E.N. 204	Rio Pele	Janeiro 2005
5 – Ponte da Lagonçinha	Rio Ave	Janeiro 2005
6 – Ponte E.N. 508	Rio Pelhe	Janeiro 2005
7 – Ponte Caniços	Rio Ave	Janeiro 2005
8 – Ponte Nova (Aves)	Rio Vizela	Janeiro 2005
9 – Ponte V.I.M.	Rio Ave	Janeiro 2005
10 – Ponte Serves	Rio Ave	Janeiro 2005
12 – ETA das Andorinhas	Rio Ave	Janeiro 2005
13 – ETA de Queimadela	Rio Vizela	Janeiro 2005
14 – ETA do Rabagão	Ribeira do Amial (BH Rio Cávado)	Janeiro 2005
15 – Reguenga	Rio Leça	Janeiro 2005
16 – Ponte do Rio Leça	Rio Leça	Janeiro 2005

#### **4.5 Teste de Aplicabilidade das Metodologias**

Na presente secção apresenta-se um teste de aplicabilidade das metodologias revistas no capítulo 3, no que respeita ao subconjunto dos indicadores de estado de qualidade das águas superficiais da BHRA, estando fora do contexto deste teste os indicadores de pressão e de resposta.

No presente teste de aplicabilidade foram estudadas todas as metodologias revistas no capítulo 3, à excepção da metodologia desenvolvida pela NSF:

- **Metodologia M1:** Metodologia proposta por Mano (1989), baseada na proposta do SDD (1976, 1981 e 1983) e descrita em 3.3.2.
- **Metodologia M2:** Metodologia utilizada em Espanha, baseada na proposta de Provencher e Lamontagne (1977) (in Albuquerque (1991) e Barros *et al.* (1992)), objecto de descrição em 3.3.3.
- **Metodologia M3:** Metodologia proposta por Loigu e Leisk (2001) para avaliar o estado químico dos rios Estónios, descrita em 3.3.4.

- **Metodologia M4:** Metodologia proposta por Silva (2002), baseada no modelo PSR para avaliação e quantificação dos indicadores de pressão, estado e resposta, no sentido de avaliar o estado ecológico do Estuário do Tejo.

Na Figura 4.4 apresenta-se um esquema das metodologias adoptadas no cálculo dos indicadores de estado.

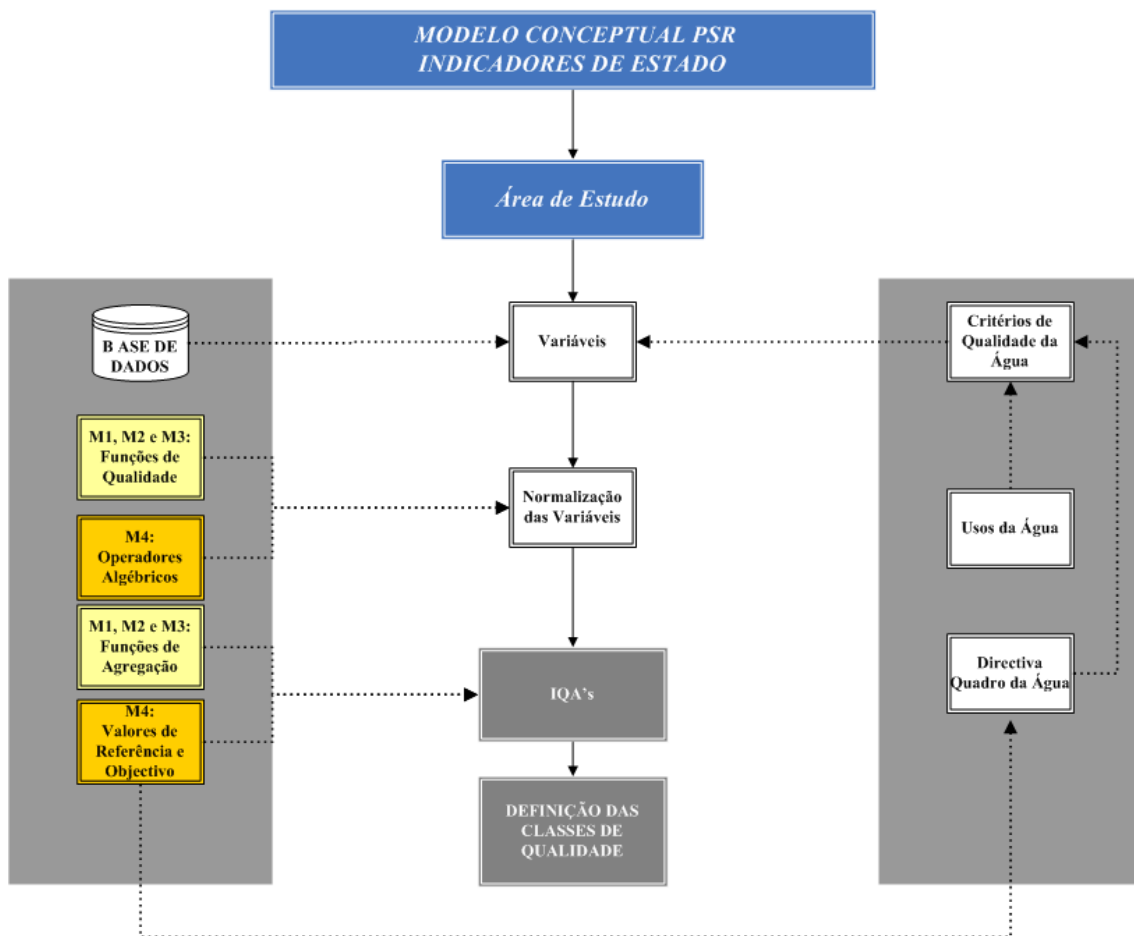
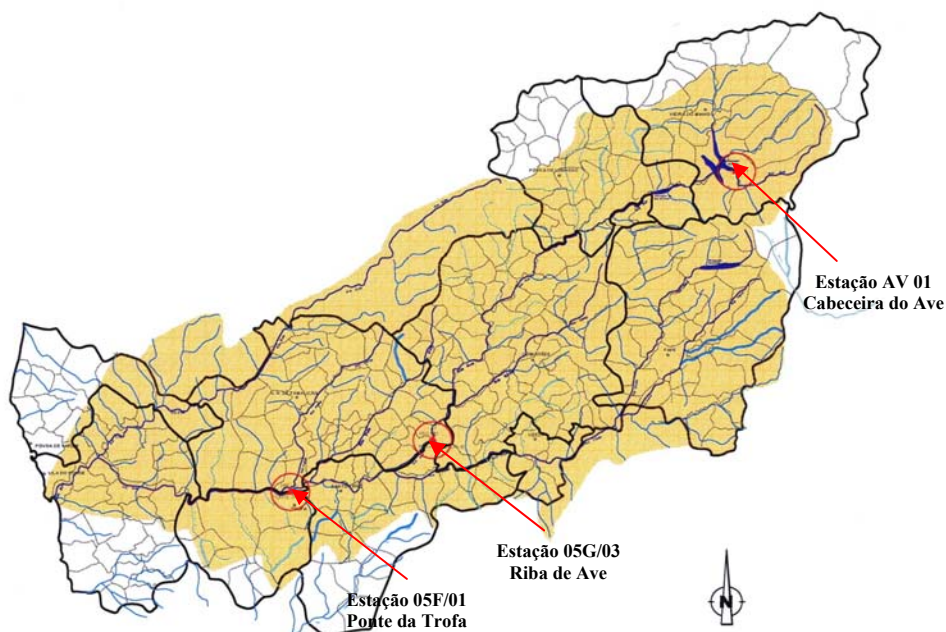


Figura 4.4 – Metodologias adoptadas no cálculo dos indicadores de estado (adaptado de Oliveira *et al.*, 2006)

Este subconjunto dos indicadores de estado foi calculado com base nas variáveis físico-químicas caracterizadoras da qualidade da água recolhidas em três estações da RQA (constituindo a área de estudo do presente teste) relativas aos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005, não tendo sido desprezado, nem excluído qualquer valor.

As características destas estações, cuja localização é apresentada na Figura 4.5, são apresentadas no Quadro 4.12.



**Figura 4.5 – Bacia Hidrográfica do Rio Ave e localização das três estações da RQA**

Estas estações foram seleccionadas considerando a hipótese simplificativa de que cada estação de amostragem define qualitativamente o troço que lhe está a montante (Mano, 1989). A estação AV01 é a estação mais próxima da nascente do Rio Ave. É uma estação de referência e piscícola, que permite avaliar as características naturais básicas e a recolha de informação prévia à influência antropogénica, assim como avaliar a aptidão de um determinado curso de água para a vida piscícola. As estações 05G/03 e 05F/01 são estações de impacto, localizadas numa área da bacia hidrográfica com forte influência antropogénica. A estação 05F/01 é igualmente uma estação de fluxo, que permite avaliar a evolução espacial da qualidade da água de um curso de água (Oliveira *et al.*, 2006).

Nos pontos seguintes descreve-se a metodologia aplicada no processo de cálculo das diferentes metodologias, seguido da apresentação dos resultados obtidos e principais conclusões.

Em cada uma das metodologias analisadas foram calculados dois tipos de índices:

- $I_{\text{Geral Anual}} (I_{\text{GA}})$ : Índice de classificação geral do estado da qualidade da água, através da agregação de todas as variáveis seleccionadas: Metodologias M1, M2 e M3.
- $I_{\text{Temático Anual}}$ : Índice de classificação do estado da qualidade da água desagregado por temática (eutrofização, balanço de oxigénio, contaminação microbiológica, matéria orgânica e metais pesados): Metodologia M4. Deste modo, para o  $I_{\text{Temático Anual}}$  contribuem os seguintes índices:
  - i)  $I_{\text{EA}}$ : Índice Eutrofização Anual;
  - ii)  $I_{\text{BOA}}$ : Índice Balanço Oxigénio Anual;
  - iii)  $I_{\text{CMA}}$ : Índice Contaminação Microbiológica Anual;
  - iv)  $I_{\text{MOA}}$ : Índice Matéria Orgânica Anual;
  - v)  $I_{\text{MPA}}$ : Índice Metais Pesados Anual.

#### 4.5.1 Variáveis Propostas

O vector de qualidade utilizado nas metodologias M1, M2 e M3 é constituído pelas variáveis indicadas no Quadro 4.14.

No caso da metodologia M4, os valores das variáveis propostas são agrupados em indicadores de estado, recorrendo aos valores de referência definidos na legislação Portuguesa e Europeia: VMA (Valor Máximo Admissível) e VMR (Valor Máximo Recomendado). No presente teste, os indicadores de estado foram construídos, tendo em consideração os valores objectivo (VMA), no caso de existirem. Caso contrário, recorreu-se aos valores de referência (VMR).

No Quadro 4.15 estão indicados os valores adoptados como valores objectivo para os valores observados. Os valores objectivo, especificados em instrumentos legais, foram definidos de acordo com os principais usos da água da área de estudo, caracterizados no Quadro 4.12.

**Quadro 4.14 – Proposta de composição do vector qualidade necessário para o cálculo do  $I_{\text{Geral}}^{\text{Anual}}$** 

METODOLOGIA M1	METODOLOGIA M2	METODOLOGIA M3
Temp amostra (°C)	---	---
pH Lab	pH Lab	---
OD (% sat)	OD (mg O <sub>2</sub> /L)	OD (% sat)
Condutividade (20 °C)	Condutividade (25 °C)	---
SST (mg SST/L)	SST (mg SST/L)	---
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CBO <sub>7</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	---
Colif. Fecais (NMP/100mL)	Colif. Totais (NMP/100mL)	---
Azoto Amoniacal (NH <sub>4</sub> /L)	---	Amónia (mg N/L)
---	---	Fósforo Total (mg P/L)
---	---	Azoto Total (mg N/L)

**Quadro 4.15 – Valores objectivo adoptados na metodologia M4**

$I_{\text{Temática}}^{\text{Anual}}$	PARÂMETRO	ESTAÇÃO AV01 VALORES OBJECTIVO (Anexo X <sup>14</sup> , DL n.º 236/98)	ESTAÇÕES: 05G/03 e 05F/01 VALORES OBJECTIVO (Anexo XXI <sup>15</sup> , DL n.º 236/98)
$I_{\text{EA}}$	OD (% Sat)	50 (VMA)	50 (VMA)
	Nitritos (mg NO <sub>2</sub> /L)	0,03 (VMR)	---
	Amónia (mg NH <sub>4</sub> /L)	1 (VMA)	1 (VMA)
	Fósforo (mg P/L)	---	1 (VMA)
	SST (mg /L)	25 (VMA)	---
$I_{\text{BOA}}$	OD (% Sat)	50 (VMA)	50 (VMA)
	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	6 (VMR)	5 (VMA)
$I_{\text{MOA}}$	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	6 (VMR)	5 (VMA)
$I_{\text{MPA}}$	Chumbo (mg Pb/L)	---	0,05 (VMA)
	Crómio Total (mg Cr/L)	---	0,05 (VMA)
	Mercúrio Total (mg Hg/L)	---	0,001 (VMA)
	Cádmio Total (mg Cd/L)	---	0,01 (VMA)
	Zinco Total (mg Zn/L)	0,3 (águas salmonídeos) ou 1,0 (águas de ciprinídeos) (VMA)	0,5 (VMA)
	Arsénio Total (mg As/L)	---	0,1 (VMA)

Devido à indisponibilidade de dados, as variáveis avaliadas no presente teste não coincidiram exactamente com as originalmente propostas, estando assinaladas no

<sup>14</sup> Qualidade das águas doces para fins aquícolas – águas piscícolas

<sup>15</sup> Objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais

Quadro 4.16 as variáveis efectivamente adoptadas e assinaladas as variáveis modificadas em relação à proposta original.

**Quadro 4.16 – Variáveis que constituem o vector qualidade no caso das metodologias M1, M2 e M3**

VARIÁVEIS		METODOLOGIA M1	METODOLOGIA M2	METODOLOGIA M3
Temp amostra (°C)		√	√	√
pH Lab		√	√	
OD	(% sat)	√		√
	(mg O <sub>2</sub> /L)		√	
Condutividade (20 °C)		√	√ (Modificada)	
SST (mg SST/L)		√	√	
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)		√	√	√ (Modificada)
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)		√	√	
Colif. Fecais (NMP/100mL)		√		
Colif. Totais (NMP/100mL)			√	
Azoto Amoniacal (NH <sub>4</sub> /L)		√		√ (Modificada)
Fósforo Total (mg P/L)				√
Azoto Total (mg N/L)				

#### 4.5.2 Normalização das Variáveis

Nas metodologias M1 e M2 são propostas Funções de Qualidade para a obtenção de valores normalizados adimensionais, calculados a partir dos valores das concentrações das variáveis analisadas e que irão contribuir para a obtenção dos indicadores de estado.

No presente teste, na metodologia M2, utilizou-se a Função de Qualidade da variável Condutividade (25 °C) para avaliar a variável Condutividade (20 °C).

No caso da metodologia M3, estas Funções de Qualidade, tal como descrito em 3.3.4, designam-se por Método do “Sub-Index” (ANEXO 5). Na aplicação desta metodologia, utilizou-se o Sub-Index CBO<sub>7</sub> (mg O<sub>2</sub>/L) para avaliar a CBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/L) e o Sub-Index Amónia (mg N/L) para avaliar o Azoto Amoniacal (mg NH<sub>4</sub>/L).

A metodologia M4 não contempla Funções de Qualidade, calculando-se os indicadores de estado através da normalização dos valores das variáveis observadas, aplicando a transformada hiperbólica como operador algébrico.

### 4.5.3 Factores de Ponderação

Nas metodologias M1, M2 e M3, os autores propõem a utilização de factores de ponderação para cálculo dos respectivos Índices de Qualidade da Água. Para que estes índices oscilem entre zero e cem, a soma dos coeficientes de ponderação  $P_i$  deve ser igual a um.

Os factores de ponderação ( $P_i$ ) propostos, estão indicados no Quadro 4.17 e resultam da junção do Quadro 3.4, Quadro 3.8 e Quadro 3.10.

**Quadro 4.17 – Factores de ponderação propostos nas metodologias M1, M2 e M3**

METODOLOGIA M1	$P_i$	METODOLOGIA M2	$P_i$	METODOLOGIA M3	$P_i$
Temp amostra (°C)	0,05	pH Lab	0,16	OD (% Sat)	0,15
pH Lab	0,09	OD (mg O <sub>2</sub> /L)	0,16	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,30
OD (% sat)	0,19	Condutividade (25 °C)	0,16	Amónia (mg N/L)	0,10
Condutividade (20 °C)	0,06	SST (mg SST/L)	0,16	Fósforo Total (mg P/L)	0,25
SST (mg SST/L)	0,07	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,16	Azoto Total (mg N/L)	0,20
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,15	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	0,05		
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	0,15	Colif. Totais (NMP/100 mL)	0,16		
Colif. Fecais (NMP/100 mL)	0,12				
Azoto Amoniacal (NH <sub>4</sub> /L)	0,12				
$\sum P_i$	<b>1,00</b>	$\sum P_i$	<b>1,00</b>	$\sum P_i$	<b>1,00</b>

### 4.5.4 Teste de Comparação das Metodologias

No presente teste de comparação de metodologias, foram estudados dois processos de cálculo distintos na construção do subconjunto dos indicadores de estado: Abordagens 1 e 2, aplicadas a todas as metodologias.

Através da aplicação da abordagem 1, pretende-se obter a classificação geral da qualidade da água da BHRA ( $I_{\text{Gera}}^{\text{Anual}}$ ), através da agregação de todas as variáveis seleccionadas em cada um dos itens.

Na abordagem 2, o processo foi aplicado aos indicadores mais pertinentes, associados a cada índice temático. Através desta abordagem, pretende-se a obtenção de uma classificação desagregada por índice temático, isto é, a obtenção do  $I_{\text{Temático}}^{\text{Anual}}$ . Esta abordagem permite associar o estado real da qualidade da água de parte da BHRA



à respectiva classe de qualidade da água, baseada nos indicadores de estado temáticos. Deste modo, no cálculo do  $I_{GA}$ ,  $I_{EA}$ ,  $I_{BOA}$ ,  $I_{CMA}$  e  $I_{MOA}$ , as variáveis adoptadas e respectivos factores de ponderação adoptados, proporcionalmente aos originalmente propostos, apresentam-se no Quadro 4.18 a Quadro 4.20.

**Quadro 4.18 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices, na M1**

VARIÁVEIS	IQA	GERAL	TEMÁTICA			
		$I_{GA}$	$I_{EA}$	$I_{BOA}$	$I_{CMA}$	$I_{MOA}$
Temp amostra (°C)	0,05	0,05				
pH Lab	0,09	0,09				
OD (% sat)	0,19	0,19	0,50	0,56		
Condutividade (20 °C)	0,06	0,06				
SST (mg/L)	0,07	0,07	0,18			
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,15	0,15		0,44		0,50
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	0,15	0,15				0,50
Colif. Fecais (NMP/100 mL)	0,12	0,12			1,00	
Azoto Amoniacal (NH <sub>4</sub> /L)	0,12	0,12	0,32			
$\sum P_i$	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

**Quadro 4.19 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices, na M2**

VARIÁVEIS	IQA	GERAL	TEMÁTICA			
		$I_{GA}$	$I_{EA}$	$I_{BOA}$	$I_{CMA}$	$I_{MOA}$
pH Lab	0,16	0,16				
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	0,16	0,16	0,50	0,50		
Condutividade (25 °C)	0,16	0,16				
SST (mg/L)	0,16	0,16	0,50			
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> )	0,16	0,16		0,50		0,75
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	0,05	0,05				0,25
Colif. Totais (NMP/100 mL)	0,16	0,16			1,00	
$\sum P_i$	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

**Quadro 4.20 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices, na M3**

VARIÁVEIS	IQA <sub>GS</sub>	GERAL	TEMÁTICA			
		I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BOA</sub>	I <sub>CM</sub> A	I <sub>MO</sub> A
OD (% sat)	0,15	0,19	0,19	0,33		
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,30	0,38	0,38	0,67		1,00
Amónia (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L)	0,10	0,13	0,13			
N Total (mg/L)	0,20					
P total (mg/L)	0,25	0,31	0,31			
$\Sigma P_i$	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	---	<b>1,00</b>

O índice I<sub>MPA</sub> é adoptado unicamente na metodologia M4, dada a ausência de funções de qualidade ou método do Sub-Index que permitissem a sua quantificação no caso das restantes metodologias.

Nas metodologias M1, M2 e M4, foram aplicados duas funções estatísticas diferentes, ou seja, os vários índices foram calculadas com base:

- No valor médio da série de observações para os anos de 2002, 2003, 2004 e 2005.
- No valor do percentil 10 (no caso do OD) e percentil 90 (restantes parâmetros) da série de observações, para os anos de 2002, 2003, 2004 e 2005.

No caso das metodologias M1 e M2, aplicadas as respectivas Funções de Qualidade, os valores das variáveis foram transformados em valores de qualidade. Estes, após aplicação das respectivas Funções de Agregação (Equações (3.5) e (3.9)), permitiram a obtenção do I<sub>GA</sub> respectivo.

Na metodologia M3, aplicou-se apenas a função estatística percentil no cálculo dos índices:

- No caso do OD, o percentil 10 da distribuição normal da série de observações, para os anos 2002, 2003, 2004 e 2005.
- No caso das restantes variáveis, o percentil 90 da distribuição log-normal da série de observações, para os anos 2002, 2003, 2004 e 2005.

Deste modo, para esta metodologia, depois de calculados os respectivos percentis com base nas Equações (4.1), (4.2) e (4.3) derivadas da Equação (3.14)

(Loigiu e Leisk, 2001), aferiu-se a respectiva classe de qualidade de acordo com os valores definidos no Quadro 3.11, após o qual se aplicou a respectiva equação linear para o cálculo do SI correspondente.

$$I_{EA} = (SI_{OD})^{P_i} \times (SI_{CBO_5})^{P_i} \times (SI_{NH_4})^{P_i} \times (SI_{P_{tot}})^{P_i} \quad (4.1)$$

$$I_{BOA} = (SI_{OD})^{P_i} \times (SI_{CBO_5})^{P_i} \quad (4.2)$$

$$I_{MOA} = (SI_{CBO_5})^{P_i} \quad (4.3)$$

#### 4.5.5 Classes de Qualidade

Após o cálculo dos índices, gerais e temáticos, estes foram associados às respectivas classes de qualidade propostas em cada uma das metodologias. As classes de qualidade propostas nas metodologias M1, M2 e M3 são classificações de carácter qualitativo e quantitativo, enquanto que, as classes de qualidade propostas na metodologia M4 são apenas de âmbito qualitativo.

### 4.6 Análise e Discussão dos Resultados

Na presente subsecção, apresentam-se os resultados obtidos através das abordagens 1 e 2, seguida da respectiva análise e discussão.

#### 4.6.1 Abordagem 1. Classificação por Agregação das Variáveis

A abordagem 1 consistiu em avaliar, para cada uma das estações estudadas, os I<sub>G</sub>A relativos aos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005.

No Quadro 4.21 resumem-se os valores de I<sub>G</sub>A calculados com base no valor médio da série de observações. No Quadro 4.22 apresentam-se os valores de I<sub>G</sub>A calculados com base nos valores do percentil 10 e percentil 90 da série de observações.

Pela análise dos resultados apresentados no Quadro 4.21 e Quadro 4.22 verificou-se que, quando testadas as duas funções estatísticas, média e percentil, os

resultados conduziram a classes de qualidade mais elevadas no caso de ser testada a função estatística percentil.

Comparando as metodologias M1 e M2, os resultados obtidos aparentam demonstrar que estas conduzem a resultados idênticos em termos qualitativos. O entanto, verificam-se alguns desajustes em termos quantitativos, consequência das diferenças dos critérios inerentes à equivalência da escala qualitativa dos índices com uma escala quantitativa, utilizadas nas duas metodologias (Barros *et al.*, 1992).

No que respeita à metodologia M3, os resultados apresentados no Quadro 4.22 parecem demonstrar que os intervalos de validade das equações propostas por Loigu e Leisk (2001) não são compatíveis com os valores das variáveis registados na BHRA, essencialmente na zona considerada “mais poluída” (valores sem significado obtidos na estação de Riba de Ave e Ponte da Trofa).

**Quadro 4.21 – I<sub>G</sub>A obtidos com base no valor médio da série de observações**

ESTAÇÃO	METODOLOGIA	2002	2003	2004	2005
Cabeceira do Ave	M1	68 BOA	71 BOA	72 MUITO BOA	72 MUITO BOA
	M2	82 BOA	84 BOA	83 BOA	87 BOA
	M4	BOM	BOM	BOM	EXCELENTE
Riba de Ave	M1	30 FORTE	39 MODERADO-FORTE	30 FORTE	19 INADMISSÍVEL
	M2	69 ADMISSÍVEL	70 INTERMÉDIA	68 ADMISSÍVEL	67 ADMISSÍVEL
	M4	BOM	BOM	BOM	DEGRADADO
Ponte da Trofa	M1	31 MODERADO-FORTE	34 MODERADO-FORTE	31 MODERADO-FORTE	36 MODERADO-FORTE
	M2	67 ADMISSÍVEL	67 ADMISSÍVEL	68 ADMISSÍVEL	70 ADMISSÍVEL
	M4	BOM	BOM	BOM	DEGRADADO

**Quadro 4.22 – I<sub>G</sub>A obtidos com base nos valores do percentil 10 e percentil 90 da série de observações**

ESTAÇÃO	METODOLOGIA	2002	2003	2004	2005
Cabeceira do Ave	M1	70 BOA	79 MUITO BOA	81 MUITO BOA	83 MUITO BOA
	M2	88 BOA	91 EXCELENTE	89 BOA	93 EXCELENTE
	M3	100 ELEVADO	94 ELEVADO	45 POBRE	29 MAU
	M4	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Riba de Ave	M1	43 FRACO-MODERADO	55 FRACO	42 FRACO-MODERADO	26 FORTE
	M2	73 INTERMÉDIA	77 INTERMÉDIA	76 INTERMÉDIA	65 ADMISSÍVEL
	M3	S/S <sup>16</sup> ---	S/S ---	S/S ---	S/S ---
	M4	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
Ponte da Trofa	M1	48 FRACO-MODERADO	41 FRACO-MODERADO	39 MODERADO-FORTE	52 FRACO
	M2	68 ADMISSÍVEL	71 INTERMÉDIA	72 INTERMÉDIA	73 INTERMÉDIA
	M3	S/S ---	S/S ---	S/S ---	S/S ---
	M4	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	EXCELENTE

No caso da metodologia M4, os valores do I<sub>G</sub>A foram obtidos através da análise de conformidade dos dados obtidos em monitorização extensiva, com objectivos de qualidade da água especificados em instrumentos legais (valores objectivo apresentados no Quadro 4.15). Perante os resultados obtidos, esta metodologia afigura-se pouco restritiva e não reveladora do estado real da qualidade das águas superficiais da BHRA, pelo facto dos valores objectivo considerados, embora definidos por normativo legal nacional, serem pouco restritivos por serem objectivos de qualidade mínima (Quadro 4.15), especialmente no caso das estações 05G/03 e 05F/01 (Oliveira *et al.*, 2006). Por outro lado, esta metodologia, embora preconize a existência de classes de qualidade, apenas permite a sua definição em termos qualitativos e não se encontra conjugada a uma escala de qualidade de 0 a 100.

<sup>16</sup> S/S – Sem significado

#### 4.6.2 Abordagem 2. Classificação por Agregação dos Índices Temáticos.

A abordagem 2 consistiu em avaliar, para cada uma das estações e metodologias estudadas, os  $I_{TA}$  relativos aos anos de 2002, 2003, 2004 e 2005.

Nos quadros seguintes resumem-se os índices temáticos calculados com base nos valores médios da série de observações e baseados nos valores do percentil 10 e percentil 90 da série de observações. A metodologia M3 apenas foi testada com base nos valores desta última função estatística.

O Quadro 4.23 e o Quadro 4.24 resumem os resultados obtidos nesta abordagem, para as metodologias M1 e M2, respectivamente.

**Quadro 4.23 –  $I_{TA}$ 's obtidos com base na Metodologia M1**

ESTAÇÃO	ANO	$I_{EA}$		$I_{BOA}$		$I_{CM A}$		$I_{MOA}$	
		MÉDIA <sup>17</sup>	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>
Cabeceira do Ave	2002	89	86	90	85	11	16	62	67
		MB	MB	MB	MB	INA	INA	B	B
	2003	92	98	98	99	20	40	65	67
		EXC	EXC	EXC	EXC	INA	M-F	B	B
2004	98	99	97	100	14	21	65	84	
	EXC	EXC	EXC	EXC	INA	FOR	B	MB	
2005	94	87	14	86	14	44	71	91	
	EXC	MB	INA	MB	INA	F-M	MB	MB	
Riba de Ave	2002	42	40	47	40	1	2	15	44
		F-M	M-F	F-M	M-F	INA	INA	INA	F-M
	2003	63	68	57	64	1	2	20	50
		B	B	FRA	B	INA	INA	INA	F-M
2004	49	51	50	59	1	1	12	31	
	F-M	FRA	F-M	FRA	INA	INA	INA	FOR	
2005	19	11	16	11	0	2	10	31	
	INA	INA	INA	INA	INA	INA	INA	M-F	
Ponte da Trofa	2002	46	58	58	67	1	3	17	39
		F-M	FRA	FRA	B	INA	INA	INA	M-F
	2003	49	33	47	32	2	3	20	45
		F-M	M-F	F-M	M-F	INA	INA	INA	F-M
2004	44	29	49	30	1	2	19	47	
	F-M	FOR	F-M	FOR	INA	INA	INA	F-M	
2005	52	61	70	86	3	7	23	41	
	FRA	FRA	B	MB	INA	INA	FOR	M-F	

<sup>17</sup> **EXC** – Excelente; **MB** – Muito Boa; **B** – Boa; **F-M** – Fraco-Moderado; **FRA** – Fraco; **M-F** – Moderado-Forte; **FOR** – Forte; **INA** – Inadmissível

A análise dos resultados apresentados no Quadro 4.24 permite constatar a impossibilidade de aferir o valor do  $I_{CMA}$  (valores sem significado). Esta situação deve-se ao facto dos valores de qualidade obtidos através da média e do percentil 90 da série de observações para a variável *coliformes totais*, serem bastante superiores ao valor máximo da função de qualidade proposta por Provencher e Lamontagne (1977) (in Albuquerque, 1991), não permitindo o cálculo do  $I_{CMA}$ .

**Quadro 4.24 –  $I_T$ A's obtidos com base na Metodologia M2**

ESTAÇÃO	ANO	$I_{EA}$		$I_{BoA}$		$I_{CMA}$		$I_{MoA}$	
		MÉDIA <sup>18</sup>	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>
Cabeceira do Ave	2002	100	100	99	100	22	39	88	90
		EXC	EXC	EXC	EXC	INA	INA	B	EXC
	2003	100	100	99	100	45	79	89	91
		EXC	EXC	EXC	EXC	INA	INT	B	EXC
2004	100	100	99	100	36	56	89	96	
	EXC	EXC	EXC	EXC	INA	INA	B	EXC	
2005	100	100	99	100	57	80	91	97	
	EXC	EXC	EXC	EXC	INA	B	EXC	EXC	
Riba de Ave	2002	91	80	73	75	S/S	S/S	48	78
		EXC	INT	INT	INT	---	---	INA	INT
	2003	95	89	77	85	S/S	S/S	52	81
		EXC	B	INT	B	---	---	INA	B
2004	97	97	71	86	S/S	S/S	41	67	
	EXC	EXC	INT	B	---	---	INA	ADM	
2005	90	61	67	51	S/S	S/S	46	69	
	B	ADM	ADM	INA	---	---	INA	ADM	
Ponte da Trofa	2002	86	66	73	61	S/S	S/S	53	77
		B	ADM	INT	ADM	---	---	INA	INT
	2003	90	73	71	68	S/S	S/S	52	79
		B	INT	INT	ADM	---	---	INA	INT
2004	93	76	74	68	S/S	S/S	52	76	
	EXC	INT	INT	ADM	---	---	INA	INT	
2005	94	79	78	76	S/S	S/S	57	80	
	EXC	INT	INT	INT	---	---	INA	INT	

O Quadro 4.25 resume os resultados obtidos nesta abordagem, para a metodologia M3, apenas testada para a função estatística percentil 10 e percentil 90.

<sup>18</sup> **EXC** – Excelente; **B** – Boa; **INT** – Intermédia; **ADM** – Admissível; **INA** – Inadmissível

Tal como referido na abordagem 1 e pela análise dos resultados apresentados no Quadro 4.25, a metodologia M3 aparenta estar desajustada à realidade da BHRA, essencialmente no que respeita à variável *azoto amoniacal*, que contribui com importância significativa para o cálculo do  $I_{EA}$ . Este desajuste é demonstrado pelos resultados obtidos nas estações 05G/03 e 05F/01. De acordo com a definição do próprio método, o valor máximo permitido é de 0,6 mgN/L e corresponde ao valor fronteira entre a Classe IV e V (Quadro 3.11), sendo bastante inferior ao percentil 90 da série de observações, em todos os anos estudados. Este motivo justifica a impossibilidade de aferição do valor do  $I_{EA}$  e conseqüente  $I_{GA}$  para estas estações, conforme indicado no Quadro 4.25 e Quadro 4.22, respectivamente.

**Quadro 4.25 –  $I_{EA}$ 's obtidos com base na Metodologia M3**

ESTAÇÃO	ANO	$I_{EA}$	$I_{BoA}$	$I_{CM_A}$	$I_{MoA}$
Cabeceira do Ave	2002	100 ELEVADO	100 ELEVADO	---	100 ELEVADO
	2003	94 ELEVADO	100 ELEVADO	---	100 ELEVADO
	2004	45 POBRE	100 ELEVADO	---	100 ELEVADO
	2005	29 MAU	100 ELEVADO	---	100 ELEVADO
Riba de Ave	2002	S/S ---	S/S ---	---	67 RAZOÁVEL
	2003	S/S ---	60 RAZOÁVEL	---	46 POBRE
	2004	S/S ---	31 MAU	---	17 MAU
	2005	S/S ---	100 ELEVADO	---	100 ELEVADO
Ponte da Trofa	2002	S/S ---	82 BOM	---	74 RAZOÁVEL
	2003	S/S ---	65 RAZOÁVEL	---	72 RAZOÁVEL
	2004	S/S ---	60 RAZOÁVEL	---	58 RAZOÁVEL
	2005	S/S ---	100 ELEVADO	---	100 ELEVADO



Para evitar a existência de valores de qualidade bastante superiores aos valores máximos das funções de qualidade ou método sub-index que lhe estão subjacentes e que ocorre no caso das variáveis *coliformes totais* e *azoto amoniacal*, propõe-se a adopção do critério adoptado pela NSF (1970), que consiste na definição de um valor mínimo de qualidade. Esta solução será analisada inteiramente na subsecção 5.5, página 95.

O Quadro 4.26 apresenta os resultados obtidos por aplicação da metodologia M4, quando testadas a função média e percentil da série de observações.

**Quadro 4.26 – I<sub>T</sub>A's obtidos com base na Metodologia M4**

ESTAÇÃO	ANO	I <sub>EA</sub>		I <sub>BOA</sub>		I <sub>CM A</sub>		I <sub>MOA</sub>		I <sub>MPA</sub>	
		MÉDIA <sup>19</sup>	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>	MÉDIA	P <sub>10</sub> /P <sub>90</sub>
Cabeceira do Ave	2002	B	EXC	EXC	EXC	----	---	EXC	EXC	EXC	S/S
	2003	B	EXC	EXC	EXC	---	---	EXC	EXC	EXC	S/S
	2004	B	EXC	EXC	EXC	---	---	EXC	EXC	B	S/S
	2005	EXC	EXC	EXC	EXC	---	---	EXC	EXC	EXC	S/S
Riba de Ave	2002	B	EXC	DEG	EXC	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S
	2003	B	EXC	DEG	EXC	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S
	2004	B	EXC	DEG	EXC	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S
	2005	MAU	EXC	MAU	EXC	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S
Ponte da Trofa	2002	B	EXC	DEG	EXC	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S
	2003	B	B	DEG	DEG	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S
	2004	B	EXC	DEG	EXC	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S
	2005	DEG	EXC	DEG	EXC	---	---	DEG	EXC	EXC	S/S

Esta metodologia difere das anteriores no sentido em que permite a aferição do I<sub>MPA</sub>, dada a inexistência de funções de qualidade ou o equivalente método do Sub-Index nas restantes metodologias testadas.

Tal como na abordagem 1, os resultados aparentam demonstrar uma metodologia pouco restritiva e não reveladora do estado real da qualidade das águas superficiais da BHRA.

<sup>19</sup> **EXC** – Excelente; **B** – Bom; **DEG** – Degradado; **MAU** – Mau

#### 4.7 Conclusões

A classificação final do estado de qualidade da água da área de estudo da BHRA foi efectuada através dos estados ou classes de qualidade respeitantes a diferentes graus de informação, isto é, através da agregação do conjunto das variáveis – Índice Geral (abordagem 1) e por temática – Índice Temático (abordagem 2).

Este exercício de organização de informação no formato adequado para a construção do subconjunto dos indicadores de estado e posterior definição das classes de estado de qualidade, revelou alguma eficácia e obtenção de classificações mais realistas (e pessimistas) no caso da abordagem 2, pelo que se conclui que a informação e posterior definição das classes de qualidade deverá ser agregada por temática (Oliveira *et al.*, 2006).

Perante os resultados obtidos nas duas abordagens, o método aplicado na metodologia M3 afigura-se ser o mais adequado na construção do subconjunto dos indicadores de estado, não só pela sua actualidade e facilidade de aplicação, tal como sucede nas metodologias M1 e M2, como também pela sua aceitação em organizações internacionais, como seja o caso da *National Rivers Authority* (actual *Environment Agency*), a partir da qual se basearam os actuais programas de gestão da qualidade da água em países como Inglaterra, País de Gales e Estónia.

Contudo, face às dificuldades de aplicação desta metodologia no caso da área de estudo, conforme demonstrado nos resultados obtidos, propõe-se a introdução de algumas alterações que serão analisadas detalhadamente no capítulo 5.

## 5. SISTEMA DE INDICADORES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AVE

*O presente capítulo descreve a metodologia proposta para a construção de um sistema de indicadores de qualidade das águas superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio Ave baseada no modelo conceptual Pressão-Estado-Resposta.*

*Embora este modelo possa contemplar a avaliação de variáveis biológicas, físico-químicas e hidromorfológicas, no âmbito da presente dissertação caracterizou-se um sistema de indicadores de pressão, estado e resposta que apenas considera variáveis de qualidade físico-química.*

*Após a descrição da metodologia adoptada para a determinação do sistema de indicadores, apresenta-se uma verificação da sua operacionalidade, validade e fiabilidade, através da sua aplicação ao caso de estudo, com maior aprofundamento no caso dos indicadores de estado.*

*Definiram-se quatro tipos de indicadores de pressão que permitem avaliar as causas que estão na origem das pressões actualmente existentes na bacia hidrográfica.*

*Na determinação dos indicadores de estado adoptou-se uma metodologia inovadora que considera cinco índices temáticos para a caracterização da qualidade da água, cobrindo as temáticas eutrofização, balanço de oxigénio, contaminação microbiológica, matéria orgânica e metais pesados.*

*No caso dos indicadores de resposta, foram definidas medidas e acções, regulamentares e institucionais, de modo a assegurar uma utilização racional dos recursos hídricos da bacia tendo em vista a sustentabilidade ambiental, económica e de desenvolvimento regional.*

## 5.1 Metodologia Adoptada

Em Portugal, com a entrada em vigor da Lei da Água, que estabelece a RH como unidade principal de planeamento e gestão, torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias próprias e ferramentas de apoio à decisão e de suporte à gestão integrada desta unidade ou sistema, que constitui uma bacia hidrográfica. Neste sentido, surge a aplicação do conceito de indicador ambiental como elemento essencial ao planeamento e gestão dos recursos hídricos.

A construção de um sistema de indicadores e a sua aplicação à BHRA requer uma metodologia adequada para a caracterização da qualidade das suas águas superficiais comportando um conjunto de procedimentos, que incluem: a caracterização do caso de estudo, a identificação dos seus principais usos e pressões, a definição dos indicadores e respectivas variáveis associadas às várias temáticas, os critérios para a eventual definição de classes de qualidade e as respostas da sociedade face aos problemas de poluição, nomeadamente a adopção de instrumentos normativos e institucionais destinados a evitar ou minimizar eventuais disfunções causadas pelas pressões existentes.

