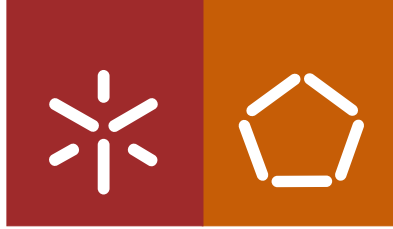




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ângela Vieira de Jesus

**Contributos para o Estabelecimento de
Descargas Máximas Diárias de Poluentes
na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ângela Vieira de Jesus

**Contributos para o Estabelecimento de
Descargas Máximas Diárias de Poluentes
na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira

Outubro de 2012

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira, o meu sincero agradecimento pelo apoio nas fases mais complicadas e também pela disponibilidade e orientação prestada ao longo de todo o trabalho, sem o seu apoio não seria possível concluir a dissertação.

Ao Professor Doutor José Luís da Silva Pinho, o meu agradecimento pela orientação e incentivo que foi prestando ao longo de todo o trabalho, foram cruciais no seu desenvolvimento.

Aos meus pais, tenho que agradecer profundamente porque sem eles nada disto seria possível, obrigada pelo apoio e oportunidade de terminar este trabalho. Vocês demonstraram sempre compreensão e paciência.

Ao meu irmão, que teve a capacidade de me animar ao longo de todo o processo, por vezes não sendo tarefa fácil.

Ao meu namorado, um sincero e sentido agradecimento por estar sempre do meu lado a incentivar-me para que nunca desistisse.



CONTRIBUTOS PARA O ESTABELECIMENTO DE DESCARGAS MÁXIMAS DIÁRIAS DE POLUENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CÁVADO

RESUMO

A água é um bem essencial à sobrevivência humana, pelo que é muito importante controlar as descargas de poluentes no curso de água que podem constituir pontos de abastecimento para o consumo humano.

As descargas poluentes tanto podem ser localizadas, provenientes de indústrias e de estações de tratamento de águas residuais, como difusa, de escorrências agrícolas ou urbanas. Embora quase sempre de difícil quantificação, as descargas pontuais são mais fáceis de avaliar do que as difusas.

Segundo o ponto de vista de qualidade das águas superficiais, é muito importante controlar as descargas de poluentes, garantindo que seja possível a sua autodepuração, ou seja, que as descargas poluentes sejam limitadas a um valor máximo diário, por forma a não comprometer os diferentes usos das águas superficiais.

O presente trabalho tem como objetivo geral a aplicação de metodologias que contribuem para o estabelecimento de políticas de descargas máximas diárias de poluentes num curso de água, para tal, foram inventariadas fontes poluidoras (pontuais e difusas) e simuladas políticas de descargas através de modelação matemática num trecho de rio.

Para a simulação de descargas poluidoras foi utilizado o programa SOBEK, sendo usada informação sobre contaminação bacteriana proveniente de descargas pontuais e difusas na Bacia hidrográfica do rio Cávado.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição pontual, poluição difusa, rio Cávado, SOBEK, contaminação bacteriana.



CONTRIBUTION FOR ESTABLISHING MAXIMUM DAILY POLLUTANT LOADS IN RIVER CAVADO'S WATERSHED

ABSTRACT

As water is an essential good for human life it is of paramount interest the control of pollutant loads in surface waters that can be used as drinking water sources.

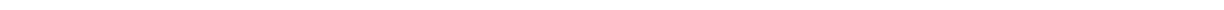
Pollution sources can be characterized as either point sources or nonpoint sources. Point source pollutant loads include effluent discharges from municipal and industrial wastewater treatment plants. Nonpoint loading of pollutants results from the transport of pollutants into receiving waters coming from agricultural and urban runoff.

Total maximum daily loads (TMDL) methodology must be considered when excessive biochemical oxygen demand, low dissolved oxygen, and excessive nutrients and eutrophication impair the water quality of surface waters in a river basin.

The present work aims at the application of methodologies that contribute to the establishment of policies for TMDL pollutants in a watershed. For this purpose pollutant sources (point and nonpoint sources) were investigated, and loads scenarios were simulated through mathematical modeling in a river sub-basin.

SOBEK software was applied for simulating the impact of bacterial contamination from point and nonpoint sources into the river Cavado basin.

KEY-WORDS: Point source pollution, diffuse pollution, river Cávado, SOBEK, bacterial contamination.



SIMBOLOGIA

Variáveis de Cálculo:		Unidades:
NT	Concentração de Azoto Total	mg N/L
PT	Concentração de Fósforo Total	mg PT/L
CBO ₅	Carência Bioquímica de Oxigênio aos 5 dias	mg O ₂ /L
COLI.T	Coliformes Totais	NMP/100ml
COLI.F	Coliformes Fecais	NMP/100ml
Hab. eq.	Habitante Equivalente	

Siglas:

EPA	US Environmental Protection Agency
SNIG	Sistema Nacional de Informação Geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informação Sobre Recursos Hídricos
CLC	Corine Land Cover (Carta dos Usos do Solo)
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
NMP	Número Mais Provável
VMA	Valor Máximo Admissível
DGA	Direção Geral do Ambiente

ÍNDICE**AGRADECIMENTOS****RESUMO****ABSTRACT****SIMBOLOGIA**

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Definição do Problema	2
1.3. Objetivos.....	2
1.4. Métodos	2
1.5. Organização da Dissertação.....	3
2. ESTIMAÇÃO DAS FONTES POLUENTES À ESCALA DA BACIA HIDROGRÁFICA. ESTADO DA ARTE.....	4
2.1. Estimação da Poluição de Origem Pontual.....	4
2.2. Estimação da Poluição de Origem Difusa	6
2.3. Modelo Hidrodinâmico e de Qualidade da Água Adotado.....	8
3. ESTIMAÇÃO DE CARGAS POLUENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CÁVADO.....	13
3.1. Caracterização da Área de Estudo	13
3.1.1. Âmbito Territorial	13
3.1.2. Geologia e Geomorfologia	15
3.1.3. Hidrologia.....	16
3.1.4. Clima	17
3.2. Conteúdo Temático do SIG	19
3.2.1. Topografia	20
3.2.2. Sub-bacias hidrográficas.....	20
3.2.3. Rede hidrográfica	21
3.2.4. Usos do solo	22
3.2.5. Estações meteorológicas.....	23
3.2.6. Estações hidrométricas	24
3.2.7. Estações de monitorização da qualidade da água.....	25

3.3.	Estimação de Cargas Poluentes Pontuais.....	26
3.3.1.	Localização de fontes poluentes pontuais	26
3.3.2.	Definição das Cargas Poluentes Pontuais.....	28
3.4.	Estimação de Cargas Poluentes Difusas	31
3.5.	Modelo Hidrodinâmico e de Qualidade da Água (SOBEK).....	39
3.5.1.	Hidrodinâmica	39
3.5.2.	Cenários Simulados	41
3.5.3.	Calibração e Validação do Modelo Matemático	41
4.	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	42
4.1.	Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas.....	42
4.2.	Concentrações Estimadas, Concentrações Registadas e Valor Máximo Recomendável	47
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS DESENVOLVIMENTOS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Método de estimação de nutrientes provenientes das ETAR (BEHRENDT et al., 1999).....	5
Figura 2.2 - Integração dos modelos no SSD, (VIEIRA et al., 2006).....	10
Figura 2.3 - Esquema conceptual do Modelo de Sacramento, (VIEIRA et al., 2006).....	11
Figura 3.1 – Localização da Bacia hidrográfica do Rio Cávado.....	14
Figura 3.2 – Altimetria na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente).....	16
Figura 3.3 – Escoamento na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente).....	17
Figura 3.4 – Temperatura na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente).....	18
Figura 3.5 – Variação da altura de Precipitação na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente).....	19
Figura 3.6 – Sub-bacias pertencentes à Bacia hidrográfica do Rio Cávado.....	21
Figura 3.7 – Rede hidrográfica da Bacia hidrográfica do Rio Cávado.....	22
Figura 3.8 – Usos dos Solos na Bacia hidrográfica do rio Cávado.....	23
Figura 3.9 – Estações meteorológicas em funcionamento na Bacia hidrográfica do rio Cávado.....	24
Figura 3.10 – Estações hidrométricas em funcionamento na Bacia hidrográfica do rio Cávado.....	25
Figura 3.11 – Estações de qualidade em funcionamento na Bacia hidrográfica do rio Cávado.....	26
Figura 3.12 – Localização das fontes de poluição pontual na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, ETAR (VIEIRA et al., 2007).....	27
Figura 3.13 – Localização das fontes de poluição pontual na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, Indústrias (VIEIRA et al., 2007).....	27
Figura 3.14 – Localização das fontes de poluição pontual na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, Vacarias (VIEIRA et al., 2007).....	27
Figura 3.15 – Usos de solo presentes na Bacia hidrográfica do rio Cávado e respetiva divisão por freguesias.....	32
Figura 3.16 – Distribuição das Freguesias por sub-bacia.....	38
Figura 5.1 – Valores Estimados e Registados Comparados com o Valor Máximo Recomendável (Cenário 1 – Estreptococos Fecais).....	47
Figura 5.2 – Valores Estimados e Registados Comparados com o Valor Máximo Recomendável (Cenário 1 – Coliformes Fecais).....	48
Figura 5.3 – Valores Estimados e Registados Comparados com o Valor Máximo Recomendável (Cenário 1 – Coliformes Totais).....	48

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.2 – Parâmetros de Qualidade adotados.....	28
Quadro 3.3 – Concentrações médias das descargas nas ETAR.....	29
Quadro 3.4 – Coeficientes específicos de emissão para as atividades industriais.....	30
Quadro 3.5 – Estimativa da carga poluente nas indústrias.....	30