A disponibilidade de dados resultantes da monitorização da qualidade das águas superficiais do sistema em causa, assim como a possibilidade de efectuar a previsão/simulação das variáveis de estado, em função das pressões existentes, é igualmente um aspecto fundamental na construção de um sistema de indicadores de qualidade da água. De facto, a inexistência de dados limita, por um lado, a possibilidade de construção de indicadores e por outro lado, pode tornar inviável a análise de sensibilidade dos indicadores de estado relativamente a alterações das pressões e destas às acções de gestão (Silva, 2002).

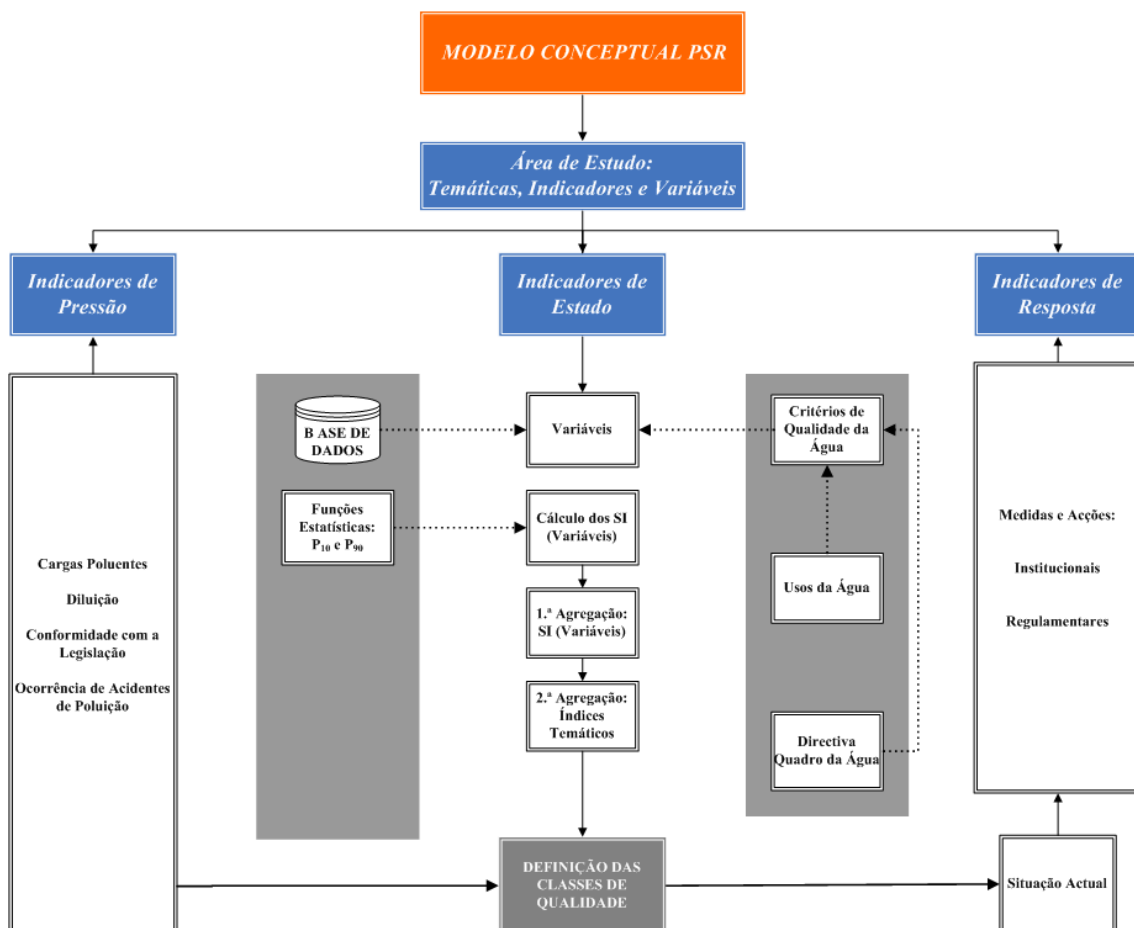
Baseado nas metodologias descritas no capítulo 3, o enquadramento conceptual utilizado na construção do sistema de indicadores foi o modelo PSR (descrito em 3.2), equilibrando as exigências de informação com as necessidades de ferramentas de apoio à decisão e suporte ao planeamento e gestão dos recursos hídricos.

Para cada temática foram seleccionadas as variáveis que conduziram aos indicadores de pressão, que por sua vez são caracterizadores das forças actuantes sobre o sistema em estudo, consequência principalmente das actividades humanas, as variáveis de estado (que descrevem e caracterizam a situação real) e de resposta (que

representam as reacções do sistema aos problemas ou aos desvios em relação à situação objectivo e que procurar alterar as pressões).

Na Figura 5.1 é apresentada uma estrutura esquemática da metodologia proposta e que se baseou nas metodologias apresentadas por Mano (1989), Loigu e Leisk (2001) e Silva (2002). É possível identificar as principais etapas e as suas independências no processo de construção do sistema de indicadores ambientais.

Dado que a cada tipo de indicador – pressão, estado e resposta – estão associadas regras próprias para a sua construção, torna-se necessário abordar, de forma distinta, cada um dos indicadores, explicitando-se nos pontos seguintes a descrição pormenorizada da metodologia adoptada.



**Figura 5.1 – Metodologia genérica usada para a construção do sistema de indicadores da BHRA**

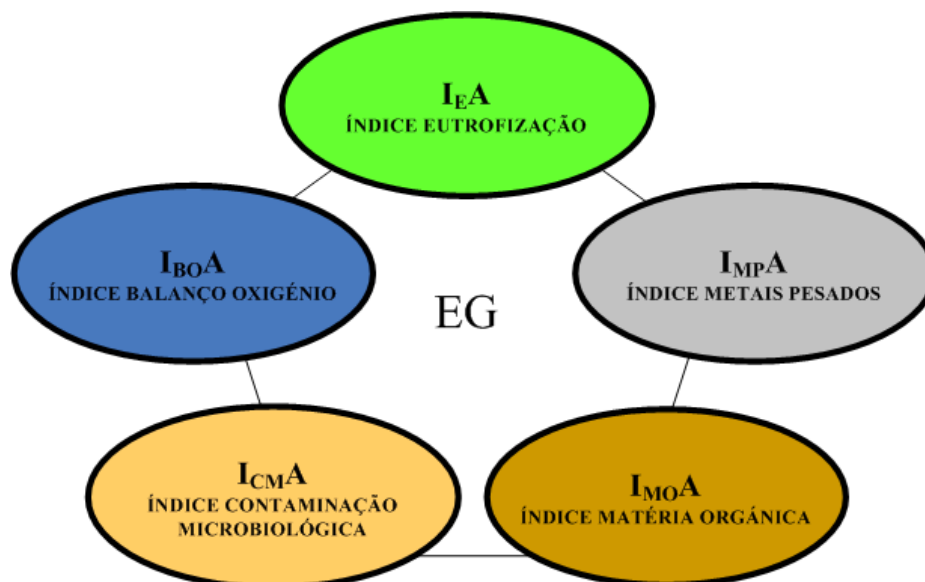
## 5.2 Identificação das Temáticas de Qualidade da Água

A identificação das temáticas de qualidade da água constitui o primeiro passo na construção do sistema de indicadores.

A definição e identificação das temáticas para a BHRA baseou-se num determinado número de critérios relacionados com o cumprimento de processos legais e com a relação de equilíbrio entre o estado ecológico, a vida aquática e a saúde pública.

O critério baseado na obrigação legal é um critério óbvio, dado que um dos aspectos sempre presentes num processo de gestão e suporte à decisão é o cumprimento do normativo legal, nacional e comunitário (ANEXO 6). O sistema de indicadores ambiental torna-se, assim, um precioso elemento de avaliação e análise de conformidade dos dados obtidos em monitorização extensiva com objectivos de qualidade da água especificados nos instrumentos legais.

Com base nas diversas normas legais aplicáveis é possível elaborar uma matriz com critérios de selecção para diferentes temáticas, conforme se indica no Quadro 5.1. Com base nestes critérios de selecção foram consideradas as seguintes temáticas: eutrofização, contaminação microbiológica, balanço de oxigénio, matéria orgânica e metais pesados (Figura 5.2).



**Figura 5.2 – Índices temáticos seleccionados para a caracterização do estado geral (EG) da qualidade das águas superficiais da BHRA**

**Quadro 5.1 – Temáticas e critérios de selecção baseados na legislação**

TEMÁTICA	CRITÉRIO DE SELECÇÃO				
	LEGISLAÇÃO	IMPORTÂNCIA		DISPONIBILIDADE DE DADOS	RESULTADO FINAL
		ECOLÓGICA	SAÚDE PÚBLICA		
Eutrofização	+ (e), (d), (g), (h)	+	+	+	+
Contaminação Microbiológica	+ (a), (b), (d), (g), (h)	-	+	+	+
Balanco de Oxigénio	+ (d), (g), (h)	+	-	+	+
Matéria Orgânica	+ (d), (g), (h)	+	+	+	+
Metais pesados	+ (a), (c), (d), (g), (h)	+	+	+	+
Qualidade Estética (Cor)	+ (d), (g), (h)	+	-	-	-
Integridade dos Habitats	+ (f), (h)	+	-	-	-
Regime Hidrológico	+ (h)	+	-	-	-
Condições Morfológicas	+ (h)	+	-	-	-

(a) Directiva 75/440/EEC (Qualidade das águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano)  
 (b) Directiva 76/160/EEC (Qualidade das águas balneares)  
 (c) Directiva 76/464/CEE (Poluição causada por determinadas substâncias perigosas lançadas no meio aquático da Comunidade), outras sub-Directivas  
 (d) Directiva 78/659/CEE (Qualidade das águas doces que necessitam de ser protegidas ou melhoradas a fim de estarem aptas para a vida dos peixes)  
 (e) Directiva 91/271/CEE (Recolha, tratamento e deposição de águas residuais e tratamento e deposição das águas residuais de certos sectores industriais) e Decreto-Lei 152/97, de 15 de Setembro  
 (f) Directiva 92/43/CEE (Conservação de habitats e de fauna e de flora selvagens)  
 (g) Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto  
 (h) Directiva 2000/60/CEE, de 23 de Outubro (Directiva Quadro da Água), transposta pela Lei da Água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro)

### 5.3 Indicadores e Variáveis Propostas

Após a identificação das temáticas procedeu-se à selecção das variáveis para cada tipo de indicador e para cada temática considerada. Esta selecção baseou-se numa relação de interdependências entre as variáveis de estado do sistema em estudo, as respectivas pressões actuantes e as respostas que a análise comparativa entre os valores reais presentes e os “desejáveis” poderá induzir na sociedade.

Embora o modelo conceptual PSR contemple a avaliação de variáveis biológicas, físico-químicas e hidromorfológicas, no presente trabalho optou-se por caracterizar um sistema de indicadores de pressão, estado e resposta que apenas considera variáveis de qualidade físico-química.

A selecção das variáveis físico-químicas obedeceu a um conjunto de critérios que se resumem em seguida:

- i) O número de variáveis a seleccionar para cada indicador associado à respectiva temática deve ser limitado;
- ii) As variáveis a seleccionar devem ser mensuráveis;
- iii) No processo de selecção devem ser evitadas as redundâncias;
- iv) Um indicador e respectiva variável associada, tal como já foi referido no capítulo 2, deverá ser sensível a acções de gestão. Assim, as variáveis cujos valores são apenas controlados por processos naturais devem ser consideradas, quando necessárias, como variáveis auxiliares (Silva, 2002).

Tendo em consideração, por um lado, a disponibilidade de dados relativos à qualidade das águas superficiais da BHRA e por outro lado, as temáticas consideradas, foi possível construir o Quadro 5.2 onde estão representados os indicadores propostos e as respectivas variáveis.

A importância dos metais pesados e a selecção das variáveis a considerar está relacionada com as imposições legais actualmente em vigor. Estes documentos são enquadramentos da selecção das variáveis da DQA e as decisões nela previstas que “estabelecem as listas das substâncias prioritárias no domínio da política da água”, em particular da Decisão COM (2001)17 e as listas “negra” e “cinzenta” adoptadas pela Directiva das substâncias perigosas (76/464/CEE) e pelas “Directivas Filhas” referentes a substâncias específicas, actualmente transposto para a legislação nacional<sup>20</sup> (Silva, 2002).

---

<sup>20</sup> Dec. Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto – Lei da Qualidade da Água; Dec. Lei n.º 56/99 de 26 de Fevereiro – Substâncias Perigosas; Dec-Lei n.º 390/99, de 30 de Setembro – Substâncias Perigosas; Dec. Lei n.º 431/99, de 22 de Outubro, relativo às descargas de mercúrio de sectores da electrólise de cloretos alcalinos.



**Quadro 5.2 – Indicadores propostos**

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA		INDICADORES PROPOSTOS		
TEMÁTICA	DESCRIÇÃO	PRESSÃO	ESTADO	RESPOSTA
Eutrofização	Carga de nutrientes: azoto (N) e fósforo (P) (origem doméstica e industrial)	Carga de Nutrientes: Azoto total (N) Fósforo total (P)	Oxigénio Dissolvido (% sat) CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L) Azoto amoniacal (mg NH <sub>4</sub> /L) Fósforo (mg P/L)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da eficiência no tratamento de águas residuais;</li> <li>• Melhoria da razão água residual drenada e recolhida / água residual tratada;</li> <li>• Aumento da taxa de cobertura de tratamento de águas residuais de origem industrial;</li> <li>• Implantação de “boas” práticas na aplicação de pesticidas e fertilizantes na agricultura.</li> </ul>
Contaminação Microbiológica	Qualidade da água para consumo humano: obrigação legal e protecção da saúde pública.	Carga de Coliformes Totais e Fecais	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da taxa de cobertura de tratamento de águas residuais;</li> <li>• Melhoria da eficiência de tratamento.</li> </ul>
Balanço de Oxigénio	O excesso e o défice de oxigénio têm influência significativa nos ecossistemas. CBO <sub>5</sub> permite “avaliar” o efeito da descarga de águas residuais no balanço de oxigénio.	Carga poluente: Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO <sub>5</sub> )	Oxigénio Dissolvido (% sat) CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da taxa de cobertura de tratamento de águas residuais;</li> <li>• Melhoria da eficiência de tratamento.</li> </ul>
Metais Pesados	Descarga de metais pesados nos cursos de água (e.g. chumbo, crómio, mercúrio, cádmio, zinco, arsénio) de várias origens (indústria, agricultura e doméstica).	Carga poluente associada aos Metais Pesados	Pb Cr Hg Cd Zn As	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da taxa de cobertura de tratamento das águas residuais de origem industrial;</li> <li>• Adopção de “tecnologia limpas” nos processos industriais.</li> </ul>
Matéria Orgânica	Descargas de matéria orgânica resultantes das várias actividades humanas (domésticas, industriais e agricultura).	Carga Orgânica: Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO <sub>5</sub> ) Carência Química de Oxigénio (CQO)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L) CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da taxa de cobertura de tratamento de águas residuais;</li> <li>• Melhoria da eficiência de tratamento.</li> </ul>

## 5.4 Indicadores de Pressão

Após a organização da informação de referência em 4.2 e pelas dificuldades de que se reveste esta tarefa, optou-se, no presente trabalho, por identificar quatro tipos de indicadores de pressão: Indicador de Cargas Poluentes, Indicador de Diluição e Indicador de Conformidade com a Legislação e Indicador de Ocorrência de Acidentes de Poluição (Quadro 5.3).

Quadro 5.3 – Indicadores de pressão

ÍNDICE TEMÁTICO	INDICADOR DE CARGAS POLUENTES	INDICADOR DE CAPACIDADE DE DILUIÇÃO	INDICADOR DE CONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO	INDICADOR DE ACIDENTES DE POLUIÇÃO
I <sub>EA</sub>	X	X		
I <sub>BOA</sub>	X	X	X	X
I <sub>CM</sub> A	X	X		
I <sub>MO</sub> A	X	X	X	
I <sub>MP</sub> A	X		X	X

### *Indicador de Cargas Poluentes*

Apesar dos indicadores de pressão se basearem em informação de base recente relativa às cargas poluentes presentes na BHRA, é de todo o interesse a definição de uma proposta de metodologia para a estimativa dessas cargas poluentes, baseada nas propostas da literatura revista em 4.2.

De acordo com as temáticas seleccionadas no Quadro 5.2, construiu-se a matriz constante do Quadro 5.4, na qual se propõe um conjunto de descritores a utilizar na estimativa de cargas poluentes, de acordo com o tipo de poluição (tóptica ou difusa).

### *Indicador de Diluição*

A sensibilidade de um meio hídrico a cargas poluentes está inteiramente relacionada com a sua capacidade de diluição. O cálculo dos tempos de residência ( $T_r$ ) relacionados com a variação da concentração de uma substância nas águas receptoras é essencial para avaliar a capacidade de diluição de um determinado troço de um rio.

**Quadro 5.4 – Indicador de Cargas Poluentes**

ÍNDICE TEMÁTICO	FONTE POLUENTE	VARIÁVEL	DESCRITORES
I <sub>EA</sub>	Tópica (efluentes domésticos urbanos) Difusa (Agricultura)	Carga de N total Carga de P Total	Taxa de população atendida por Sistemas de DTAR Pop. residente x Capitação x Coeficiente de tratamento
I <sub>CM</sub> A	Tópica (efluentes domésticos urbanos)	Carga de Coliformes Fecais	Taxa de população atendida por Sistemas de DTAR Pop. residente x Capitação x Coeficiente de tratamento
	Difusa (Precipitação Intensa)		Coeficientes específicos associados aos Coliformes Fecais
I <sub>BO</sub> A	Tópica (efluentes domésticos urbanos e efluentes industriais)	Carga de Matéria Orgânica Oxidável (CBO <sub>5</sub> )	Taxa de população atendida por Sistemas de DTAR Pop. residente x Capitação x Coeficiente de tratamento
I <sub>MP</sub> A	Tópica (Efluente Industrial)	Carga de Metais Pesados	Grau de tratamento nas ETAR N.º habitantes equivalentes Coeficientes específicos associados aos metais pesados
I <sub>MO</sub> A	Tópica (efluentes domésticos urbanos e efluentes industriais)	Carga de Matéria Orgânica (CBO <sub>5</sub> e CQO)	Taxa de população atendida por Sistemas de DTAR Pop. residente x Capitação x Coeficiente de tratamento
	Difusa (fontes de origem urbana e industrial)		FE <sub>Caudais</sub> associado à Indústria FE <sub>Carga Orgânica</sub> associado à Indústria

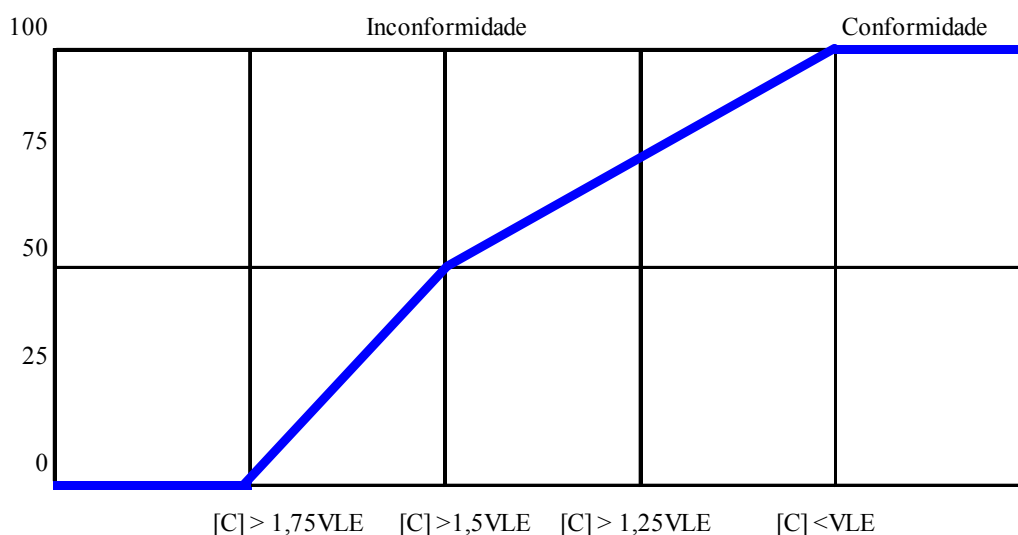
#### *Indicador de Conformidade com a Legislação*

Este indicador está relacionado com as aflúências de águas residuais à BHRA e o cumprimento/incumprimento da legislação, nacional e comunitária, aplicável.

Importa referir que a verificação do cumprimento/incumprimento da legislação apenas é exequível no caso das águas residuais rejeitadas por ETAR e águas residuais de origem industrial, após identificação das gamas de concentrações das diferentes variáveis de interesse (e.g., Quadro 4.7), i.e. as águas residuais rejeitadas de que se possui conhecimento.

De acordo com a proposta de Silva (2002), para cada aflúência de águas residuais à BHRA, é necessário, *a priori*, verificar o cumprimento e incumprimento da legislação aplicável (e.g., Valores Limites de Emissão – VLE – na descarga de águas residuais, definidos pelo Anexo XVII, do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto), ou seja, o valor da concentração da variável ([C]) de interesse na aflúência é comparável

com o respectivo VLE. Posteriormente, o valor final do *Índice de Conformidade com a Legislação*, que terá valores compreendidos entre 0 (conformidade com o VLE) e 100 (incumprimento do VLE), será determinado recorrendo à curva de penalidade (Figura 5.3).



**Figura 5.3 – Curva de penalidade proposta para a determinação do Índice de Conformidade com a Legislação (adaptado de Silva, 2002)**

#### *Indicador de Ocorrência de Acidentes de Poluição*

Dada a situação particular do tipo de indústria presente na BHRA e das consideráveis cargas poluentes que lhe estão associadas, reveste-se de enorme importância a quantificação das pressões sobre a BHRA associada à ocorrência de acidentes de poluição, não só em relação à carga orgânica, como também em relação aos metais pesados.

O ideal seria a quantificação do *Indicador de Ocorrência de Acidentes de Poluição*, associado ao número e tipo de ocorrências anuais e o seu impacto no ambiente, através da quantificação da área afectada. Contudo, por indisponibilidade de informação de base em quantidades suficiente, esta tarefa torna-se impraticável.

No Quadro 5.5 apresenta-se uma proposta de descritores associados à ocorrência de acidentes de poluição para o conjunto das temáticas consideradas no Quadro 5.2.



A selecção destas estações/pontos de amostragem pretendeu, por um lado, identificar situações críticas de degradação da qualidade da água em resultado das actividades poluentes desenvolvidas na bacia, e por outro lado, avaliar a capacidade de recuperação do Rio Ave antes de desaguar no Oceano Atlântico em Vila de Conde.

Esta selecção considerou a hipótese simplificativa de que cada estação/ponto de amostragem define qualitativamente o troço que lhe está a montante.

A escolha dos locais de colheita AV01 e Ponto 12 teve ainda como finalidade a caracterização das condições de base do principal curso de água da bacia – o Rio Ave.

No Quadro 5.6 apresentam-se as estações/pontos de amostragem, o número de amostragens e as variáveis relevantes para o objectivo do trabalho.

**Quadro 5.6 – Características das estações/pontos de amostragem localizados na área de estudo**

ESTAÇÕES /PONTOS DE AMOSTRAGEM (montante para jusante)	CÓDIGO	DISTÂNCIA À FOZ (km)	PERÍODO CONSIDERADO	VARIÁVEIS CONSIDERADAS	N.º AMOSTRAGENS
Cabeceira do Ave	AV01	80	2002 – 2005	OD, CBO <sub>5</sub> , CQO, NH <sub>4</sub> , C, Fec, P, Pb, Cr, Hg, Cd, Zn, As	48
ETA das Andorinhas	Ponto 12	73	2005		12
Garfe	04H/01	67	2005		12
Taipas	B8	55	2002 – 2005		48
Ponte Serves	Ponto 10	43	2005		12
VIM	Ponto 9	41	2005		12
Riba de Ave	05G/03	40	2002 – 2005		50
Caniços	Ponto 7	35	2005		12
Santo Tirso	05G/04	31	2002 – 2005		50
Ponte Lagoncinha	Ponto 5	25	2005		12
Ponte Trofa	05F/01	22	2002 – 2005		50
Restaurante Azenha	Ponto 2	17	2005		12

### 5.5.2 Metodologia

Antecedendo todo o processo de construção do subconjunto de indicadores de estado e após os resultados obtidos no teste de aplicabilidade descrito no capítulo 4, propõe-se a adopção de nova metodologia, adiante designada por metodologia M5, baseada na proposta de Loigu e Leisk (2001). Nesta metodologia alarga-se o espectro de variáveis que constituem o equivalente ao vector de qualidade (por analogia com as

metodologias M1 e M2) e conseqüentemente as temáticas associadas. A introdução de novas variáveis está relacionada com as temáticas *Contaminação Microbiológica, Matéria Orgânica e Metais Pesados*.

Da análise dos resultados apresentados no capítulo 4, constata-se igualmente a importância de efectuar a associação entre a classificação qualitativa e a classificação quantitativa, prevendo-se a utilização de uma escala de qualidade associada a um código de cores, conforme preconizado no Anexo V da DQA (União Europeia, 2000).

O principal objectivo da metodologia agora proposta (M5) consiste em calcular o Estado Geral – EG – da qualidade das águas superficiais da BHRA, através da agregação dos indicadores temáticos considerados:  $I_{EA}$ ,  $I_{BOA}$ ,  $I_{CMA}$ ,  $I_{MOA}$  e  $I_{MPA}$ .

Esta metodologia assenta em diferentes aspectos quando comparada com as anteriores. Nas metodologias M1, M2, M3 e M4, procedeu-se ao cálculo de dois tipos de índices, respeitantes a diferentes graus de agregação da informação, isto é, por temática ( $I_{EA}$ ,  $I_{BOA}$ ,  $I_{CMA}$ ,  $I_{MOA}$  e  $I_{MPA}$ ) e pelo conjunto das variáveis ( $I_{GA}$ ). No entanto, após se terem detectado importantes lacunas na aplicação desta nova metodologia, surgiu a necessidade de se efectuarem testes de compatibilidade entre o EG e o  $I_{GA}$ .

Deste modo, convém efectuar a distinção entre estes dois tipos de índices: o  $I_{GA}$  resulta da agregação ponderada das variáveis que concorrem para o vector de qualidade. O EG resulta da agregação ponderada dos índices temáticos descritos anteriormente.

As principais características associadas à metodologia M5 são as seguintes:

- Consideração da função de qualidade proposta pelo SDD e descrita em Mano (1989) para variável *azoto amoniacal* utilizada na quantificação do  $I_{EA}$ . A adopção desta função de qualidade está relacionada como a inaplicabilidade à realidade da BHRA do método do sub-index associado a esta variável (metodologia M3), nomeadamente na zona considerada “mais poluída” da bacia, tornando inviável o cálculo do  $I_{EA}$ . Deste modo, o subíndice *azoto amoniacal* baseado no percentil 90 para uma distribuição log-normal foi calculado através de função de qualidade apresentada em Mano (1989) para esta variável.

- Consideração da variável *coliformes fecais*, utilizado na quantificação do  $I_{CMA}$ . Esta variável não foi considerada na metodologia proposta por Loigu e Leisk (2001), no entanto, considera-se ser de grande importância a quantificação de microrganismos indicadores de contaminação fecal na avaliação da qualidade da água, uma vez que indicam a possibilidade da existência de microrganismos patogénicos responsáveis pela transmissão de doenças por via hídrica (Dias *et al.*, 2006). Deste modo, à semelhança do efectuado para a variável *azoto amoniacal*, o subíndice *coliformes fecais* baseado no percentil 90 para uma distribuição log-normal foi calculado através da função de qualidade da variável *coliformes fecais* apresentada por Mano (1989).
- Consideração da variável *CQO*, utilizada na quantificação do  $I_{MOA}$ . A introdução desta nova variável está intimamente relacionada com as inúmeras descargas de efluentes, sem qualquer tipo de tratamento prévio e provenientes sobretudo da actividade da indústria têxtil, determinantes na existência de elevadas concentrações de matéria orgânica na “zona mais poluída” da BHRA. Deste modo, tal como nos casos anteriores, considerou-se a função de qualidade *CQO* apresentada por Mano (1989) no cálculo do subíndice *CQO* baseado no percentil 90 para uma distribuição log-normal.
- Relativamente aos indicadores de estado da temática metais pesados –  $I_{MPA}$  – foram construídos com recurso às principais variáveis referidas na literatura e de acordo com a metodologia descrita em 4.5.2, isto é, os valores observados das variáveis consideradas são transformados em indicadores de estado recorrendo a valores de referência definidos na legislação Portuguesa e Europeia: VMA e VMR.

No presente caso, os indicadores de estado foram construídos com base no valor médio da série de observações e baseados nos valores objectivo (VMA) definidos no Anexo XXI do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto (Quadro 5.7).



**Quadro 5.7 – Valores Objectivo adoptados na temática “Metais Pesados”**

I <sub>MPA</sub>	VARIÁVEL	VALORES OBJECTIVO (Anexo XXI <sup>21</sup> , Decreto-Lei N.º 236/98)
Metais Pesados	Chumbo	0,05 mg/l (VMA)
	Crómio	0,05 mg/l (VMA)
	Mercurio	0,001 mg/l (VMA)
	Cádmio	0,01 mg/l (VMA)
	Zinco Total	0,5 mg/l (VMA)
	Arsénio Total	0,1 mg/l (VMA)

- Adopção do critério proposto pelo NSF, em 1970, em todas as funções de qualidade ou método do sub-index, através da definição de valores mínimos de qualidade associados ao subíndice (SI) de cada variável, conforme descrito no Quadro 5.8.

**Quadro 5.8 – Valores mínimos de qualidade propostos na metodologia M5**

VARIÁVEL	QUALIDADE MÍNIMA	FONTE
OD (% sat)	SE [OD] >140% ⇒ SI = 50,00	Loigu e Leisk (2001)
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	SE [CBO <sub>5</sub> ] >10 ⇒ SI = 2,00	Loigu e Leisk (2001) <sup>22</sup>
Azoto Amoniacal (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L)	SE [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] >20 ⇒ SI = 2,00	Ott, 1978; SDD, 1976, referidas em Mano, 1989
N Total (mg N/L)	SE [N Total] >5 ⇒ SI = 2,00	Loigu e Leisk (2001)
P Total (mg P/L)	SE [P Total] >0,16 ⇒ SI = 2,00	Loigu e Leisk (2001)
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	SE [Coli Fecais] >100.000 ⇒ SI = 2,00	Brown <i>et al.</i> e NSF WQI, 1970 (in Green, 2006)
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	SE [CQO] >74 ⇒ SI = 2,00	Ott, 1978; SDD, 1976, referidas em Mano, 1989

Após a quantificação dos vários índices temáticos, procedeu-se ao cálculo do EG através da agregação ponderada dos índices temáticos atrás considerados. Consegue-se,

<sup>21</sup> Objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais

<sup>22</sup> A função proposta por Loigu e Leisk (2001) é aplicável à variável CBO<sub>7</sub>, no entanto, considerou-se não existirem diferenças significativas entre esta e a variável CBO<sub>5</sub>, pelo que se considerou a função originalmente proposta aplicável à variável CBO<sub>5</sub>.

assim, resumir a informação passível de ser obtida através de um conjunto de dados de base.

Esta agregação processa-se em duas fases: quantificação dos índices temáticos e quantificação do EG.

A primeira agregação ocorre no momento da quantificação dos índices temáticos, sendo nesta fase a primeira vez que se introduzem os factores de ponderação relativos a cada uma das variáveis (Quadro 5.9). Estes factores de ponderação são proporcionais aos originalmente propostos por Loigu e Leisk (2001) e Mano (1989), este último no caso das variáveis *coliformes fecais* e *CQO*.

**Quadro 5.9 – Factores de ponderação utilizados no cálculo dos índices**

VARIÁVEIS	IQA <sub>GS</sub>	GERAL	TEMÁTICA			
		I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BOA</sub>	ICMA	I <sub>MOA</sub>
OD (% sat)	0,15	0,15	0,19	0,34		
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,30	0,29	0,37	0,66		0,71
Amónia (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L)	0,10	0,10	0,12			
N Total (mg/L)	0,20	---				
P total (mg/L)	0,25	0,25	0,32			
Coli. Fecais (NMP/100 mL)	---	0,09			1,00	
CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	---	0,12				0,29
$\sum P_i$	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

A segunda agregação ocorre quando da quantificação do EG, através da agregação dos vários índices temáticos associados aos respectivos factores de ponderação. A respeito da segunda agregação, extrai-se do trabalho desenvolvido pelo Scottish Development Department (1976) uma das seguintes conclusões (in Mano, 1989):

*“A utilização de factores de peso não será necessária quando todos os subíndices calculados forem semelhantes e, por isso, não haverá grandes diferenças entre os índices ponderados e não ponderados para amostras que possuam elevada qualidade. Pelo contrário, essa diferença far-se-á sentir numa forma acentuada em amostras de baixa qualidade. Por outro lado também, se as variáveis com maiores factores de peso forem aquelas que possuam valores de qualidade mais elevados, então*

a utilização de factores de peso origina um aumento do índice de qualidade da água e vice-versa. Apesar de poder ser argumentado que a utilização daqueles não é essencial para a implementação de um sistema de índices, aceita-se, de acordo com a opinião de especialistas, que os diversos factores de poluição possuem importâncias diferentes e que tal facto deverá ser expresso através da utilização de factores de peso.”

Tendo por base esta conclusão, testaram-se vários factores de ponderação associados aos índices temáticos, resultando num teste de análise de sensibilidade (Quadro 5.10).

No teste T1 atribui-se o mesmo peso a todos os índices temáticos. No caso do teste T2 considerou-se maior importância relativa do I<sub>MOA</sub>. No caso do teste T3 considerou-se maior importância relativa do I<sub>BOA</sub>. No teste T4 considerou-se menor importância relativa do I<sub>CM A</sub>, atribuindo-se o mesmo peso aos restantes índices temáticos.

**Quadro 5.10 – Factores de ponderação considerados no teste de sensibilidade para o cálculo do EG**

TESTE	P <sub>i</sub>				Σ P <sub>i</sub>
	I <sub>EA</sub>	I <sub>BOA</sub>	I <sub>CM A</sub>	I <sub>MOA</sub>	
T1	0,250	0,250	0,250	0,250	1,000
T2	0,125	0,250	0,125	0,500	1,000
T3	0,125	0,500	0,125	0,250	1,000
T4	0,300	0,300	0,100	0,300	1,000

A função de agregação dos índices temáticos utilizada é uma função multiplicativa baseada na proposta de Loigu e Leisk (2001) e definida de acordo com a Equação (5.1).

$$EG = (I_{EA})^{P_i} \times (I_{BOA})^{P_i} \times (I_{CM A})^{P_i} \times (I_{MOA})^{P_i} \quad (5.1)$$

Em que:

EG – Estado Geral;

I<sub>EA</sub> – Índice Eutrofização Anual;

I<sub>BOA</sub> – Índice Balanço de Oxigénio Anual;

I<sub>CM A</sub> – Índice Contaminação Microbiológica Anual;

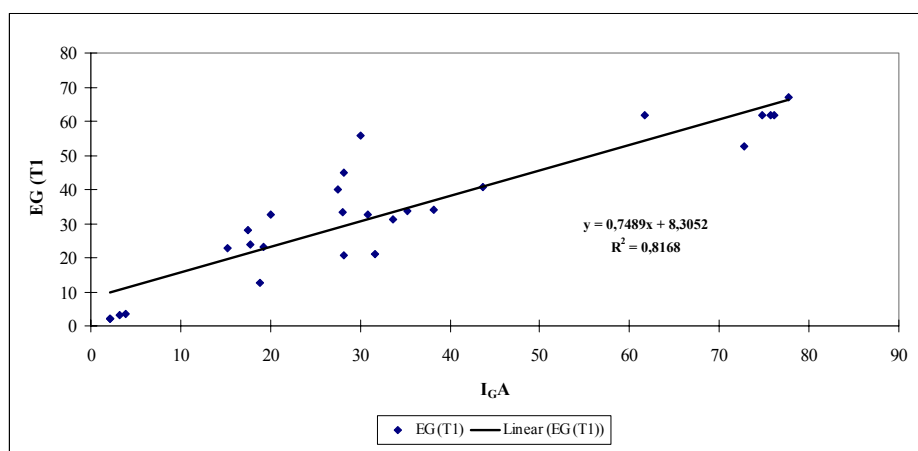
I<sub>MOA</sub> – Índice Matéria Orgânica Anual;

P<sub>i</sub> – Peso atribuído a cada índice temático.

Nos Quadros A7.1 a A7.12 (Anexo 7) apresentam-se, para cada das estações/pontos de amostragem, os valores dos índices temáticos anuais ( $I_{TA}$ ), os valores dos índices gerais de qualidade anuais ( $I_{GA}$ ) e os EG's anuais calculados durante o teste de análise de sensibilidade definido no Quadro 5.10.

Nos quatro testes que no conjunto constituem o teste de análise de sensibilidade, os resultados obtidos aparentam demonstrar que, os valores de EG (agregação dos  $I_{TA}$ ) conduzem a valores de qualidade quase sempre superiores quando comparados com os obtidos através da agregação das variáveis ( $I_{GA}$ ), excepto para os testes T1 e T2, onde esta tendência aparenta ser contrariada, tal como acontece em alguns pontos de amostragem no ano de 2005.

Para permitir a comparação directa entre o  $I_{GA}$  e o EG, efectuou-se uma regressão linear simples entre estes dois valores, para cada um dos testes de aplicabilidade referidos anteriormente e para o conjunto de estações/pontos de amostragem e anos estudados, de modo a verificar a variação dos respectivos declives, conforme demonstrado pelas Figura 5.5, Figura 5.6, Figura 5.7 e Figura 5.8.



**Figura 5.5 – Regressão linear simples entre os valores de  $I_{GA}$  e EG, no teste T1**

Os resultados obtidos com este estudo de correlação permitem verificar a ocorrência do coeficiente de correlação mais elevado no caso do teste de aplicabilidade T4, ou seja, a temática eutrofização, balanço de oxigénio e matéria orgânica são sobrevalorizados face à temática contaminação microbiológica, o que leva a crer que esta relação de importância entre as temáticas, representada pelo teste T4, é a que mais se adequa à BHRA.