Quadro 3.6 – Coeficientes de exportação de poluentes.....	31
Quadro 3.7 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia.....	33
Quadro 3.8 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia.....	34
Quadro 3.9 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia.....	35
Quadro 3.10 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia.....	36
Quadro 3.11 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia.....	37
Quadro 4.1 – Cenários Hidrodinâmicos	40
Quadro 4.2 – Cenários de Qualidade.....	41
Quadro 5.1 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 1).....	43
Quadro 5.2 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 2).....	43
Quadro 5.3 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 3).....	43
Quadro 5.4 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 7).....	44
Quadro 5.5 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 8).....	44
Quadro 5.6 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 9).....	45
Quadro 5.7 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 13).....	45
Quadro 5.8 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 14).....	46
Quadro 5.9 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 15).....	46
Quadro A.1 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Curvos pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.2 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Esposende pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.3 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Fão pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.4 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Gandra pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.5 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Gemeses pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.6 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Marinhas pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.7 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Palmeira de Faro pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.8 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Vila Chã pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.9 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Vila Cova pertencente à zona FT_DIF 17.....	51
Quadro A.9 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 1.....	51
Quadro A.10 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 2.....	51
Quadro A.11 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 3.....	51
Quadro A.12 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 4.....	51
Quadro A.13 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 5.....	51
Quadro A.14 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 6.....	51
Quadro A.15 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 7.....	51
Quadro A.16 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 8.....	51
Quadro A.17 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 9.....	51

Quadro A.18 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 10	51
Quadro A.19 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 11	51
Quadro A.20 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 12	51
Quadro A.21 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 13	51
Quadro A.22 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 14	51
Quadro A.23 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 15	51
Quadro A.24 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 16	51
Quadro A.25 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 17	51
Quadro A.26 – Valores a inserir no SOBEK para as cargas poluentes de origem difusa	51
Quadro A.27 – Designação dos tipos de solo presentes em Portugal Continental	51
Quadro A.28 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Amares	51
Quadro A.29 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Santa Maria do Bouro	51
Quadro A.30 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Vila Frescaíña	51
Quadro A.31 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Ucha (Gandra)	51
Quadro A.32 – Cargas poluentes de origem pontual proveniente da ETAR de Varzea.....	51
Quadro A.33 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Areias de Vilar	51
Quadro A.34 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Esposende ...	51
Quadro A.35 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Cadelas	51
Quadro A.36 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Palmeira	51
Quadro A.37 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Frossos	51
Quadro A.38 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Ruães	51
Quadro A.39 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Cabreiros.....	51
Quadro A.40 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Fão (Compacta)	51
Quadro A.41 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Oliveira	51
Quadro A.42 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Pousa.....	51
Quadro A.43 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Barqueiros...	51
Quadro A.44 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da Fossa Séptica Colativa de Moure	51
Quadro A.45 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Barcelinhos .	51
Quadro A.46 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Carvema.....	51
Quadro A.47 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Prado.....	51
Quadro A.48 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Vila Verde...	51
Quadro A.49 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Adaúfe (Parque Industrial)	51
Quadro A.50 – Cargas poluentes e caudais por Indústria.....	51
Quadro A.51 – Características Médias de Efluentes das Indústrias associadas à Preparação de Carnes, (JUSTINO, 2006)	51
Quadro A.52 – Características médias de efluentes das indústrias de preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas, (JUSTINO, 2006).....	51

Quadro A.53 – Características médias de efluentes das indústrias de leite e derivados, (JUSTINO, 2006)	51
Quadro A.54 – Características médias de efluentes das indústrias de leite e derivados, (JUSTINO, 2006)	51

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto

Está ainda em processo a implementação, por parte das entidades gestoras, a Diretiva Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000) através da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. Esta Lei tem como objetivo garantir uma utilização sustentável dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Para tal necessita de avaliar os impactos dos diferentes meios de poluição existente, de modo a que se possa tornar sustentável a vida ecológica do ecossistema. Deste modo é importante e necessário avaliar as cargas de poluição de origem pontual e difusa. Enquanto as fontes de poluição de origem pontual são de certo modo facilmente quantificadas o mesmo já não acontece com as fontes de poluição de origem difusa. No entanto é necessária e importante a quantificação das fontes de poluição de origem difusa, visto que estas podem ser as principais causadoras do desequilíbrio do ecossistema.

Sendo assim, para uma correta avaliação da qualidade das águas superficiais, é necessário conhecer os diferentes processos de avaliação e quantificação das cargas poluidoras numa bacia hidrográfica. Os diferentes processos dependem do transporte e da modificação que uma determinada carga poluente vai sofrer ao longo do seu trajeto pela bacia hidrográfica, uma vez, que segundo BARNES (1997), o transporte é influenciado pela topografia, pela vegetação, pelos solos e pelo clima da referida bacia hidrográfica.

Na Bacia hidrográfica em estudo existem diferentes aglomerados populacionais que são servidos por estações de tratamento de águas residuais, que nem sempre funcionam no seu pleno, o que causa sérios problemas nos cursos de água.

A Bacia hidrográfica em estudo também apresenta diversas zonas de atividade agrícola, em que a sua quantificação em questões de poluição difusa tornam-se de especial interesse, uma vez que cada vez mais se usam produtos químicos nas culturas. Trazendo sérios problemas para os cursos de água, uma vez que não sofrem qualquer tipo de tratamento antes de chegarem a eles.

Para a quantificação da poluição de origem pontual foi utilizado o método das Emissões Específicas e para quantificar a poluição de origem difusa foi utilizado o método dos Coeficientes Específicos.

A metodologia foi aplicada para nutrientes (fósforo e azoto) e também para microrganismos (estreptococos fecais, coliformes fecais e coliformes totais), sendo que as simulações com auxílio do programa Sobek só foram feitas para os microrganismos.

1.2. Definição do Problema

A Bacia Hidrográfica Rio Cávado no seu geral apresenta graves problemas no que respeita à poluição dos seus cursos de água. As escorrências de origem difusa, tanto urbanas como agrícolas e também a escorrência proveniente de atividade mineira, que desaguam no rio sem sofrerem qualquer tipo de tratamento poderão estar na base do crescente problema de poluição que este apresenta. A nível da poluição de origem pontual podemos destacar a possível deficiente eficiência das ETAR e também a possível ocorrência de descargas por parte de indústrias, para o meio hídrico sem tratamento adequado dos seus efluentes. Sendo assim a poluição de origem difusa em conjunto com a poluição de origem pontual, podem provocar graves problemas na massa hídrica e no ecossistema envolvente.

1.3. Objetivos

O trabalho tem como principal objetivo estimar as cargas poluentes de origem pontual e difusa, de modo que se possa avaliar os seus impactos na Bacia hidrográfica, podendo assim criar um sistema de permissão de descargas máximas diárias de poluentes na Bacia hidrográfica do Rio Cávado. No entanto podemos destacar os seguintes objetivos específicos:

- Inventariação de um conjunto selecionado de fontes poluidoras na bacia hidrográfica do Rio Cávado;
- Estabelecimento de uma política de permissão de descargas poluentes, com recurso a modelação matemática de qualidade da água superficial;
- Apresentação e aplicação do modelo à bacia hidrográfica do Rio Cávado;

1.4. Métodos

A metodologia aplicada ao desenvolvimento do trabalho teve por ponto de partida a recolha bibliográfica, de modo a proceder à seleção do material necessário à elaboração do trabalho. Posteriormente foi recolhida a informação necessária à estimação das cargas poluentes de origem difusa por freguesia, para depois serem aglomeradas em sub-bacias, esta informação foi recolhida em shapefiles (ficheiros que são visualizados no ArcGis 10), fez-se o cruzamento entre vários ficheiros shape de modo a obter os valores pretendidos. A recolha da

informação da poluição de origem pontual, foi obtida através do relatório de Diagnóstico Atual e Previsão Futura da Qualidade da Água da Bacia do Rio Cávado Através de Modelação Matemática (VIEIRA et al., 2007).

Por fim a informação recolhida e estimada sobre a poluição de origem pontual e difusa foi usada no programa Sobek, permitindo a preparação para futuramente serem desenvolvidas políticas de descargas máximas diárias de poluentes na Bacia hidrográfica do Rio Cávado.

1.5. Organização da Dissertação

A dissertação foi organizada em 5 capítulos, com o seguinte conteúdo:

No primeiro capítulo é feita a introdução do trabalho a ser desenvolvido.

No segundo capítulo é apresentada a pesquisa bibliográfica, necessária ao desenvolvimento da dissertação. Fala-se dos diferentes tipos de poluição de origem difusa e de origem pontual e também do modelo matemático escolhido para simular e modelar os cenários hidrodinâmicos e de qualidade da água.

No terceiro capítulo caracteriza-se a área em estudo. Aplica-se o método de estimação da poluição difusa, recolhe-se os dados existentes da poluição de origem pontual. Preparam-se os dados para usar no programa SOBEK e referem-se os cenários hidrodinâmicos e de qualidade da água simulados.

No quarto capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos da modelação matemática.

No quinto capítulo apresentam-se as conclusões obtidas e as sugestões de futuros desenvolvimentos.

2. ESTIMAÇÃO DAS FONTES POLUENTES À ESCALA DA BACIA HIDROGRÁFICA. ESTADO DA ARTE.

A emissão de cargas poluentes numa bacia hidrográfica deve ser controlada de modo a evitar que haja excesso de poluição que provoque a degradação das massas de água, assim como toda a vida animal e vegetal circundante da Bacia hidrográfica. Para tal tem-se de estudar os dois tipos de emissão poluente, a poluição de origem pontual e a poluição de origem difusa. A poluição de origem pontual é de difícil quantificação, no entanto é mais fácil de quantificar do que a poluição de origem difusa.

2.1. Estimação da Poluição de Origem Pontual

A poluição de origem pontual é obtida das descargas de estações de tratamento de águas residuais e dos efluentes das indústrias. O impacto que uma dada carga poluente vai provocar no meio hídrico depende da quantidade de resíduos que vão ser despejados e também se o meio que os recebe apresenta na sua constituição um elevado grau de poluição.

Os efluentes provenientes da poluição pontual são considerados localizados, e geralmente ocorrem em locais onde as poluições atingem o meio aquático de forma concentrada, através de lançamento ou despejo de resíduos líquidos ou sólidos. São de fácil visualização devido ao facto de existirem turbações ou um significativo acúmulo de resíduos em uma pequena área (BILBAO, 2007; ANDREOLI, 2003; TOMAZ, 2006).

As cargas poluentes pontuais são pouco influenciadas por fenómenos estocásticos como precipitação e temperatura, normalmente podem ser estimadas com uma exatidão razoável (ZHANG e JORGENSES, 2004).

As águas de uma bacia hidrográfica podem ser constituídas pelas seguintes substâncias, partículas coloidais presentes no meio hídrico, líquidos não miscíveis (óleos e gorduras, que constituem um grande problema na sua remoção), partículas sólidas sedimentares e substâncias dissolvidas. Em todos estes elementos pode-se encontrar substâncias orgânicas (substâncias que se volatilizam por calcinação) e substâncias minerais (as que constituem o resíduo fixo dessa calcinação) (EÇA, 2007).

Um dos indicadores de poluição orgânica numa massa de água é a CBO_5 , já que está relacionada com a presença de matéria orgânica. A Carência Bioquímica de Oxigénio aos cinco dias de uma amostra de água é a quantidade de oxigénio, expressa em miligramas por

litro, que é consumida num período de 5 dias de observação em condições de temperatura definidas (VIEIRA, 2004).

Segundo o Decreto – Lei nº152/97, de 19 de Junho, em Portugal é habitual usar-se uma carga de matéria orgânica de 60g/hab/dia de CBO₅, de modo a poder-se quantificar a quantidade de CBO₅ que cada região emite para a massa de água. Após essa quantificação conseguimos saber qual o grau de contaminação que vai haver numa massa de água. Para a estimação da poluição na massa de água temos ainda de ter em conta a quantidade de azoto total (NT) e fósforo total (PT), assim como a presença de microrganismos patogénicos, que são analisados através dos coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais. Os coliformes totais podem ser quantificados entre 10⁷ e 10⁸ e os coliformes fecais entre 10⁶ e 10⁷ em 100 ml de efluente doméstico.

O estudo da eficiência de tratamento das infraestruturas sanitárias permite precisar a importância dessa fonte de nutrientes numa dada bacia hidrográfica. A quantidade de azoto total corresponde a cerca de 15% a 20% da CBO₅ nos efluentes domésticos, sendo a sua contribuição diária de 10 a 15 g/hab (VIEIRA,2004).

A contribuição do fósforo total nos efluentes domésticos é de cerca de 4 g/hab/dia, nos países europeus mais desenvolvidos. Em Portugal têm-se adotado valores que correspondem a metade do valor indicado. Estas quantidades provêm essencialmente do metabolismo humano e principalmente, do uso de detergentes (VIEIRA,2004).

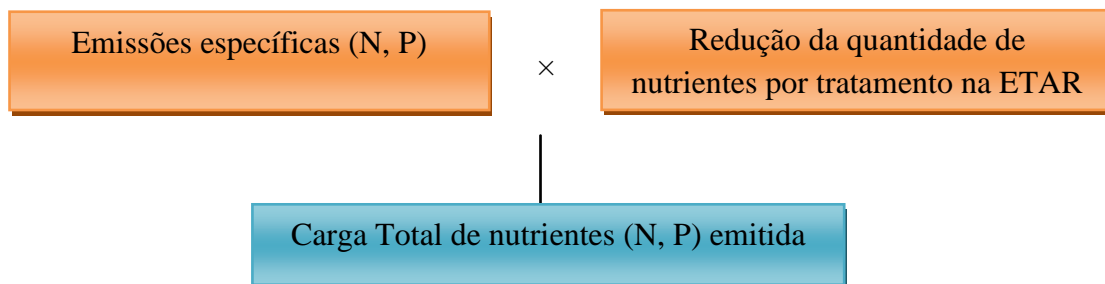


Figura 2.1 – Método de estimação de nutrientes provenientes das ETAR (BEHRENDT et al., 1999)

Através da figura 1 consegue-se entender o método para o cálculo das emissões das cargas de Azoto e Fósforo, estas cargas que tem um valor de emissão específico ao passarem pelo tratamento da ETAR vão ter uma quantidade removida. A emissão específica dessas cargas depende de vários fatores, mas segundo BEHRENDT et al. (1999), conclui-se que o

somatório de todos esses fatores resulta no valor de 1,80 g/hab/dia de P e de 11,0 g/hab/dia de N.

A estimação de entradas de cargas poluentes pontuais provenientes de ETAR em massas hídricas pode ser realizada recorrendo-se à seguinte informação para cada ETAR (EÇA, 2007):

- População equivalente servida pela ETAR;
- Capitação;
- Carga específica do Poluente;
- Nível de Tratamento (eficiência do tratamento).

2.2. Estimação da Poluição de Origem Difusa

A poluição de origem difusa tem vindo a tomar grande importância na estimativa da poluição de uma bacia hidrográfica, visto que é uma das razões que dificultam o alcance do cumprimento de leis referentes à poluição dos meios hídricos. Este tipo de poluição é de muito difícil quantificação, visto que não existe controlo sobre as suas descargas na natureza. A poluição difusa está diretamente relacionada com a precipitação atmosférica e com o uso do solo.

Sendo assim para estimar a poluição difusa numa bacia hidrográfica podemos considerar os seguintes tipos de ocupação do solo:

Poluição difusa de origem rural:

- Áreas regadas – escoamento de águas de irrigação;
- Outras áreas rurais (superfície agrícola não utilizada, áreas de matos e incultos) - escorrências de zonas de floresta e pastagem;
- Área ocupada pelos animais em estábulos - escorrências de atividades pecuárias.

Poluição difusa de origem urbana/industrial:

- Áreas urbanas - escorrências de zonas residenciais e industriais;
- Áreas de minas – escorrências de minas abandonadas.

Um dos fatores mais importantes para a descarga de nutrientes (N e P) é a percentagem de solo arável na bacia (FYNS AMT, 2003).

Os veículos também são fontes diretas da inserção de micro poluentes causando a contaminação do meio devido à circulação nos ambientes urbanos. Como se sabe, o trânsito

de veículos nos ambientes urbanos é muito intenso e o desgaste do material dos travões é elevado. Devido a origem da poluição difusa ser bastante diversificada, os eventos que mais contribuem para essa poluição são resíduos acumulados em ruas, o desgaste das ruas pelos veículos, resíduos de animais domésticos e pássaros, resíduos de combustíveis, óleo de veículos, atividades de construção, poluentes do ar, entre outros. Quando se fala em água como veículo para o escoamento, a precipitação hídrica é o evento mais comum, pois, com a erosão acontece a desagregação dos sedimentos do solo junto com resíduos suspensos, o escoamento envolve as partículas por meios de arraste, suspensão e diluição (FENDRICH et al, 1988).

Os sedimentos ao serem levados pelo escoamento superficial e ao atingirem o rio podem trazer ao meio ambiente danos como o assoreamento dos cursos de água, salinidade e toxicidade e no homem o dano será as diminuições de água potável para consumo, a salinidade, redução de reservatórios e a permeabilidade do solo (ANDREOLLI, 2003).

Podem descrever-se dois grupos gerais de técnicas para estimar cargas poluentes. O primeiro grupo inclui técnicas que estimam as cargas diretamente a partir de dados monitorizados ou valores descritos em bibliografia existente. Estas técnicas ampliam-se em condições em que dados de monitorização detalhados e registos de fluxos de caudais se encontram disponíveis e o principal interesse é estimar cargas totais. O segundo grupo inclui técnicas de modelação para obter a estimativa das cargas ou uso de relações empíricas de estudos análogos (USEPA, 2005).

No primeiro grupo de técnicas, os dados de monitorização podem ser usados para estimar diretamente as cargas poluentes que chegam a uma massa de água, sendo alguns exemplos deste tipo de métodos: o FLUX e a Regressão de cargas poluentes. (EÇA, 2007).

O modelo FLUX é um programa de computador interativo utilizado para estimar cargas ou outros constituintes de qualidade da água, como por exemplo sólidos em suspensão. Uma opção, para estimar cargas poluentes, é o uso das relações empíricas documentadas em literatura científica. As relações empíricas são aquelas que se baseiam em dados observados e são representadas por uma equação empírica. Um exemplo de técnicas simples para estimar cargas poluentes é o método dos coeficientes de exportação (USEPA, 2005).

O método de Regressão de cargas poluentes e caudal é uma outra aproximação bastante simples para estimar cargas poluentes. Usando dados disponíveis de qualidade de água e de caudal, desenvolve-se uma equação de regressão que representa a relação entre a carga poluente e o valor do caudal. Essa equação é então usada para estimar cargas poluentes em dias em que o caudal se encontra disponível mas os dados de qualidade de água não. Esta

aproximação pode, por exemplo, ser aplicada a uma estação de monitorização que possua dados esporádicos de qualidade de água e dados contínuos de caudal para estimar a quantidade e, conseqüentemente, a carga poluente em dias de ausência de monitorização (EÇA, 2007).