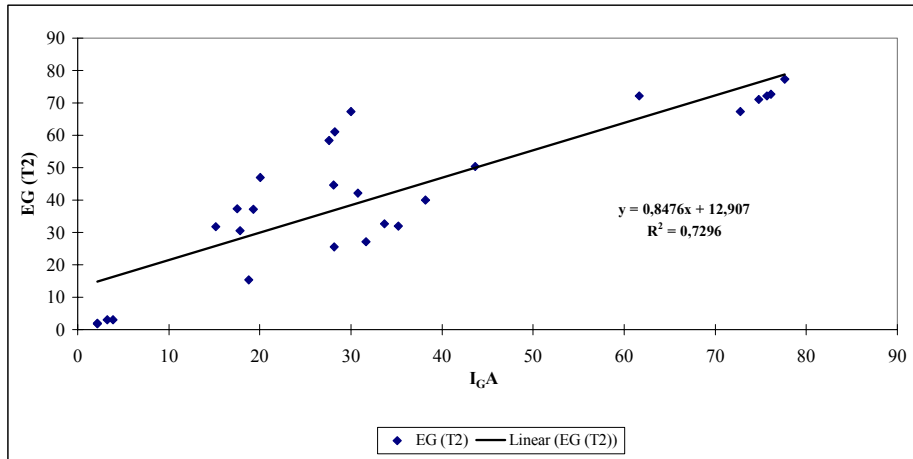


Figura 5.6 – Regressão linear simples entre os valores de IGA e EG, no teste T2

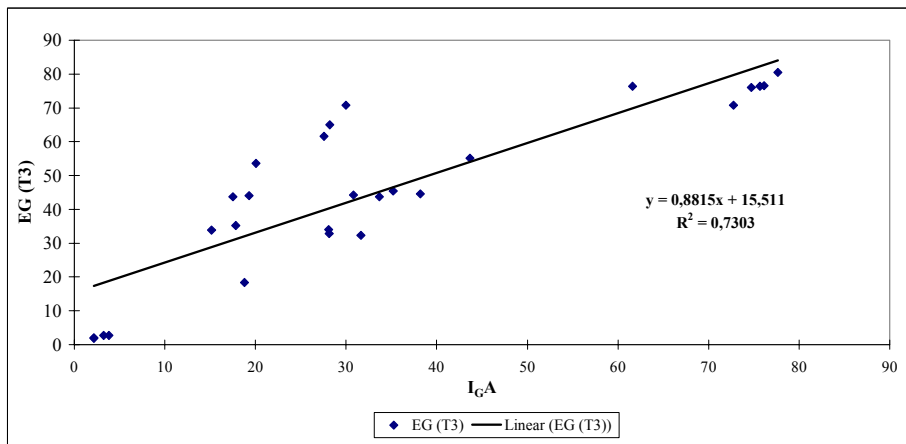


Figura 5.7 – Regressão linear simples entre os valores de IGA e EG, no teste T3

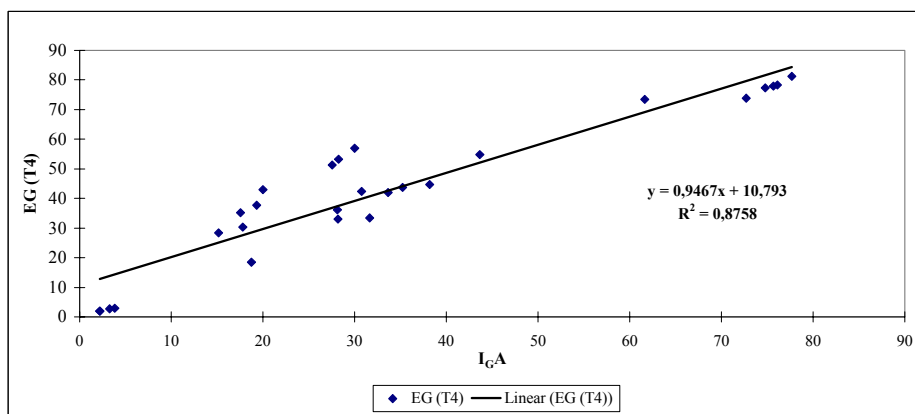


Figura 5.8 – Regressão linear simples entre os valores de IGA e EG, no teste T4

No entanto, a prossecução desta metodologia no sentido de se obterem os resultados finais, requer a introdução da temática metais pesados no valor final de EG. Deste modo, foi necessário reavaliar a importância relativa das temáticas inicialmente consideradas, tendo em consideração a situação que melhor se adapta à BHRA, representada pelo teste T4.

Assim, optou-se por considerar a seguinte relação de importância entre as temáticas, ainda que ao  $I_{MPA}$  tenha sido atribuída uma importância pouco significativa, mas que de algum modo influenciará os valores finais de EG (Quadro 5.11).

**Quadro 5.11 – Factores de ponderação atribuídos às temáticas, para o cálculo do EG**

$P_i$					$\Sigma P_i$
$I_{EA}$	$I_{BOA}$	$I_{CMA}$	$I_{MOA}$	$I_{MPA}$	
0,290	0,290	0,090	0,290	0,040	1,000

Em suma, a metodologia de cálculo do subconjunto dos indicadores de estado, representados pelo Estado Geral (EG) de qualidade das águas superficiais da BHRA, processa-se em quatro passos fundamentais:

**Passo 1:** Cálculo dos Subíndices para cada uma das variáveis que concorrem para os respectivos indicadores temáticos (Quadro 5.9) –  $I_{EA}$ ,  $I_{BOA}$ ,  $I_{CMA}$  e  $I_{MOA}$  – considerando a função estatística percentil 10 (no caso da variável OD) e percentil 90 (no caso das restantes variáveis), baseados numa distribuição normal e log-normal, respectivamente.

No caso da temática metais pesados representada pelo  $I_{MPA}$ , os valores das variáveis consideradas (Quadro 5.7) são transformadas em indicadores de estado recorrendo a valores de referência definidos na legislação Portuguesa, ou seja, os valores objectivo (VMA) definidos no Anexo XXI do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto e com base nos valores médios da série de observações.

**Passo 2:** Agregação, através das Equações (5.2) a (5.5), dos vários subíndices (SI) num índice temático, recorrendo a factores de ponderação. A selecção das variáveis a utilizar é normalmente função da temática que se pretende caracterizar.

$$I_E A = (SI_{OD})^{0,19} \times (SI_{CBO_5})^{0,37} \times (SI_{NH_4})^{0,12} \times (SI_{P_{tot}})^{0,32} \quad (5.2)$$

$$I_{BO} A = (SI_{OD})^{0,34} \times (SI_{CBO_5})^{0,66} \quad (5.3)$$

$$I_{CM} A = (SI_{Coli.Fecalis})^1 \quad (5.4)$$

$$I_{MO} A = (SI_{CBO_5})^{0,71} \times (SI_{CQO})^{0,29} \quad (5.5)$$

No caso do  $I_{MPA}$ , a obtenção de um valor único adimensional foi conseguida através da normalização dos valores das variáveis observadas, de acordo com o descrito em 4.5.2.

**Passo 3:** Agregação dos vários índices temáticos, através da Equação (5.6), num índice geral (EG), com recurso a factores de ponderação.

$$EG = (I_E A)^{0,29} \times (I_{BO} A)^{0,29} \times (I_{CM} A)^{0,09} \times (I_{MO} A)^{0,29} \times (I_{MT} A)^{0,04} \quad (5.6)$$

**Passo 4:** Definição de classes de estado de qualidade, através da verificação da conformidade dos indicadores de estado respeitantes à temática em apreço e ao estado geral, analisando os valores dos indicadores normalizados e definindo as classes de qualidade, como se explicita no Quadro 5.12.

**Quadro 5.12 – Classes de estado de qualidade com base nos indicadores de estado normalizados (adaptado de Loigu e Leisk, 2001 e União Europeia, 2000)**

INDICADOR DE ESTADO	CLASSE I Cor Azul	CLASSE II Cor Verde	CLASSE III Cor Amarela	CLASSE IV Cor Laranja	CLASSE V Cor Vermelha
$I_{TEMÁTICO} A$ ou EG	[100-90] ELEVADO	[90-75] BOM	[75-55] RAZOÁVEL	[55-35] POBRE	[35-0] MAU

Esta associação das classes de estado de qualidade a um código de cores, é preconizada na DQA, conforme previsto no n.º 1.4.2. e n.º 1.4.3 do Anexo V, em relação ao estado ecológico e químico das águas superficiais. Porém, esta divisão em classes de estado de qualidade e a respectiva associação a um código de cores não cobre todos os aspectos abordados na DQA, pois não considera as variáveis de qualidade biológica, que sendo de grande relevância, não estão incluídas no âmbito do presente sistema de classificação, baseado unicamente em variáveis de qualidade físico-química.

A proposta de grelha apresentada (Quadro 5.12), baseada na metodologia de Loigu e Leisk (2001) e na proposta da DQA relativamente ao estado ecológico, permite classificar, com base nos indicadores de estado, o estado da qualidade das águas superficiais na BHRA, em cinco classes de qualidade:

- **Classe I:** Estado de qualidade da água elevado, não evidenciando perturbações decorrentes da actividade antropogénica, podendo considerar-se como representativa do estado pristino da qualidade da água.
- **Classe II:** Quando as pressões decorrentes da actividade humana sobre a qualidade da água não causaram desequilíbrios, existindo conformidade das exigências de qualidade face aos usos da água, presentes e pretendidos.
- **Classe III:** Estado de qualidade da água moderadamente influenciado pelas actividades humanas.
- **Classe IV:** Estado de qualidade da água significativamente afectado pelas actividades humanas, causando limitações aos usos, contornáveis recorrendo a medidas de gestão adequadas.
- **Classe V:** Estado de qualidade da água fortemente influenciado por pressões decorrentes da actividade humana, tornando os usos pretendidos inviáveis, sendo que a sua recuperação requer medidas de gestão rápidas e eficazes, significando investimentos economicamente exigentes.

Este sistema de classificação, não só se aplica ao estado geral da qualidade da água, como também aos indicadores temáticos, permitindo a obtenção de uma classificação desagregada contendo informação sobre a identificação dos índices temáticos eventuais responsáveis pela ocorrência de discrepâncias entre a qualidade da água presente e pretendida.



## 5.6 Indicadores de Resposta

Após a identificação e diagnóstico das disfunções actuais relacionadas com a qualidade da água, torna-se necessário definir as medidas e acções susceptíveis de assegurar uma utilização racional dos recursos hídricos da BHRA, num quadro de sustentabilidade ambiental, económica e de desenvolvimento regional.

Os indicadores de resposta passam pela definição de acções que constituem respostas a problemas identificados e revelados pelos indicadores de pressão e de estado. Em alguns casos essas respostas podem ser igualmente quantificáveis.

Deste modo, os indicadores de resposta serão definidos qualitativamente e quantitativamente, conforme a possibilidade de definição de critérios numéricos. No caso desta possibilidade, será efectuada uma apreciação qualitativa das respostas da sociedade, não se definindo, contudo, regras de cálculo dos indicadores de resposta normalizados, tal como sucedera para os indicadores de estado.

O Quadro 5.13 traduz uma proposta das medidas a adoptar, onde é possível constatar a coincidência de respostas à problemática das temáticas consideradas.

Uma das resposta mais evidentes da sociedade para assegurar a sustentabilidade da gestão dos meios hídricos está fundamentalmente dependente da concretização de investimentos em infra-estruturas que permitam o aumento dos níveis de atendimento e a prestação de um melhor serviço às populações promovendo, por um lado, a melhoria da qualidade de vida das pessoas e da qualidade do ambiente e, por outro lado, o cumprimento das orientações estratégicas traçadas no PEAASAR.

Para além das infra-estruturas actualmente em funcionamento e caracterizadas na subsecção 4.3, nesta secção pretende-se dar conta das acções que decorrem na BHRA no âmbito da implementação do Sistema Multimunicipal, uma das mais importantes respostas ao actual nível de atendimento das populações por SDTAR (cerca de 30%).

Relativamente à drenagem e tratamento de águas residuais em 2010, o Sistema Multimunicipal será constituído por nove frentes de drenagem implantadas na área geográfica correspondente aos municípios de Vieira do Minho, Póvoa de Lanhoso, Fafe, Guimarães, Vizela, Santo Tirso, Vila Nova de Famalicão e Trofa, i.e. a quase totalidade da área abrangida pela BHRA.

**Quadro 5.13 – Indicadores de Resposta para a BHRA**

ÍNDICE TEMÁTICO	MEDIDA/ACÇÃO	RESPOSTAS
I <sub>E</sub> A	Institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria da eficiência de tratamento de águas residuais e urbanas</li> <li>Melhoria da razão água residual drenada / água residual tratada</li> <li>Implementação de “boas” práticas na aplicação de pesticidas e fertilizantes na agricultura</li> </ul>
	Regulamentares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixação de limites ou normas de emissão de águas residuais urbanas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Cumprimento das orientações previstas na Directiva 91/271/CEE, relativa aos níveis de tratamento e respectivos prazos de adopção</li> </ul> </li> </ul>
I <sub>CM</sub> A	Institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria da eficiência de tratamento de águas residuais e urbanas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento da taxa de população servida por SDTAR</li> </ul> </li> </ul>
	Regulamentares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixação de limites ou normas de emissão de águas residuais urbanas</li> </ul>
I <sub>BO</sub> A	Institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria da eficiência de tratamento de águas residuais urbanas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento da taxa de população servida por SDTAR</li> </ul> </li> </ul>
	Regulamentares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixação de limites ou normas de emissão de águas residuais urbanas</li> </ul>
I <sub>MP</sub> A	Institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento da taxa tratamento de águas residuais industriais</li> <li>Adopção de “tecnologias limpas” nos processos industriais, nomeadamente nas ITV’s</li> </ul>
	Regulamentares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acções de inspecção/ fiscalização sobre as indústrias poluidoras</li> <li>Colocação em prática do princípio do Poluidor-Pagador</li> </ul>
I <sub>MO</sub> A	Institucionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria da eficiência de tratamento de águas residuais urbanas e industriais</li> <li>Melhoria da razão água residual drenada / água residual tratada                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento da taxa de população servida por SDTAR</li> </ul> </li> <li>Aumento da taxa tratamento de águas residuais industriais</li> <li>Adopção de “tecnologias limpas” nos processos industriais, nomeadamente nas ITV’s</li> </ul>
	Regulamentares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixação de limites ou normas de emissão de águas residuais urbanas e industriais</li> </ul>

Dada a importância para a região e as prioridades traçadas para um primeiro período, entre 2003 e 2007, em que serão concretizadas a quase totalidade das principais infra-estruturas, para o período de 2008 a 2010 restam obras de execução de alguns interceptores, algumas benfeitorias e a construção dos subsistemas de menor dimensão previstos para os municípios do Alto Ave.

No Quadro 5.14 apresentam-se as frentes de drenagem e subsistemas previstos, assim como a respectiva área de atendimento. Da sua análise depreende-se adopção de dois tipos de soluções para a BHRA.

Por um lado, nos concelhos do Alto Ave, a solução preconizada consiste na adopção de uma solução mista composta por um sistema central destinado à sede do concelho e freguesias adjacentes e outros subsistemas ajustados à dimensão das populações a servir, em virtude do povoamento ser bastante disperso e caracterizado por pequenos aglomerados (< 2.000 e.p.).

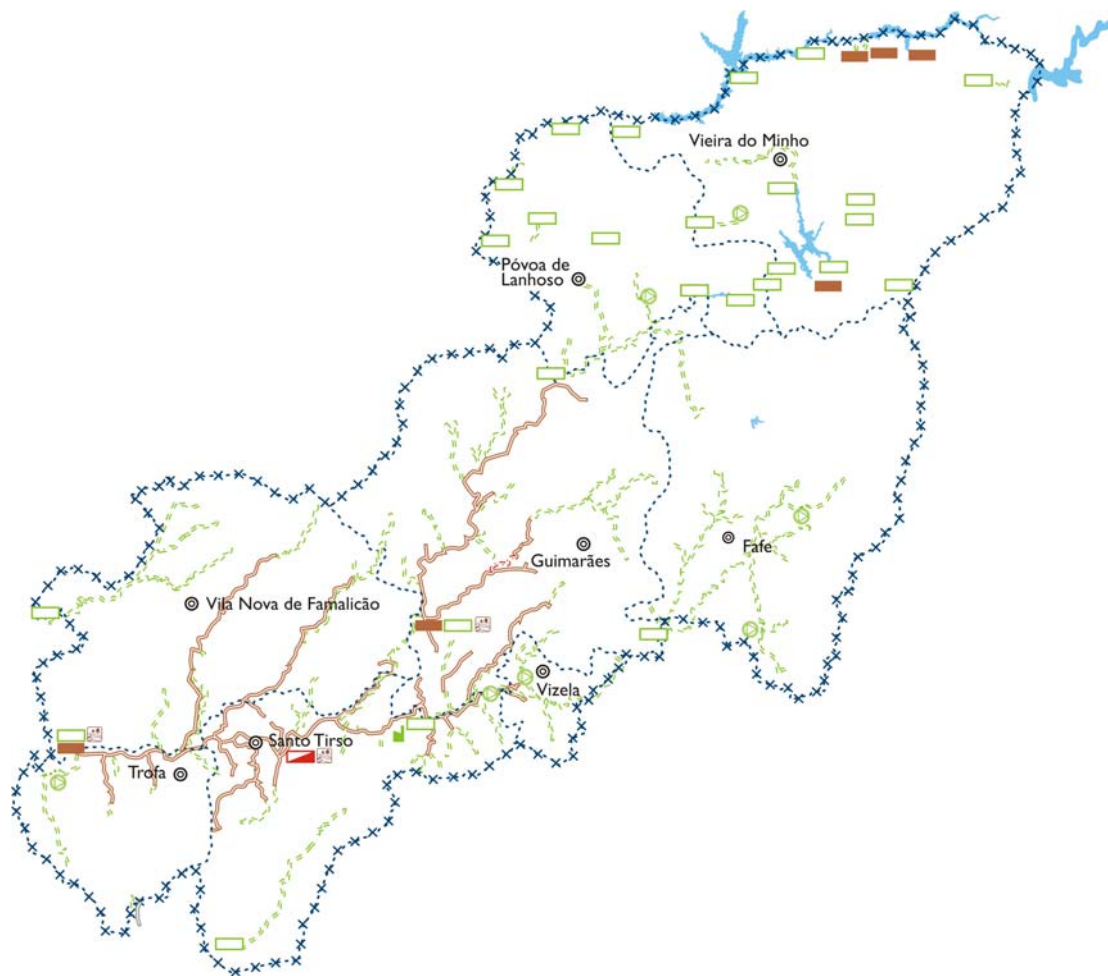
Por outro lado, no Médio Ave, pelo facto de ser uma zona densamente povoada e por apresentar considerável população industrial, a solução adoptada consiste num único subsistema constituído por uma ETAR e respectiva rede de drenagem assente ao longo das linhas de água e atravessando os limites dos concelhos.

**Quadro 5.14 – Frentes de drenagem e subsistemas que constituem a componente de águas residuais do Sistema Multimunicipal (Águas do Ave, S.A., 2006)**

FRENTES DE DRENAGEM	NÚMERO DE SUBSISTEMAS	MUNICÍPIOS ENVOLVIDOS
Mosteiro	15	Vieira do Minho
Santo Emilião	8	Póvoa de Lanhoso
Serzedo	1	Guimarães e Fafe
Lordelo/Aves	1	Guimarães, Vizela e Santo Tirso
Serzedelo	1	Guimarães e Vila Nova de Famalicão
Rabada	1	Guimarães, Santo Tirso e Vila Nova de Famalicão
Água Longa	2	Santo Tirso e Trofa
Penices	1	Vila Nova de Famalicão
Agra	1	Guimarães, Santo Tirso, Vila Nova de Famalicão e Trofa

Na Figura 5.9, ilustra-se o sistema na sua globalidade, dando conta das frentes de drenagem e das infra-estruturas que o constituem.

A população que o Sistema Multimunicipal irá servir, bem como a indicação da respectiva taxa de atendimento, é indicada no Quadro 5.15, onde é possível constatar o impacto significativo sobre a população servida com SDTAR.



	Existente	A Construir	Reabilitar/ Remodelar
ETAR			
Estação Elevatória (AR)			
Conduta (AR)			
Limite de Concelho			
Sede de Concelho			
Área de Intervenção			
Linha de Água			
Aterro Sanitário			
Unidade de Secagem Térmica de Lamas			

**Saneamento**

Figura 5.9 – Infra-estruturas de drenagem e tratamento de águas residuais existentes e previstas para a BHRA (Águas do Ave, S.A., 2006)

**Quadro 5.15 – População e taxa de atendimento prevista atingir com a implementação do Sistema Multimunicipal (Águas do Ave, S.A., 2006)**

MUNICÍPIO	ANO 30 (2033)			
	POP SERVIDA (e.p.)		TAXA DE ATENDIMENTO (%)	
	2003	2033	2005	2033
Vieira do Minho	817	10.265	5	63
Póvoa de Lanhoso	0	22.775	0	72
Fafe	0	86.099	0	86
Guimarães	237.108	420.858	62	95
Vizela	0	36.544	0	100
Santo Tirso	154.549	265.220	30	100
Vila Nova de Famalicão	112.367	319.421	24	99
Trofa	11.152	76.791	18	93
<b>TOTAL</b>	<b>515.993</b>	<b>1.272.003</b>	<b>31</b>	<b>94</b>

A frente de drenagem de Penices poderá, eventualmente, vir a tratar os efluentes drenados pelas populações residentes em algumas freguesias do município da Póvoa de Varzim, uma vez que estes integram, em parte, a sub-bacia hidrográfica do Rio Este.

Globalmente, prevê-se o atendimento de 94 % da população dos oito concelhos, correspondente a um equivalente de população de 1.272.003 e.p., uma vez que ao valor da população servida deve ser adicionada a população equivalente resultante dos efluentes industriais a serem tratados nas infra-estruturas do Sistema Multimunicipal.

De referir que, além de novos SDTAR, o Sistema Multimunicipal incorporou o SIDVA e as infra-estruturas municipais indicadas no Quadro 4.9.

De entre as infra-estruturas existentes e a construir, o sistema será constituído por mais de 410 km de sistema interceptor, 5 estações elevatórias, 2,6 km de condutas elevatórias, 39 ETAR (das quais 16 ETAR estão dimensionadas para servir aglomerados de dimensão superior a 2 000 e.p., estando as restantes dimensionadas para servir aglomerados de dimensão inferior a 2 000 e.p.), 3 aterros sanitários para lamas, distribuídas por 31 sub-sistemas de saneamento de águas residuais e 8 municípios, a que corresponde uma população actual de cerca de 510.000 habitantes (INE, 2006).

É apresentado no Quadro 5.17, dada a sua importância, uma listagem das principais ETAR a construir no âmbito do Sistema Multimunicipal, assim como a identificação dos respectivos meios receptores.

No caso particular dos principais problemas de poluição associados à indústria têxtil com maior representatividade na BHRA, o estudo da Quaternaire Portugal (2004) (subsecção 4.2) apresenta um conjunto de medidas na perspectiva da melhoria ambiental dos efluentes finais provenientes deste tipo de indústria e que se transcrevem no Quadro 5.16 e Quadro 5.18.

Este conjunto de medidas passa pela adopção de tecnologias “limpas” contribuindo para a minimização da produção de efluentes e da respectiva carga poluente, permitindo potenciais percentagens de redução de água no processo de fabrico e carga orgânica.

**Quadro 5.16 – Tecnologias e/ou alterações de processo de fabrico e respectiva redução, reciclagem, reutilização ou recuperação de recursos referentes ao efluente final das ITV’s (Quaternaire Portugal, 2004)**

ETAPA ou TIPO DE EFLUENTE	TECOLOGIA / ALTERAÇÃO	% REDUÇÃO	% RECICLAGEM / REUTILIZAÇÃO / RECUPERAÇÃO
Efluentes adequados ao tratamento de membranas	Ultrafiltração → Nanofiltração → Osmose Inversa	Consumo de água (60%)	---
Tingimento / Enxaguamento	Carvão activado → Nanofiltração → Osmose Inversa	CQO (50%)	---
Pré-tratamento (Produção de lençóis de algodão brancos, não tingidos)	<i>Wetting</i> + lavagem + branqueamento numa etapa, enxaguamento em duas etapas, através da reutilização da água do segundo banho de enxaguamento para branqueamento / banho de lavagem	Consumo de água / descarga de efluente (50%) CQO (20%)	---
Todos os tipos de efluentes	Equalização / Neutralização → Lamas Activadas → Adsorção → Floculação / Precipitação / Flotação → 2/3 Carvão Activado → Osmose Inversa	Descarga de efluente (60%)	Reciclagem do efluente tratado (60%) Permeado (100%) Recuperação e reutilização de sal neutro (50%)
Desencolagem	Ultrafiltração	CQO (18,33%)	---
Enxaguamento	Enxaguamento sequencial	Consumo de água (60%)	---
Todo o processo de fabrico	<i>AQUASAPIENS</i> com controlo distribuído	Consumo de água (20%)	---

**Quadro 5.17 – Características das principais ETAR a construir e a ampliar (a.p. > 2.000 e.p.) e dos meios receptores (Águas do Ave, S.A., 2006)**

ETAR	LOCALIZAÇÃO	CONCLUSÃO (PREVISÃO)	ANO 0		ANO 30		TRATAMENTO		TIPO DE INTERVENÇÃO	MEIO RECEPTOR (LINHA DE ÁGUA)
			POP. (e.p.)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /dia)	POP. (e.p.)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /dia)	TIPO <sup>23</sup>	NÍVEL <sup>24</sup>		
Mosteiro (FD 1)	Vieira do Minho	Dez/2007	2.968	344	5.679	824	VO	T	Obra Nova	BHRA – Rib. Cantelães, a montante da albufeira de Guilhofrei (Ermal)
Santo Emilião (FD 2) <sup>25</sup>	Póvoa de Lanhoso	Dez/2007	8.775	996	22.684	3.182	VO	T	Obra Nova (Em construção)	BHRA – Rio Ave, a montante da captação das Taipas
Serzedo <sup>26</sup> (FD 3)	Guimarães	Dez/2007	44.360	6.716	97.196	13.772	VO	T	Obra Nova (Em construção)	Sub-bacia Vizela – Rio Vizela, a jusante da captação do Rio Ferro
Lordelo/Aves (FD 4)	Guimarães	Jan/2009	221.876	43.128	286.968	56.126	VO	T	Obra Nova	Sub-bacia Vizela – Rio Vizela
Serzedelo II (FD 5)	Guimarães	Jan/2009	215.964	29.093	270.822	38.365	VO	T	Obra Nova	BHRA – Rio Ave, a jusante da foz do Rio Selho
Rabada (FD 6)	Santo Tirso	Dez/2008	166.110	23.435	167.776	24.881	LA	T	Remodelação /Aumento da capacidade de retenção	BHRA – Rio Ave
Água Longa (FD 7) <sup>25</sup>	Santo Tirso	Dez/2007	12.253	1.896	22.444	3.388	VO	S	Obra Nova (Em construção)	Sub-bacia Leça – Rio Leça
Penices (FD 8)	V.N. Famalicão	Dez/2007	30.150	5.808	32.404	6.214	VO	S	Obra Nova	Sub-bacia Este – Rio Este
Agra II (FD 9)	V.N. Famalicão	Set/2008	139.160	20.314	178.870	28.192	VO	T	Obra Nova	BHRA – Rio Ave

<sup>23</sup> LA – Lamas Activadas; UV – Ultra-Violeta; VO – Valas de Oxidação

<sup>24</sup> S – Secundário; T – Terciário

<sup>25</sup> Construção iniciada em Maio/2006

<sup>26</sup> Construção iniciada em Dezembro/2005

**Quadro 5.18 – Tecnologias e/ou alterações de processo de fabrico e respectiva redução, reciclagem, reutilização ou recuperação de recursos referentes aos efluentes específicos das etapas dos processos de fabrico das ITV's (Quatenaire Portugal, 2004)**

ETAPA ou TIPO DE EFLUENTE	TECOLOGIA / ALTERAÇÃO	% REDUÇÃO	% RECICLAGEM / REUTILIZAÇÃO / RECUPERAÇÃO
Efluente com “pasta de pigmentos”	Coagulação → Precipitação → Microfiltração	CQO (90%)	Reciclagem de água (>90%) Reutilização do permeado (100%)
Desencolagem	Ultrafiltração	CQO (40 a 70%)	---
Polimento, Branqueamento	Polimento / Branqueamento Enzimático + Branqueamento com redução da concentração de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e produtos alcalinos	Consumo de água no enxaguamento (20 a 50%) CBO <sub>5</sub> (20 a 40%) CQO (20 a 40%)	---
Tingimento	Tingimento a jacto de ar e Tingimento Soft-flow sem contacto entre o banho e o produto	Consumo de água (50%) Químicos (40%)	---
Lavagem /Enxaguamento	Por batelada	Consumo de água (50 a 75%)	---
Lavagem dos tecidos com solventes orgânicos	Instalações em ciclo fechado	Descarga de efluente (100%)	---
Limpeza e equipamento de estampagem	Reutilização de banhos mais limpos; Reutilização da água de enxaguamento para limpeza do ciclo de impressão; Implementação de processos de controlo de limpeza de sistema de estampagem e remoção da pasta de estampagem	Consumo anual de água (55%)	Reutilização de água (50%) Reciclagem de água (70%)

Relativamente às fontes de poluição difusas provenientes da actividade agrícola, os instrumentos para a promoção de boas práticas agrícolas no sentido de promover a conservação do solo, a redução de taxas de erosão e a racionalização da aplicação de pesticidas e fertilizantes nos solos agrícolas, são aplicáveis à generalidade do território português e não apenas ao caso particular da BHRA. De entre os vários instrumentos, merece particular importância o “Código de boas práticas agrícolas para a protecção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola” e o “Manual básico de boas práticas agrícolas – Conservação do Solo e da Água”<sup>27</sup> (Silva, 2002).

<sup>27</sup> Disponível em <http://www.min-agricultura.pt>



## 5.7 Análise e Discussão dos Resultados Obtidos para os Indicadores de Estado

Considerando que o objectivo principal do presente trabalho consistiu na definição dos indicadores de estado da qualidade da água superficial da BHRA, apresenta-se, nesta secção, os resultados obtidos do aprofundamento deste subconjunto de indicadores.

No ANEXO 8 apresentam-se as séries temporais dos valores das variáveis, para cada ano estudado.

No ANEXO 9 apresentam-se os valores das determinações analíticas das variáveis consideradas e os respectivos valores dos subíndices (SI), utilizando o percentil 10 ( $q_{10}$ , no caso da variável OD) e o percentil 90 ( $q_{90}$ , no caso das restantes variáveis), baseados numa distribuição normal e log-normal, respectivamente. No caso do  $I_{MPA}$ , os valores dos subíndices das variáveis foram calculados com base no valor médio da série de observações. No presente estudo considerou-se que os resultados da monitorização registados como menores que o limite de detecção do método analítico de referência correspondiam a um valor igual a esse limite.

Os indicadores de estado foram calculados para todas as estações/pontos de amostragem localizadas na área de estudo, de acordo com a metodologia anteriormente descrita (subsecção 5.5.2) e para cada um dos anos considerados. No Quadro 5.19 a Quadro 5.22 apresentam-se os resultados obtidos, agrupados nas temáticas seleccionadas.

Antes de se proceder à análise dos resultados obtidos para cada um dos índices, importa referir duas características gerais que dominam todas as restantes e são muito importantes no caso particular da BHRA:

- O carácter dinâmico dos caudais e das descargas de efluentes e concomitantemente das concentrações de muitas das variáveis;
- Algum grau de incerteza que ainda persiste na avaliação das descargas de efluentes, devido ao seu grande número, à sua dispersão e às características dos pontos de descarga. Como é evidente, dada a existência de descargas deste tipo, a poluição pontual assume particular importância no caso da BHRA.

**Quadro 5.19 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2002**

ESTAÇÃO/PONTO DE AMOSTRAGEM	I <sub>EA</sub>	I <sub>BoA</sub>	I <sub>CM</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	I <sub>MP</sub> A	EG
Cabeceira do Ave	96 ELEVADO	100 ELEVADO	10 MAU	82 BOM	100 ELEVADO	76 BOM
Taipas	95 ELEVADO	100 ELEVADO	20 MAU	77 BOM	100 ELEVADO	79 BOM
Riba de Ave	56 RAZOÁVEL	67 RAZOÁVEL	2 MAU	24 MAU	100 ELEVADO	35 DEGRADADO
Santo Tirso	75 BOM	87 BOM	9 MAU	22 MAU	100 ELEVADO	46 DEGRADADO
Ponte da Trofa	65 RAZOÁVEL	82 BOM	7 MAU	25 MAU	100 ELEVADO	44 DEGRADADO

**Quadro 5.20 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2003**

ESTAÇÃO/PONTO DE AMOSTRAGEM	I <sub>EA</sub>	I <sub>BoA</sub>	I <sub>CM</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	I <sub>MP</sub> A	EG
Cabeceira do Ave	91 ELEVADO	100 ELEVADO	26 MAU	86 BOM	100 ELEVADO	82 BOM
Taipas	95 ELEVADO	100 ELEVADO	19 MAU	81 BOM	100 ELEVADO	80 BOM
Riba de Ave	54 DEGRADADO	60 RAZOÁVEL	2 MAU	30 MAU	100 ELEVADO	36 DEGRADADO
Santo Tirso	64 RAZOÁVEL	82 BOM	9 MAU	57 RAZOÁVEL	64 RAZOÁVEL	57 RAZOÁVEL
Ponte da Trofa	56 RAZOÁVEL	65 RAZOÁVEL	9 MAU	42 DEGRADADO	100 ELEVADO	47 DEGRADADO

**Quadro 5.21 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2004**

ESTAÇÃO/PONTO DE AMOSTRAGEM	I <sub>EA</sub>	I <sub>BoA</sub>	I <sub>CM</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	I <sub>MP</sub> A	EG
Cabeceira do Ave	71 RAZOÁVEL	100 ELEVADO	26 MAU	79 BOM	75 BOM	74 RAZOÁVEL
Taipas	95 ELEVADO	100 ELEVADO	19 MAU	80 BOM	100 ELEVADO	80 BOM
Riba de Ave	27 MAU	31 MAU	2 MAU	16 MAU	100 ELEVADO	20 MAU
Santo Tirso	39 DEGRADADO	63 RAZOÁVEL	9 MAU	52 DEGRADADO	100 ELEVADO	44 DEGRADADO
Ponte da Trofa	22 MAU	60 RAZOÁVEL	7 MAU	34 MAU	100 ELEVADO	32 MAU

**Quadro 5.22 – Indicadores de estado e respectivas classes de qualidade para o ano 2005**

ESTAÇÃO/PONTO DE AMOSTRAGEM	I <sub>EA</sub>	I <sub>BoA</sub>	I <sub>CMa</sub>	I <sub>MOA</sub>	I <sub>MPA</sub>	EG
Cabeceira do Ave	28 MAU	100 ELEVADO	11 MAU	81 BOM	100 ELEVADO	<b>53</b> DEGRADADO
ETA das Andorinhas	26 MAU	94 ELEVADO	51 DEGRADADO	77 BOM	100 ELEVADO	<b>58</b> RAZOÁVEL
Garfe	27 MAU	27 MAU	22 MAU	79 BOM	100 ELEVADO	<b>38</b> DEGRADADO
Taipas	27 MAU	100 ELEVADO	19 MAU	78 BOM	100 ELEVADO	<b>55</b> RAZOÁVEL
Ponte Servas	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	100 ELEVADO	<b>2</b> MAU
VIM	3 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	100 ELEVADO	<b>2</b> MAU
Riba de Ave	28 MAU	100 ELEVADO	2 MAU	51 DEGRADADO	100 ELEVADO	<b>40</b> DEGRADADO
Caniços	2 MAU	2 MAU	6 MAU	3 MAU	100 ELEVADO	<b>3</b> MAU
Santo Tirso	20 MAU	80 BOM	9 MAU	42 DEGRADADO	100 ELEVADO	<b>37</b> DEGRADADO
Ponte Lagoncinha	16 MAU	54 DEGRADADO	8 MAU	41 DEGRADADO	100 ELEVADO	<b>30</b> MAU
Ponte da Trofa	23 MAU	100 ELEVADO	8 MAU	59 RAZOÁVEL	100 ELEVADO	<b>45</b> DEGRADADO
Restaurante Azenha	3 MAU	2 MAU	9 MAU	3 MAU	100 ELEVADO	<b>3</b> MAU

Uma primeira abordagem aos resultados apresentados no Quadro 5.19 a Quadro 5.22, respeitantes às classes de estado de qualidade, em que se progride no sentido de uma análise desagregada por temática para uma classificação agregada, confirma a tendência de se caminhar no sentido de uma classe de qualidade mais elevada, correspondendo à situação dos índices desagregados, para uma classe de estado de qualidade de nível inferior, correspondente à agregação dos índices temáticos (EG).

#### *Índice Eutrofização Anual (I<sub>EA</sub>)*

As variáveis consideradas na construção deste indicador foram o oxigénio dissolvido (expresso em % saturação), a carência bioquímica de oxigénio, o azoto amoniacal e o fósforo total.

Os resultados obtidos, revelam em grande parte das situações cobertas, um Rio Ave com qualidade *Razoável*, à excepção do ano de 2005. Neste último, em todas as situações cobertas, o indicador eutrofização revela um Rio Ave com *Má* qualidade presumivelmente devido aos elevados teores de fósforo registados neste período. Por um lado, o ano de 2005 foi considerado um ano de extrema seca em Portugal, o que poderá justificar não só os elevados teores de fósforo associados à existência de menores caudais, como também a presença de teores de oxigénio dissolvido bastante reduzidos, na ordem dos 40-70% sat. Por outro lado, o ano de 2005 correspondeu à introdução dos novos pontos de amostragem no programa de monitorização de qualidade da água superficial da BHRA, o que poderá indiciar alguma divergência entre a monitorização da qualidade da água em estações de amostragem e pontos de amostragem, cuja recolha das amostras é feita manualmente e sempre acompanhada por técnicos competentes.

#### *Índice Balanço Oxigénio Anual (I<sub>BOA</sub>)*

As variáveis consideradas na construção deste indicador foram o oxigénio dissolvido (expresso em % saturação) e a carência bioquímica de oxigénio.

A temática relacionada com o estado de oxigenação do Rio Ave é tradicionalmente a primeira temática ou conjunto de variáveis a ser analisada em estudos de qualidade. A razão desta prioridade deve-se essencialmente a duas razões: o tipo de poluição que ocorria nos primeiros estudos de qualidade realizados na BHRA era sobretudo orgânica e conseqüentemente o tipo de problema que mais frequentemente se encontrava era o défice de oxigénio dissolvido, responsável pela ocorrência de maus cheiros e morte de peixes (em situações de anaerobiose muito frequentes em rios sujeitos a grandes pressões de utilização), aliada ao facto dos primeiros modelos matemáticos aplicados na BHRA se terem desenvolvido em redor desta temática.

A análise das séries temporais desta variável demonstra que nos períodos de Inverno e Primavera não se levantam problemas de oxigénio dissolvido, ao contrário dos períodos de Verão tradicionalmente de menores caudais e maiores temperaturas, onde é notória a degradação, verificada sobretudo nas estações localizadas na “zona mais poluída”, a jusante da estação das Taipas (Figura 5.4 e Quadro 5.6).

Analisando o comportamento da variável carência bioquímica de oxigénio ao longo do Rio Ave, através das respectivas séries temporais, verifica-se o impacto da carga orgânica responsável pelos baixos valores de oxigénio dissolvido. Note-se a ocorrência dos valores máximos de carga orgânica coincidentes com a ocorrência dos valores mínimos de oxigénio dissolvido.

Os resultados obtidos revelam, na maioria das situações cobertas, um Rio Ave com qualidade entre *Elevada* (sobretudo nas estações e pontos de amostragem contíguos à nascente) e *Razoável* (Figura 5.4 e Quadro 5.6). As únicas excepções verificam-se nos anos de 2004 (estação de Riba de Ave) e 2005. Neste último, pelas razões já expostas, as situações críticas poder-se-ão dever, por um lado, à introdução de novos pontos de amostragem e conseqüente alteração do processo de recolha das amostras e, ainda, ao facto de esse ano ter sido bastante seco, com fracos níveis de precipitação.

#### *Índice Contaminação Microbiológica Anual (ICMA)*

Esta temática está particularmente relacionada com problemas de saúde pública.

A informação disponível para a construção dos indicadores de estado relativos à temática contaminação microbiológica abrange apenas a variável coliformes fecais, devido à indisponibilidade de dados associados a outras variáveis com ela relacionadas.

A análise dos quadros anteriores demonstra um Rio Ave com *Má* qualidade da água, o que indicia o lançamento de águas residuais para o rio sem qualquer tipo de tratamento, tornando, assim, expectável a observação de elevados teores de coliformes fecais presentes na água. Aliás, a análise das séries temporais desta variável demonstra a existência de valores bastante elevados, chegando a atingir nalguns casos  $10^6$  NMP/100 mL, valores característicos das águas residuais de origem doméstica.

Esta situação, como seria de esperar agrava-se na zona considerada “mais poluída”, cujos valores do ICMA, embora traduzam o mau estado da qualidade da água, são, em termos quantitativos, inferiores quando comparados com os valores observados nas estações e pontos de amostragem localizados na zona contígua à nascente (Figura 5.4 e Quadro 5.6). No entanto, uma análise mais detalhada permite revelar que enquanto nas restantes temáticas a zona a montante se encontra praticamente sem poluição, neste caso, mesmo na zona de montante os valores registados apontam já para uma poluição significativa.

### *Índice Matéria Orgânica Anual (I<sub>MOA</sub>)*

As variáveis carência bioquímica de oxigénio e carência química de oxigénio são as bases de análise do comportamento do I<sub>MOA</sub> no presente caso de estudo. A análise das respectivas séries temporais demonstra a ocorrência de um comportamento bastante semelhante ao longo dos quatro anos objecto deste estudo, verificando-se, contudo, a ocorrência dos valores máximos da variável carência química de oxigénio nas estações de Riba de Ave, Santo Tirso e Ponte da Trofa no ano de 2002, facto este que se pensa ser responsável pelo *Mau* estado da qualidade da água, relativamente a esta temática (Quadro 5.19) nesse ano.