Se estivermos a estudar uma bacia hidrográfica de elevadas dimensões, os modelos dinâmicos de processos são limitados, devido à falta de dados e também porque os poluentes sofrem alterações durante o percurso da água de montante para jusante da bacia hidrográfica.

Tendo em conta que o problema em estudo apresenta tais características, optou-se por utilizar o método dos coeficientes de exportação. O método dos coeficientes de exportação não pretendem reproduzir os processos associados à poluição difusa mas apenas relacionar a descarga no meio recetor a uma ou mais variáveis (EÇA, 2007).

Este método permite estimar a descarga de poluentes em função do tipo de solo, utilizando taxas (coeficientes) de exportação: exportação de massa de nutrientes por unidade de área e unidade de tempo, correspondente a cada uso de solo (CASTRO, 1986).

Os coeficientes de exportação são mais usualmente aplicados para os poluentes de Azoto e Fósforo.

O método do coeficiente de exportação é um método simples, uma vez que os fatores causadores do movimento dos poluentes estão todos combinados num único termo, coeficiente de exportação. Os coeficientes de exportação para os vários usos de solo podem ser obtidos através de recolha bibliográfica (USEPA, 2005).

Um modelo matemático é um conjunto de equações que podem ser usadas para descrever processos naturais ou de influência humana numa bacia hidrográfica, tais como escoamento, transporte de nutrientes, transporte de sedimentos, entre outros. Tendo este raciocínio causa - efeito bem presente, os modelos podem usados para prever ou estimar condições futuras que possam ocorrer em várias situações (USEPA, 2005).

2.3. Modelo Hidrodinâmico e de Qualidade da Água Adotado

Existem diversos modelos hidrodinâmicos e de qualidade de água que podem ser usados. Para o desenvolvimento do trabalho foi escolhido o software *SOBEK*, que permite a modelação de problemas de qualidade de água unidimensionais.

A construção do modelo hidrodinâmico tem de ser precedido de um estudo pormenorizado das infraestruturas que constituem o sistema em análise, com recurso a informação relativo à bacia hidrográfica em estudo, através da caracterização geométrica das

infraestruturas será desenvolvido com o detalhe correspondente ao levantamento de infraestruturas existentes, distinguindo-se duas situações físicas distintas: albufeiras e sistemas adutores. No caso das albufeiras consideraram-se os seguintes elementos de projeto: fundo ou topografia do terreno; planta correspondente aos níveis relevantes; cortes; características das barragens; descarga de fundo e de caudal ecológico; descarregadores intermédios; descarregadores de cheia. No caso dos canais, túneis e condutas em pressão consideraram-se os seguintes elementos de projeto: planta com traçado do eixo; perfil longitudinal; secções transversais e acessórios (VIEIRA et al., 2006).

A modelação matemática tem vindo a adquirir uma importância crescente como método de estudo e como ferramenta de previsão dos processos envolvidos no ciclo hidrológico. A elevada complexidade deste ciclo conduziu, nos últimos anos, a uma abordagem especializada no desenvolvimento (no que se refere aos meios hídricos e escalas espaciais e temporais dos processos modelados) das diferentes ferramentas de modelação. Desta forma, as soluções a adotar para as plataformas tecnológicas de modelação, têm necessariamente que considerar a inclusão de diferentes tipos de modelos: modelos hidrológicos, modelos hidrodinâmicos e modelos de qualidade da água. (VIEIRA et al., 2006).

Estes modelos utilizam diferentes tipos de programa seleccionados após uma avaliação criteriosa das diferentes opções disponíveis. Estão em fase de desenvolvimento modelos hidrodinâmicos e de qualidade da água de dimensionalidade distinta: unidimensionais no plano horizontal (1DH), bidimensionais no plano horizontal (2DH) e tridimensionais (3D).

O programa *SOBEK* (WL, 2005) é aplicável a problemas de modelação hidrodinâmica e qualidade da água em rios, sendo constituído por sete módulos: hidrologia, hidrodinâmica em canais, hidrodinâmica em rios, redes de águas residuais, controlo em tempo real, qualidade da água e previsão de áreas inundáveis. O seu desenvolvimento integrado permite a simulação de problemas envolvendo diferentes módulos em simultâneo. É baseado num método numérico bastante robusto que permite a obtenção de soluções mesmo para as simulações mais complexas (VIEIRA et al., 2006).

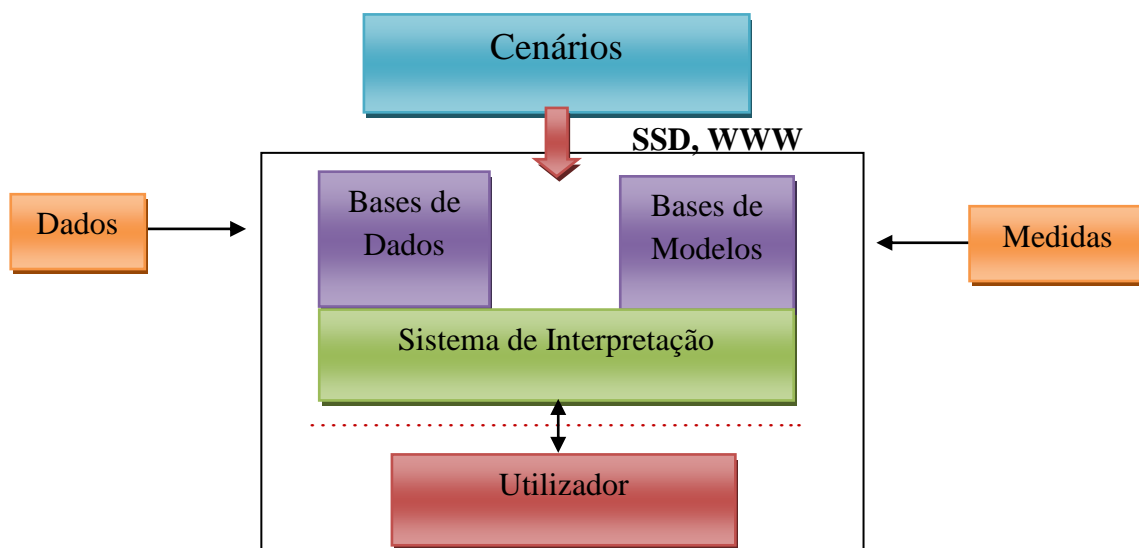


Figura 2.2 - Integração dos modelos no SSD, (VIEIRA et al., 2006)

O módulo de hidrologia do programa *SOBEK* é baseado no modelo de *Sacramento* (VIEIRA et al., 2006). Este modelo permite calcular o escoamento instantâneo total, utilizando como dados de entrada a precipitação média na bacia e a evapotranspiração potencial. O modelo de *Sacramento* divide o solo em duas camadas principais:

- A camada superior na qual ocorrem os processos rápidos junto à superfície do solo: evaporação, percolação, escoamento superficial e escoamento sub-superficial;
- A camada inferior em que ocorrem os processos lentos da região não saturada do solo: transpiração, recarga do aquífero e escoamento de base.

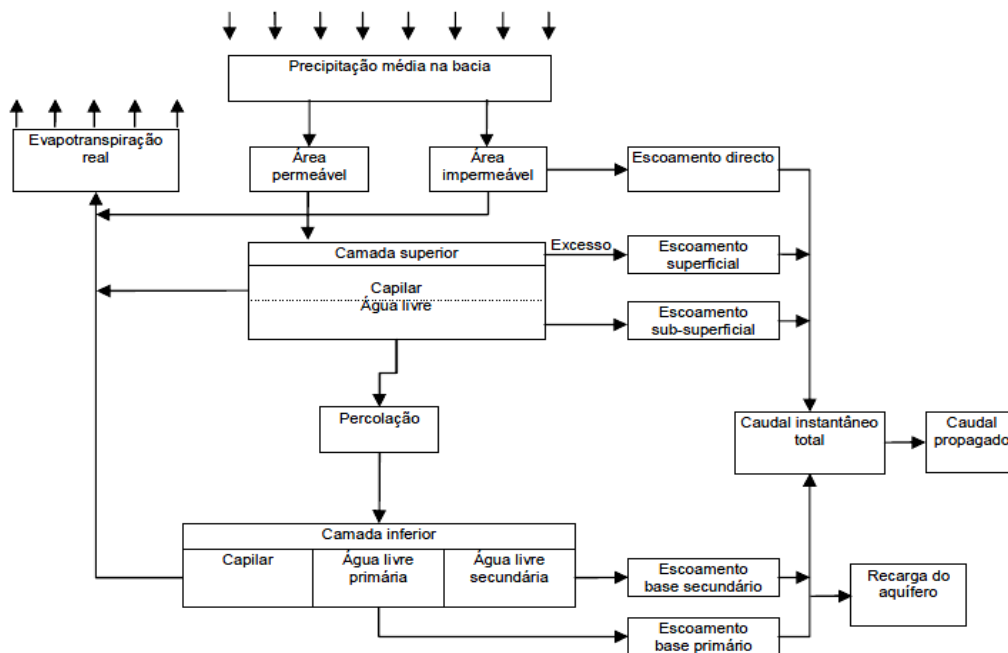


Figura 2.3 - Esquema conceptual do Modelo de Sacramento, (VIEIRA et al., 2006)

Segundo Pinho et al. (2006) existem modelos hidrodinâmicos unidimensionais que são baseados nas equações de continuidade e de conservação da quantidade de movimento. Estas equações apresentam a seguinte forma:

$$\frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_{lat} \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A_f} \right) + g A_f \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{g Q |Q|}{C^2 R A_f} - W_f \frac{\tau_{wl}}{\rho_w} = 0 \quad (2)$$

sendo,

Q , é o caudal [m^3/s]

t , é o tempo [s]

x , a coordenada unidimensional [m]

A_f , é a área da secção molhada [m^2]

g , a aceleração da gravidade [m/s^2]

h , a altura do escoamento [m]

C , é o coeficiente de Chézy [$m^{1/2}/s$]

R , é o raio hidráulico [m]

W_f , a largura superficial [m]

q_{lat} , é o caudal lateral unitário [m²/s]

τ_{wi} , tensão tangencial devida ao vento [N/m²]

ρ_w , massa volúmica da água [kg/m³]

Para além destas equações ainda são utilizadas expressões adequadas ao cálculo das características de escoamento em estruturas como: pontes, passagens hidráulicas, sifões invertidos, orifícios, bombas, sifões e descarregadores. Nestas estruturas o escoamento depende dos níveis a montante e a jusante da estrutura, das suas dimensões e de um conjunto de parâmetros específicos de cada uma delas.

Por último ainda existem modelos de qualidade de água unidimensionais, estes são baseados na equação do transporte unidimensional, traduzida pela seguinte equação:

$$\frac{\partial(A_f C)}{\partial t} = - \frac{\partial(QC)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(DA_f \frac{\partial C}{\partial x} \right) + SA_f \quad (3)$$

em que,

C , é a concentração de constituinte [kg/m³]

D , é o coeficiente de dispersão turbulenta [m²/s]

S , é a fonte ou sumidouro devido a entradas no sistema e a produção/decaimento por reações [kg/m³/s].

O último termo da equação 3 refere-se às fontes de poluentes e à dependência em relação aos processos que ocorrem na coluna de água. A equação é resolvida numericamente pelo método dos volumes finitos e são consideradas tantas equações quantas as variáveis de qualidade da água consideradas na simulação.

3. ESTIMAÇÃO DE CARGAS POLUENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CÁVADO

Com vista a estimar as cargas poluentes do Rio Cávado, propõem-se a recolha de dados para demonstrar a metodologia de estimação de cargas poluentes à escala da bacia hidrográfica do Rio Cávado.

Para a avaliação das cargas poluentes de origem pontual procedeu-se a recolha dos dados nas ETAR e também nas indústrias presentes na Região Hidrográfica do Rio Cávado, aplicando depois o método das Emissões Específicas.

No que diz respeito à estimação das cargas poluentes de origem difusa decidiu-se utilizar o método dos Coeficientes de Exportação.

Para o desenvolvimento do trabalho, serão utilizados parâmetros de qualidade da água representativos para a determinação de matéria orgânica (CBO₅), microrganismos indicadores (coliformes totais, estreptococos fecais e coliformes fecais) e nutrientes (azoto total e fósforo total), no entanto para a aplicação no modelo matemático só serão simulados cenários referentes aos microrganismos indicadores.

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A caracterização da área em estudo foi feita com recurso ao Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Cávado 1ª Fase - Volume I - Síntese (Rev. 1 – 00/01/15).

3.1.1. Âmbito Territorial

A Bacia hidrográfica do rio Cávado encontra-se situada na zona noroeste de Portugal, com a orientação SW para NE, e abrange nove municípios.

O Plano da bacia hidrográfica do rio Cávado tem na sua constituição a Bacia do rio Cávado e as Ribeiras Costeiras, que se localizam a sul e a norte da bacia, pertencentes aos concelhos da Póvoa de Varzim e Esposende, respetivamente. A Bacia hidrográfica do rio Cávado faz fronteira a Norte com as Bacias hidrográficas do rio Lima e do rio Neiva, a Este com a Bacia hidrográfica do rio Douro e a Sul com a Bacia hidrográfica do rio Ave.

A área abrangida pelo rio Cávado é de 1589 km², dos quais 257 km² e 246 km² correspondem, respetivamente às sub-bacias dos afluentes mais importantes, rio Homem e rio

Rabagão. Ainda se inclui na área do rio Cávado as bacias das Ribeiras Costeiras a Norte com cerca de 20 km² e a Sul com 50 km².

A área do rio Cávado apresenta uma forma relativamente retangular com uma largura média de 16 km e uma extensão de mais de 100 km.

O comprimento do seu curso de água principal (rio Cávado) é de, aproximadamente, 129 km. A densidade populacional média aproxima-se dos 200 habitantes/km², com um mínimo de 22 em Montalegre e um máximo de 1770 em Braga. A precipitação média anual é de 2200 mm, 42% da qual se concentra nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro.

A região da Bacia hidrográfica do rio Cávado inclui integralmente os concelhos de Amares e Esposende e intersecta os seguintes 12: Barcelos, Boticas, Braga, Cabeceiras de Basto, Montalegre, Ponte de Lima, Ponte da Barca, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Terras de Bouro, Vieira do Minho e Vila Verde. (PBH Rio Cávado 1ª Fase - Volume I - Síntese (Rev. 1 – 00/01/15))

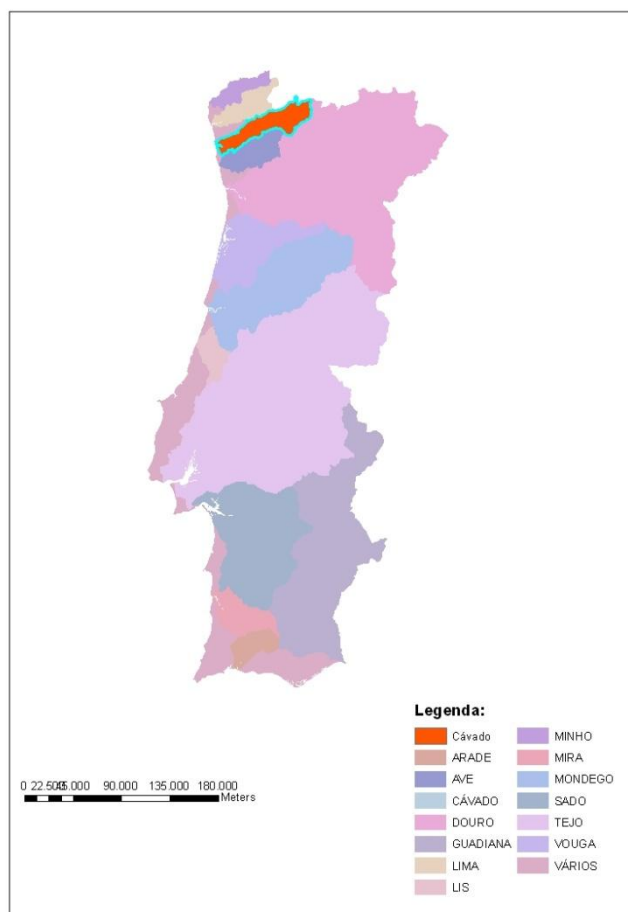


Figura 3.1 – Localização da Bacia hidrográfica do Rio Cávado

3.1.2. Geologia e Geomorfologia

A Bacia hidrográfica do rio Cávado contém em praticamente toda a sua extensão formações geológicas correspondentes aos aglomerados graníticos das montanhas do Noroeste de Portugal. Na região de Barcelos e a Oeste de Braga nota-se a presença de pelitos, psamitos, xistos e quartzitos cinzentos. Entre Montalegre e a albufeira de Paradela, na margem direita do Rio Cávado, destaca-se uma grande área rochosa constituída por micaxistos, gnaisses e migmatitos que se estendem até ao limite da bacia.

De salientar ainda a faixa de xistos carbonosos que aparecem desde o norte, a leste e sul, no maciço de Montalegre e uma parte da área do Rio Rabagão, entre as barragens de Venda - Nova e do Lato Rabagão.

O rio Cávado e os rios Homem e Rabagão apresentam uma importância tectónica devido à fracturação que o maciço apresenta.

Através da análise geomorfológica verifica-se que a altitude da bacia hidrográfica varia entre o nível do mar e os 1545 metros, com uma altitude média de 542 metros, aumentando do litoral para o interior da bacia. Aproximadamente 47% da área da bacia hidrográfica localiza-se a altitudes superiores a 600 metros, 14% localiza-se a uma altitude superior a 1050 metros e 31% está compreendida a altitudes inferiores a 150 metros.

A evolução geomorfológica está relacionada com a quantidade de água que em conjunto com a temperatura ajudam na atuação dos processos químicos de modo a proporcionar a alteração superficial. Já os granitos devido à rede de fraturas e diáclases propiciam a alteração em profundidade. (PBH Rio Cávado 1ª Fase - Volume I - Síntese (Rev. 1 – 00/01/15))