A análise dos resultados revela, ainda, a existência de duas zonas distintas: a primeira zona contempla as estações e pontos de amostragem contíguos à nascente (Cabeceira do Ave, ETA das Andorinhas, Garfe e Taipas), onde o estado de qualidade da água do Rio Ave é considerado *Bom*. A segunda zona, a jusante das Taipas (Figura 5.4 e Quadro 5.6), revela um Rio Ave com qualidade que oscila entre *Degradada* e *Má*, verificando-se a ocorrência de picos que se presumem serem indicadores da proximidade de fontes poluidoras de dimensão suficiente para se fazerem notar, como seja o caso dos principais aglomerados urbanos e unidades industriais de dimensão significativa, localizadas a jusante dos concelhos de Vieira do Minho, Póvoa de Lanhoso e Fafe. Por outro lado, estes picos coincidem com as zonas imediatamente a jusante da zona de confluência do Rio Ave com os seus principais afluentes Selho e Vizela, verificando-se, tal como seria expectável, um aumento da carga orgânica transportada por estes rios.

### *Índice Metais Pesados Anual (I<sub>MPA</sub>)*

De entre os metais pesados que potencialmente se podem encontrar num rio com as características do Rio Ave, no âmbito do presente trabalho o I<sub>MPA</sub> apenas teve em consideração as seguintes variáveis: chumbo, crómio, mercúrio, cádmio, zinco total e arsénio total.

Relativamente ao Indicador Metais Pesados, os resultados obtidos demonstram que embora se tenha aplicado a metodologia a escassos dados de metais pesados, cuja temática é caracterizada com base no critério do valor objectivo (VMA, resultante da definição legal do critério), a totalidade das situações cobertas revelam um rio com

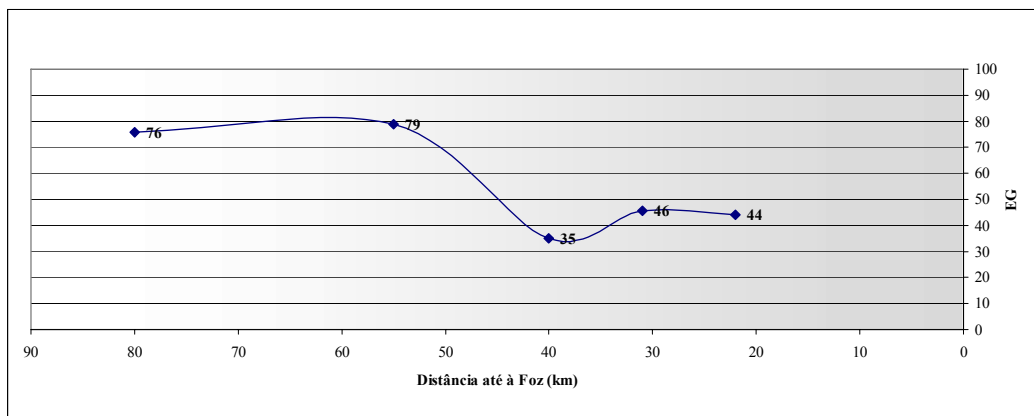
qualidade *Elevada* (100 – 90), suscitando a inexistência de contaminação por metais pesados, face ao critério do valor objectivo. Contudo, a análise dos dados de metais pesados é dificultada pelo facto destes ocorrerem, frequentemente, próximo dos limites de detecção do método analítico de referência. Por este facto, muitas das determinações resultam em valores nulos, sem que isso signifique a ausência desses elementos.

#### *Estado Geral (EG)*

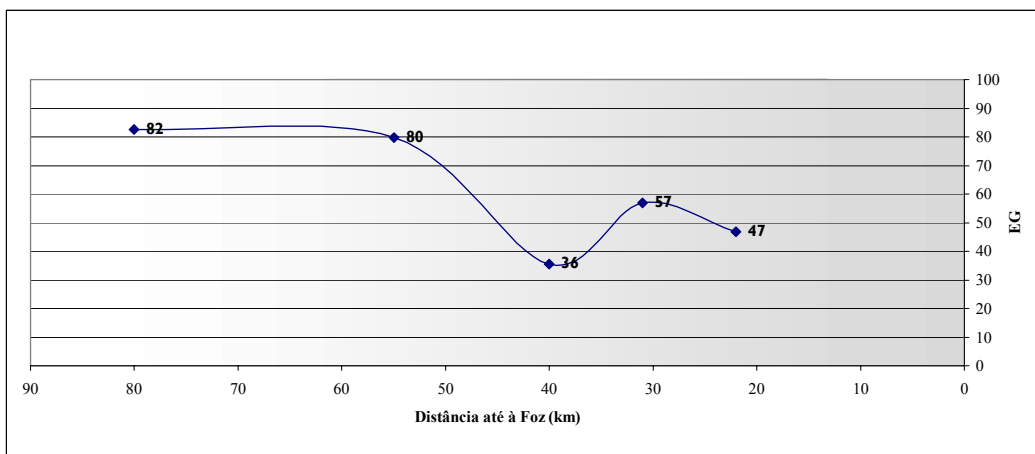
Na Figura 5.10 a Figura 5.13 apresentam-se os valores de EG obtidos com base no Quadro 5.19 a Quadro 5.22, ao longo do Rio Ave para os diferentes anos analisados.

Sendo de algum modo expectável, os resultados demonstram a existência de valores de qualidade inferiores, à medida que aumenta a distância à nascente (Figura 5.4 e Quadro 5.6).

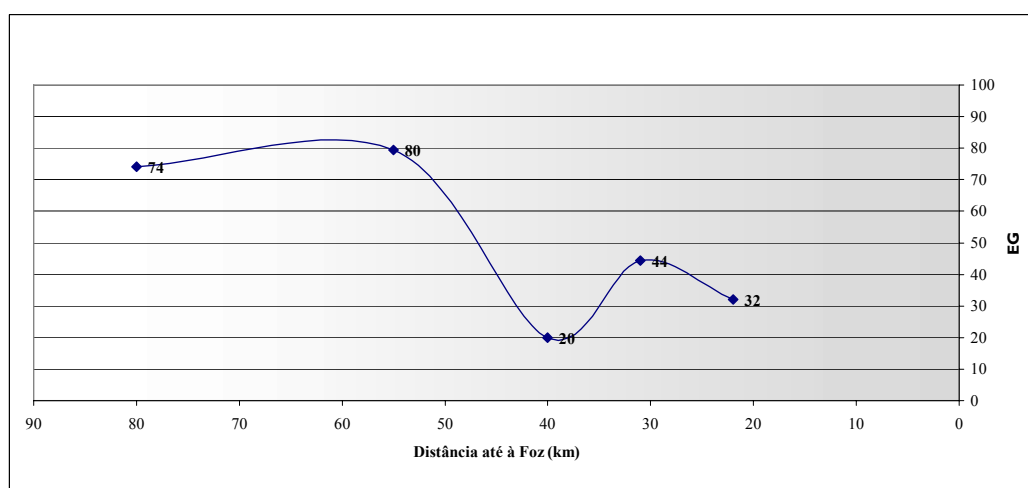
Uma análise mais detalhada aparenta demonstrar que, de um modo geral, o EG da qualidade das águas superficiais da BHRA na zona contígua à nascente, representada pelas estações Cabeceira do Ave, Garfe e Taipas e ponto de amostragem 12 (ETA das Andorinhas), varia entre *Bom* e *Razoável*. O inverso verifica-se na zona considerada “mais poluída” da BHRA, cuja área é representada pelos pontos de amostragem limítrofes 10 (Ponte Serves) e 2 (Restaurante Azenha). Nesta área, os valores de EG variam entre *Razoável*, *Degradado* e *Mau*.



**Figura 5.10 – EG da qualidade da água superficial da BHRA, em 2002**



**Figura 5.11 – EG da qualidade da água superficial da BHRA, em 2003**

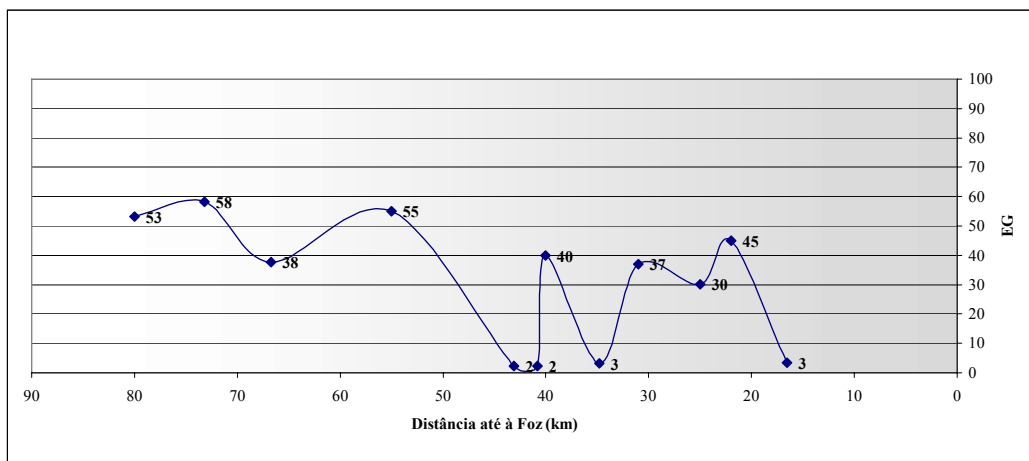


**Figura 5.12 – EG da qualidade da água superficial da BHRA, em 2004**

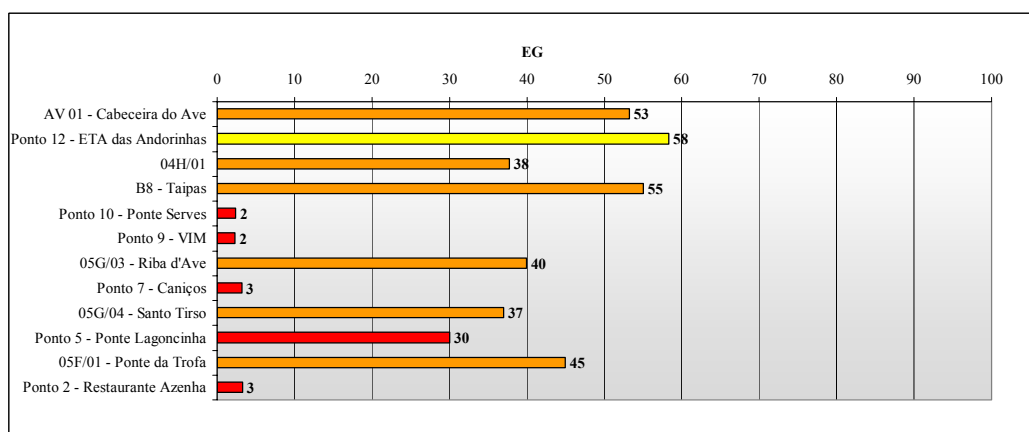
Contudo, no ano de 2005, embora esta tendência também se verifique, a análise da Figura 5.13 permite apurar a existência de uma grande variabilidade de valores de EG a partir da zona das Taipas, atingindo o máximo na zona poluída entre as confluências do Selho e a Ponte da Trofa. A partir daí decresce sensivelmente até à foz (Figura 5.4 e Quadro 5.6).

A Figura 5.14 pretende visualizar esta variabilidade, pouco evidente nos anos anteriores, não significando, contudo, a sua não existência. O reduzido universo de estações analisadas nos anos anteriores a 2005 revelaram-se insuficientes, não permitindo identificar relações deste tipo.





**Figura 5.13 – EG da qualidade da água superficial da BHR, em 2005**



**Figura 5.14 – EG's obtidos em 2005, desde a nascente à foz do Rio Ave**

## 5.8 Conclusão

A avaliação da interacção pressão-estado-resposta pode ser facilitada com a ajuda de ferramentas de indicadores ambientais que pretendem fornecer informação sobre um fenómeno natural, revestindo-se de grande utilidade na avaliação da qualidade da água.

No presente capítulo descreveu-se a metodologia proposta para a implementação de um sistema de indicadores de qualidade das águas superficiais na BHR. Esta ferramenta baseada no modelo conceptual Pressão-Estado-Resposta envolveu um conjunto de procedimentos que passaram pela caracterização do caso de estudo

traduzido sobre a forma de indicadores de pressão, que se reflectem no estado da qualidade das águas superficiais da bacia através dos indicadores de estado.

No que respeita aos indicadores de pressão, foram definidos quatro tipos de indicadores: indicador de cargas poluentes, indicador de capacidade de diluição, indicador de conformidade com a legislação e indicador de ocorrência de acidentes de poluição. O indicador de cargas poluentes associado aos respectivos descritores é um instrumento de interpretação das pressões existentes, que complementado com os restantes indicadores constitui uma importante ferramenta de suporte na interpretação dos resultados provenientes dos indicadores de estado. O indicador de conformidade com a legislação, por si só, permite avaliar de que modo o normativo legal está a ser cumprido.

A metodologia própria dos indicadores de estado, assunto que mereceu maior dedicação no presente trabalho, consistiu em quatro passos fundamentais. Antecedida de uma primeira análise ao caso de estudo, resultando numa proposta de variáveis e indicadores (Quadro 5.2), o primeiro passo consistiu no cálculo dos subíndices associados às respectivas variáveis que compõem os índices temáticos analisados. A esta primeira etapa seguem-se duas agregações que ocorrem em momentos diferentes. A primeira agregação e segundo passo da metodologia, consiste na agregação ponderada dos subíndices na etapa anterior, seguida do terceiro passo e segunda agregação ponderada, desta vez dos índices temáticos resultantes da primeira agregação.

Numa análise a cada temática, verificou-se que se não se considerar o *Índice Contaminação Microbiológica*, classificado entre *Degradado* e *Mau* ao longo de praticamente toda a extensão do Rio Ave, o estado de qualidade da água relativamente aos restantes índices temáticos classifica-se, de um modo geral, entre *Elevado* e *Razoável* a montante da estação das Taipas e entre *Degradado* e *Mau*, a jusante da mesma (Figura 5.4 e Quadro 5.6), o que permite concluir que a consideração de variáveis microbiológicas conduz a uma classificação mais gravosa da BHRA. A única ressalva a esta tendência ocorre em 2005, ano em que o estado geral de qualidade da água ao longo de praticamente toda a extensão do Rio Ave é classificado como *Degradado*. Presume-se que a particularidade deste ano, caracterizado como sendo um ano com fracos níveis de precipitação e marcado pela introdução de novos pontos de amostragem no programa de monitorização da qualidade das águas superficiais na

BHRA, justifique a classificação obtida, quando comparada com a encontrada para os anos anteriores.

No que respeita aos resultados associados ao *Índice Eutrofização*, verifica-se a existência de classificações distintas conforme a zona considerada, seguindo o mesmo padrão dos restantes índices, i.e. a montante de estação das Taipas o estado de qualidade da água é classificado como *Elevado*, tornando-se clara a predominância das classificações de *Degradado* e *Mau*, à medida que se avança para jusante.

Comportamento idêntico revela o *Índice Balanço de Oxigénio* e *Índice Matéria Orgânica*, embora as classificações obtidas no primeiro caso se revelem bastante mais optimistas ao longo de praticamente toda a área de estudo, o que parece revelar, de um modo geral, um Rio Ave bem oxigenado.

Relativamente ao *Índice Metais Pesados*, embora os resultados obtidos revelem um rio com qualidade *Elevada* face ao critério do valor objectivo, não significa, contudo, a ausência deste tipo de poluentes, pois muitas vezes ocorrem próximos dos limites de detecção do método analítico de referência.

Finalmente, a análise dos resultados da classificação derivada da agregação dos índices temáticos, vem confirmar a tendência de se caminhar no sentido de uma classe de qualidade mais elevada, correspondendo à situação dos índices desagregados, para uma classe do estado de qualidade de nível inferior, correspondente à agregação dos mesmos índices temáticos (EG). Aparentemente, e de algum modo expectável, os resultados demonstram a existência de valores de qualidade superiores na zona contígua à nascente do Rio Ave, regredindo-se para valores de qualidade inferior à medida que se percorre para jusante, em direcção à foz. Contudo, no caso particular da temática *Contaminação Microbiológica*, os valores registados revelam uma poluição significativa, mesmo na zona de montante.

Este exercício de organização de informação no formato adequado para a construção do subconjunto dos indicadores de estado e identificação das classes de estado de qualidade, revelou eficácia e tal como o esperado, os resultados obtidos estão genericamente de acordo com o conhecimento geral de que se dispõe sobre a qualidade das águas superficiais da BHRA.

Abordou-se, ainda, um conjunto de possíveis respostas da sociedade, institucionais e regulamentares, algumas das quais já implementadas e outras em fase inicial de implementação, no sentido de se evitar ou minimizar eventuais disfunções causadas pelas pressões sobre a bacia.

# 6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

## 6.1 Conclusões

A bacia hidrográfica, como meio receptor constituído por um determinado volume de água subterrânea e uma superfície de intercepção percorrida por uma rede hidrográfica que concentra os escoamentos superficiais, é actualmente a unidade de planeamento e gestão através da figura da Região Hidrográfica. Com entrada em vigor da DQA que aponta claramente para uma visão moderna da gestão integrada dos recursos naturais, tornou-se necessário, por parte das entidades gestoras, o desenvolvimento de metodologias próprias e ferramentas de suporte à decisão.

Uma das grandes “novidades” introduzidas pela DQA é o conceito de qualidade ecológica. A adopção deste conceito advém da necessidade de desenvolver um quadro mais abrangente de avaliação da qualidade da água, devido principalmente ao facto de as águas de superfície se manterem com níveis de poluição relativamente elevados, apesar das medidas tomadas por força da aplicação da legislação em vigor relativa à protecção das águas. Deste modo, no quadro de aplicação da DQA, os programas de monitorização, enquanto base para a gestão das águas, deverão ser passíveis de fornecer informações acerca de caudais e nível das águas superficiais, qualidade ecológica e química das águas superficiais e quantidade e qualidade das águas subterrâneas. Os objectivos estabelecidos pela DQA, associados aos programas de monitorização, são os exercícios de intercalibração das condições de referência, a definição dos critérios de qualidade e standardização de métodos de recolha e análises.

A definição de instrumentos de gestão dos recursos hídricos é baseada em sistemas de informação ambiental, resultantes de programas de monitorização. A implementação de programas de monitorização, cumprindo uma das exigências da DQA, tem como principal objectivo uma análise coerente e exaustiva do estado das águas, funcionando como ferramentas de suporte à tomada de decisão no processo de gestão dos recursos hídricos.

Os objectivos propostos pela DQA, as actuais exigências de quantidade e qualidade da água, assim como os problemas de poluição da água numa bacia hidrográfica, conduziram à necessidade de construir um sistema de indicadores de qualidade das águas superficiais. Esta ferramenta de gestão e de apoio à decisão permite avaliar a pressão-estado-impacto das actividades humanas na qualidade da água.

De facto, as águas superficiais de uma bacia hidrográfica são normalmente submetidas a inúmeras pressões e alterações ambientais resultantes principalmente das actividades humanas. À escala de uma bacia hidrográfica existe a necessidade de se estabelecerem metodologias que permitam a monitorização sistemática da qualidade da água para a posterior caracterização do seu estado, através de uma análise correcta dos dados recolhidos, para que as actuais e futuras pressões existentes possam ser identificadas e compreendidas. A avaliação da interacção pressão-estado-impacto poderá ser facilitada recorrendo a sistemas de indicadores ambientais.

Para a construção de um sistema de indicadores de qualidade das águas superficiais numa bacia hidrográfica, o modelo conceptual Pressão-Estado-Resposta constitui, de entre os modelos revistos, a opção mais adequada e exequível, pelo que foi seleccionado.

A metodologia proposta, de aplicação genérica e baseada neste modelo conceptual, foi aplicada na Bacia Hidrográfica do Rio Ave.

Após um teste de aplicabilidade de algumas das metodologias assentes no conceito de indicador ambiental e desenvolvidas ao longo das últimas três décadas, foi construída uma proposta de metodologia adequada para a caracterização da qualidade das águas superficiais da BHRA.

Esta metodologia comporta um conjunto de etapas iniciando-se pela caracterização do caso de estudo, incluindo a identificação dos principais usos e

pressões. Posteriormente a esta caracterização, a segunda etapa consistiu na identificação dos índices temáticos de maior relevância e respectivas variáveis, em conformidade com um conjunto de critérios, dos quais se destacam a existência de uma obrigação legal e a disponibilidade de dados resultantes da monitorização extensiva da qualidade das águas superficiais da bacia.

Deste modo, os índices temáticos considerados foram a eutrofização, o balanço de oxigénio, a contaminação microbiológica, a matéria orgânica e os metais pesados. Esta é uma abordagem restrita, baseada unicamente em elementos de qualidade físico-química, devido à inexistência de dados com vista à avaliação de elementos de qualidade biológica e hidromorfológica.

Foram definidos quatro tipos de indicadores de pressão: o indicador de cargas poluentes, o indicador de capacidade de diluição, o indicador de conformidade com a legislação e o indicador de ocorrência de acidentes de poluição. O indicador de cargas poluentes associado ao indicador de conformidade com a legislação, aparentam representar particular interesse na identificação de eventuais incumprimentos da legislação e na identificação de onde e quando tais situações requerem especial atenção.

Os indicadores de estado de qualidade mereceram um estudo mais aprofundado no presente trabalho e foram objecto do desenvolvimento de uma metodologia própria. Revelaram-se um instrumento de grande interesse para a caracterização da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica, pois a sua posterior agregação em classes de qualidade, permitindo uma classificação de cariz qualitativo e quantitativo, apoiada num código de cores, constitui um formato de informação adequado e claro a vários tipos de público com graus de formação diversificados. Os resultados obtidos com base na metodologia desenvolvida revelam um estado de baixa qualidade das águas superficiais, confirmando o conhecimento genérico de que se dispõe sobre a qualidade das águas superficiais do Rio Ave.

A representação da classificação final dos indicadores de estado em cinco classes de qualidade, respeitantes a diferentes graus de agregação de informação, i.e. por temática ou por conjunto de temáticas (Estado Geral), revelou classes de qualidade mais elevada no caso dos índices temáticos desagregados e classes de qualidade inferior no caso dos índices temáticos agregados.

A adopção de medidas de cariz institucional e regulamentar, nomeadamente a concretização de infra-estruturas de drenagem e tratamento de águas residuais, que permitam aumentar o nível de atendimento por SDTAR às populações, promovendo a melhoria da qualidade de vida e da qualidade ambiental, irão permitir resolver ou minimizar alguns dos problemas de poluição existentes. No presente trabalho previu-se um conjunto de acções, algumas das quais já implementadas, outras em fase inicial de implementação, que em conjunto com outras medidas essencialmente vocacionadas para o controlo da poluição proveniente da indústria têxtil fortemente implantada na região, constituem um conjunto de respostas da sociedade à problemática das temáticas consideradas.

## **6.2 Sugestões de Trabalho Futuro**

Como sugestões de trabalho futuro, identificam-se, de seguida, algumas linhas de orientação que poderão conduzir ao aperfeiçoamento da metodologia proposta no presente trabalho.

A aplicação da metodologia proposta foi parcialmente efectuada sobre um conjunto de dados que está longe de ser o ideal. Uma aplicação na prossecução do presente trabalho será o alargamento das temáticas a considerar, de modo a ser aplicada na avaliação de variáveis de qualidade biológica e hidromorfológica e não somente aplicada a variáveis de qualidade físico-química, no sentido de se cumprir um dos principais objectivos ambientais previstos na DQA, i.e. atingir-se o “bom estado ecológico”, definido a partir da avaliação de três conjuntos de elementos de qualidade: biológicos, hidromorfológicos e físico-químicos.

Seria ainda interessante a construção de um sistema de classificação que considere, em simultâneo, os indicadores de pressão e estado.

Passo indispensável à validação da metodologia proposta serão os ensaios de aplicação a outras bacias hidrográficas com características físicas e de pressões antrópicas diversificadas.

Finalmente, sugere-se como trabalho futuro o desenvolvimento de uma ferramenta informática que, a partir das bases de dados existentes, permita de forma automatizada e célere efectuar os procedimentos de construção dos indicadores de estado, possibilitando em simultâneo, caracterizações do estado de qualidade das águas



superficiais actualizadas. Desta forma, constituir-se-ia uma importante ferramenta de gestão integrada dos recursos hídricos e suporte à decisão, funcionado ao mesmo tempo como veículo de informação ao público.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Águas do Ave, S.A. (2003), *Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Vale do Ave. Análise Prévia Ambiental da Ampliação da ETAR de Serzedelo*. Águas do Ave, S.A., Guimarães, Portugal.

Águas do Ave, S.A. (2006), *Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Vale do Ave. Informação Diversa*. Águas do Ave, S.A., Guimarães, Portugal.

Água em Revista (2005), *Assembleia da República aprova Lei da Água*, **3**, 32. Iberbyte – Sociedade de Multimédia, Audiovisual e Publicidade, Lda, Porto, Portugal.

Albuquerque, A.J. (1991), *Sistemas de Índices de Qualidade da Água para Águas Superficiais. Revisão Bibliográfica*. Relatório Interno do Núcleo de Qualidade da Água da Direcção Geral dos Recursos Naturais. Portugal.

Assembleia da República (1987), *Lei de Bases do Ambiente, Lei n.º 11/87, de 7 de Abril*, Diário da República.

Assembleia da República (2002), *Decreto-Lei n.º 135/2002, de 14 de Maio*, Diário da República I Série A, n.º 111 (4535 – 4540).

Barros, M.C., Santos, M.J. & Mano, A.P. (1992), *Ensaio de Aplicação de Índices de Qualidade da Água*, Direcção Geral dos Recursos Naturais – Núcleo de Qualidade da Água, Lisboa, Portugal.

Bernardino, R. & Rodrigues, S. (2000), *Análise da Qualidade Ecológica das Águas Superficiais*, Relatório Final do Trabalho Final de Curso da Licenciatura em Engenharia do Ambiente – Documento 2, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

DGA/DSIA (2000), *Proposta de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*, Direcção Geral do Ambiente / Direcção de Serviços de Informação e Acreditação, Portugal.

Dias *et al.* (2006), *Avaliação da Qualidade da Água Superficial da Ribeira dos Covões (Escola Superior Agrária de Coimbra)*, In 8.º Congresso da Água: Água – Sede de Sustentabilidade. 13 – 17 de Março, Figueira da Foz, Portugal.

DRA (2000) – Direcção Regional do Ambiente, *Plano Hidrográfico da Bacia do Rio Ave*, Volume 1 – Síntese, Portugal.

DROTRH (2001) – Direcção Regional do Ordenamento do Território e dos Recursos Hídricos / Secretaria Regional do Ambiente, *Plano Regional da Água dos Açores – Relatório Técnico, Versão para Consulta Pública*, Portugal.

DSRH/INAG, Instituto da Água (2000), *Proposta de Restruturação das Redes de Monitorização de Recursos Hídrico – Bacias Hidrográficas a Norte do Douro*, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, 1 (2000), Instituto da Água, Portugal.

DSRH/INAG, Instituto da Água (2001), *Monitorização dos Recursos Hídricos no limiar do séc XXI*, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, Instituto da Água, Portugal.

Environment Agency (2006), *River Quality – an Overview. GQA methodologies for the classification of river and estuary quality*. Disponível em <http://www.environment-agency.gov.uk>

EEA (1999) – European Environment Agency, *Environmental Indicators: Typology and Overview*. European Environment Agency, Technical Report No. 25, Copenhagen.

Green (2006), *Global Rivers. Environmental Education Networks*. Disponível em [http://www.green.org/files.cgi/580\\_WOI\\_Adv\\_Instructions.html](http://www.green.org/files.cgi/580_WOI_Adv_Instructions.html)

Henriques, A.G., West, C.A. & Pio, S. (2000), *Directiva Quadro da Água, um instrumento integrador da política da água na União Europeia*, In 5º Congresso da Água: a Água e o Desenvolvimento Sustentável. Desafios para o novo século. 25 – 29 de Setembro. Lisboa, Portugal.

House, M.A. & Ellis, J.B. (1986), *The Development of Water Quality Indices for Operational Management. IAWPRC Proceedings*, In 4<sup>th</sup> International Conference of River Management. IAW13 – 15 Agosto, São Paulo, Brasil.

INE (2006) – Instituto Nacional de Estatística, *Censos 2001 – XIV Recenseamento Geral da População. Resultados Definitivos*. Disponível em <http://www.ine.pt/censos2001/censos.asp>

INAG, Instituto da Água (2005), *Relatório Síntese sobre a Caracterização das Regiões Hidrográficas previstas na Directiva-Quadro da Água*, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Portugal.

Lammers, P.E.M. & Gilbert, A.J. (1999), *Towards Environmental Pressure Indicators for the EU: Indicator Definition*, Universiteit Amsterdam, Institute for Environmental Studies, Holanda.

Leisk, Ü (2006), Informação não publicada. Institute of Environmental Engineering at Tallinn Technical University. Estónia.

Loigu, E. & Leisk, Ü. (2001), *Classification of chemical status of rivers*, In *Environmental Impact and Water Management in a Catchment Area Perspective. Proceedings of the Symposium dedicated to the 40th Anniversary of Institute of Environmental Engineering at Tallinn Technical University*, 24 – 26 de Setembro, 46-53, Tallinn, Estónia.

Mano, A.P. (1989), *Contribuição para o Estudo da Aplicabilidade de Índices de Qualidade da Água*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

MAOT (2000) – Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território – Gabinete do Ministro, *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2000 – 2006)*, Lisboa, Portugal.

Nõges, T. (2002), *Literature Review on Indicators and Criteria Applied in Assessment of Ecological Status of Lakes and Rivers*, Tartu University, Estonia.

Nõges, T.(2003), *Final Report on the Relevant System of Indicators and Criteria for Evaluating the Ecological Status a very large Nonstratified Lake and its River Basin in WFD Context*, Tartu University, Estonia.

OCDE (2003) – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, *OECD Environmental Indicators. Development; Measurement and Use – Reference Paper*, OCDE, Paris, França.

Oliveira, R.E.S, Lima, M.M.C.L. & Vieira, J.M.P. (2005), *An Indicator System for Surface Water Quality in River Basins*, In *The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources*, 11 – 14 de Julho, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.

Oliveira, R.E.S, Lima, M.M.C.L. & Vieira, J.M.P. (2006), *Desenvolvimento de um Sistema de Indicadores de Qualidade de Águas Superficiais numa Bacia Hidrográfica*, In *8.º Congresso da Água: Água – Sede de Sustentabilidade*, 13 – 17 de Março, Figueira da Foz, Portugal.

Pio, S. (2005), *Lei da água – Elementos da transposição da Directiva-Quadro da Água (2000/60/CE)*, Tecnologia da Água, **38**, Edição II, 82-84, Read Business Information, SA , Lisboa, Portugal.

Pio, S. & Henriques, A.G. (2000), *O Estado Ecológico como critério para a gestão sustentável das águas de superfície*. In *5º Congresso da Água: a Água e o Desenvolvimento Sustentável. Desafios para o novo século*. 25 – 29 de Setembro. Lisboa, Portugal.

Quatenaire Portugal (2004), *Actividade industrial, consumo de água e rejeição de águas residuais na Bacia do Ave: situação actual e análise prospectiva*. Documento cedida pela Águas do Ave, S.A., Guimarães, Portugal.

Rekolainen, S., Kämärin, J. & Hiltunen, M. (2003), *A Conceptual Framework for identifying the need and role of models in the implementation of the Water Framework Directive*, International Journal of River Basin Management, **1**, n.º 4, pp. 347-352.

Ribeiro, A.K. (2000), *Aplicação do Modelo DPSIR aos Recursos Hídricos em Portugal*, Relatório Final do Trabalho Final de Curso da Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

Rodrigues, S., Bernardino, R., Alves, M.H., Rafael, M.T. & Henriques, A.G. (2003), *Proposta de uma Rede de Monitorização da Qualidade Ecológica das Águas Superficiais nas Bacias do Guadiana e Ribeiras do Algarve segundo a Directiva Quadro da Água*, *Recursos Hídricos*, **24**, n.º 3 (2003), 13-24, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Portugal.

Silva, M. M. (2002), *Instrumentos de Apoio à Gestão de Estuários. Indicadores Ambientais*, Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Toledo, L. & Nicolella, G. (2002), *Índice de Qualidade da Água em Microbacias sob usos agrícola e urbano*, Embrapa Meio Ambiente, Scientia Agrícola, **59**, n.º 1 (Janeiro/Março 2002), 181-186.

União Europeia (2000), *Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000 (DQA, 2000), Estabelece um Quadro de Acção Comunitária no Domínio da Política da Água*, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L327:1-72.

Vieira, J. M.P. (2003), *Gestão da Água em Portugal. Os desafios do Plano Nacional da Água*, Revista Engenharia Civil, **16**, 5-12, Universidade do Minho, Braga, Portugal.



# **ANEXOS**



# **ANEXO 1**

## ***REDE DE QUALIDADE DE ÁGUA SUPERFICIAL***



**Quadro A1. 1 – Grelha de parâmetros para as Estações de Captação (DSRH/INAG, 2001)**

<b>G1<sup>28</sup></b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
Cor	Cobre	Arsénio
Cheiro	Ferro Total	Bário
Aspecto	Manganês	Boro
Temperatura da amostra (perfil em albufeira)	Substâncias Tensoactivas	Cádmio
Sólidos Suspensos Totais	Fenóis	Chumbo
pH	Sulfatos	Crómio Total
Condutividade	Azoto Kjeidahl	Mercurio
Oxidabilidade	Estreptococos Fecais	Selénio
Cloretos		Cianetos
Fosfatos		Fluoretos
Fósforo Total		Pesticidas
Nitratos		Hidrocarbonetos Dissolvidos ou Emulsionados
Azoto amoniacal		Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares
Oxigénio Dissolvido (perfil em albufeiras)		Salmonelas
Carência Bioquímica de Oxigénio		
Carência Química de Oxigénio		
Coliformes Totais		
Coliformes Fecais		
Disco Secchi (albufeiras)		
Clorofila a		

**Quadro A1. 2 – Frequência de amostragem para as Estações de Captação (DSRH/INAG, 2001)**

<b>CLASSE DA ÁGUA</b>	<b>A1</b>			<b>A2</b>			<b>A3</b>		
<b>GRUPO DE PARÂMETROS</b>	<b>G1<sup>29</sup></b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G1<sup>2</sup></b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>G1<sup>2</sup></b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>
<b>FREQÜÊNCIA MÍNIMA (N.º/ANO)</b>	12	2	1	12	4	2	12	6	3

<sup>28</sup> Para além dos parâmetros obrigatórios, previstos no normativo nacional ou comunitário, são propostos outros, com vista à gestão dos recursos hídricos.

<sup>29</sup> A frequência proposta é superior à frequência mínima recomendada pelos normativos nacionais e comunitários, com o objectivo de se obterem elementos que permitam, adicionalmente, a gestão dos recursos hídricos.