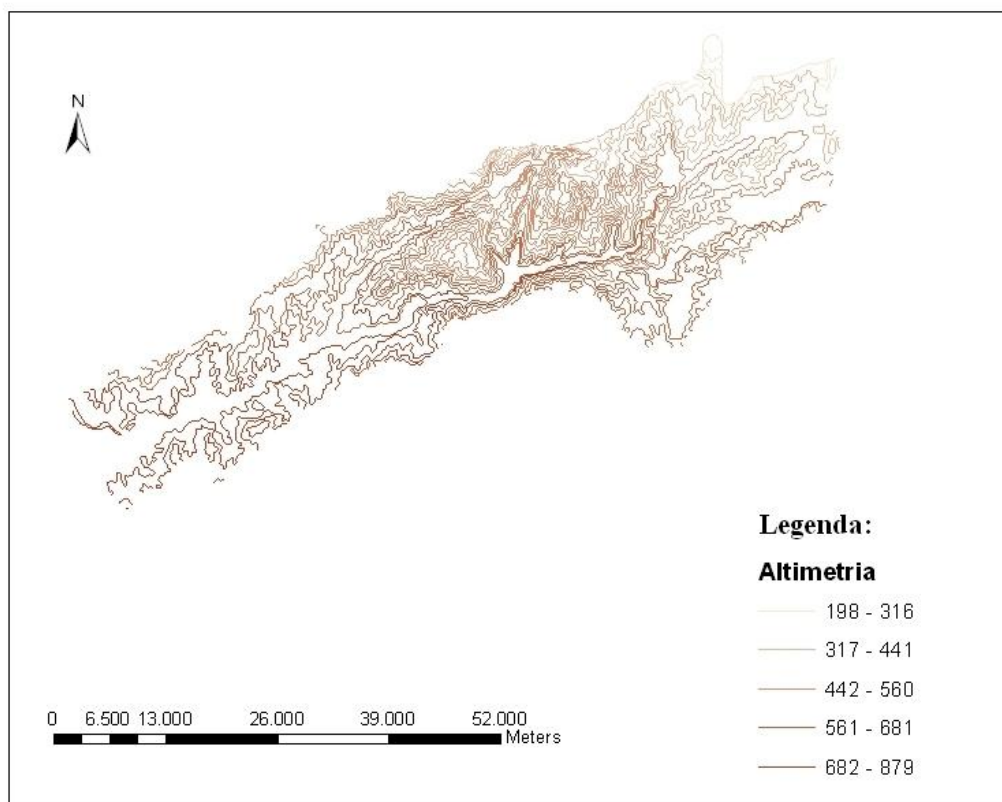


Figura 3.2 – Altimetria na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente)

3.1.3. Hidrologia

O regime de precipitação usado tem por base os registos da rede de estações pluviométricas situadas na região da Bacia hidrográfica do Rio Cávado, constituída por 29 estações.

A região abrangida pelo PBH do rio Cávado apresenta valores da precipitação média anual que variam entre 900 e 4200 mm. As precipitações vão diminuindo progressivamente de montante para jusante, registando-se valores inferiores a 1500 mm anuais junto ao litoral. O escoamento anual na foz do rio Cávado em média é de 2125 hm³. Estima-se uma precipitação média anual na bacia de 2169 mm, correspondendo a 3500 hm³. Desta quantidade de água, 1375 hm³ perdem-se por evaporação e 1755 hm³ infiltram-se, recarregando os aquíferos. Resultando num escoamento superficial de 370 hm³. Os 1755 hm³ que se infiltram surgem à superfície, perfazendo um escoamento superficial total de 2125 hm³. O escoamento médio anual na foz do rio Homem é de 398 hm³, sendo o afluente que mais contribui para o escoamento total do rio Cávado. Estima-se que a precipitação anual média sobre a bacia do rio Homem é de 2837 mm, o que corresponde a 622 hm³. Desta quantidade de água, 224 hm³ evaporam-se e 335 hm³ infiltram-se, resultando um escoamento superficial de 63 hm³. Os 335 hm³ que se infiltram surgem à superfície, contribuindo para o

escoamento superficial total de 398 hm³. (PBH Rio Cávado 1ª Fase - Volume I - Síntese (Rev. 1 – 00/01/15))

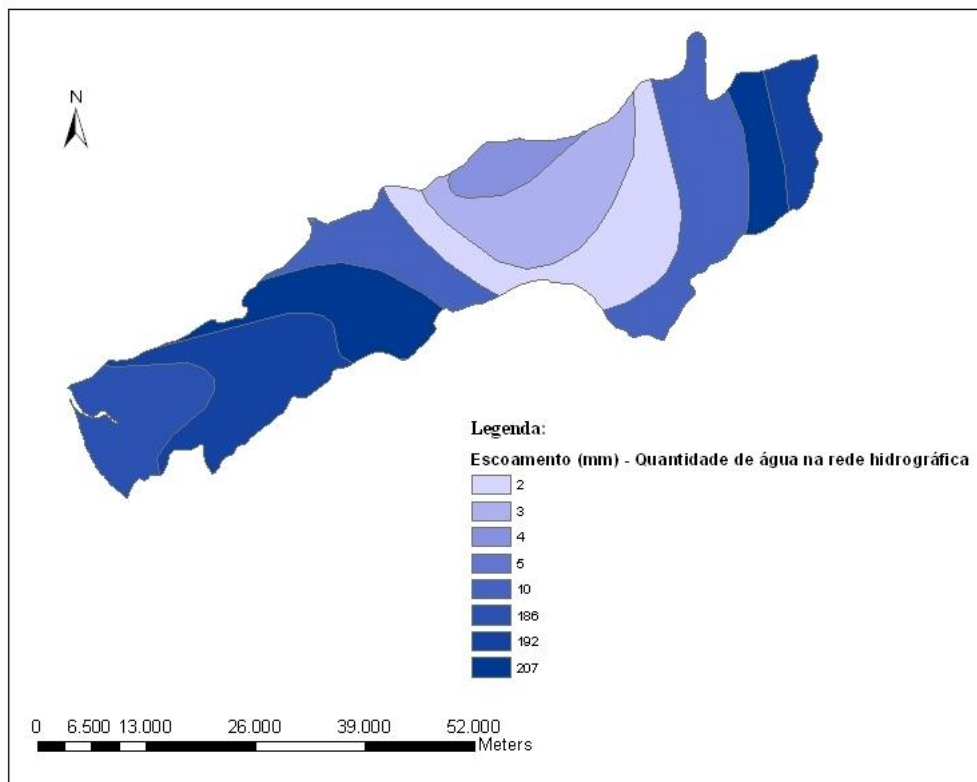


Figura 3.3 – Escoamento na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente)

3.1.4. Clima

A região da Bacia hidrográfica do rio Cávado é a zona mais pluviosa de Portugal, na zona montanhosa ocorre precipitação anual superior a 3500 mm, em média, distribuída por 160 dias. A elevada pluviosidade deve-se à sua posição geográfica, localização próxima do Atlântico e disposição montanhosa. Uma grande parte da bacia está inserida no clima marítimo, fachada atlântica. A temperatura média máxima do mês mais quente, Julho, ronda os 23°C, sendo assim os verões são do tipo moderado e os invernos do tipo frescos.

As zonas mais montanhosas da Bacia hidrográfica já se encontram numa zona de clima continental, estando sujeitas a Invernos rigorosos, sendo classificados como frios ou muito frios, tendo uma temperatura mínima média no mês mais frio, Fevereiro, cerca de 0,4°C.

O mês que em geral apresenta uma maior pluviosidade é o mês de Janeiro, apresentando em Leonte 517 mm, Barcelos 238 mm e Póvoa do Varzim 133 mm. O mês de

menor precipitação é Julho, com precipitações de 54mm em Leonte, 22 mm em Barcelos e cerca de 15 mm na Póvoa de Varzim.

A evapotranspiração anual média na bacia varia entre 600 mm e 725 mm, correspondendo o maior valor à zona do litoral.

O défice hídrico anual médio é de cerca de 110 mm nas estações consideradas. Os meses em que se verifica défice são os meses mais quentes, ou seja de Junho a Setembro, com os valores mais elevados em Julho e Agosto.

O excesso hídrico anual médio está compreendido entre 840 mm e 910 mm, para a faixa litoral e intermédia, no interior o excesso hídrico é de cerca de 30% dos valores da faixa litoral.

O clima através de uma análise simples varia entre fresco, húmido e muito chuvoso a montante e temperado, húmido e chuvoso a jusante.

Pela classificação climática segundo Thornthwaite, o clima da maior parte da área do Plano de Bacia é muito húmido, mesotérmico, com moderada falta de água no Verão e com pequena eficiência térmica no Verão; nos sectores de jusante e intermédios o clima é de tipo semelhante, mas com pequena falta de água no ano. No limite sul da faixa litoral o clima é do tipo húmido, atendendo a que os quantitativos de precipitação são substancialmente inferiores aos verificados noutras regiões da área do plano. (PBH Rio Cávado 1ª Fase - Volume I - Síntese (Rev. 1 – 00/01/15))

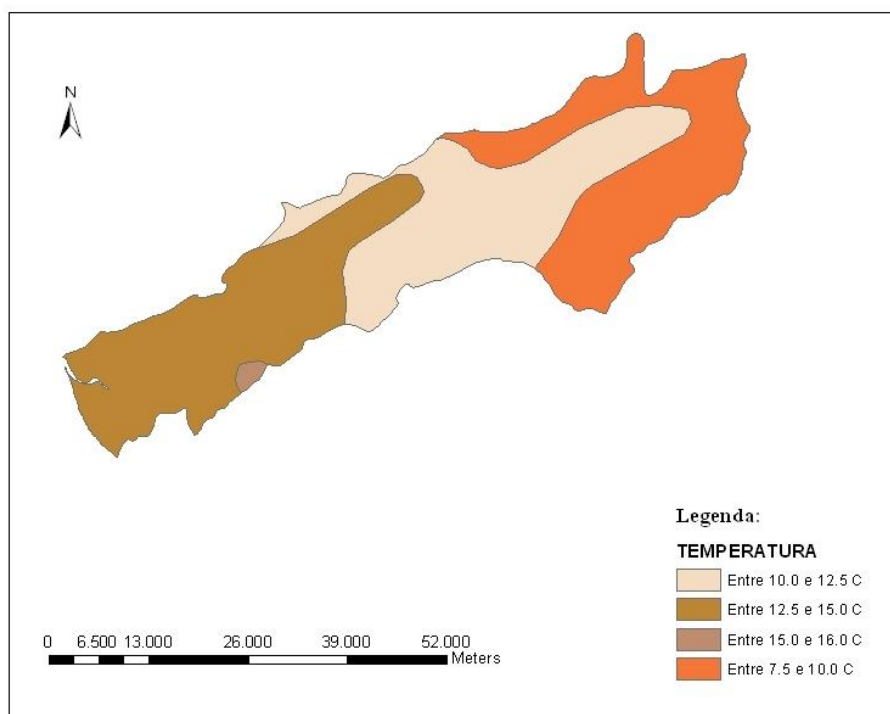


Figura 3.4 – Temperatura na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente)

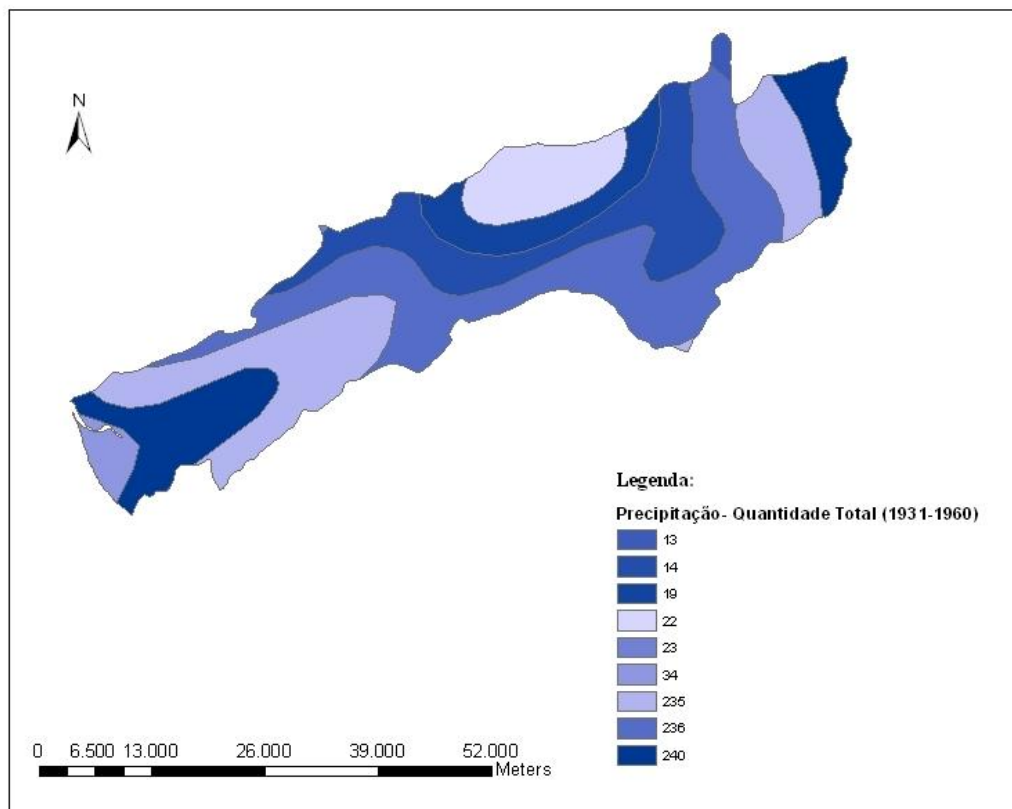


Figura 3.5 – Variação da altura de Precipitação na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, (Atlas do Ambiente)

3.2. Conteúdo Temático do SIG

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizado no desenvolvimento do trabalho foi o ArcGis 10, que é um conjunto de programas informáticos desenvolvidos pela ESRI. O ArcGis 10 permite gerir e armazenar toda a informação georreferenciada, sendo muito útil para o estudo de problemas hidrológicos e de qualidade da água. Foi uma ferramenta essencial para obter o tipo de solos presentes na Bacia hidrográfica do rio Cávado.

Os diversos dados usados em ambiente SIG forem obtidos de diversas formas, através do Atlas do Ambiente Digital, Agencia Portuguesa do Ambiente, Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e Serviço Nacional de Informação Geográfica (SNIG).

Através da utilização do ArcGis 10 e dos ficheiros recolhidos em formato *shapefile*, foi possível obter todos os dados relacionados com o terreno, necessários para o desenvolvimento do estudo na Bacia hidrográfica do rio Cávado.

3.2.1. Topografia

Para a topografia do terreno em estudo obteve-se a informação no site do Atlas do Ambiente em formato shapefile e introduziu-se essa informação no ArcGis 10, obtendo-se assim toda a informação necessária sobre a topografia da Bacia hidrográfica do Rio Cávado.

3.2.2. Sub-bacias hidrográficas

A Bacia hidrográfica do Rio Cávado encontra-se dividida em sub-bacias, através da divisão natural do rio e seus afluentes. Sendo assim temos o Rio Cávado, o Rio Homem, a Ribeira de Tojal, Ribeira de Panóias, o Rio Febras, a Rio Pontes, o Rio Milhazes e o Rio Caveiro. Só foram consideradas estas sub-bacias, uma vez que o modelo da Bacia hidrográfica do Rio Cávado que será usado, só será considerado a partir da Barragem da Caniçada.

A construção do mapa dos rios principais, que originam as sub-bacias através da divisão natural entre os rios, foi conseguida através de alguns passos e do uso do programa ArcGis 10. Numa fase inicial utilizei uma *shapefile* obtida no Atlas do Ambiente Digital, que continha informação sobre as Bacias hidrográficas presentes em Portugal Continental. Selecionando o *layer* referente as Bacias hidrográficas e abrindo a tabela dos atributos, selecionei a Bacia destinada à realização do trabalho, ou seja, a Bacia hidrográfica do rio Cávado. Num passo seguinte, fui à lista das seleções para assim criar um novo *layer* do que tinha selecionado, ficando assim com um *layer* independente do que continha todas as Bacias hidrográficas. Este novo *layer* só contém a Bacia hidrográfica do rio Cávado. Depois destes passos concluídos é necessário a introdução dos dados relativos aos rios principais da Bacia hidrográfica do rio Cávado. Para tal recorreu-se ao Snirh, para obter o *layer* que contém a informação relativa aos rios e seus afluentes. Através deste *layer* e após converter para as mesmas coordenadas de projeto do *layer* da Bacia hidrográfica do rio Cávado, foi possível fazer uma interseção entre os dois *layers* para cruzar a informação contida neles. Por último através das propriedades selecionamos o que pretendemos ver no mapa, neste caso eram os rios principais da Bacia hidrográfica do rio Cávado.

Apesar de estarem representados todos os rios principais da Bacia hidrográfica do rio Cávado, para a modelação no programa SOBEK, só serão considerados os rios e seus afluentes, a jusante da Barragem da Caniçada.

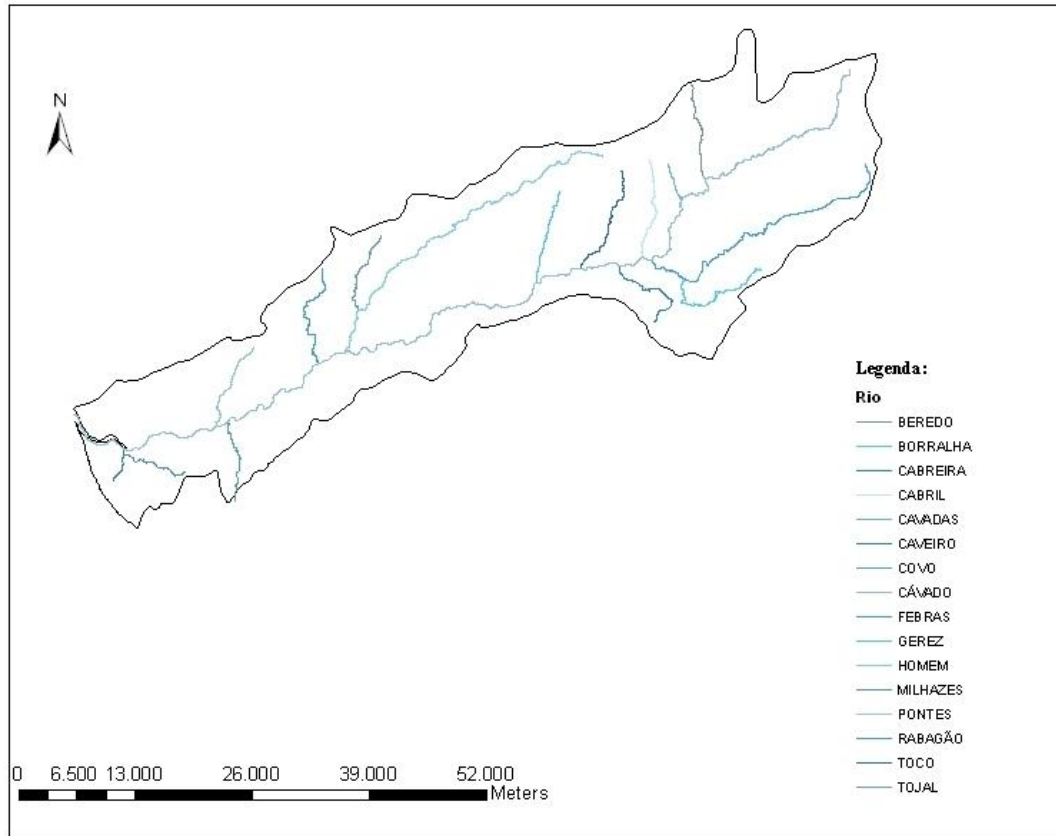


Figura 3.6 – Sub-bacias pertencentes à Bacia hidrográfica do Rio Cávado

3.2.3. Rede hidrográfica

A rede hidrográfica da Bacia do rio Cávado está completamente inserida no território nacional.