**Quadro A1. 3 – Grelha de parâmetros e frequência de amostragem para as Estações de objectivo Piscícola (DSRH/INAG, 2001)**

<b>MENSAL</b>
Temperatura da amostra
Sólidos Suspensos Totais
pH
Fósforo Total
Nitritos
Cobre Solúvel
Fenóis <sup>30</sup>
Zinco
Amoníaco não Ionizado
Hidrocarbonetos <sup>3</sup>
Cloro Residual
Azoto Amoniacal
Oxigénio Dissolvido
Carência Bioquímica de Oxigénio

**Quadro A1. 4 – Grelha de parâmetros e frequência de amostragem para as Estações de Referência (DSRH/INAG, 2001)**

<b>MENSAL</b>	<b>SEMESTRAL</b>
Temperatura da amostra (perfil em albufeira)	Cobre solúvel
Sólidos Suspensos Totais	Ferro Total
pH	Manganês
Condutividade	Fenóis
Oxidabilidade	Zinco
Fosfatos	Hidrocarbonetos Totais
Fósforo Total	Arsénio
Nitratos	Cádmio
Nitritos	Chumbo
Azoto Amoniacal	Crómio Total
Oxigénio Dissolvido (perfil em albufeiras)	Mercúrio
Carência Bioquímica de Oxigénio	Cianetos
Carência Química de Oxigénio	Pesticidas
Coliformes Totais	Substâncias Tensoactivas
Coliformes Fecais	
Disco Secchi (albufeiras)	
Clorofila a	

<sup>30</sup> Exame visível e gustativo sempre que se presumir que estão presentes

**Quadro A1. 5 – Grelha parâmetros e frequência de amostragem para as Estações de Impacto e Fluxo (DSRH/INAG, 2001)**

<b>MENSAL</b>	<b>BIMESTRAL</b>	<b>TRIMESTRAL</b>
Temperatura da amostra (perfil em albufeira)	Cobre solúvel	Arsénio
Sólidos Suspensos Totais	Ferro Total	Cádmio
pH	Manganês	Chumbo
Condutividade	Fenóis	Crómio Total
Oxidabilidade	Zinco	Mercurio
Fosfatos	Substâncias Tensoactivas	Cianetos
Fósforo Total	Estreptococos Fecais	Pesticidas
Nitratos		Salmonelas
Nitritos		Hidrocarbonetos Totais
Azoto amoniacal		
Oxigénio Dissolvido (perfil em albufeiras)		
Carência Bioquímica de Oxigénio		
Carência Química de Oxigénio		
Coliformes Totais		
Coliformes Fecais		
Disco Secchi (albufeiras)		
Clorofila a		





## **ANEXO 2**

### ***MÉTODO DO IQA<sub>NSF</sub> (NSF, 1970)***



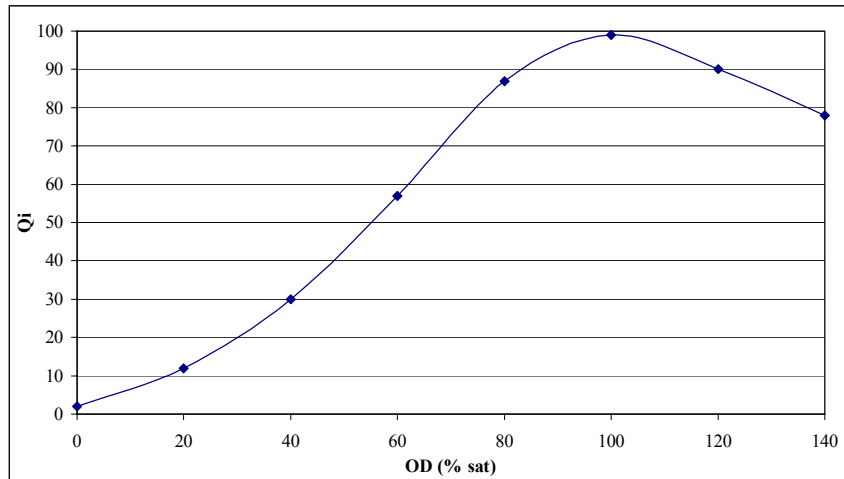


Figura A2. 1 – Função de Qualidade para a variável OD (adaptado de Green, 2006)

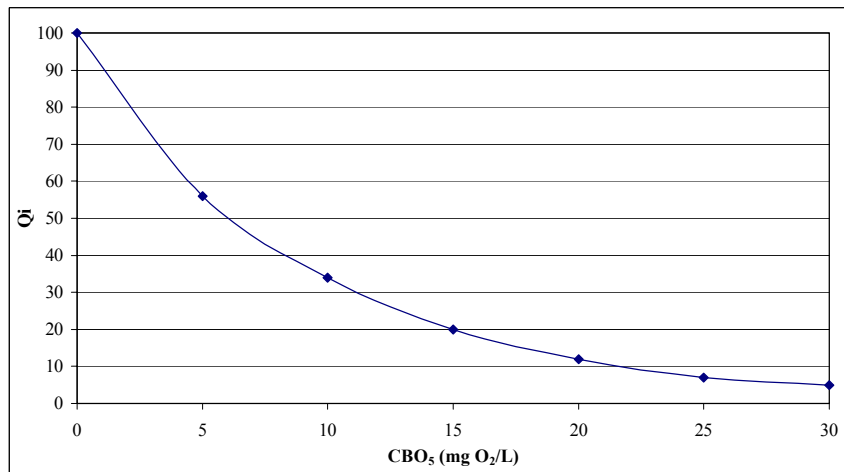


Figura A2. 2 – Função de Qualidade para a variável CBO<sub>5</sub> (adaptado de Green, 2006)

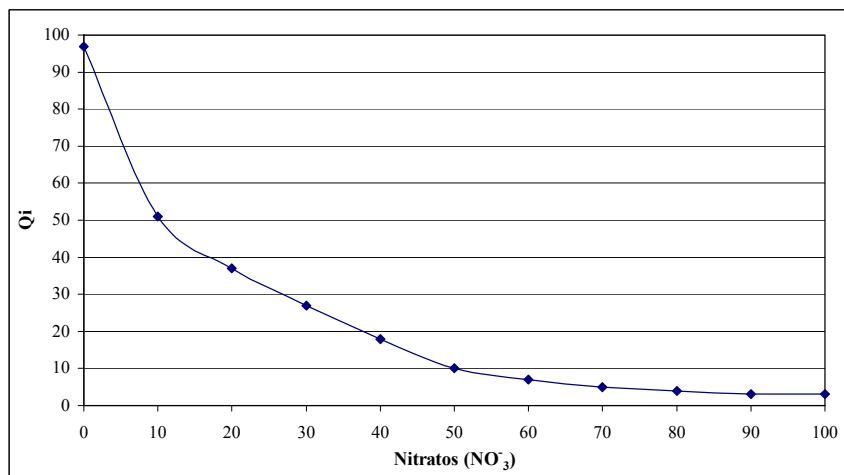


Figura A2. 3 – Função de Qualidade para a variável Nitratos (adaptado de Green, 2006)

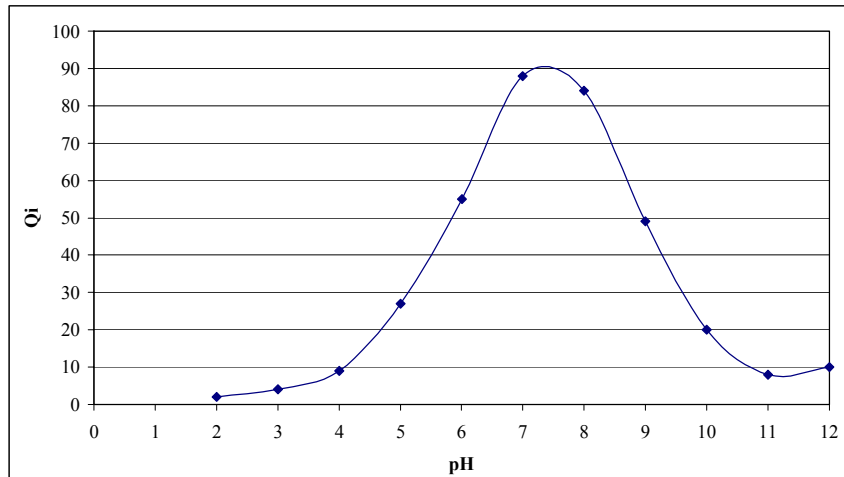


Figura A2. 4 – Função de Qualidade para a variável pH (adaptado de Green, 2006)

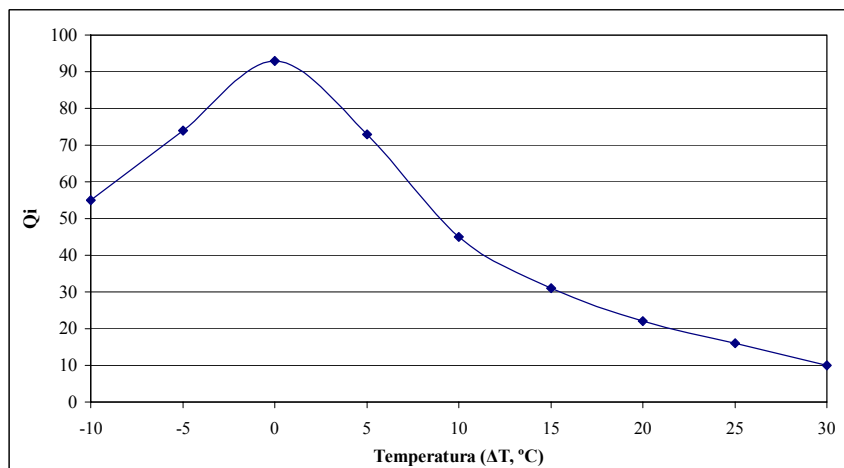


Figura A2. 5 – Função de Qualidade para a variável Variação de Temperatura (adaptado de Green, 2006)

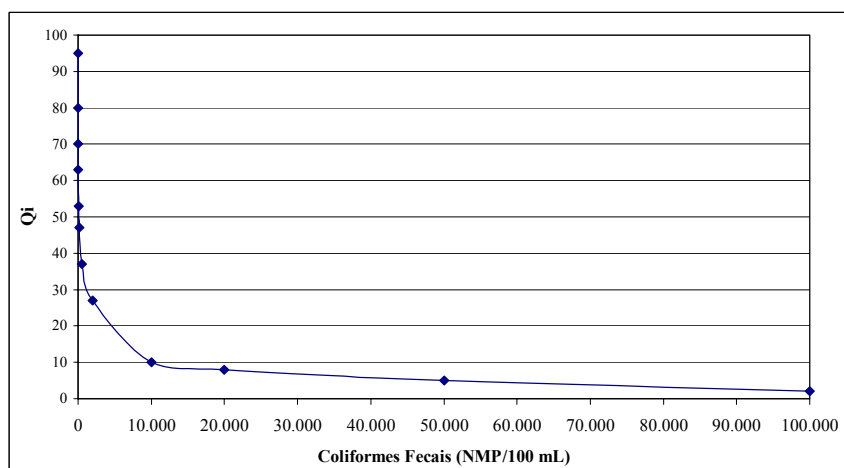


Figura A2. 6 – Função de Qualidade para a variável Coliformes Fecais (adaptado de Green, 2006)

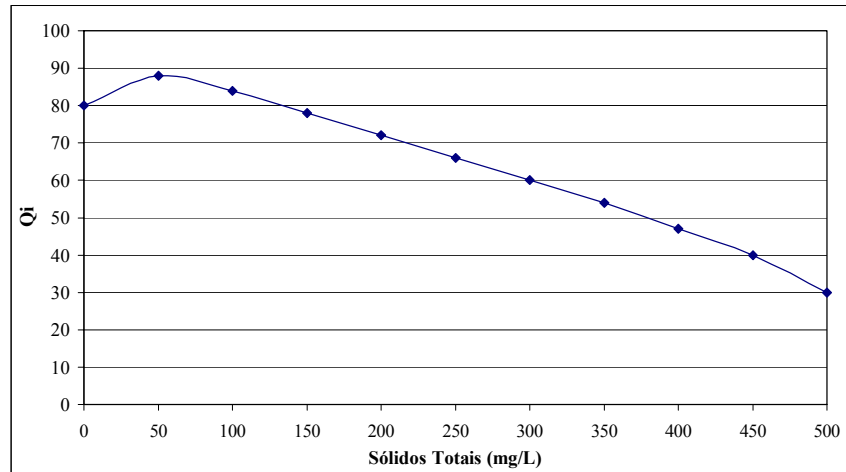


Figura A2. 7 – Função de Qualidade para a variável Sólidos Totais (adaptado de Green, 2006)

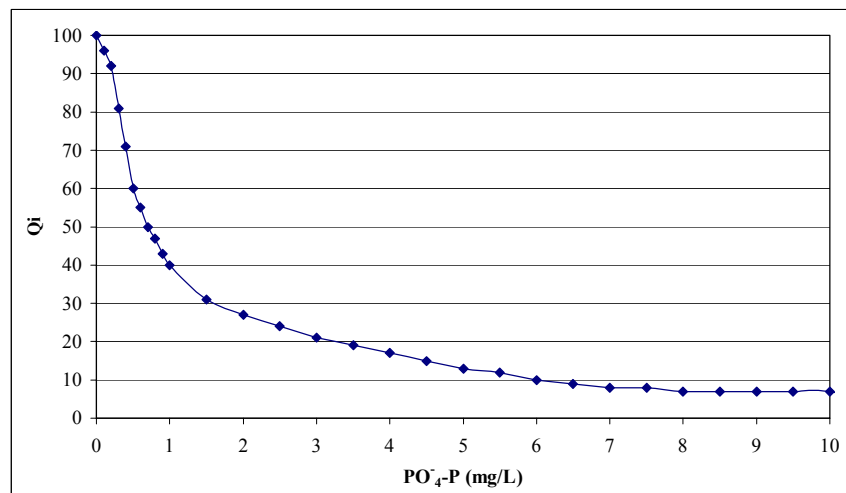


Figura A2. 8 – Função de Qualidade para a variável Fósforo Total (adaptado de Green, 2006)

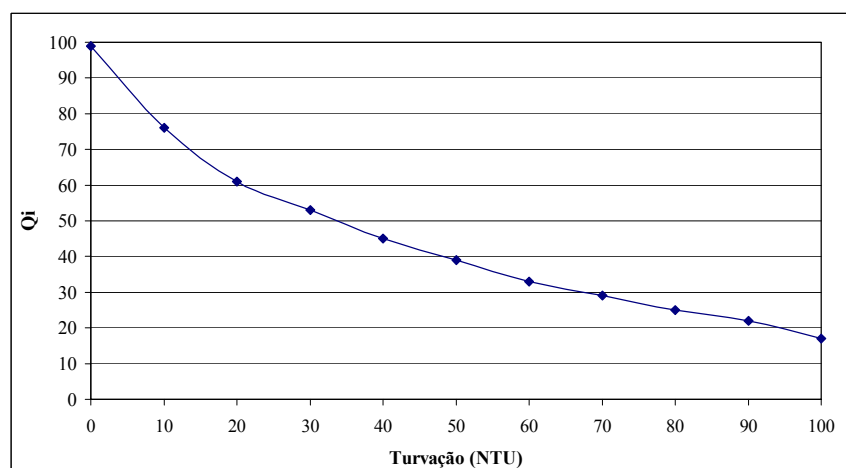


Figura A2. 9 – Função de Qualidade para a variável Turvação (adaptado de Green, 2006)

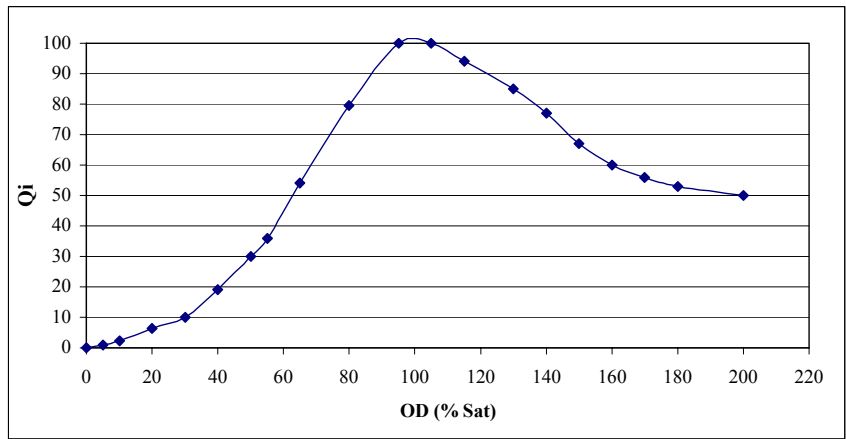


## **ANEXO 3**

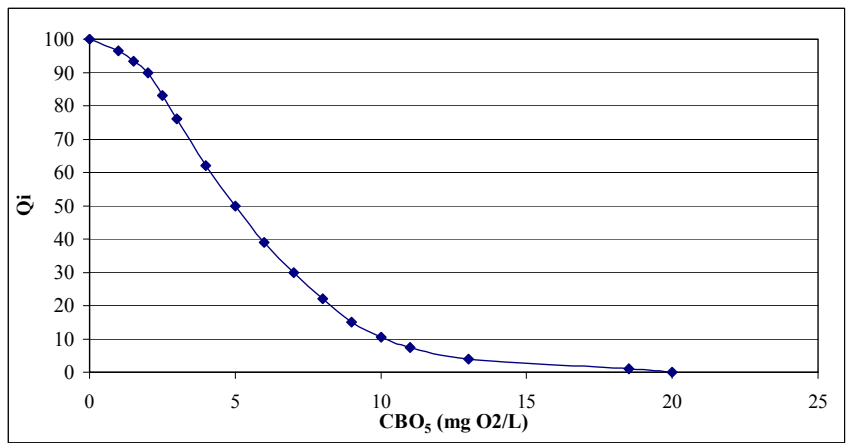
### ***MÉTODO DO IQA (MANO, 1989)***



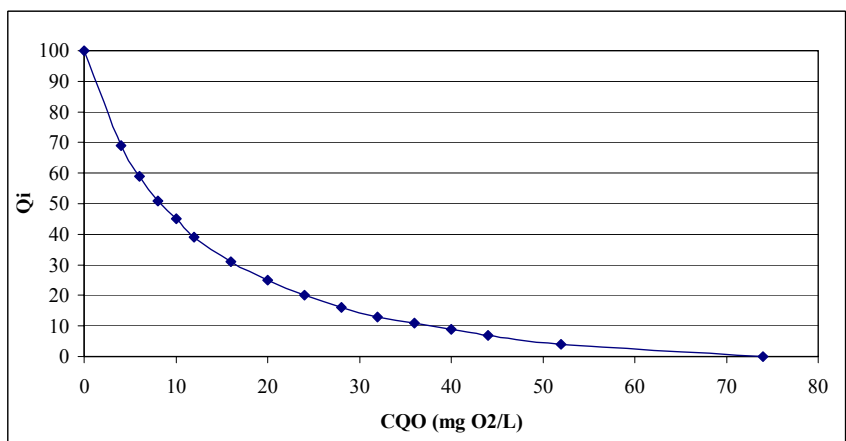




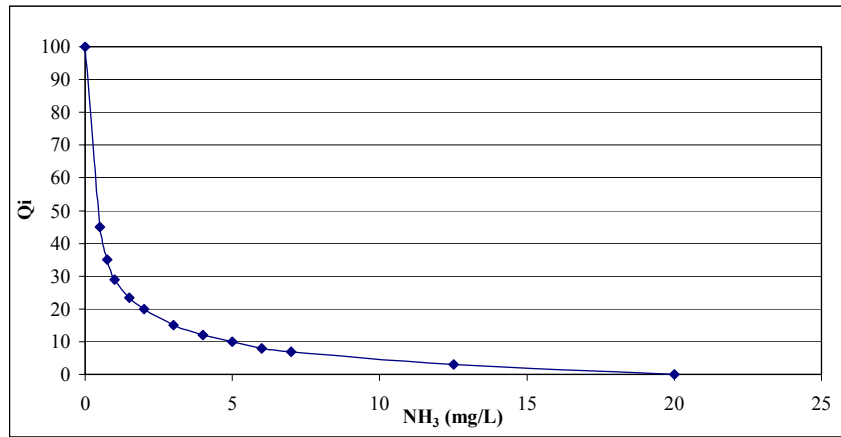
**Figura A3.1 – Função de Qualidade para a variável OD (in Mano, 1989)**



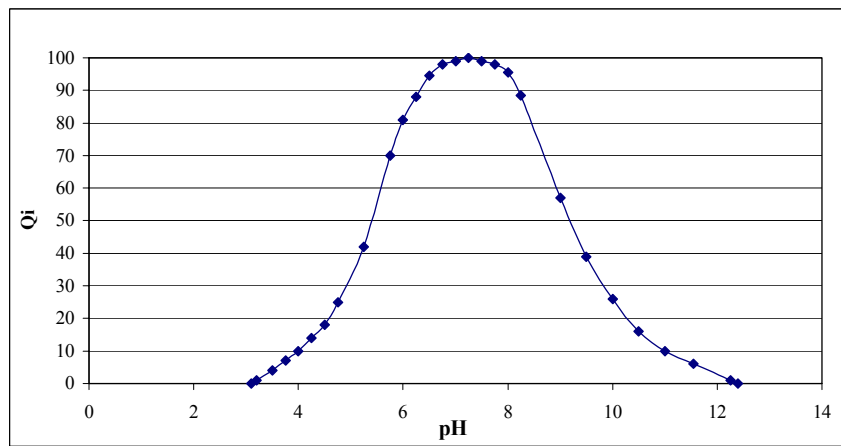
**Figura A3.2 – Função de Qualidade para a variável CBO<sub>5</sub> (in Mano, 1989)**



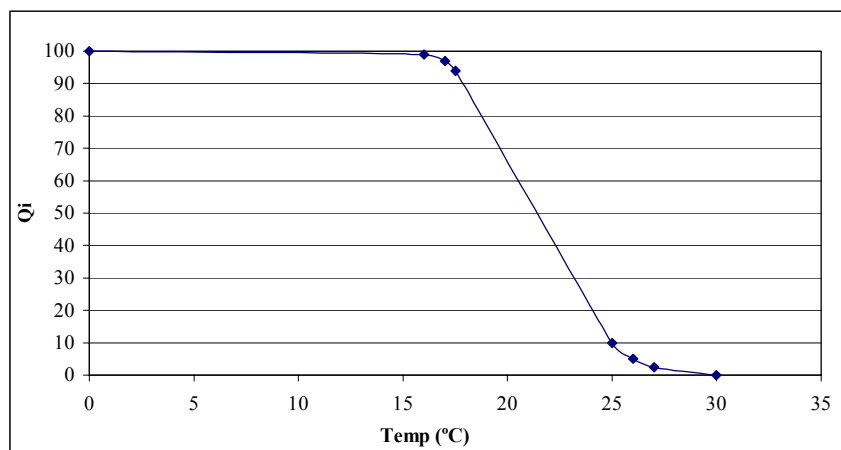
**Figura A3.3 – Função de Qualidade para a variável CQO (in Mano, 1989)**



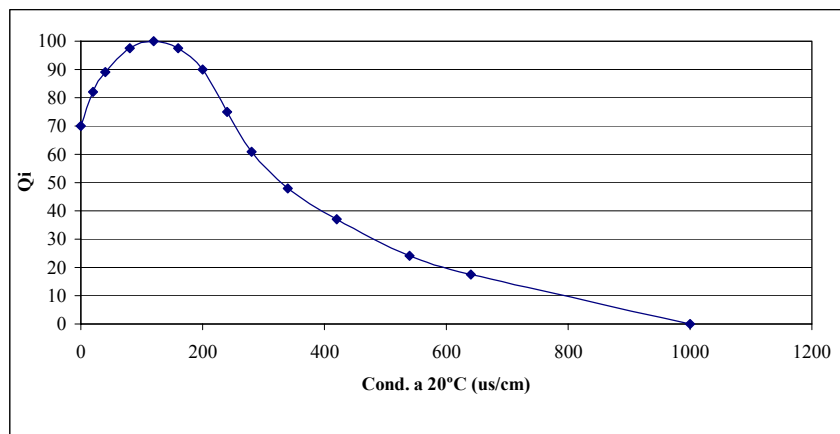
**Figura A3. 4 – Função de Qualidade para a variável NH<sub>3</sub> (in Mano, 1989)**



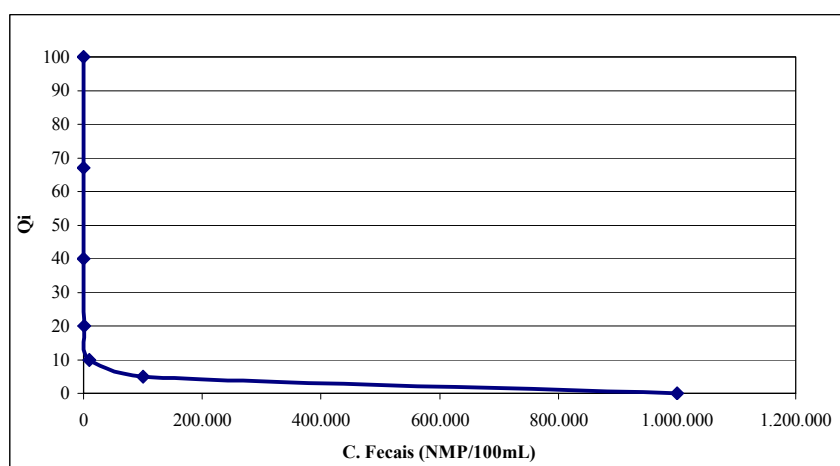
**Figura A3. 5 – Função de Qualidade para a variável pH (in Mano, 1989)**



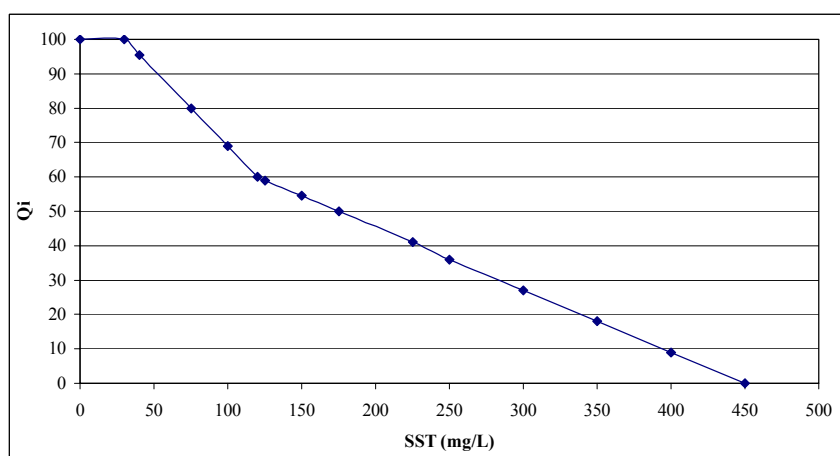
**Figura A3. 6 – Função de Qualidade para a variável Temperatura (in Mano, 1989)**



**Figura A3. 7 – Função de Qualidade para a variável Condutividade (in Mano, 1989)**



**Figura A3. 8 – Função de Qualidade para a variável Coliformes Fecais (in Mano, 1989)**



**Figura A3. 9 – Função de Qualidade para a variável SST (in Mano, 1989)**



## **ANEXO 4**

### ***MÉTODO DO IQA***

***(PROVENCHER E LAMONTAGNE, 1989)***



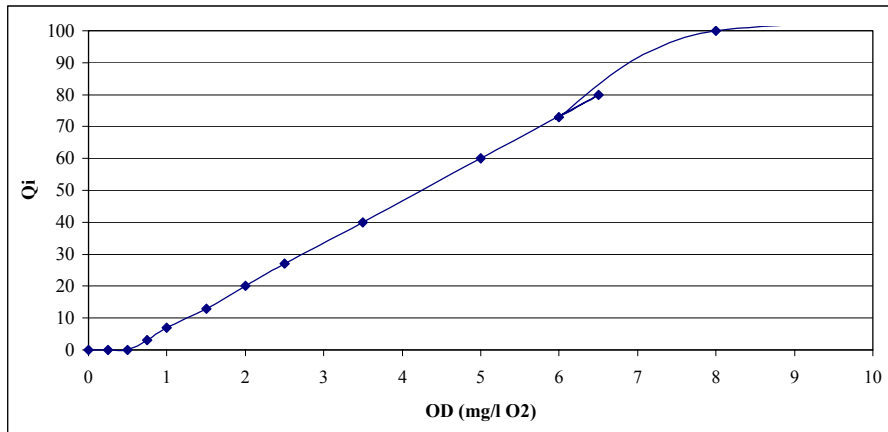


Figura A4.1 – Função de Qualidade para a variável OD (in Barros *et al.*, 1992)

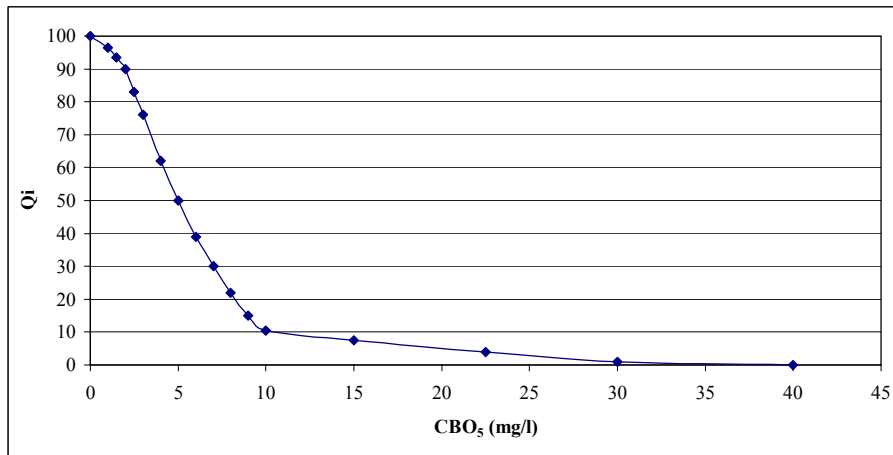


Figura A4.2 – Função de Qualidade para a variável CBO<sub>5</sub> (in Barros *et al.*, 1992)

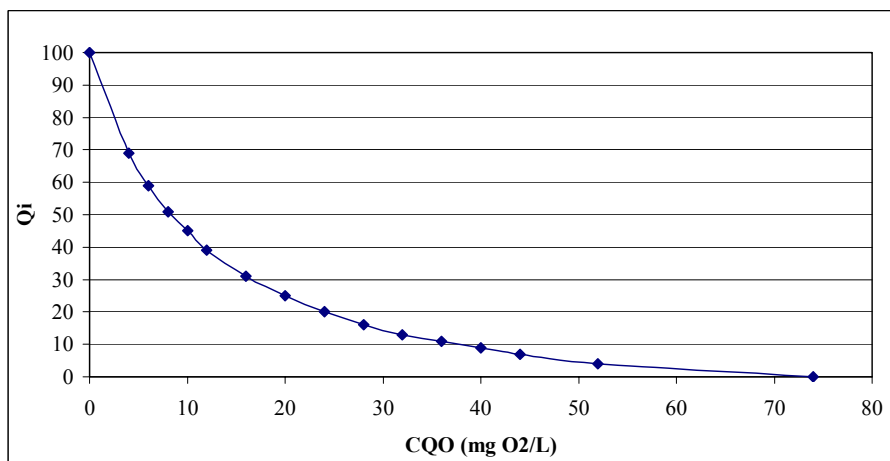


Figura A4.3 – Função de Qualidade para a variável CQO (in Barros *et al.*, 1992)

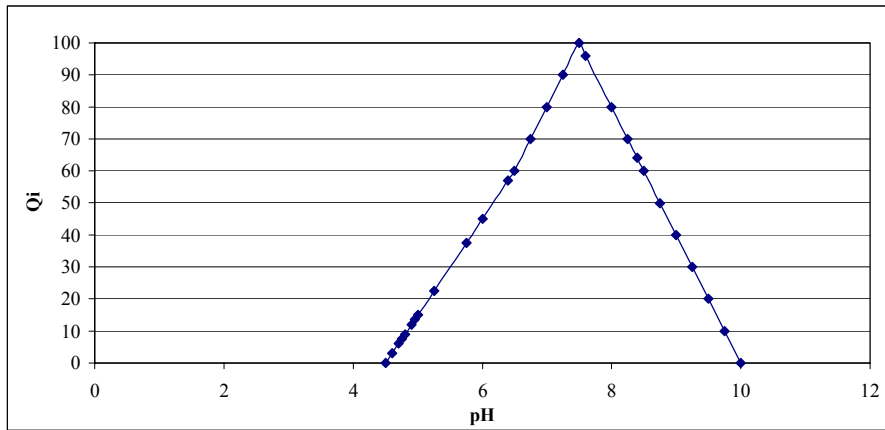


Figura A4. 4 – Função de Qualidade para a variável pH (in Barros *et al.*, 1992)

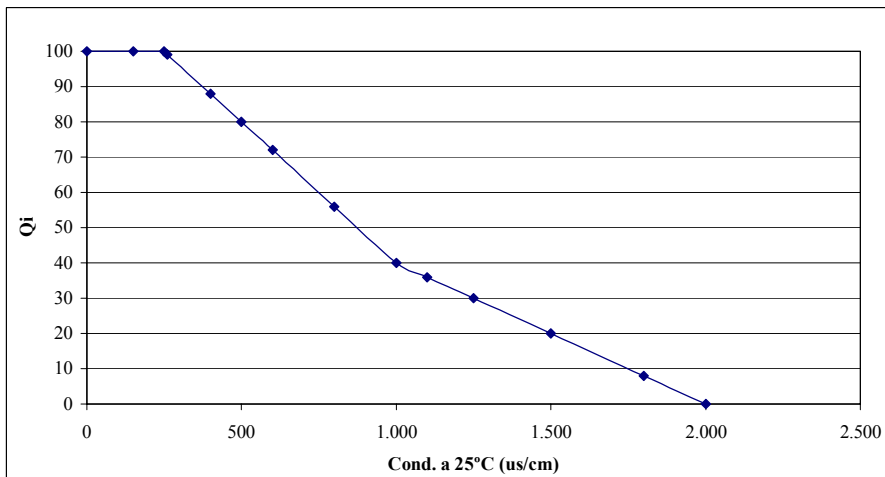


Figura A4. 5 – Função de Qualidade para a variável Condutividade (in Barros *et al.*, 1992)

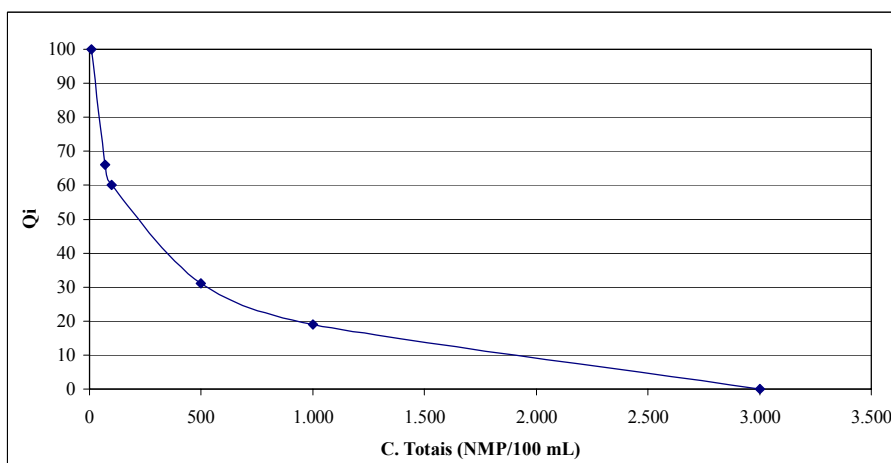
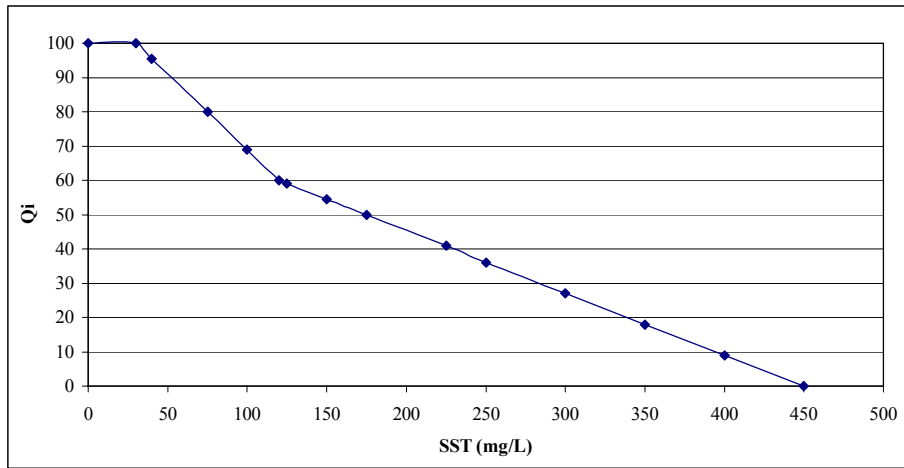


Figura A4. 6 – Função de Qualidade para a variável Coliformes Totais (in Barros *et al.*, 1992)





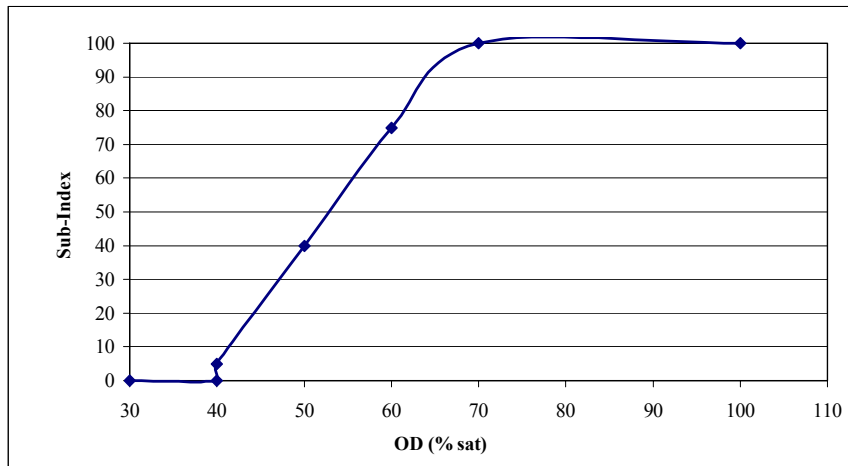
**Figura A4. 7 – Função de Qualidade para a variável SST (in Barros *et al.*, 1992)**



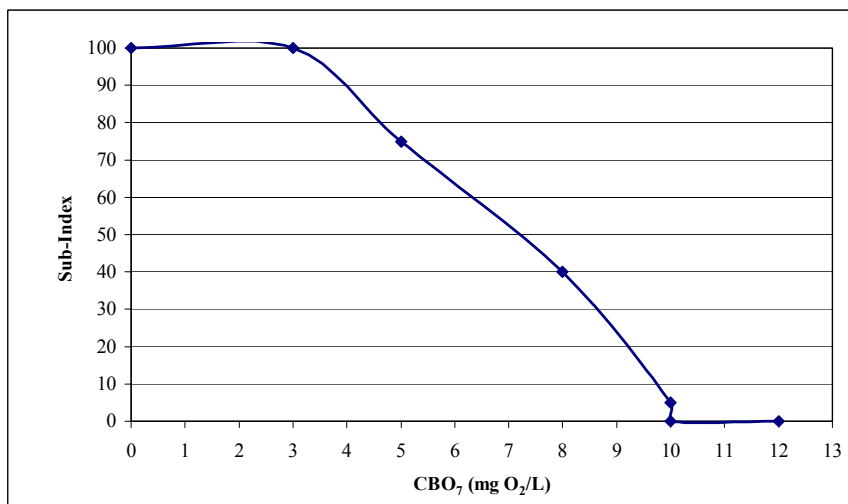
## **ANEXO 5**

### ***MÉTODO DO SUB-INDEX (LOIGU E LEISK, 2001)***

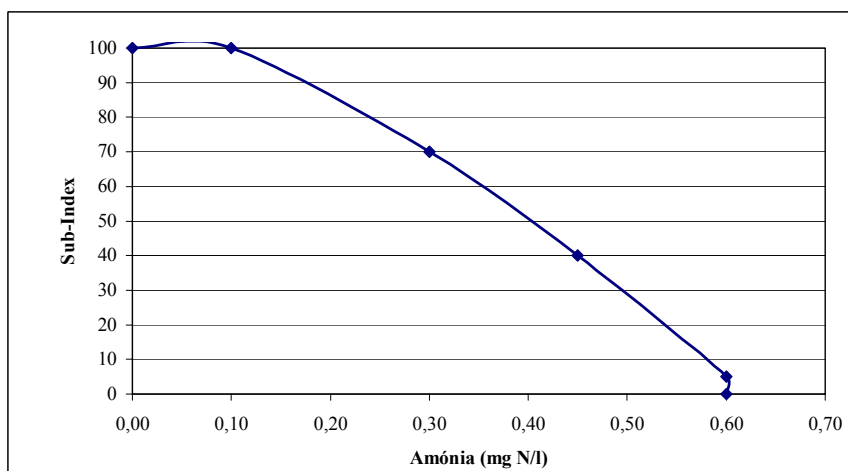




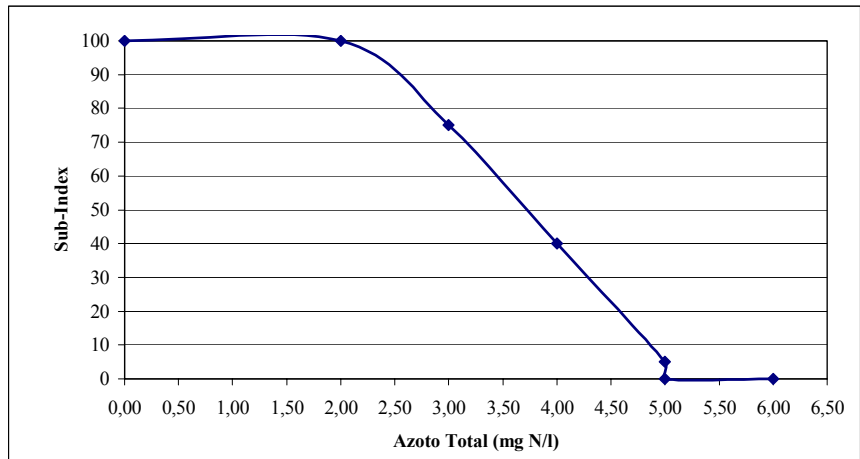
**Figura A5. 1 – Sub-Index da variável Oxigênio Dissolvido (Leisk, 2006)**



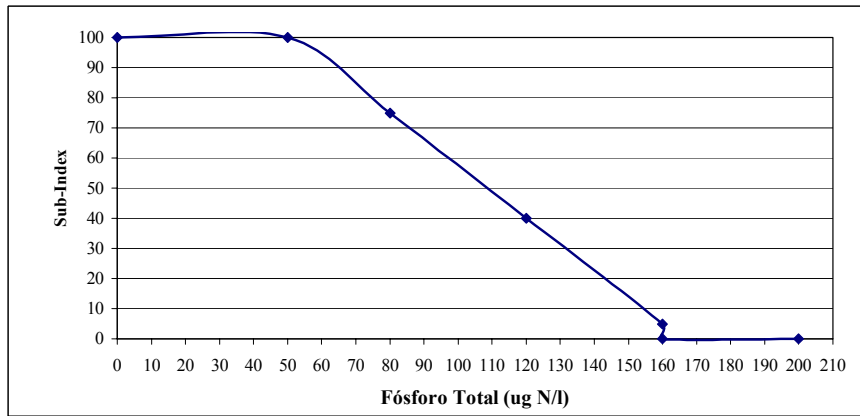
**Figura A5. 2 – Sub-Index da variável CBO<sub>7</sub> (Leisk, 2006)**



**Figura A5. 3 – Sub-Index da variável Amônia (Leisk, 2006)**



**Figura A5. 4 – Sub-Index da variável Azoto Total (Leisk, 2006)**



**Figura A5. 5 – Sub-Index da variável Fósforo Total (Leisk, 2006)**

## **ANEXO 6**

### ***LEGISLAÇÃO NACIONAL E COMUNITÁRIA RELEVANTE***





**Quadro A6.1 – Legislação comunitária e nacional relevante para a definição dos critérios de avaliação**

UNIÃO EUROPEIA	SUMÁRIO	NACIONAL	ÂMBITO E OBJECTIVOS
Directiva 75/440/EEC	Relativa à qualidade das águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano	Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto	Estabelece as normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus próprios usos
Directiva 76/160/EEC	Relativa à qualidade das águas balneares		
Directiva 76/464/CEE	Relativa à poluição causada por determinadas substâncias perigosas lançadas no meio aquático da Comunidade	Decreto-Lei n.º 47/90, de 9 de Fevereiro	Limita o uso, em determinados produtos ou artigos, de algumas substâncias ou preparações perigosas, na prossecução do objectivo de salvaguardar a saúde humana e o ambiente
		Decreto-Lei n.º 247/90, de 30 de Junho	---
		Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto	Estabelece as normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus próprios usos
Directiva 78/659/CEE	Relativa à qualidade das águas doces para a manutenção da vida piscícola	Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto	
Directiva 91/271/CEE	Relativa à recolha, tratamento e deposição de águas residuais urbanas e ao tratamento e deposição de águas residuais de certos sectores industriais (Alterada pela Directiva 98/15/CE, no que respeita a determinados requisitos estabelecidos no seu anexo I)	Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto	Actualização da legislação existente em matéria de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, aprovando os princípios gerais a que devem obedecer a respectiva concepção, construção e exploração e prevendo que a regulamentação técnica daqueles sistemas, bem como as respectivas normas de higiene e segurança seriam aprovadas por decreto regulamentar
		Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, alterado pelo Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de Junho	Protecção das águas superficiais dos efeitos das descargas de águas residuais urbanas
Directiva 92/43/CEE	Relativa à prevenção e controlo integrado da poluição	Decreto-Lei n.º 226/97, de 27 de Agosto e Resolução do Conselho de Ministros n.º 142/97, de 28 de Agosto e 76/2000, de 5 de Junho	Conservar a biodiversidade das espécies autóctones da flora e fauna e respectivos <i>habitats</i> , atendendo prioritariamente às mais ameaçadas e tomando em consideração as exigências económicas, sociais, culturais e regionais, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável.
Directiva 98/15/CE	Relativa à recolha, tratamento e deposição de águas residuais urbanas e ao tratamento e deposição de águas residuais de certos sectores industriais	Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de Novembro	Altera determinados requisitos a que devem obedecer as descargas provenientes de estações de tratamento de águas residuais efectuadas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização
Directiva 2000/60/CE Directiva Quadro da Água	Estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água	Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro Lei da Água	Estabelece o enquadramento para a gestão das águas superficiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas



## **ANEXO 7**

### ***CÁLCULO DO EG (TESTE DE SENSIBILIDADE)***



**Quadro A7. 1 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação AV01 (Cabeceira do Ave)**

AV01 Cabeceira do Ave	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>G</sub> A	I <sub>E</sub> A	I <sub>Bo</sub> A	I <sub>CB</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2002	73 RAZOÁVEL	96 ELEVADO	100 ELEVADO	10 MAU	82 BOM	53 DEGRADADO	67 RAZOÁVEL	71 RAZOÁVEL	74 RAZOÁVEL
2003	78 BOM	91 ELEVADO	100 ELEVADO	26 MAU	86 BOM	67 RAZOÁVEL	77 BOM	80 BOM	81 BOM
2004	62 RAZOÁVEL	71 RAZOÁVEL	100 ELEVADO	26 MAU	79 BOM	62 RAZOÁVEL	72 RAZOÁVEL	76 BOM	73 RAZOÁVEL
2005	28 MAU	28 MAU	100 ELEVADO	11 MAU	81 BOM	40 DEGRADADO	58 RAZOÁVEL	62 RAZOÁVEL	51 DEGRADADO

**Quadro A7. 2 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 12 (ETA das Andorinhas)**

PONTO 12 ETA Andorinhas	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>G</sub> A	I <sub>E</sub> A	I <sub>Bo</sub> A	I <sub>CB</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2005	30 MAU	26 MAU	94 ELEVADO	51 DEGRADADO	77 BOM	56 RAZOÁVEL	67 RAZOÁVEL	71 RAZOÁVEL	57 RAZOÁVEL

**Quadro A7. 3 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 04H/01 (Garfe)**

04H/01 Garfe	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>G</sub> A	I <sub>E</sub> A	I <sub>Bo</sub> A	I <sub>CB</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2005	28 MAU	27 MAU	27 MAU	22 MAU	79 BOM	33 MAU	45 DEGRADADO	34 MAU	36 DEGRADADO

**Quadro A7. 4 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação B8 (Taipas)**

B8 Taipas	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BoA</sub>	I <sub>CB</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2002	75 RAZOÁVEL	95 ELEVADO	100 ELEVADO	20 MAU	77 BOM	62 RAZOÁVEL	71 RAZOÁVEL	76 BOM	77 BOM
2003	76 BOM	95 ELEVADO	100 ELEVADO	19 MAU	81 BOM	62 RAZOÁVEL	73 RAZOÁVEL	77 BOM	78 BOM
2004	76 BOM	95 ELEVADO	100 ELEVADO	19 MAU	80 BOM	62 RAZOÁVEL	72 RAZOÁVEL	76 BOM	78 BOM
2005	28 MAU	27 MAU	100 ELEVADO	19 MAU	78 BOM	45 DEGRADADO	61 RAZOÁVEL	65 RAZOÁVEL	53 DEGRADADO

**Quadro A7. 5 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 10 (Ponte Servês)**

PONTO 10 Ponte Servês	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BoA</sub>	I <sub>CB</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2005	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU

**Quadro A7. 6 – Teste de Sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 9 (VIM)**

PONTO 9 VIM	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BoA</sub>	I <sub>CB</sub> A	I <sub>Mo</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2005	2 MAU	3 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU	2 MAU

**Quadro A7. 7 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 05G/03 (Riba d’Ave)**

05G/03 Riba d’Ave	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BOA</sub>	I <sub>CBA</sub>	I <sub>MOA</sub>	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2002	28 MAU	56 RAZOÁVEL	67 RAZOÁVEL	2 MAU	24 MAU	21 MAU	26 MAU	33 MAU	33 MAU
2003	32 MAU	54 DEGRADADO	60 RAZOÁVEL	2 MAU	30 MAU	21 MAU	27 MAU	32 MAU	33 MAU
2004	19 MAU	27 MAU	31 MAU	2 MAU	16 MAU	13 MAU	15 MAU	18 MAU	18 MAU
2005	19 MAU	28 MAU	100 ELEVADO	2 MAU	51 DEGRADADO	23 MAU	37 DEGRADADO	44 DEGRADADO	38 DEGRADADO

**Quadro A7. 8 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 7 (Caniços)**

PONTO 7 Caniços	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BOA</sub>	I <sub>CBA</sub>	I <sub>MOA</sub>	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2005	3 MAU	2 MAU	2 MAU	6 MAU	3 MAU	3 MAU	3 MAU	3 MAU	3 MAU

**Quadro A7. 9 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 05G/04 (Santo Tirso)**

05G/04 Santo Tirso	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>G</sub> A	I <sub>E</sub> A	I <sub>BO</sub> A	I <sub>CB</sub> A	I <sub>MO</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2002	35 DEGRADADO	75 BOM	87 BOM	9 MAU	22 MAU	34 MAU	32 MAU	45 DEGRADADO	44 DEGRADADO
2003	44 DEGRADADO	64 RAZOÁVEL	82 BOM	9 MAU	57 RAZOÁVEL	41 DEGRADADO	50 DEGRADADO	55 RAZOÁVEL	55 DEGRADADO
2004	31 MAU	39 DEGRADADO	63 RAZOÁVEL	9 MAU	52 DEGRADADO	33 MAU	42 DEGRADADO	44 DEGRADADO	42 DEGRADADO
2005	18 MAU	20 MAU	80 BOM	9 MAU	42 DEGRADADO	28 MAU	37 DEGRADADO	44 DEGRADADO	35 DEGRADADO

**Quadro A7. 10 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 5 (Ponte Lagoncinha)**

PONTO 5 Ponte Lagoncinha	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>G</sub> A	I <sub>E</sub> A	I <sub>BO</sub> A	I <sub>CB</sub> A	I <sub>MO</sub> A	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2005	15 MAU	16 MAU	54 DEGRADADO	8 MAU	41 DEGRADADO	23 MAU	32 MAU	34 MAU	28 MAU



**Quadro A7. 11 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos na Estação 05F/01 (Ponte da Trofa)**

05F/01 Ponte da Trofa	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BOA</sub>	I <sub>CBA</sub>	I <sub>MOA</sub>	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2002	34 MAU	65 RAZOÁVEL	82 BOM	7 MAU	25 MAU	31 MAU	33 MAU	44 DEGRADADO	42 DEGRADADO
2003	38 DEGRADADO	56 RAZOÁVEL	65 RAZOÁVEL	9 MAU	42 DEGRADADO	34 MAU	40 DEGRADADO	45 DEGRADADO	45 DEGRADADO
2004	18 MAU	22 MAU	60 RAZOÁVEL	7 MAU	34 MAU	24 MAU	31 MAU	35 DEGRADADO	30 MAU
2005	20 MAU	23 MAU	100 ELEVADO	8 MAU	59 RAZOÁVEL	33 MAU	47 DEGRADADO	54 DEGRADADO	43 DEGRADADO

**Quadro A7. 12 – Teste de sensibilidade. Resultados obtidos no Ponto de Amostragem 2 (Restaurante Azenha)**

PONTO 2 Restaurante Azenha	GERAL	TEMÁTICA				GERAL			
	I <sub>GA</sub>	I <sub>EA</sub>	I <sub>BOA</sub>	I <sub>CBA</sub>	I <sub>MOA</sub>	EG (T1)	EG (T2)	EG (T3)	EG (T4)
2005	4 MAU	3 MAU	2 MAU	9 MAU	3 MAU	4 MAU	3 MAU	3 MAU	3 MAU



## **ANEXO 8**

### ***SÉRIES TEMPORAIS DAS VARIÁVEIS***



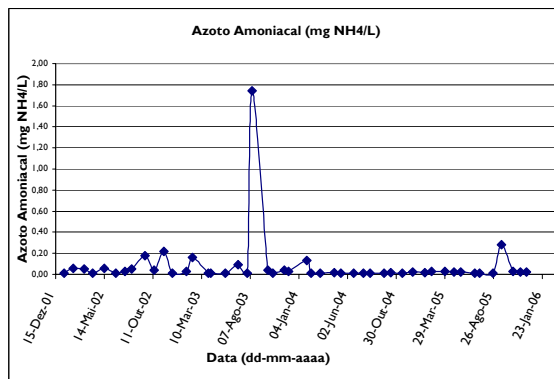
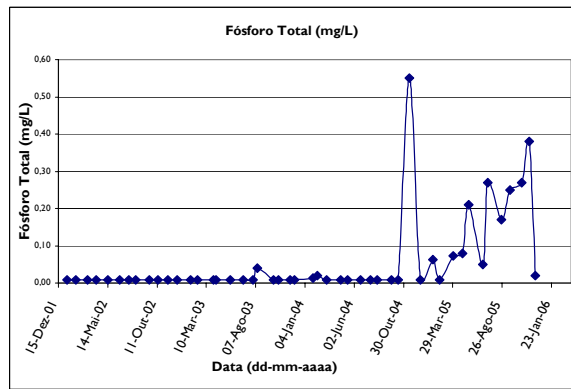
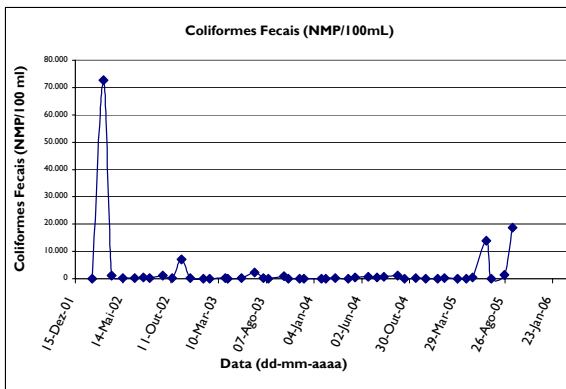
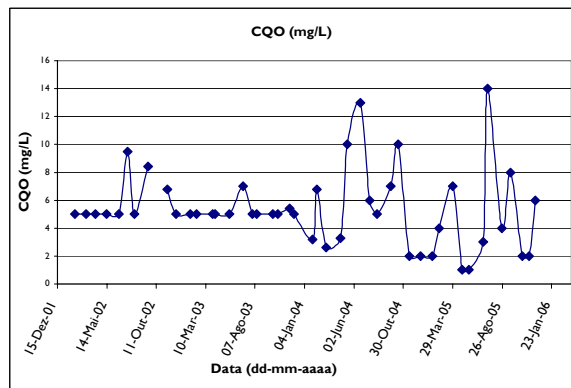
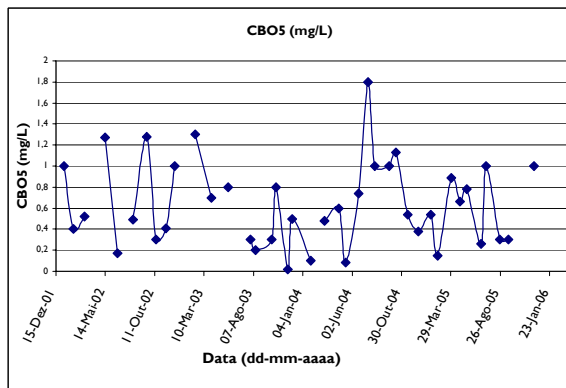
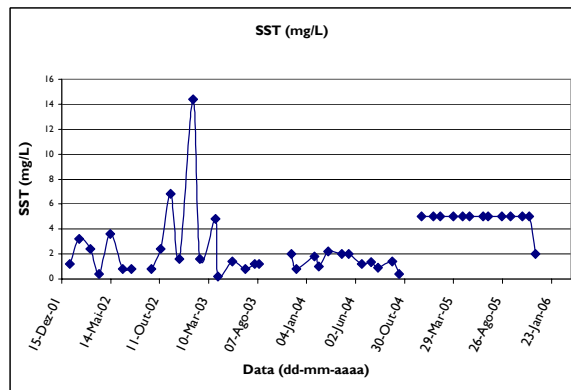
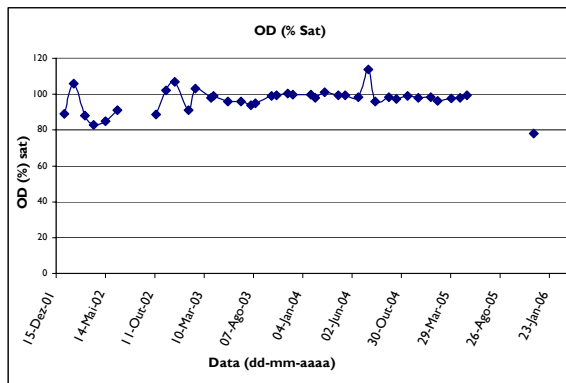


Figura A8.1 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação AV01

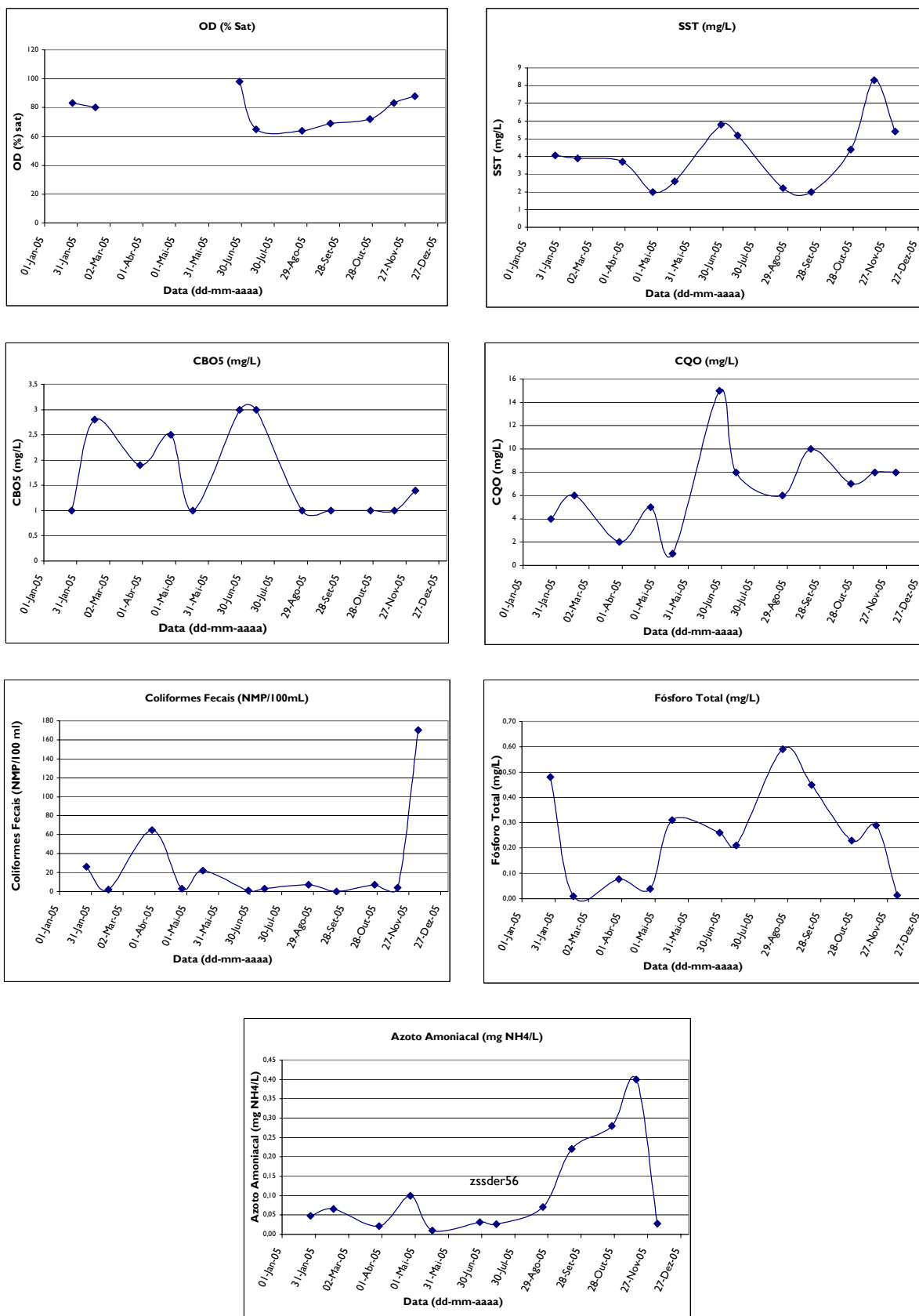


Figura A8. 2 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 12

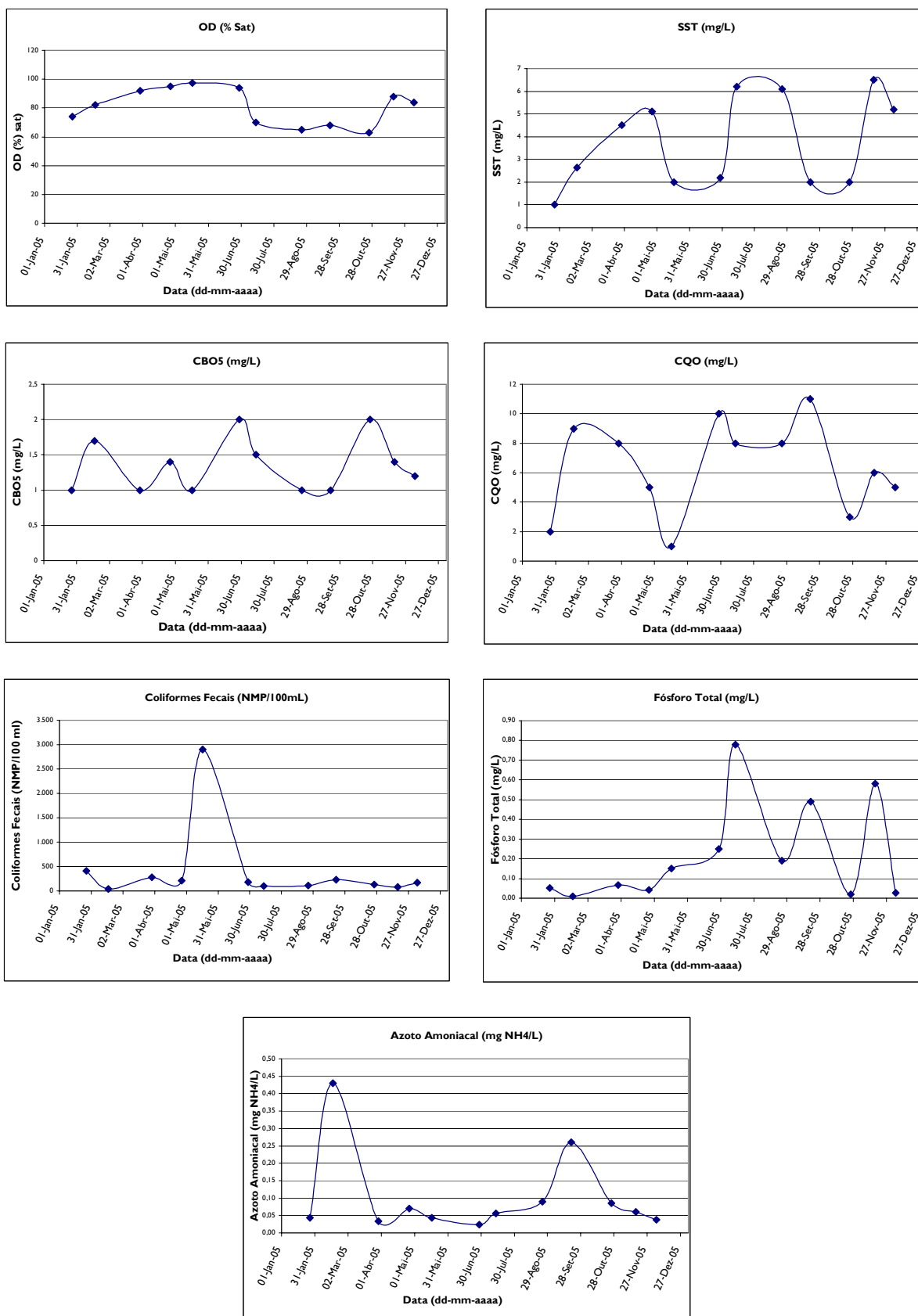


Figura A8.3 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 04H/01

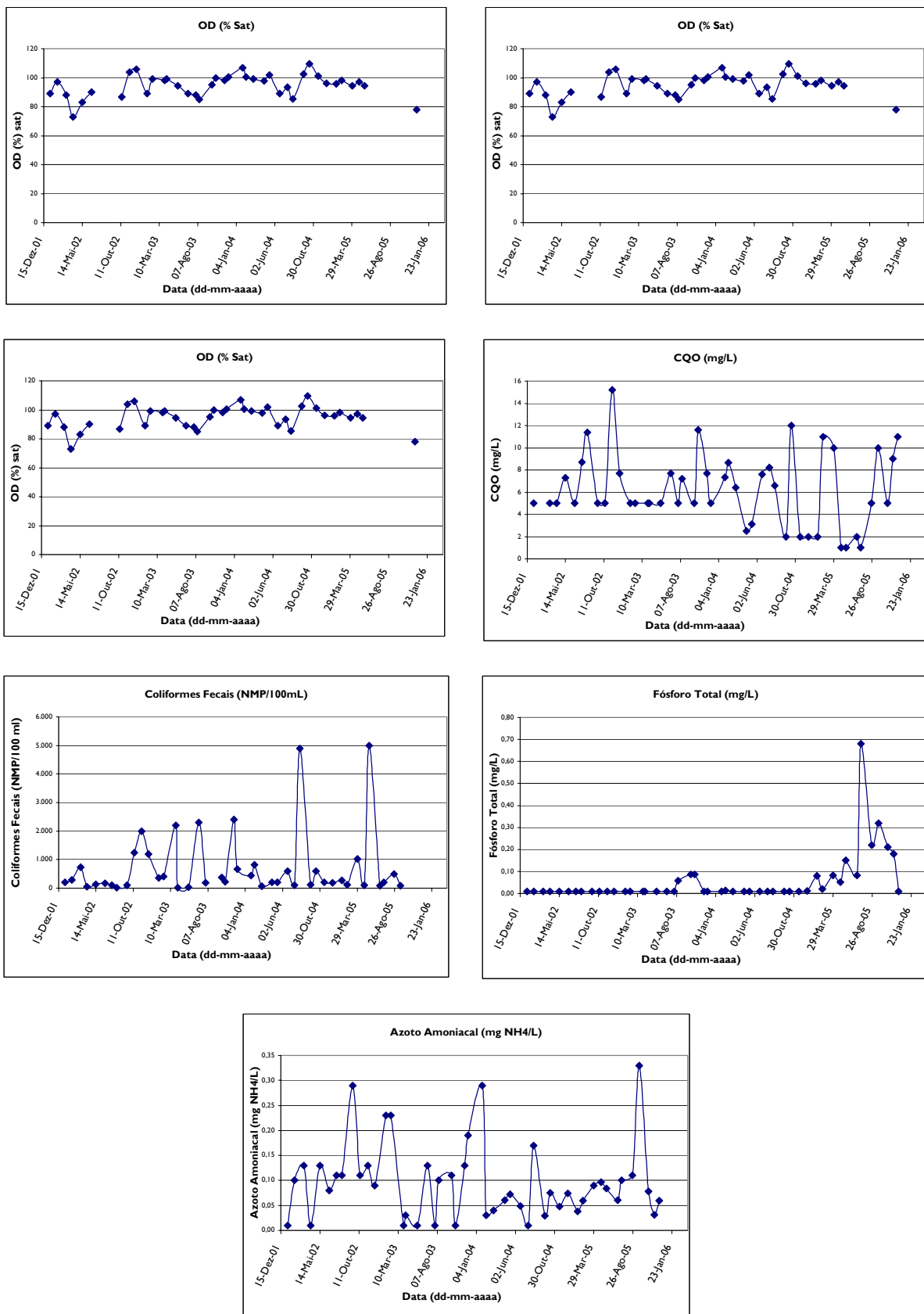


Figura A8. 4 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação B8



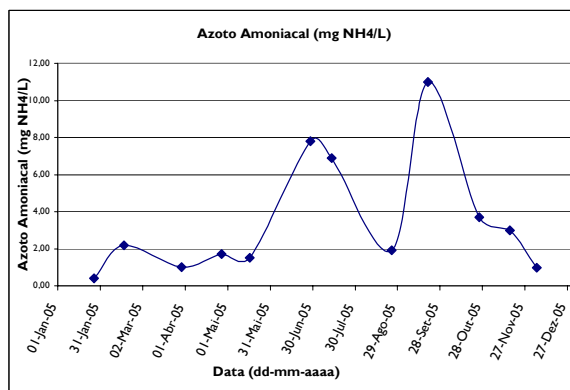
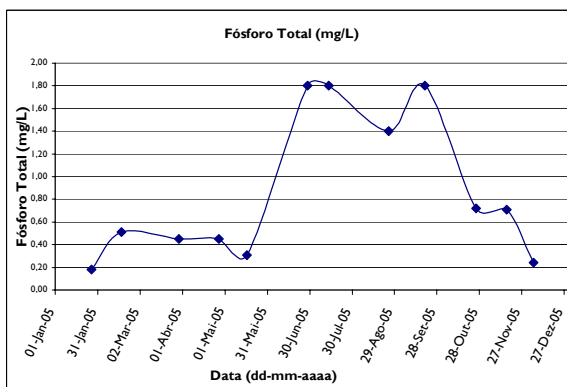
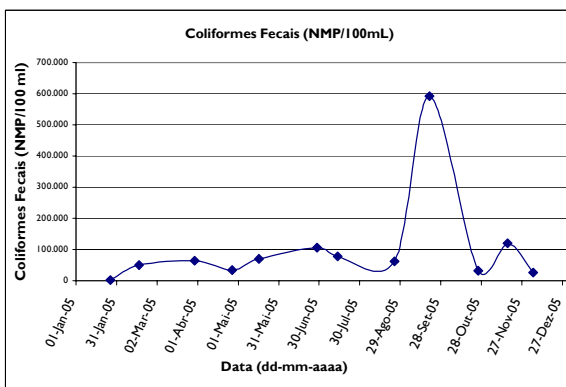
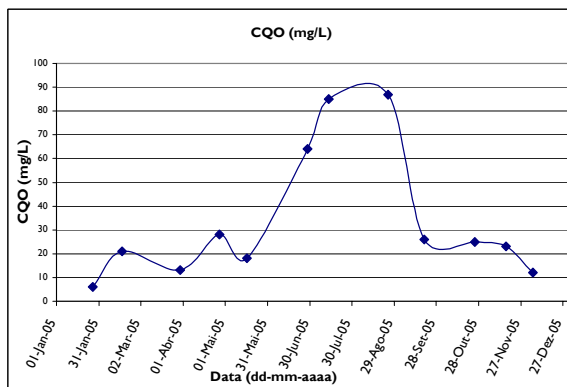
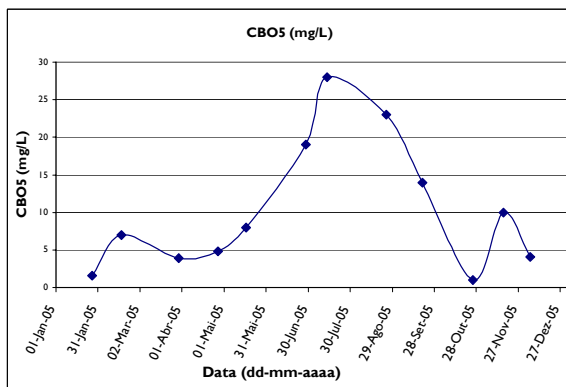
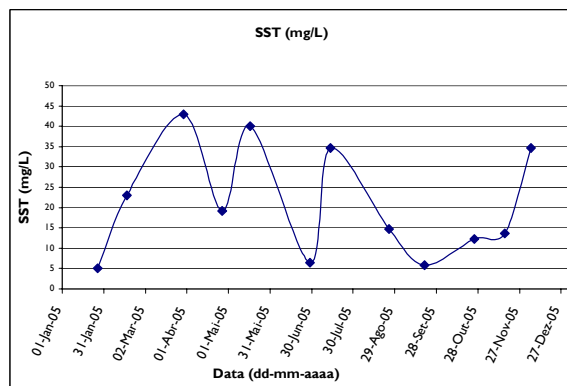
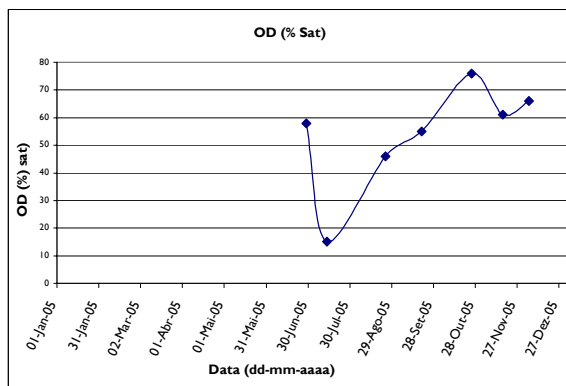


Figura A8.5 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 10

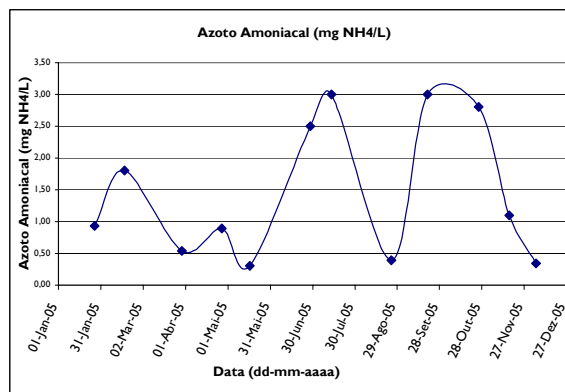
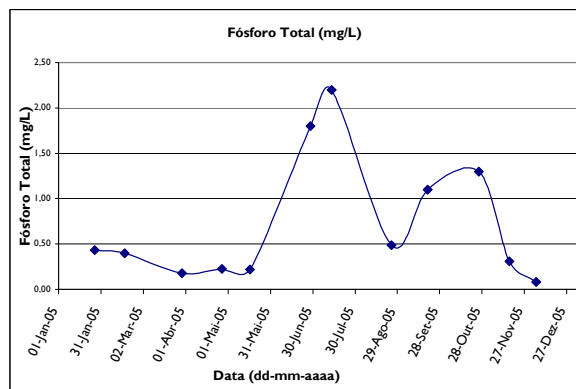
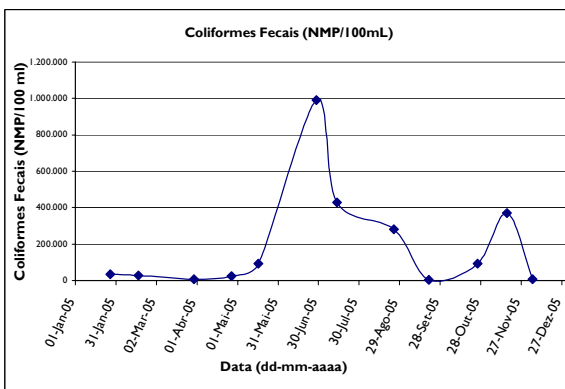
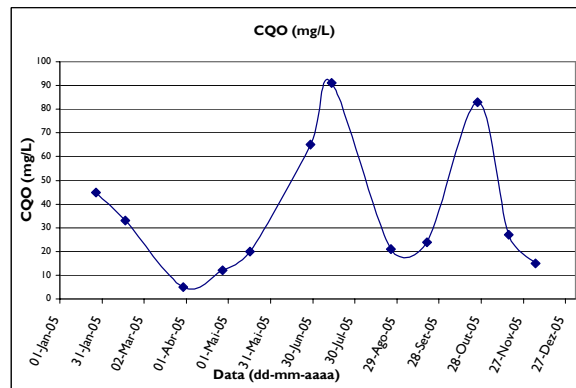
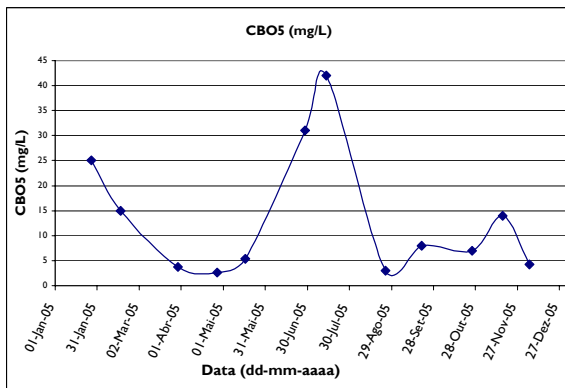
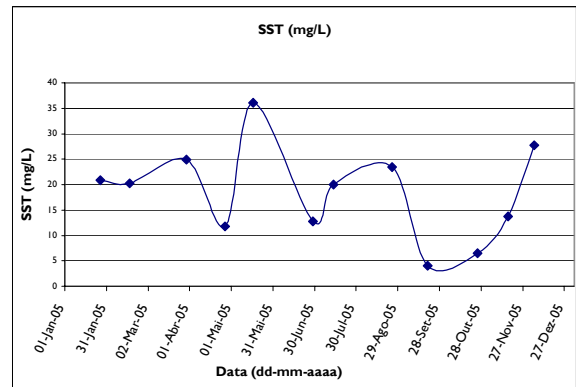
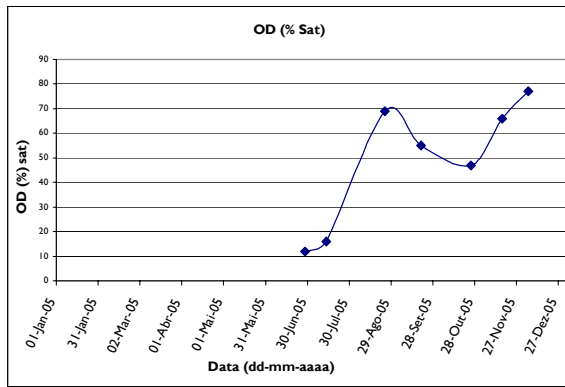


Figura A8. 6 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 9

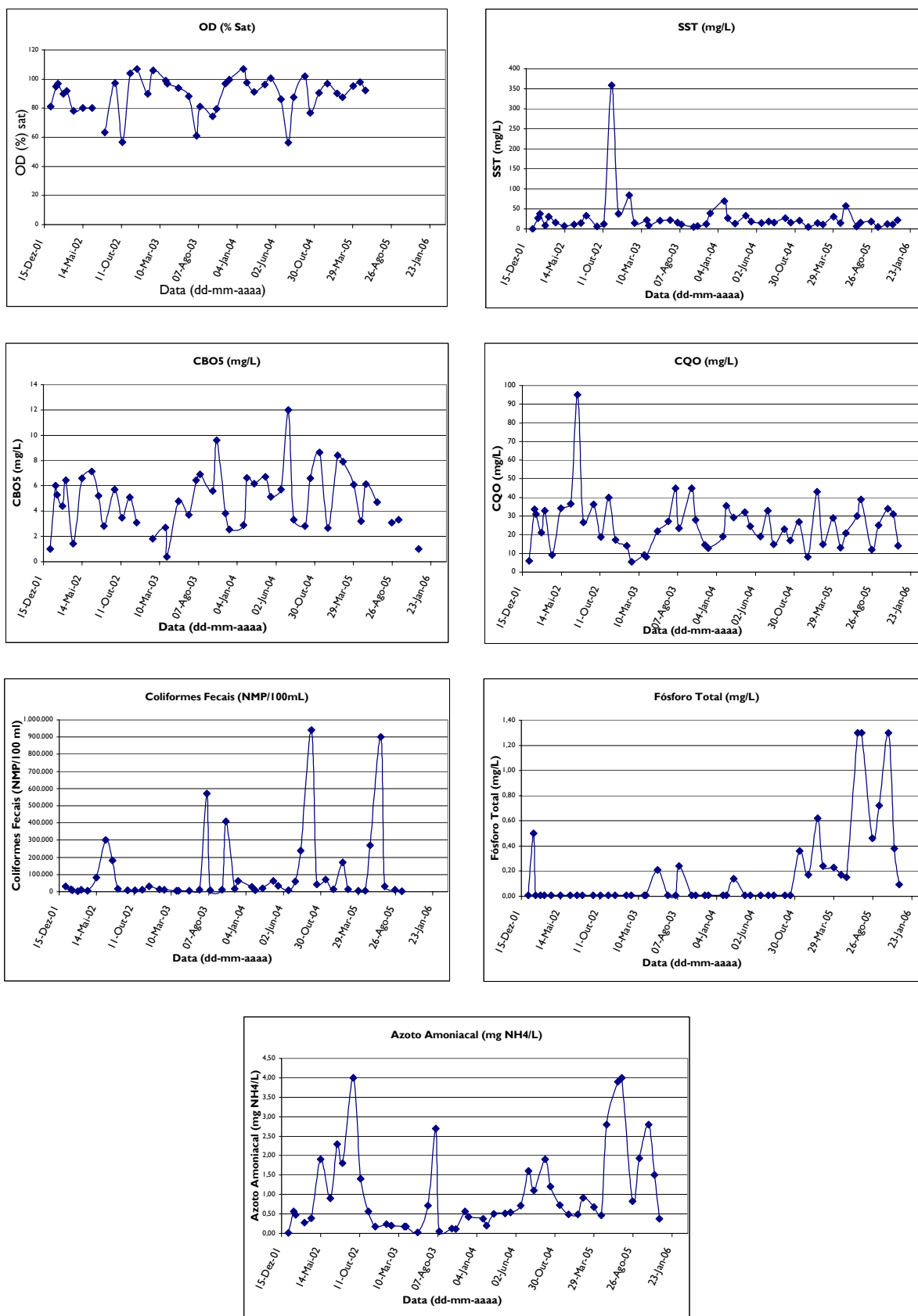


Figura A8. 7 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 05G/03

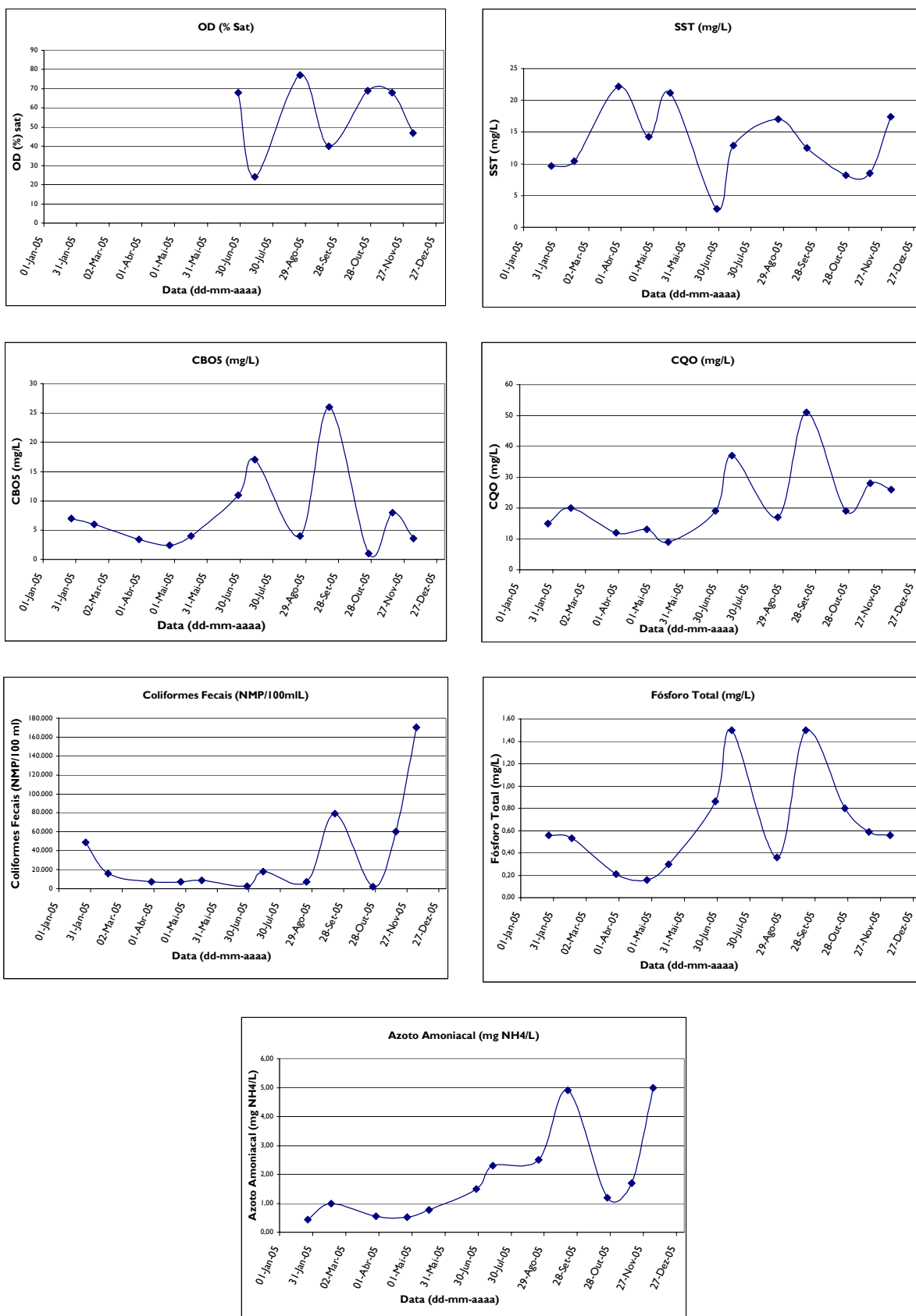


Figura A8. 8 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 7

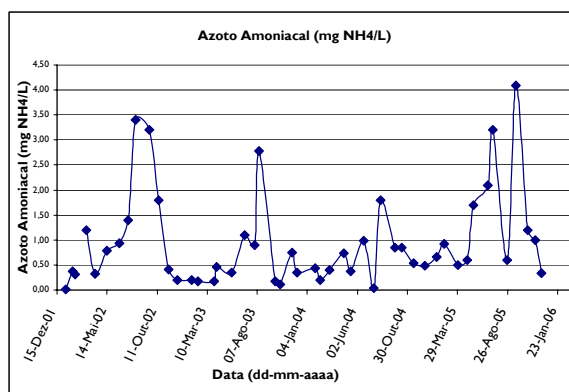
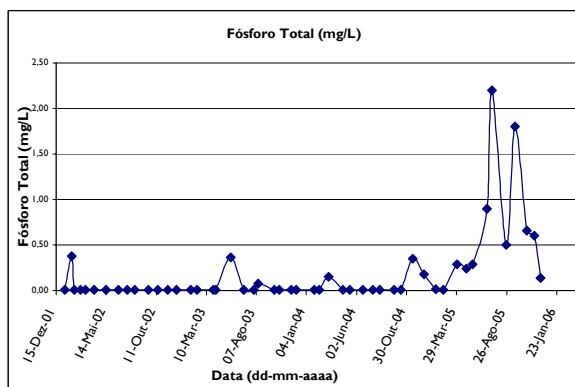
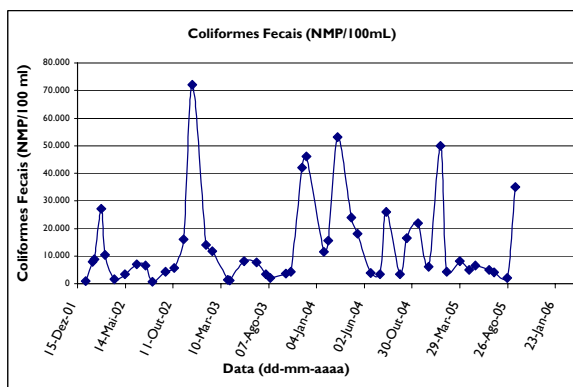
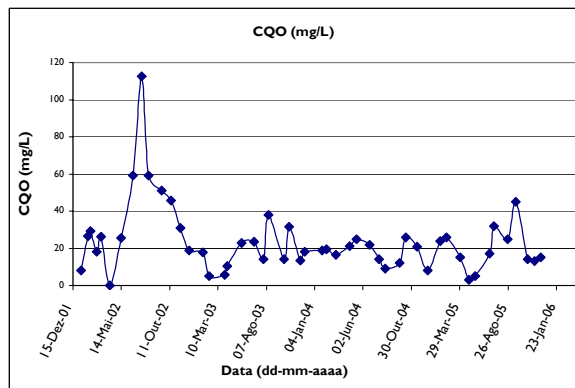
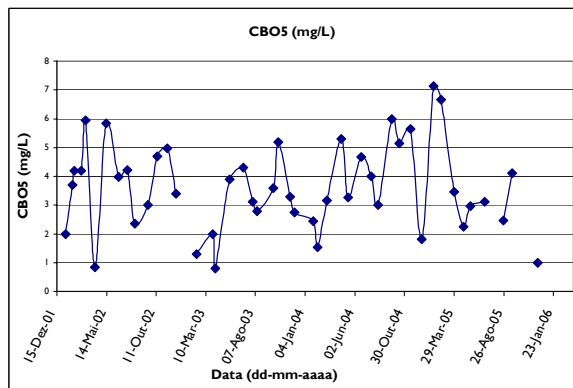
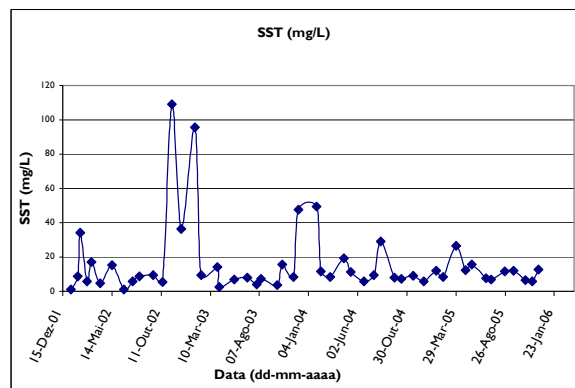
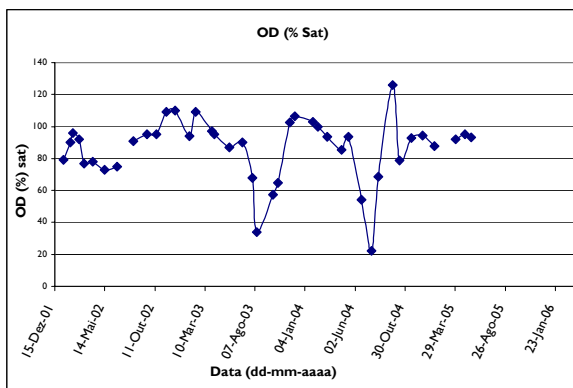


Figura A8. 9 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 05G/04

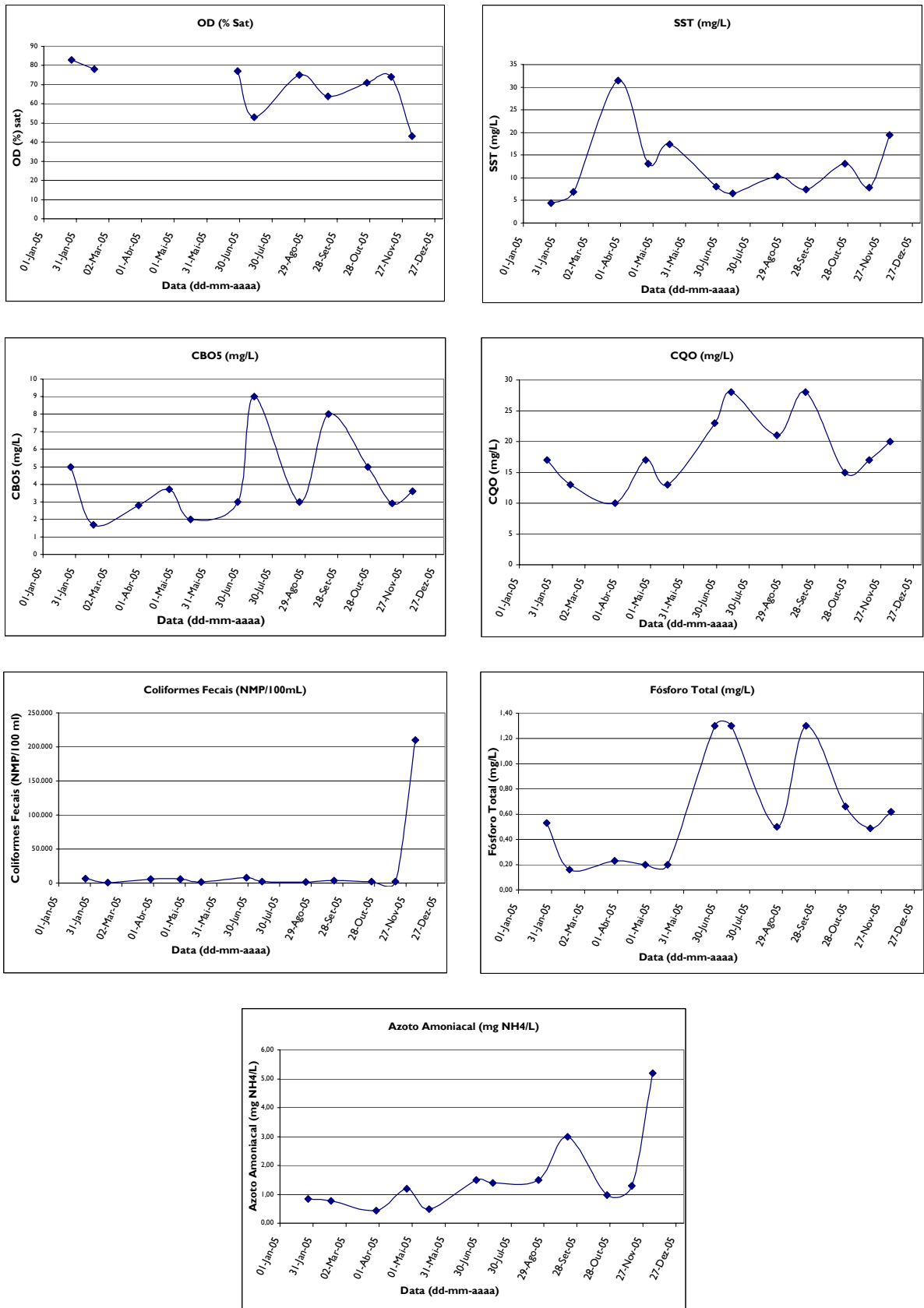


Figura A8. 10 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 5

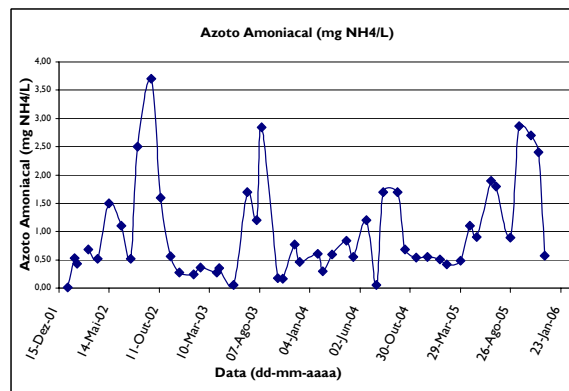
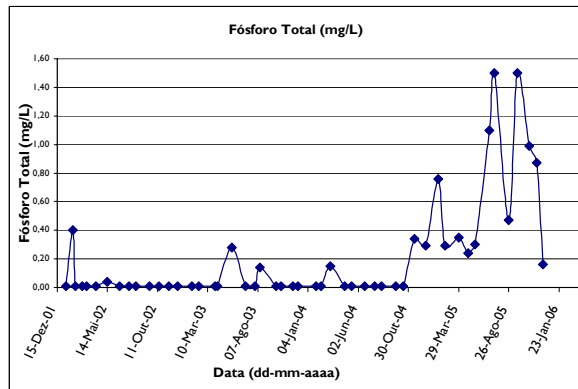
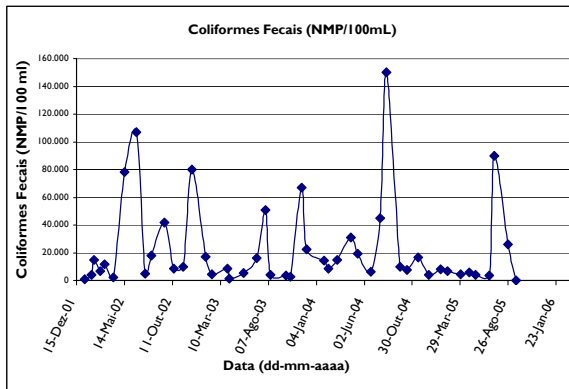
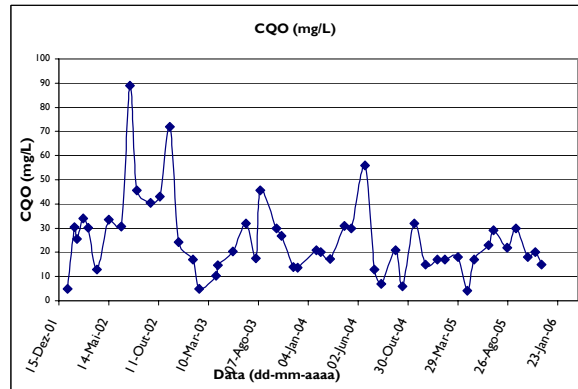
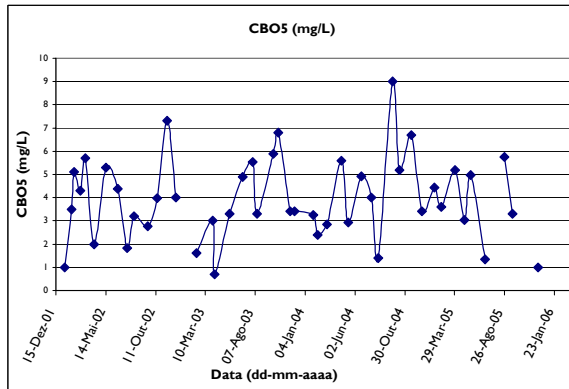
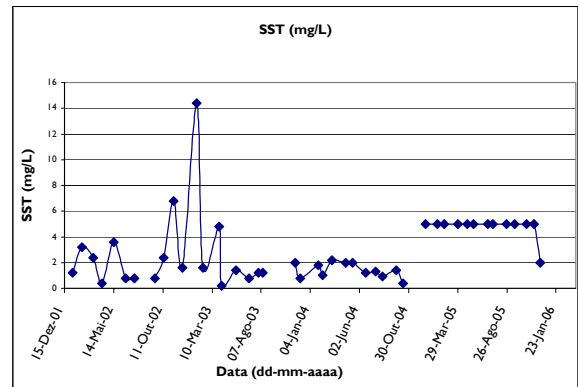
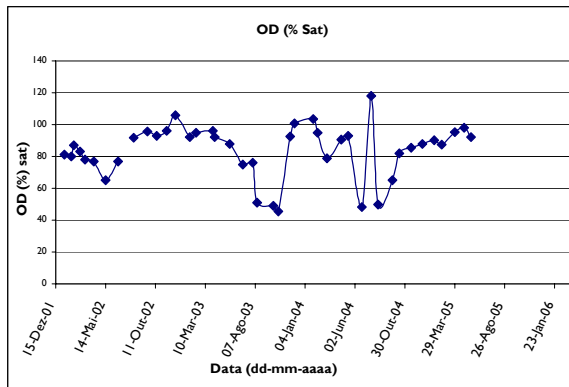


Figura A8. 11 – Séries temporais das variáveis consideradas, na estação 05F/01

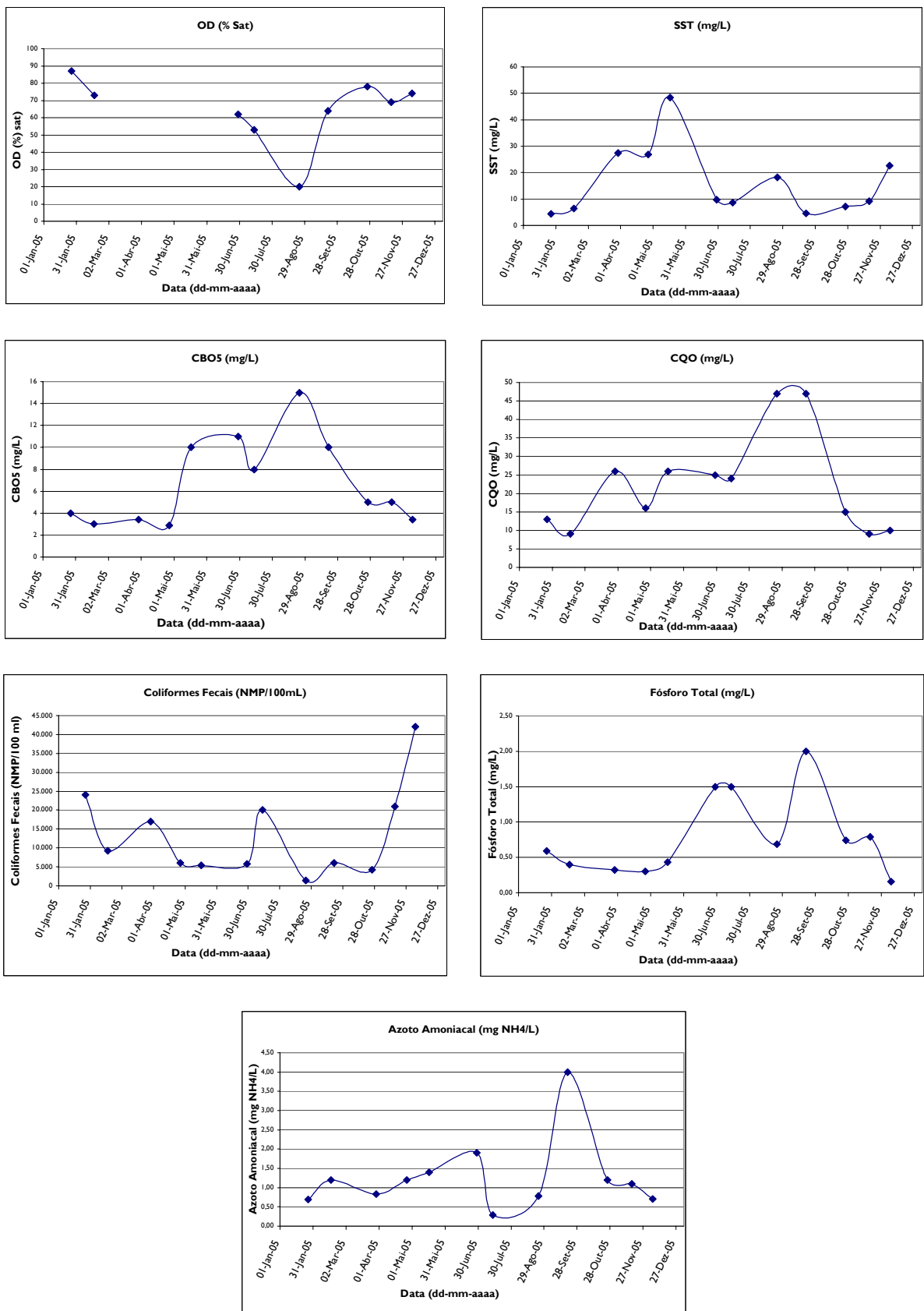


Figura A8. 12 – Séries temporais das variáveis consideradas, no ponto de amostragem 2



## **ANEXO 9**

### ***VALORES DAS DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS DAS VARIÁVEIS CONSIDERADAS E RESPECTIVOS SUBÍNDICES***



**Quadro A9.1 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2002**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
09-Jan-02	6	6,9	89	1			0,0087	0,01					<0,063	
06-Fev-02	8,5	7,1	106	0,4	<5	5	0,0087	0,06					<0,063	
12-Mar-02	10,5	7,3	88	0,52	<5	72.800	0,0087	0,05					<0,063	
08-Abr-02	10	7,4	83		<5	1.110	0,0087	0,01					<0,063	
13-Mai-02	11,5	6,8	85	1,27	<5	190	0,0087	0,06	<0,012	<0,001	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
19-Jun-02	16	6,6	91	0,17	<5	240	0,0087	0,01					<0,063	
16-Jul-02	17	6,7			9,5	430	0,0087	0,03					<0,063	
06-Ago-02	16,3	6,8		0,49	<5	280	0,0087	0,05					<0,063	
16-Set-02	16	6,6		1,28	8,4	1.090	0,0087	0,18					<0,063	
14-Out-02	15	6,3	88,7	0,3		310	0,0087	0,04					<0,063	
13-Nov-02	12,2	6,4	102	0,41	6,8	7.000	0,0087	0,22	<0,012	<0,001	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
10-Dez-02	10,2	6,9	107	1	<5	127	0,0087	0,01					<0,063	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>6,0</b>	<b>6,3</b>	<b>83,0</b>	<b>0,17</b>	<b>5,0</b>	<b>5</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,0100</b>						
<i>Máximo</i>	<b>17,0</b>	<b>7,4</b>	<b>107,0</b>	<b>1,28</b>	<b>9,5</b>	<b>72.800</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,</b>						
<i>Média<sup>31</sup></i>	<b>12,4</b>	<b>6,8</b>	<b>93,3</b>	<b>0,6</b>	<b>6,0</b>	<b>7.598</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,1</b>	<b>0,012</b>	<b>0,001</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,001</b>	<b>0,0063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>3,6</b>	<b>0,3</b>	<b>9,2</b>	<b>0,5</b>	<b>1,7</b>	<b>21.718</b>	<b>---</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>81,5</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,1</b>	<b>8,2</b>	<b>16.908</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,1</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>51</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>31</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9.2 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2003**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
21-Jan-03	8	5,8	91		5	20	<0,0087	0,03					<0,063	
10-Fev-03	10,2	6,4	103	1,3	<5	90	<0,0087	0,16					<0,063	
31-Mar-03	11,1	6,1	98	0,7	<5	158	<0,0087	<0,01					<0,063	
07-Abr-03	11,4	6,3	99		<5	13	<0,0087	0,01					<0,063	
21-Mai-03	13,5	6,4	96	0,8	<5	142	<0,0087	<0,01	<0,012	<0,001	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
30-Jun-03	15,1	7,4	96		7	2.200	<0,0087	0,09					<0,063	
29-Jul-03	16,6	6,7	94	0,3	<5	130	<0,0087	<0,01					<0,063	
12-Ago-03	19,7	6,7	95	0,2	<5	103	0,039	1,74					<0,063	
30-Set-03	16,5	6,8	98,9	0,3	<5	830	<0,0087	0,04					<0,063	
15-Out-03	14,2	6,75	99,3	0,8	<5	72	<0,0087	<0,01					<0,063	
19-Nov-03	10,6	6,46	100,4	0,015	5,4	35	<0,0087	0,04	<0,012	<0,001	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
03-Dez-03	10,1	6,43	99,7	0,5	<5	61	<0,0087	0,03					<0,063	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>8,0</b>	<b>5,8</b>	<b>91,0</b>	<b>0,015</b>	<b>5,0</b>	<b>13</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>						
<i>Máximo</i>	<b>19,7</b>	<b>7,4</b>	<b>103,0</b>	<b>1,3</b>	<b>7,0</b>	<b>2.200</b>	<b>0,04</b>	<b>1,7</b>						
<i>Média</i> <sup>32</sup>	<b>13,1</b>	<b>6,5</b>	<b>97,5</b>	<b>0,4</b>	<b>5,2</b>	<b>321</b>	<b>0,01</b>	<b>0,2</b>	<b>0,012</b>	<b>0,001</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,001</b>	<b>0,0063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>3,4</b>	<b>0,4</b>	<b>3,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>631</b>	<b>0,008</b>	<b>0,</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>93,4</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>0,9</b>	<b>6,0</b>	<b>730</b>	<b>0,02</b>	<b>0,4</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>59</b>	<b>26</b>	<b>56</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>32</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9.3 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2004**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
27-Jan-04	10,5	5,62	99,6	0,1	3,2	12	0,013	0,13					<0,063	
10-Fev-04	9,7	6,47	98		6,79	98	0,02	<0,01					<0,063	
09-Mar-04	11,1	6,67	101,2	0,48	2,6	340	<0,0087	<0,01					<0,063	
21-Abr-04	10,7	6,46	99,4	0,6	3,3	97	<0,0087	0,019					<0,063	
12-Mai-04	12	6,39	99,5	0,08	10	470	<0,0087	<0,01	<0,019	<0,0032	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
21-Jun-04	15,5	6,7	98,2	0,74	13	640	<0,0087	<0,01					<0,063	
20-Jul-04	16,9	7,33	113,9	1,8	6	370	<0,0087	<0,01					<0,063	
10-Ago-04	16,5	6,85	95,9	1	5	710	<0,0087	0,014					<0,063	
22-Set-04	15,4	6,9	98,5	1	7	1.140	<0,0087	<0,01					<0,063	
13-Out-04	12,2	6,68	97,3	1,13	10	78	<0,0087	0,02					<0,063	
17-Nov-04	10	6,38	99,1	0,54	2	320	0,55	<0,01	<0,019	<0,0032	0,0012	<0,0032	<0,063	<0,0063
20-Dez-04	10,1	6,55	98	0,38	2	89	<0,0087	0,023					<0,063	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,7</b>	<b>5,6</b>	<b>95,9</b>	<b>0,1</b>	<b>2,0</b>	<b>12</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>						
<i>Máximo</i>	<b>16,9</b>	<b>7,3</b>	<b>113,9</b>	<b>1,8</b>	<b>13,0</b>	<b>1.140</b>	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>						
<i>Média</i> <sup>33</sup>	<b>12,6</b>	<b>6,6</b>	<b>99,9</b>	<b>0,7</b>	<b>5,9</b>	<b>364</b>	<b>0,06</b>	<b>0,02</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,00108</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>2,7</b>	<b>0,4</b>	<b>4,6</b>	<b>0,5</b>	<b>3,6</b>	<b>335</b>	<b>0,2</b>	<b>0,03</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>94,0</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,3</b>	<b>10,4</b>	<b>730</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>45</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>93</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>33</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 4 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação AV01 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	7,2	6,51	98,2	0,54	2	77	0,062	0,015					<0,063	
16-Fev-05	7,3	6,35	96,3	0,15	4	200	<0,0087	0,029					<0,063	
29-Mar-05	10,2	6,05	97,7	0,89	7	9	0,072	0,031					<0,063	
26-Abr-05	10,9	6,19	98,1	0,66	1	14	0,08	0,022					<0,063	
16-Mai-05	11,2	6,41	99,4	0,78	1	540	0,21	0,021	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
28-Jun-05	16,3	6,9		0,26	3	14.000	0,049	<0,01					<0,063	
13-Jul-05	18,4	6,9		1	14	58	0,27	<0,01					<0,063	
24-Ago-05	17,1	7		0,3	4	1.300	0,17	<0,01					<0,063	
19-Set-05	14	6,9		0,3	8	18.800	0,25	0,28					<0,063	
25-Out-05	13	6,7			2		0,27	0,031					<0,063	
16-Nov-05	11,8	6,6			2		0,38	0,024	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
05-Dez-05	10,8	6,3	78	1	6		0,02	0,024					<0,063	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>7,2</b>	<b>6,1</b>	<b>78,0</b>	<b>0,2</b>	<b>1,0</b>	<b>9</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>						
<i>Máximo</i>	<b>18,4</b>	<b>7,0</b>	<b>99,4</b>	<b>1,0</b>	<b>14,0</b>	<b>18.800</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>						
<i>Média<sup>34</sup></i>	<b>12,4</b>	<b>6,6</b>	<b>94,6</b>	<b>0,6</b>	<b>4,5</b>	<b>3.889</b>	<b>0,15</b>	<b>0,04</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>3,6</b>	<b>0,3</b>	<b>8,2</b>	<b>0,3</b>	<b>3,8</b>	<b>7.206</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>84,1</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,0</b>	<b>8,8</b>	<b>8.824</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>48</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>34</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9.5 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 12 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	9,2	6,7	83	1	4	26,00	0,48	0,048						
16-Fev-05	9,9	7	80	2,8	6	2,00	<0,0087	0,066					<0,063	
29-Mar-05		7		1,9	2	65,00	0,078	0,022						
26-Abr-05		6,6		2,5	5	3,00	0,038	0,1	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	13,5	6,6		<1	<1	22,00	0,31	<0,01						
28-Jun-05	19,3	6,6	98	3	15	1,00	0,26	0,032					<0,063	
13-Jul-05	20,1	6,5	65	3	8	3,00	0,21	0,027						
24-Ago-05	19,4	6,1	64	1	6	7,00	0,59	0,07	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	21,3	6,3	69	1	10		0,45	0,22						
25-Out-05		6,3	72	1	7	7,00	0,23	0,28					<0,063	
16-Nov-05	13,6	6,7	83	1	8	4,00	0,29	0,4						
05-Dez-05	10,6	6,4	88	1,4	8	170,00	0,013	0,028	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,2</b>	<b>6,1</b>	<b>64,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>		<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>						
<i>Máximo</i>	<b>21,3</b>	<b>7,0</b>	<b>98,0</b>	<b>3,0</b>	<b>15,0</b>	<b>170</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>						
<i>Média</i> <sup>35</sup>	<b>15,2</b>	<b>6,6</b>	<b>78,0</b>	<b>1,7</b>	<b>6,7</b>	<b>28</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>4,8</b>	<b>0,3</b>	<b>11,4</b>	<b>0,9</b>	<b>3,7</b>	<b>51</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>63,4</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>2,8</b>	<b>11,3</b>	<b>64</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>						
<i>SI</i>			<b>84</b>	<b>100</b>	<b>41</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>35</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 6 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 04H/01 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	7,4	6,8	74	1	2	410	0,051	0,043						
16-Fev-05	7,1	6,7	82	1,7	9	45	<0,0087	0,43					<0,063	
29-Mar-05	12,3	6,7	91,8	1	8	280	0,067	0,033						
26-Abr-05	10,6	6,5	94,9	1,4	5	210	0,042	0,07		<0,0095	<0,00095		<0,063	
16-Mai-05	13,2	6,5	97,2	<1	<1	2.900	0,15	0,043	<0,019			<0,0032		<0,0063
28-Jun-05	17,1	6,6	94	2	10	182	0,25	0,024					0,063	
13-Jul-05	21	6,4	70	1,5	8	96	0,78	0,056		<0,0095	<0,00095			
24-Ago-05	17,8	5,9	65	1	8	110	0,19	0,09	<0,019			<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	18,1	6,2	68	1	11	232	0,49	0,26						
25-Out-05	15,4	6,3	63	2	3	130	0,021	0,086					<0,063	
16-Nov-05	13,4	6,5	88	1,4	6	80	0,58	0,06		<0,0095	<0,00095			
05-Dez-05	12,2	6,3	84	1,2	5	170	0,028	0,038	<0,019			<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>7,1</b>	<b>5,9</b>	<b>63,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>45</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,02</b>						
<i>Máximo</i>	<b>21,0</b>	<b>6,8</b>	<b>97,2</b>	<b>2,0</b>	<b>11,0</b>	<b>2.900</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>						
<i>Média</i> <sup>36</sup>	<b>13,8</b>	<b>6,5</b>	<b>81,0</b>	<b>1,4</b>	<b>6,3</b>	<b>404</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>4,3</b>	<b>0,3</b>	<b>12,5</b>	<b>0,4</b>	<b>3,2</b>	<b>792</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>65,0</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,9</b>	<b>10,4</b>	<b>917,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>						
<i>SI</i>			<b>87</b>	<b>100</b>	<b>44</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>36</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.



**Quadro A9. 7 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2002**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
09-Jan-02	6,5	6,7	89	1	<5	200	<0,0087	<0,01					<0,063	
06-Fev-02	9,5	6,8	97	1,2		287	<0,0087	0,1					<0,063	
12-Mar-02	11	7,6	88	1,27	<5	740	<0,0087	0,13	<0,012	<0,002	<0,00095		<0,063	<0,012
08-Abr-02	11	7,2	73	1,74	<5	46	<0,0087	<0,01					<0,063	
13-Mai-02	13	6,7	83	1,34	7,3	138	<0,0087	0,13					<0,063	
19-Jun-02	17	6,5	90	0,79	<5	178	<0,0087	0,08					<0,063	
16-Jul-02	20	6,5		0,33	8,7	104	<0,0087	0,11	<0,012	<0,002	<0,00095		<0,063	<0,012
06-Ago-02	21,1	7		0,89	11,4	20	<0,0087	0,11					<0,063	
16-Set-02	18,5	6,6		1,29	<5	94	<0,0087	0,29					<0,063	
14-Out-02	17,2	6,4	86,6	0,11	<5	1.250	<0,0087	0,11					<0,063	
13-Nov-02	13,7	6,6	104	0,62	15,2	2.000	<0,0087	0,13	<0,012	<0,002	<0,00095		<0,063	<0,012
10-Dez-02	11	6,8	106	1,2	7,7	1.200	<0,0087	0,09					<0,063	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>---</b>	<b>12</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>6,5</b>	<b>6,4</b>	<b>73,0</b>	<b>0,1</b>	<b>5,0</b>	<b>20</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>				<b>---</b>		
<i>Máximo</i>	<b>21,1</b>	<b>7,6</b>	<b>106,0</b>	<b>1,74</b>	<b>15,2</b>	<b>2.000</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,3</b>				<b>---</b>		
<i>Média<sup>37</sup></i>	<b>14,1</b>	<b>6,8</b>	<b>90,7</b>	<b>1,0</b>	<b>7,3</b>	<b>521</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,1</b>	<b>0,012</b>	<b>0,002</b>	<b>0,00095</b>	<b>---</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>4,6</b>	<b>0,3</b>	<b>10,3</b>	<b>0,5</b>	<b>3,4</b>	<b>638</b>	<b>---</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>77,5</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,6</b>	<b>11,6</b>	<b>1.125</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,2</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>---</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>37</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 8 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2003**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
21-Jan-03	10,2	6,6	89		5	350	<0,0087	0,23					0,063	
10-Fev-03	10,4	6,3	99	1,4	<5	410	<0,0087	0,23					<0,063	
31-Mar-03	12	6,2	98	1,3	<5	2.200	<0,0087	<0,01	<0,012	<0,002	<0,00095		<0,063	<0,012
07-Abr-03	13,3	6,3	99	0	<5	17	<0,0087	0,03					<0,063	
21-Mai-03	15,1	6,3	94,4	0,8	<5	37	<0,0087	0,01					<0,063	
30-Jun-03	17,8	7,4	89	2	7,7	2.300	<0,0087	0,13					<0,063	
29-Jul-03	20,2	6,7	88	0,5	<5	188	<0,0087	<0,01	<0,012	<0,002	<0,00095		<0,063	<0,012
12-Ago-03	24	6,6	85	0,7	7,2		0,057	0,1					<0,063	
30-Set-03	19	6,7	95	0,6	<5	380	<0,0087	0,11					<0,063	
15-Out-03	16,8	6,8	99,9	0,3	11,6	222	<0,0087	<0,01					<0,063	
19-Nov-03	11,6	6,4	98,1	0,27	7,7	2.400	<0,0087	0,13	<0,012	<0,002	<0,00095		<0,063	<0,012
03-Dez-03	11	6,44	100,4	0,58	<5	660	<0,0087	0,19					<0,063	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>---</b>	<b>12</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>10,2</b>	<b>6,2</b>	<b>85,0</b>		<b>5,0</b>	<b>17</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>				<b>---</b>		
<i>Máximo</i>	<b>24,0</b>	<b>7,4</b>	<b>100,4</b>	<b>2,0</b>	<b>11,6</b>	<b>2.400</b>	<b>0,06</b>	<b>0,2</b>				<b>---</b>		
<i>Média</i> <sup>38</sup>	<b>15,1</b>	<b>6,6</b>	<b>94,6</b>	<b>0,8</b>	<b>6,2</b>	<b>833</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>	<b>0,012</b>	<b>0,002</b>	<b>0,00095</b>	<b>---</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>4,5</b>	<b>0,3</b>	<b>5,4</b>	<b>0,6</b>	<b>2,0</b>	<b>960</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>87,6</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,5</b>	<b>8,9</b>	<b>1.773</b>	<b>0,03</b>	<b>0,2</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>48</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>---</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>38</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9.9 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2004**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
27-Jan-04	11,3	5,9	106,9	0,36	7,36	440	<0,0087	0,29					<0,063	
10-Fev-04	10,2	6,32	100,6	0	8,68	810	0,013	0,03					<0,063	
09-Mar-04	11,3	6,45	99,2	0,49	6,4	60	<0,0087	0,04	<0,019	<0,0095	<0,00095		<0,063	<0,0063
21-Abr-04	12,8	6,52	97,8	1	2,5	210	<0,0087	0,06					<0,063	
12-Mai-04	13,4	6,29	101,8	0,52	3,1	197	<0,0087	0,072					<0,063	
21-Jun-04	18,2	6,5	89,1	1,92	7,6	590	<0,0087	0,049					<0,063	
20-Jul-04	21,3	6,86	93,3	2,1	8,2	94	<0,0087	<0,01	<0,019	<0,0095	<0,00095		<0,063	<0,0063
10-Ago-04	19,5	6,72	85,4	1	6,6	4.900	<0,0087	0,17					<0,063	
22-Set-04	19	6,8	102,5	1,3	2	113	<0,0087	0,029					<0,063	
13-Out-04	14,8	6,76	109,6	1,39	12	600	<0,0087	0,075					<0,063	
17-Nov-04	10,7	6,37	101,2	0,72	2	200	<0,0087	0,048	<0,019	<0,0095	<0,00095		<0,063	<0,0063
20-Dez-04	10,3	6,46	96,2	0,69	2	193	0,011	0,074					<0,063	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>---</b>	<b>12</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>10,2</b>	<b>5,9</b>	<b>85,4</b>		<b>2,0</b>	<b>60</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>				<b>---</b>		
<i>Máximo</i>	<b>21,3</b>	<b>6,9</b>	<b>109,6</b>	<b>2,1</b>	<b>12,0</b>	<b>4.900</b>	<b>0,01</b>	<b>0,3</b>				<b>---</b>		
<i>Média<sup>39</sup></i>	<b>14,4</b>	<b>6,5</b>	<b>98,6</b>	<b>1,0</b>	<b>5,7</b>	<b>701</b>	<b>0,01</b>	<b>0,1</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>---</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>4,0</b>	<b>0,3</b>	<b>6,9</b>	<b>0,6</b>	<b>3,3</b>	<b>1.344</b>	<b>0,001</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>89,8</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,7</b>	<b>9,8</b>	<b>1.591</b>	<b>0,01</b>	<b>0,2</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>46</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>---</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>39</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Zn e As.

**Quadro A9. 10 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação B8 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	7	6,42	95,9	0,76	2	270	0,079	0,038					<0,063	
16-Fev-05	7,9	6,33	98,2	0,72	11	112	0,021	0,059					<0,063	
29-Mar-05	12,4	6,43	94,6	1,21	10	1.020	0,082	0,09	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
26-Abr-05	10,1	6,48	97	1,09	1	103	0,05	0,097					<0,063	
16-Mai-05	13,7	6,64	94,5	0,59	1	5.000	0,15	0,084					<0,063	
28-Jun-05	19,5	6,7			2	85	0,083	0,06					<0,063	
13-Jul-05	22,8	6,9		1,5	1	200	0,68	0,1	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
24-Ago-05	18,3	6,6		0,2	5	500	0,22	0,11					<0,063	
19-Set-05	18,3	6,8		0	10	88	0,32	0,33					<0,063	
25-Out-05	15	6,6			5		0,21	0,078					<0,063	
16-Nov-05	12,2	6,6			9		0,18	0,031	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
05-Dez-05	11	6,1	78	1	11		<0,0087	0,059					0,079	
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>7,0</b>	<b>6,1</b>	<b>78,0</b>		<b>1,0</b>	<b>85</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,03</b>					<b>0,063</b>	
<i>Máximo</i>	<b>22,8</b>	<b>6,9</b>	<b>98,2</b>	<b>1,5</b>	<b>11,0</b>	<b>5.000</b>	<b>0,7</b>	<b>0,3</b>					<b>0,079</b>	
<i>Média<sup>40</sup></i>	<b>14,0</b>	<b>6,6</b>	<b>93,0</b>	<b>0,8</b>	<b>5,7</b>	<b>820</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,064</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>4,9</b>	<b>0,2</b>	<b>7,5</b>	<b>0,5</b>	<b>4,2</b>	<b>1.597</b>	<b>0,18</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>83,4</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>1,4</b>	<b>10,7</b>	<b>1.863</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>43</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>40</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 11 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 10 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	9,9	6,9		1,6	6	1.120	0,18	0,39						
16-Fev-05	13	6,9		7	21	51.000	0,51	2,2					<0,063	
29-Mar-05		7,1		3,9	13	64.000	0,45	1						
26-Abr-05		6,9		4,8	28	35.000	0,45	1,7	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	14,5	6,9		8	18	70.000	0,31	1,5						
28-Jun-05	21,8	7,4	58	19	64	106.000	1,8	7,8					<0,063	
13-Jul-05	24,8	7,3	15	28	85	77.300	1,8	6,9						
24-Ago-05	25	7,3	46	23	87	61.800	1,4	1,9	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	0,0082
19-Set-05	18	7,4	55	14	26	592.000	1,8	11						
25-Out-05	16,7	7,4	76	1	25	32.700	0,72	3,7					<0,063	
16-Nov-05	13,1	7,3	61	10	23	120.000	0,71	3						
05-Dez-05	12,8	6,9	66	4,1	12	25.500	0,24	0,97	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,9</b>	<b>6,9</b>	<b>15,0</b>	<b>1,0</b>	<b>6,0</b>	<b>1.120</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>						<b>0,0063</b>
<i>Máximo</i>	<b>25,0</b>	<b>7,4</b>	<b>76,0</b>	<b>28,0</b>	<b>87,0</b>	<b>592.000</b>	<b>1,8</b>	<b>11,0</b>						<b>0,0082</b>
<i>Média<sup>41</sup></i>	<b>17,0</b>	<b>7,1</b>	<b>53,9</b>	<b>10,4</b>	<b>34,0</b>	<b>103.035</b>	<b>0,9</b>	<b>3,5</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0069</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,3</b>	<b>0,2</b>	<b>19,5</b>	<b>8,8</b>	<b>28,2</b>	<b>157.550</b>	<b>0,6</b>	<b>3,3</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>28,9</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>20,3</b>	<b>66,1</b>	<b>230.315</b>	<b>1,6</b>	<b>7,1</b>						
<i>SI</i>			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>41</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 12 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 9 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	8,6	6,7		20,9	45	35.800,00	0,43	0,93						
16-Fev-05	12,1	6,8		20,2	33	28.300,00	0,4	1,8					<0,063	
29-Mar-05	15,7	7,2		24,9	5	5.360,00	0,18	0,54						
26-Abr-05		7,1		11,8	12	23.000,00	0,23	0,89	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	14,8	6,8		36,1	20	92.000,00	0,22	0,3						
28-Jun-05	22,3	7,3	12	12,7	65	990.000,00	1,8	2,5					<0,063	
13-Jul-05	27,2	7,3	16	20	91	427.000,00	2,2	3						
24-Ago-05	23	7,3	69	23,4	21	282.000,00	0,49	0,39	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	20	7,4	55	4	24	2.000,00	1,1	3						
25-Out-05	17,8	7,4	47	6,5	83	92.000,00	1,3	2,8					<0,063	
16-Nov-05	13	7,4	66	13,8	27	370.000,00	0,31	1,1						
05-Dez-05	13,2	6,7	77	27,7	15	7.000,00	0,083	0,34	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>8,6</b>	<b>6,7</b>	<b>12,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>2.000</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>						
<i>Máximo</i>	<b>27,2</b>	<b>7,4</b>	<b>77,0</b>	<b>36,1</b>	<b>91,0</b>	<b>990.000</b>	<b>2,2</b>	<b>3,0</b>						
<i>Média<sup>42</sup></i>	<b>17,1</b>	<b>7,1</b>	<b>48,9</b>	<b>18,5</b>	<b>36,8</b>	<b>196.205</b>	<b>0,7</b>	<b>1,5</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,0063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,6</b>	<b>0,3</b>	<b>25,7</b>	<b>9,2</b>	<b>28,4</b>	<b>291.784</b>	<b>0,7</b>	<b>1,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>15,9</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>30,2</b>	<b>69,9</b>	<b>437.082</b>	<b>1,5</b>	<b>2,8</b>						
<i>SI</i>			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>42</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 13 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2002**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
09-Jan-02	8,5	7,3	81	1	6	30.000,00	0,0087	0,01						
30-Jan-02	10,5	7,1	95	6	33,6	14.600,00	0,5	0,57						
06-Fev-02	11,5	7,1	97	5,3	31,2	8.125,00	0,0087	0,48					<0,063	
26-Fev-02	12	7,3	90	4,4	21,2	2.000,00	0,0087						<0,063	
12-Mar-02	12,5	7,9	92	6,46	32,8	11.600,00	0,0087	0,27						
08-Abr-02	13	7,6	78	1,44	9,2	4.530,00	0,0087	0,39	<0,012	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
13-Mai-02	15,5	7,4	80	6,61	34,2	81.000,00	0,0087	1,9						
19-Jun-02	21	7,2	80	7,12	36,5	300.000,00	0,0087	0,9					<0,063	
16-Jul-02	25	7,2		5,19	95	181.000,00	0,0087	2,3						
06-Ago-02	24,8	7,1	63,4	2,81	26,7	17.100,00	0,0087	1,8					<0,063	
16-Set-02	21	7,1	97,3	5,7	36,4	9.400,00	0,0087	4						
14-Out-02	17,9	6,9	56,6	3,46	18,8	7.600,00	0,0087	1,4					<0,063	
13-Nov-02	13,8	7	104	5,1	40	11.000,00	0,0087	0,57						
10-Dez-02	11,6	7,3	107	3,1	17,3	31.000,00	0,0087	0,17	<0,012	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
<i>N.º Obs.</i>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>8,5</b>	<b>6,9</b>	<b>56,6</b>	<b>1,0</b>	<b>6,0</b>	<b>2.000</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>						
<i>Máximo</i>	<b>25,0</b>	<b>7,9</b>	<b>107,0</b>	<b>7,12</b>	<b>95,0</b>	<b>300.000</b>	<b>0,5</b>	<b>4,0</b>						
<i>Média</i> <sup>43</sup>	<b>15,6</b>	<b>7,3</b>	<b>86,3</b>	<b>4,5</b>	<b>31,4</b>	<b>50.640</b>	<b>0,04</b>	<b>1,1</b>	<b>0,012</b>	<b>0,002</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,001</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,4</b>	<b>0,3</b>	<b>14,9</b>	<b>1,9</b>	<b>21,1</b>	<b>86.059</b>	<b>0,1</b>	<b>1,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>67,1</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>7,0</b>	<b>57,0</b>	<b>114.345</b>	<b>0,1</b>	<b>2,3</b>						
<i>SI</i>			<b>93</b>	<b>57</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>61</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>43</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 14 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2003**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
21-Jan-03	11	6,8	90		14,2	14.000,00	<0,0087	0,24						
10-Fev-03	11,4	6,8	106	1,8	5,6	12.000,00	<0,0087	0,2					<0,063	
31-Mar-03	13,8	6,7	99	2,7	9,2	5.400,00	<0,0087	0,17						
07-Abr-03	13,5	6,7	97	0,4	8	4.930,00	<0,0087	0,17	<0,012	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
21-Mai-03	18,1	7	94	4,8	21,9	5.200,00	0,21	0,03						
30-Jun-03	20	7,7	88	3,7	27,1	10.800,00	<0,0087	0,71					<0,063	
29-Jul-03	24,4	7,5	61	6,46	45	570.000,00	<0,0087	2,7						
12-Ago-03	27,8	7,2	81	6,9	23,6	8.470,00	0,24	0,05	<0,012	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
30-Set-03	20,3	7,4	74,4	5,6	45	10.200,00	<0,0087	0,13						
15-Out-03	18,3	7,28	79,3	9,6	28	410.000,00	<0,0087	0,11					<0,063	
19-Nov-03	13	7,11	96,8	3,81	14,6	17.200,00	<0,0087	0,57						
03-Dez-03	11,6	6,93	99,5	2,56	12,9	63.000,00	<0,0087	0,42	<0,012	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>11,0</b>	<b>6,7</b>	<b>61,0</b>	<b>0,4</b>	<b>5,6</b>	<b>4.930</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,03</b>						
<i>Máximo</i>	<b>27,8</b>	<b>7,7</b>	<b>106,0</b>	<b>9,6</b>	<b>45,0</b>	<b>570.000</b>	<b>0,2</b>	<b>2,7</b>						
<i>Média<sup>44</sup></i>	<b>16,9</b>	<b>7,1</b>	<b>88,8</b>	<b>4,4</b>	<b>21,3</b>	<b>94.267</b>	<b>0,04</b>	<b>0,5</b>	<b>0,012</b>	<b>0,002</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,001</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,5</b>	<b>0,3</b>	<b>12,8</b>	<b>2,6</b>	<b>13,3</b>	<b>188.618</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>72,4</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>7,7</b>	<b>37,6</b>	<b>214.283</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>46</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>57</b>	<b>29</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>44</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.



**Quadro A9. 15 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2004**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
27-Jan-04	12,3	6,3	106,8	2,9	19,1	29.000,00	<0,0087	0,38						
10-Fev-04	12	6,92	97,5	6,63	35,5	8.000,00	<0,0087	0,2					<0,063	
09-Mar-04	13,4	7,1	91,2	6,18	29,2	19.000,00	0,14	0,5						
21-Abr-04	14,2	7,13	96,3	6,7	32	63.000,00	<0,0087	0,51	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
12-Mai-04	16,4	7,03	100,6	5,14	24,5	35.000,00	<0,0087	0,54						
21-Jun-04	21,1	7,1	86,3	5,71	19	9.300,00	<0,0087	0,71					<0,063	
20-Jul-04	25,4	7,31	56,3	12	33	59.000,00	<0,0087	1,6						
10-Ago-04	21,7	7,13	87,6	3,3	15	240.000,00	<0,0087	1,1	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
22-Set-04	22,4	7,5	101,8	2,8	23	940.000,00	<0,0087	1,9						
13-Out-04	16,6	7,36	76,9	6,58	17	43.000,00	<0,0087	1,2					<0,063	
17-Nov-04	12,1	7,38	90,6	8,65	27	70.900,00	0,36	0,73						
20-Dez-04	11,6	7,01	96,8	2,65	8	13.600	0,17	0,49	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>11,6</b>	<b>6,3</b>	<b>56,3</b>	<b>2,7</b>	<b>8,0</b>	<b>8.000</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0087</b>						
<i>Máximo</i>	<b>25,4</b>	<b>7,5</b>	<b>106,8</b>	<b>12,0</b>	<b>35,5</b>	<b>940.000</b>	<b>1,9</b>	<b>0,4</b>						
<i>Média<sup>45</sup></i>	<b>16,6</b>	<b>7,1</b>	<b>90,7</b>	<b>5,8</b>	<b>23,5</b>	<b>127.483</b>	<b>0,8</b>	<b>0,06</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>4,8</b>	<b>0,3</b>	<b>13,5</b>	<b>2,7</b>	<b>8,2</b>	<b>263.415</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>73,5</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>9,3</b>	<b>34,3</b>	<b>289.804</b>	<b>0,1</b>	<b>1,5</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>45</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 16 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/03 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
26-Jan-05	8,9	7,32	90,3	8,4	43	170.000,00	0,62	0,49						
16-Fev-05	10	7,12	87,4	7,91	15	14.800,00	0,24	0,91					<0,063	
29-Mar-05	13,8	6,82	95,1	6,11	29	5.400,00	0,23	0,68						
26-Abr-05	13,2	6,87	98	3,22	13	6.600,00	0,17	0,47					<0,063	
16-Mai-05	15,5	7,17	92,3	6,12	21	270.000,00	0,15	2,8						
28-Jun-05	22,7	7,7		4,7	30	900.000,00	1,3	3,9					<0,063	
13-Jul-05	27,4	7,6			39	30.000,00	1,3	4						
24-Ago-05	21,8	7,5		3,08	12	11.600,00	0,46	0,83	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	21,3	7,7		3,3	25	4.200,00	0,72	1,93						
25-Out-05	18,1	7,4			34		1,3	2,8					<0,063	
16-Nov-05	12,7	7,4			31		0,38	1,5						
05-Dez-05	12,3	6,7		1	14		0,095	0,37	<0,019	<0,0095		<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>8,9</b>	<b>6,7</b>	<b>87,4</b>	<b>3,1</b>	<b>12,0</b>	<b>4.200</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>						
<i>Máximo</i>	<b>27,4</b>	<b>7,7</b>	<b>98,0</b>	<b>8,4</b>	<b>43,0</b>	<b>900.000</b>	<b>1,3</b>	<b>4,0</b>						
<i>Média<sup>46</sup></i>	<b>16,5</b>	<b>7,3</b>	<b>92,6</b>	<b>5,4</b>	<b>25,5</b>	<b>156.956</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,7</b>	<b>0,3</b>	<b>4,1</b>	<b>2,1</b>	<b>10,6</b>	<b>293.987</b>	<b>0,5</b>	<b>1,3</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>87,3</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>8,1</b>	<b>39,2</b>	<b>356.285</b>	<b>1,1</b>	<b>3,3</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>46</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 17 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 7 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÊNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	9,8	6,7		7	15	49.000,00	0,56	0,44						
16-Fev-05	14	7,1		6	20	16.000,00	0,53	1					<0,063	
29-Mar-05	14,6	7,2		3,4	12	7.360,00	0,21	0,55						
26-Abr-05		7,2		2,4	13	7.090,00	0,16	0,52	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	15,2	7		4	9	8.820,00	0,3	0,77						
28-Jun-05	21,3	7	68	11	19	2.730,00	0,86	1,5					<0,063	
13-Jul-05	26	7,4	24	17	37	18.000,00	1,5	2,3						
24-Ago-05	24	7,3	77	4	17	7.000,00	0,36	2,5	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	20,4	7,4	40	26	51	79.000,00	1,5	4,9						
25-Out-05	16,8	7,3	69	1	19	2.000,00	0,8	1,2					<0,063	
16-Nov-05	14,5	7,5	68	8	28	60.000,00	0,59	1,7						
05-Dez-05	13,4	6,9	47	3,6	26	170.000,00	0,56	5	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,8</b>	<b>6,7</b>	<b>24,0</b>	<b>1,0</b>	<b>9,0</b>	<b>2.000</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>						
<i>Máximo</i>	<b>26,0</b>	<b>7,5</b>	<b>77,0</b>	<b>26,0</b>	<b>51,0</b>	<b>170.000</b>	<b>1,5</b>	<b>5,0</b>						
<i>Média<sup>47</sup></i>	<b>17,3</b>	<b>7,2</b>	<b>56,1</b>	<b>7,8</b>	<b>22,2</b>	<b>35.583</b>	<b>0,7</b>	<b>1,9</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,0</b>	<b>0,2</b>	<b>19,4</b>	<b>7,2</b>	<b>11,9</b>	<b>49.332</b>	<b>0,4</b>	<b>1,6</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>					<b>31,3</b>									
<i>q<sub>90</sub></i>					<b>15,7</b>	<b>37,2</b>	<b>78.480</b>	<b>1,2</b>	<b>3,7</b>					
<i>SI</i>			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>47</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 18 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2002**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
09-Jan-02	9,5	7,2	79	2	8	1.000,00	<0,0087	<0,01						
30-Jan-02	12	7,2	90	3,7	26,4	7.900,00	0,38	0,38						
06-Fev-02	11,5	7,2	96	4,2	29,2	8.800,00	<0,0087	0,31					<0,063	
26-Fev-02	12	7,6	92	4,2	18	27.200,00	<0,0087						<0,063	
12-Mar-02	12,5	7,8	77	5,94	26,1	10.300,00	<0,0087	1,2						
08-Abr-02	13	7,7	78	0,85	<5	1.610,00	<0,0087	0,32	<0,001	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
13-Mai-02	16	7,3	73	5,83	25,7	3.300,00	<0,0087	0,78						
19-Jun-02	23	7,3	75	3,97	59,1	7.070,00	<0,0087	0,94					<0,063	
16-Jul-02	28	7,5		4,21	112,7	6.600,00	<0,0087	1,4						
06-Ago-02	24,5	7,3	90,7	2,35	59	745,00	<0,0087	3,4					<0,063	
16-Set-02	23,5	7,3	95,3	3	51	4.200,00	<0,0087	3,2						
14-Out-02	18,5	7,2	95	4,7	45,6	5.670,00	<0,0087	1,8					<0,063	
13-Nov-02	14,2	7,2	109	4,97	30,8	16.000,00	<0,0087	0,41						
10-Dez-02	11,5	7,4	110	3,4	18,8	72.000,00	<0,0087	0,2	<0,001	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
<i>N.º Obs.</i>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,5</b>	<b>7,2</b>	<b>73,0</b>	<b>0,9</b>	<b>5,0</b>	<b>745</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0087</b>						
<i>Máximo</i>	<b>28,0</b>	<b>7,8</b>	<b>110,0</b>	<b>5,94</b>	<b>112,7</b>	<b>72.000</b>	<b>3,4</b>	<b>0,4</b>						
<i>Média<sup>48</sup></i>	<b>16,4</b>	<b>7,4</b>	<b>89,2</b>	<b>3,8</b>	<b>36,8</b>	<b>12.314</b>	<b>1,1</b>	<b>0,04</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,001</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>6,0</b>	<b>0,2</b>	<b>12,2</b>	<b>1,4</b>	<b>27,7</b>	<b>18.525</b>	<b>1,1</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>73,6</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>5,7</b>	<b>69,4</b>	<b>27.471</b>	<b>0,1</b>	<b>2,3</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>81</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>48</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 19 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2003**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
21-Jan-03	11,2	6,9	94		17,7	14.000,00	<0,0087	0,2						
10-Fev-03	11,9	6,9	109	1,3	<5	11.800,00	<0,0087	0,17					<0,063	
31-Mar-03	13,9	6,8	97	2	5,6	1.370,00	<0,0087	0,17						
07-Abr-03	13,9	6,9	95	0,8	10,4	1.200,00	<0,0087	0,46	<0,001	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
21-Mai-03	18,5	7,2	87	3,9	23	8.130,00	0,36	0,35						
30-Jun-03	20,6	7,7	90	4,3	23,5	7.670,00	<0,0087	1,1					<0,063	
29-Jul-03	24,8	7,3	68	3,12	14	3.300,00	<0,0087	0,9						
12-Ago-03	27,6	7,4	34	2,8	38	2.000,00	0,076	2,78	<0,001	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
30-Set-03	20,9	7,4	57,4	3,6	14	3.630,00	<0,0087	0,17						
15-Out-03	18,8	7,65	64,7	5,2	31,6	4.300,00	<0,0087	0,11					<0,063	
19-Nov-03	12,9	7,19	102,6	3,28	13,4	42.000,00	<0,0087	0,75						
03-Dez-03	11,7	7,04	106,3	2,74	18,3	46.000,00	<0,0087	0,35	<0,001	<0,002	<0,00095	<0,001	<0,063	<0,012
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>11,2</b>	<b>6,8</b>	<b>34,0</b>	<b>0,8</b>	<b>5,0</b>	<b>1.200</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0087</b>						
<i>Máximo</i>	<b>27,6</b>	<b>7,7</b>	<b>109,0</b>	<b>5,2</b>	<b>38,0</b>	<b>46.000</b>	<b>2,8</b>	<b>0,4</b>						
<i>Média<sup>49</sup></i>	<b>17,2</b>	<b>7,2</b>	<b>83,8</b>	<b>3,0</b>	<b>17,9</b>	<b>12.117</b>	<b>0,6</b>	<b>0,04</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,001</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,5</b>	<b>0,3</b>	<b>22,8</b>	<b>1,3</b>	<b>9,9</b>	<b>15.457</b>	<b>0,8</b>	<b>0,1</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>54,5</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>4,7</b>	<b>30,3</b>	<b>26.343</b>	<b>0,1</b>	<b>1,3</b>						
<i>SI</i>			<b>56</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>59</b>	<b>26</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>49</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 20 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2004**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
27-Jan-04	12,6	6,52	103	2,44	18,69	11.600,00	<0,0087	0,44						
10-Fev-04	11,9	7,04	99,7	1,53	19,63	15.600,00	<0,0087	0,2					<0,063	
09-Mar-04	13,4	7,11	93,6	3,16	16,5	53.000,00	0,15	0,4						
21-Abr-04	14,3	7,1	85,4	5,3	21,3	24.000,00	<0,0087	0,73	<0,0032	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
12-Mai-04	16,2	6,99	93,6	3,26	24,9	18.000,00	<0,0087	0,37						
21-Jun-04	21,8	7,2	54,4	4,68	22	3.900,00	<0,0087	0,98					<0,063	
20-Jul-04	26,7	7,33	22,4	4	14	3.400,00	<0,0087	0,04						
10-Ago-04	23,3	7,42	68,7	3	9	26.000,00	<0,0087	1,8	<0,0032	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
22-Set-04	26,1	7,8	125,8	6	12	3.300,00	<0,0087	0,85						
13-Out-04	16,7	7,29	78,8	5,14	26	16.400,00	<0,0087	0,85					<0,063	
17-Nov-04	12,1	7,34	92,8	5,64	21	22.000,00	0,35	0,53						
20-Dez-04	12	7,12	94,3	1,81	8	6.200,00	0,18	0,49	<0,0032	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>11,9</b>	<b>6,5</b>	<b>22,4</b>	<b>1,5</b>	<b>8,0</b>	<b>3.300</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,04</b>						
<i>Máximo</i>	<b>26,7</b>	<b>7,8</b>	<b>125,8</b>	<b>6,0</b>	<b>26,0</b>	<b>53.000</b>	<b>0,4</b>	<b>1,8</b>						
<i>Média<sup>50</sup></i>	<b>17,3</b>	<b>7,2</b>	<b>84,4</b>	<b>3,8</b>	<b>17,8</b>	<b>16.950</b>	<b>0,06</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,7</b>	<b>0,3</b>	<b>26,4</b>	<b>1,5</b>	<b>5,9</b>	<b>13.962</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>50,6</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>5,8</b>	<b>25,5</b>	<b>32.905</b>	<b>0,1</b>	<b>1,2</b>						
<i>SI</i>			<b>42</b>	<b>78</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>50</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 21 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05G/04 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
26-Jan-05	9	7,32	87,8	7,13	24	50.000,00	0,01	0,66						
16-Fev-05	10,4	7,09		6,66	26	4.400,00	<0,0087	0,92					0,19	
29-Mar-05	13,6	6,89	92,1	3,45	15	8.200,00	0,29	0,5						
26-Abr-05	13,4	6,94	95,3	2,25	3	5.000,00	0,24	0,6	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	16,1	7,26	93,1	2,96	5	6.600,00	0,29	1,7						
28-Jun-05	23,4	7,7		3,11	17	4.910,00	0,9	2,1					<0,063	
13-Jul-05	26,9	7,7			32	4.100,00	2,2	3,2						
24-Ago-05	23,2	7,3		2,47	25	2.000,00	0,5	0,6	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	21,8	7,8		4,1	45	35.000,00	1,8	4,09						
25-Out-05	16,8	7,4			14		0,66	1,2					<0,063	
16-Nov-05	12,9	7,4			13		0,6	1						
05-Dez-05	12,4	6,8		1	15		0,14	0,34	<0,019	<0,0095		<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,0</b>	<b>6,8</b>	<b>87,8</b>	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2.000</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,3</b>					<b>0,063</b>	
<i>Máximo</i>	<b>26,9</b>	<b>7,8</b>	<b>95,3</b>	<b>7,1</b>	<b>45,0</b>	<b>50.000</b>	<b>2,2</b>	<b>4,1</b>					<b>0,19</b>	
<i>Média<sup>51</sup></i>	<b>16,7</b>	<b>7,3</b>	<b>92,1</b>	<b>3,7</b>	<b>19,5</b>	<b>13.357</b>	<b>0,6</b>	<b>1,4</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,084</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,8</b>	<b>0,3</b>	<b>3,1</b>	<b>2,0</b>	<b>11,7</b>	<b>17.027</b>	<b>0,7</b>	<b>1,2</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>88,0</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>6,2</b>	<b>34,0</b>	<b>29.035</b>	<b>1,3</b>	<b>2,7</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>71</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>51</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 22 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 5 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
26-Jan-05	9	6,7	83	5	17	6.460,00	0,53	0,84						
16-Fev-05	9	7,1	78	1,7	13	423,00	0,16	0,78					<0,063	
29-Mar-05	14,1	7,2		2,8	10	5.400,00	0,23	0,43						
26-Abr-05		7		3,7	17	5.800,00	0,2	1,2	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	15,2	7		2	13	1.300,00	0,2	0,48						
28-Jun-05	22	7,4	77	3	23	7.640,00	1,3	1,5					<0,063	
13-Jul-05	24,6	7,5	53	9	28	1.910,00	1,3	1,4						
24-Ago-05	23,5	7,4	75	3	21	1.730,00	0,5	1,5	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	19	7,5	64	8	28	3.640,00	1,3	3						
25-Out-05	16,7	7,3	71	5	15	1.820,00	0,66	0,98					<0,063	
16-Nov-05	14,6	7,6	74	2,9	17	1.910,00	0,49	1,3						
05-Dez-05	14	6,9	43	3,6	20	210.000,00	0,62	5,2	<0,0019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,0</b>	<b>6,7</b>	<b>43,0</b>	<b>1,7</b>	<b>10,0</b>	<b>423</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,0019</b>					
<i>Máximo</i>	<b>24,6</b>	<b>7,6</b>	<b>83,0</b>	<b>9,0</b>	<b>28,0</b>	<b>210.000</b>	<b>1,3</b>	<b>5,2</b>	<b>0,019</b>					
<i>Média<sup>52</sup></i>	<b>16,5</b>	<b>7,2</b>	<b>68,7</b>	<b>4,1</b>	<b>18,5</b>	<b>20.669</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>0,013</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,3</b>	<b>0,3</b>	<b>13,0</b>	<b>2,3</b>	<b>5,7</b>	<b>59.669</b>	<b>0,4</b>	<b>1,3</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>51,9</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>			<b>7,0</b>	<b>26,0</b>	<b>45.935</b>	<b>7,0</b>	<b>1,2</b>	<b>3,0</b>						
<i>SI</i>			<b>47</b>	<b>57</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>52</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.



**Quadro A9. 23 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2002**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
09-Jan-02	9	7,1	81	1	5	830,00	0,0087	0,01						
30-Jan-02	12,5	7	80	3,5	30,4	4.133,00	0,4	0,53						
06-Fev-02	12	7	87	5,1	25,6	15.000,00	0,0087	0,43					<0,063	
26-Fev-02	12	7,2	83	4,3	34	6.600,00	0,0087						<0,063	
12-Mar-02	12,5	7,8	78	5,7	30,2	11.600,00	0,0087	0,68						
08-Abr-02	14	7,6	77	1,99	13	2.300,00	0,0087	0,52				<0,001	<0,063	<0,012
13-Mai-02	16,5	7,1	65	5,3	33,4	78.000,00	0,04	1,5						
19-Jun-02	23	7,3	77	4,38	30,7	107.000,00	0,0087	1,1					<0,063	
16-Jul-02	26			1,83	88,9	5.000,00	0,0087	0,52						
06-Ago-02	27	7,3	91,7	3,21	45,5	17.800,00	0,0087	2,5					<0,063	
16-Set-02	22	7,2	95,6	2,76	40,4	42.000,00	0,0087	3,7						
14-Out-02	18,9	7	93,1	3,98	43	8.600,00	0,0087	1,6					<0,063	
13-Nov-02	14	7	96	7,31	72	10.000,00	0,0087	0,56						
10-Dez-02	11,7	7,3	106	4	24,2	80.000,00	0,0087	0,28				<0,001	<0,063	<0,012
<i>N.º Obs.</i>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	---	---	---	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,0</b>	<b>7,0</b>	<b>65,0</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>	<b>830</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,01</b>	---	---	---			
<i>Máximo</i>	<b>27,0</b>	<b>7,8</b>	<b>106,0</b>	<b>7,31</b>	<b>88,9</b>	<b>107.000</b>	<b>0,4</b>	<b>3,7</b>	---	---	---			
<i>Média<sup>53</sup></i>	<b>16,5</b>	<b>7,2</b>	<b>85,4</b>	<b>3,9</b>	<b>36,9</b>	<b>27.776</b>	<b>0,04</b>	<b>1,1</b>	---	---	---	<b>0,001</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,8</b>	<b>0,2</b>	<b>10,8</b>	<b>1,7</b>	<b>21,6</b>	<b>34.904</b>	<b>0,1</b>	<b>1,0</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>71,5</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>6,1</b>	<b>63,9</b>	<b>60.215</b>	<b>0,1</b>	<b>2,2</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>74</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>69</b>	<b>19</b>	---	---	---	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>53</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 24 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2003**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
21-Jan-03	11,3	6,9	92		16,9	17.000,00	<0,0087	0,24						
10-Fev-03	12,2	6,8	95	1,6	<5	4.600,00	<0,0087	0,36					<0,063	
31-Mar-03	14,8	6,8	96	3	10,4	8.670,00	<0,0087	0,27						
07-Abr-03	13,8	6,9	92	0,7	14,8	1.410,00	<0,0087	0,35				<0,001	<0,063	<0,012
21-Mai-03	19,9	7,1	88	3,3	20,4	5.400,00	0,28	0,06						
30-Jun-03	21,6	7,8	75	4,9	32	16.400,00	<0,0087	1,7					<0,063	
29-Jul-03	25,1	7,3	76	5,53	17,6	51.000,00	<0,0087	1,2						
12-Ago-03	30,4	7,3	51	3,3	45,5	4.000,00	0,14	2,84				<0,001	<0,063	
30-Set-03	20,7	7,4	49,1	5,9	30	3.600,00	<0,0087	0,18						
15-Out-03	18,4	7,56	45,3	6,8	26,8	2.500,00	<0,0087	0,17					<0,063	
19-Nov-03	13,4	7,05	92,6	3,42	13,8	67.000,00	<0,0087	0,77						
03-Dez-03	11,9	6,88	100,8	3,42	13,7	22.500,00	<0,0087	0,46				<0,001	<0,063	<0,012
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	---	---	---	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>11,3</b>	<b>6,8</b>	<b>45,3</b>	<b>0,7</b>	<b>5,0</b>	<b>1.410</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,06</b>	---	---	---			
<i>Máximo</i>	<b>30,4</b>	<b>7,8</b>	<b>100,8</b>	<b>6,8</b>	<b>45,5</b>	<b>67.000</b>	<b>0,3</b>	<b>2,8</b>	---	---	---			
<i>Média<sup>54</sup></i>	<b>17,8</b>	<b>7,1</b>	<b>79,4</b>	<b>3,8</b>	<b>20,6</b>	<b>17.007</b>	<b>0,04</b>	<b>0,7</b>	---	---	---	<b>0,001</b>	<b>0,063</b>	<b>0,012</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>6,0</b>	<b>0,3</b>	<b>20,1</b>	<b>1,8</b>	<b>11,2</b>	<b>20.990</b>	<b>0,1</b>	<b>0,8</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>53,6</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>6,2</b>	<b>34,7</b>	<b>36.738</b>	<b>0,1</b>	<b>1,5</b>						
<i>SI</i>			<b>53</b>	<b>72</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>62</b>	<b>24</b>	---	---	---	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>54</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 25 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2004**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
27-Jan-04	12,9	6,39	103,6	3,24	20,95	14.300,00	<0,0087	0,61						
10-Fev-04	12,3	6,78	94,8	2,39	20,01	8.400,00	<0,0087	0,3					<0,063	
09-Mar-04	13,6	7	79	2,85	17,2	14.800,00	0,15	0,6						
21-Abr-04	14,3	6,99	90,6	5,6	31	31.000,00	<0,0087	0,84				<0,0032	<0,063	<0,0063
12-Mai-04	17,7	6,93	92,9	2,93	29,8	19.400,00	<0,0087	0,55						
21-Jun-04	24	7,1	48,4	4,92	56	6.300,00	<0,0087	1,2					<0,063	
20-Jul-04	28,8	7,52	118	4	13	45.000,00	<0,0087	0,058						
10-Ago-04	22,9	7,26	49,9	1,4	7	150.000,00	<0,0087	1,7				<0,0032	<0,063	<0,0063
22-Set-04	23,5	7,4	65,2	9	21	9.800,00	<0,0087	1,7						
13-Out-04	16,2	7,05	82	5,19	6	7.800,00	<0,0087	0,68					<0,063	
17-Nov-04	12,5	7,06	85,5	6,7	32	16.600,00	0,34	0,54						
20-Dez-04	12,3	6,96	87,9	3,42	15	4.100,00	0,29	0,55				<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12,0</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	---	---	---	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>12,3</b>	<b>6,4</b>	<b>48,4</b>	<b>1,4</b>	<b>6,0</b>	<b>4.100</b>	<b>0,0087</b>	<b>0,06</b>	---	---	---			
<i>Máximo</i>	<b>28,8</b>	<b>7,5</b>	<b>118,0</b>	<b>9,0</b>	<b>56,0</b>	<b>150.000</b>	<b>0,3</b>	<b>1,7</b>	---	---	---			
<i>Média<sup>55</sup></i>	<b>17,6</b>	<b>7,0</b>	<b>83,2</b>	<b>4,3</b>	<b>22,4</b>	<b>27.292</b>	<b>0,07</b>	<b>0,8</b>	---	---	---	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,7</b>	<b>0,3</b>	<b>20,5</b>	<b>2,1</b>	<b>13,6</b>	<b>40.348</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>56,9</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>7,0</b>	<b>39,3</b>	<b>60.751</b>	<b>0,2</b>	<b>1,4</b>						
<i>SI</i>			<b>64</b>	<b>58</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	---	---	---	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>55</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 26 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas na estação 05F/01 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP.	pH	OD	CBO <sub>5</sub>	CQO	COLL. FECAIS	FÓSFORO TOTAL	AZOTO AMONÍACAL	CHUMBO	CRÓMIO	MERCÚRIO	CÁDMIO	ZINCO TOTAL	ARSÊNIO TOTAL
	(°C)	Escala Sorensen	(% sat)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(mg O <sub>2</sub> /L)	(NMP/100 mL)	(mg P/L)	(mg NH <sub>4</sub> /L)	(mg Pb/L)	(mg Cr/L)	(mg Hg/L)	(mg Cd/L)	(mg Zn/L)	(mg As/L)
26-Jan-05	9	7,21	90,3	4,44	17	8.180,00	0,76	0,51						
16-Fev-05	10	6,89	87,4	3,59	17	6.700,00	0,29	0,42					<0,063	
29-Mar-05	14,1	6,94	95,1	5,19	18	4.700,00	0,35	0,49						
26-Abr-05	14,9	6,95	98	3,05	4	5.900,00	0,24	1,10	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	17	7,21	92,3	4,96	17	4.100,00	0,30	0,90						
28-Jun-05	21,9	7,7		1,34	23	3.820,00	1,10	1,90					<0,063	
13-Jul-05	28,4	7,6			29	90.000,00	1,50	1,80						
24-Ago-05	23,9	7,4		5,76	22	26.000,00	0,47	0,89	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	22,9	7,8		3,3	30	20,00	1,50	2,87						
25-Out-05	18,3	7,2			18		0,99	2,70					<0,063	
16-Nov-05	12,5	7,3			20		0,87	2,40						
05-Dez-05	12,3	6,7		1	15		0,16	0,57	<0,019	<0,0095		<0,0032	<0,063	<0,0063
<i>N.º Obs.</i>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,0</b>	<b>6,7</b>	<b>87,4</b>	<b>1,0</b>	<b>4,0</b>	<b>20</b>	<b>0,16</b>	<b>0,4</b>						
<i>Máximo</i>	<b>28,4</b>	<b>7,8</b>	<b>98,0</b>	<b>5,76</b>	<b>30,0</b>	<b>90.000</b>	<b>1,5</b>	<b>2,9</b>						
<i>Média<sup>56</sup></i>	<b>17,1</b>	<b>7,2</b>	<b>92,6</b>	<b>3,6</b>	<b>19,2</b>	<b>16.602</b>	<b>0,71</b>	<b>1,4</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,063</b>	<b>0,0063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>6,1</b>	<b>0,3</b>	<b>4,1</b>	<b>1,7</b>	<b>6,8</b>	<b>28.494</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>87,3</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>5,8</b>	<b>28,0</b>	<b>37.515</b>	<b>1,3</b>	<b>2,5</b>						
<i>SI</i>			<b>100</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>56</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.

**Quadro A9. 27 – Valores das determinações analíticas das variáveis consideradas no ponto 2 e respectivos subíndices, no ano 2005**

DATA	TEMP. (°C)	pH Escala Sorensen	OD (% sat)	CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	CQO (mg O <sub>2</sub> /L)	COLL. FECAIS (NMP/100 mL)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)	AZOTO AMONÍACAL (mg NH <sub>4</sub> /L)	CHUMBO (mg Pb/L)	CRÓMIO (mg Cr/L)	MERCÚRIO (mg Hg/L)	CÁDMIO (mg Cd/L)	ZINCO TOTAL (mg Zn/L)	ARSÉNIO TOTAL (mg As/L)
26-Jan-05	9,8	6,7	87	4	13	24.000,00	0,59	0,69						
16-Fev-05	11,4	6,5	73	3	9	9.270,00	0,4	1,2					<0,063	
29-Mar-05	14,5	7,2		3,4	26	17.000,00	0,32	0,83						
26-Abr-05		7,1		2,9	16	6.090,00	0,3	1,2	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
16-Mai-05	18	6,8		10	26	5.460,00	0,43	1,4						
28-Jun-05	23,3	7,4	62	11	25	5.820,00	1,5	1,9					<0,063	
13-Jul-05	26,3	7,5	53	8	24	20.000,00	1,5	0,29						
24-Ago-05	23	6,8	20	15	47	1.400,00	0,69	0,78	<0,019	<0,0095	<0,00095	<0,0032	<0,063	<0,0063
19-Set-05	20,7	7,6	64	10	47	6.000,00	2	4						
25-Out-05	18,1	7,3	78	5	15	4.270,00	0,74	1,2					0,077	
16-Nov-05	15	7,8	69	5	9	21.000,00	0,79	1,1						
05-Dez-05	12,9	7	74	3,4	10	42.000,00	0,16	0,7						
<i>N.º Obs.</i>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<i>Mínimo</i>	<b>9,8</b>	<b>6,5</b>	<b>20,0</b>	<b>2,9</b>	<b>9,0</b>	<b>1.400</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>					<b>0,063</b>	
<i>Máximo</i>	<b>26,3</b>	<b>7,8</b>	<b>87,0</b>	<b>15,0</b>	<b>47,0</b>	<b>42.000</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>					<b>0,077</b>	
<i>Média<sup>57</sup></i>	<b>17,5</b>	<b>7,1</b>	<b>64,4</b>	<b>6,7</b>	<b>22,3</b>	<b>13.526</b>	<b>0,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,00095</b>	<b>0,0032</b>	<b>0,066</b>	<b>0,063</b>
<i>Desv. Padrão</i>	<b>5,3</b>	<b>0,4</b>	<b>19,3</b>	<b>4,0</b>	<b>13,3</b>	<b>11.745</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>						
<i>q<sub>10</sub></i>			<b>39,7</b>											
<i>q<sub>90</sub></i>				<b>11,7</b>	<b>38,8</b>	<b>26.692</b>	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>						
<i>SI</i>			<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>57</sup> Valor do limite de detecção no caso das variáveis Pb, Cr Hg, Cd, Zn e As.