Para conseguir o mapa representativo da rede hidrográfica da Bacia do rio Cávado, recorri ao programa ArcGis. Para a obtenção do mapa foi necessário o uso do layer referente à Bacia hidrográfica do rio Cávado. Foi necessário obter a informação da rede hidrográfica portuguesa, com auxílio ao Snirh. Deste modo foi possível fazer uma interseção entre o layer da Bacia hidrográfica do rio Cávado e o *layer* da rede hidrográfica, obtendo assim a informação necessária à construção do mapa com a informação da rede hidrográfica da Bacia do rio Cávado. O que nunca pode faltar antes da utilização da ferramenta interseção é a colocação dos dois *layers* nas mesmas coordenadas de projeto, caso contrário a interseção será impossível.

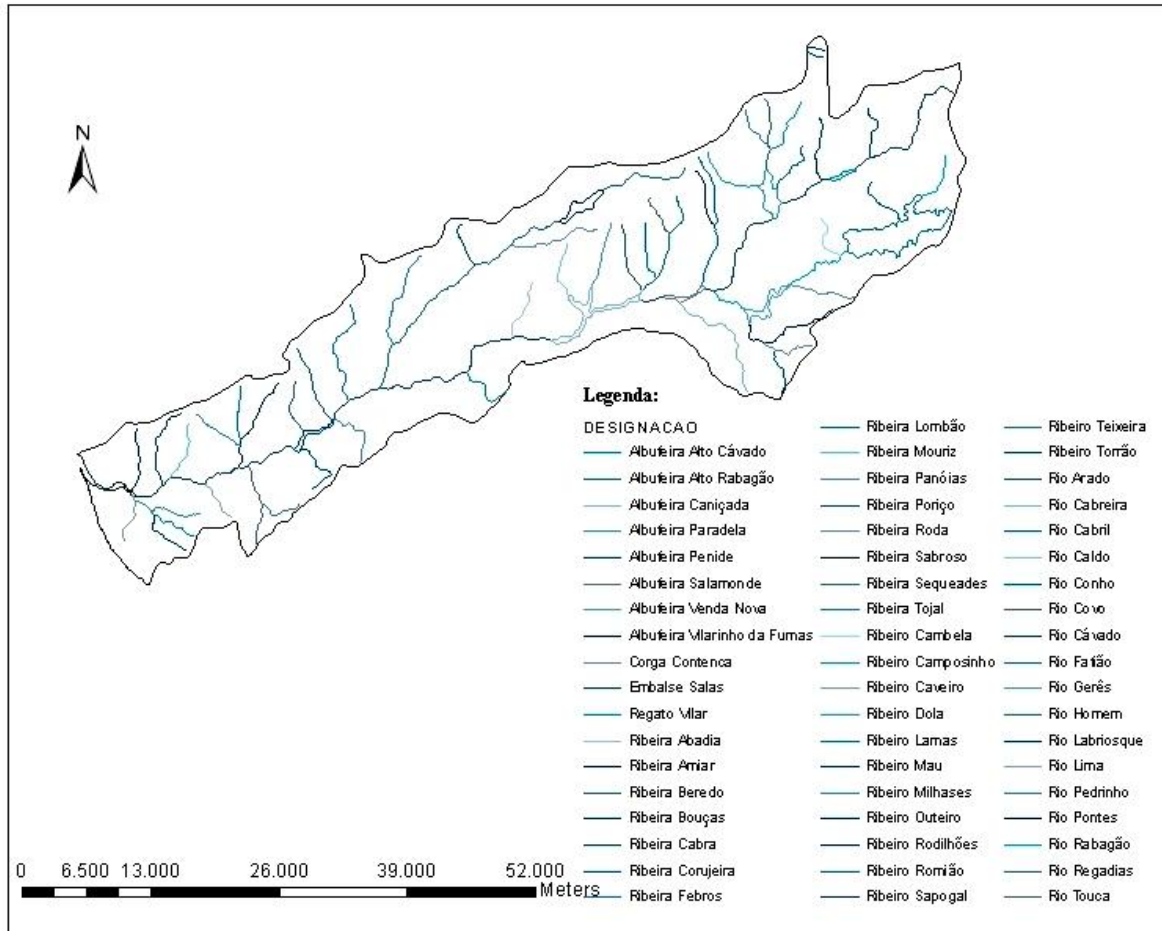


Figura 3.7 – Rede hidrográfica da Bacia hidrográfica do Rio Cávado

3.2.4. Usos do solo

Os diferentes usos do solo foram obtidos a partir da carta Corine Land Cover 2006 (CLC06), obtida no Instituto Geográfico Português. Através desta carta obtêm-se a distribuição dos vários tipos de usos do solo ao longo da Bacia hidrográfica do rio Cávado. A carta apresenta diversas ocupações distintas, dessa forma optou-se por agrupar essas ocupações em conjuntos de uso do solo principais. No entanto tem-se de ter em conta que tal simplificação pode originar diferenças nos resultados finais.

Na Figura 3.8 identifica-se o tipo de solos existentes na Bacia hidrográfica do Rio Cávado, no entanto os grupos de solos que vai ser usado são os que se seguem:

- Rural: culturas, terras desocupadas, florestas e pastagens;
- Urbano: residencial (alta densidade), residencial (baixa densidade), comercial e industrial.

Para a obtenção do mapa presente na Figura 3.8, foi necessário usar a ferramenta interseção presente no ArcGis 10. Essa ferramenta foi usada para fazer a interseção entre o layer da Bacia hidrográfica do rio Cávado e o *layer* da carta Corine Land Cover 2006. Deste modo foi possível obter a informação dos diferentes usos de solo presentes na Bacia hidrográfica do rio Cávado.

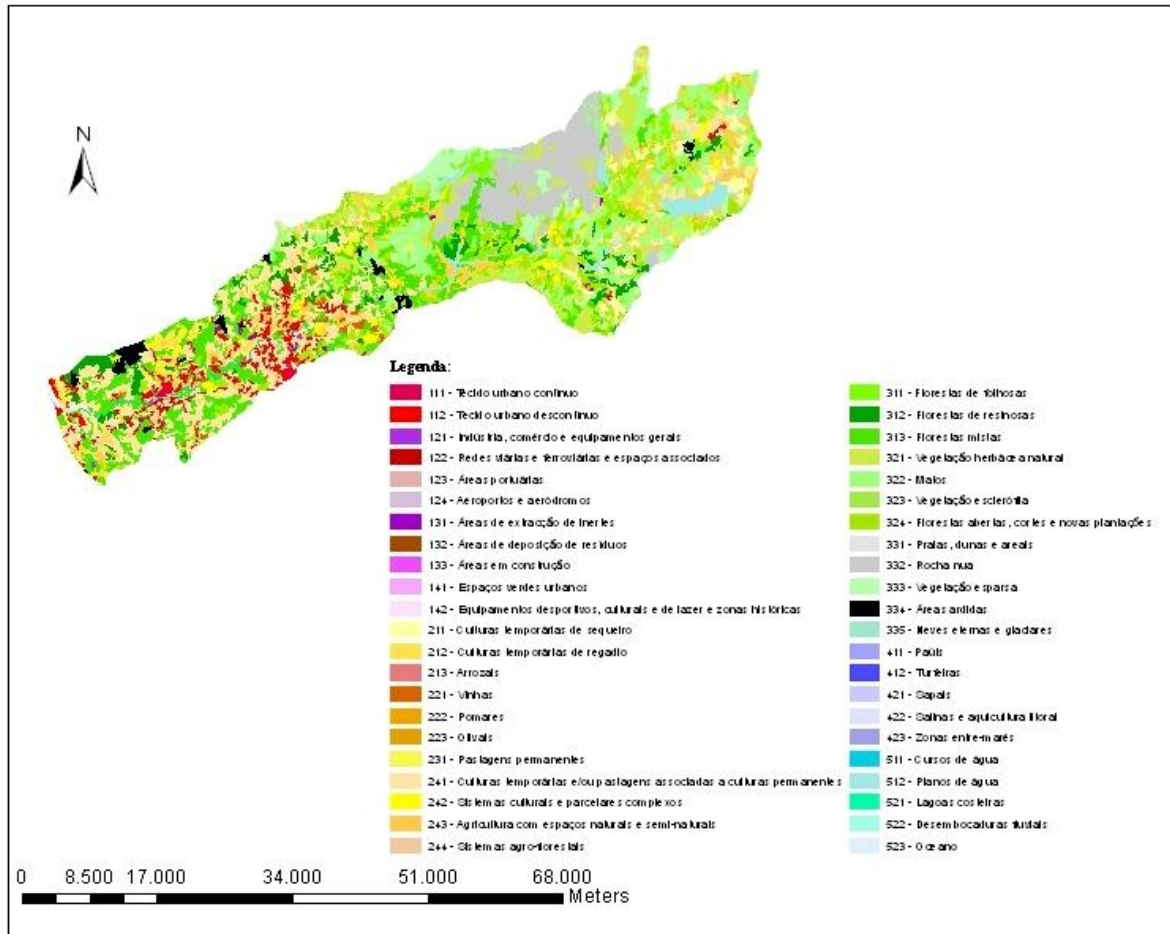


Figura 3.8 – Usos dos Solos na Bacia hidrográfica do rio Cávado

3.2.5. Estações meteorológicas

Os dados meteorológicos foram obtidos através do SNIRH. Para a obtenção da localização espacial das estações meteorológicas presentes na Bacia hidrográfica do rio Cávado, foi necessário mais uma vez recorrer à ferramenta do ArcGis de interseção, deste modo usando o *layer* que contém a área da Bacia hidrográfica do rio Cávado e o *layer* com a localização e informação das estações meteorológicas, foi possível obter o mapa da Figura

3.9. Deste modo na Figura 3.9 apresenta-se a disposição espacial das estações meteorológicas que ainda se encontram em funcionamento.

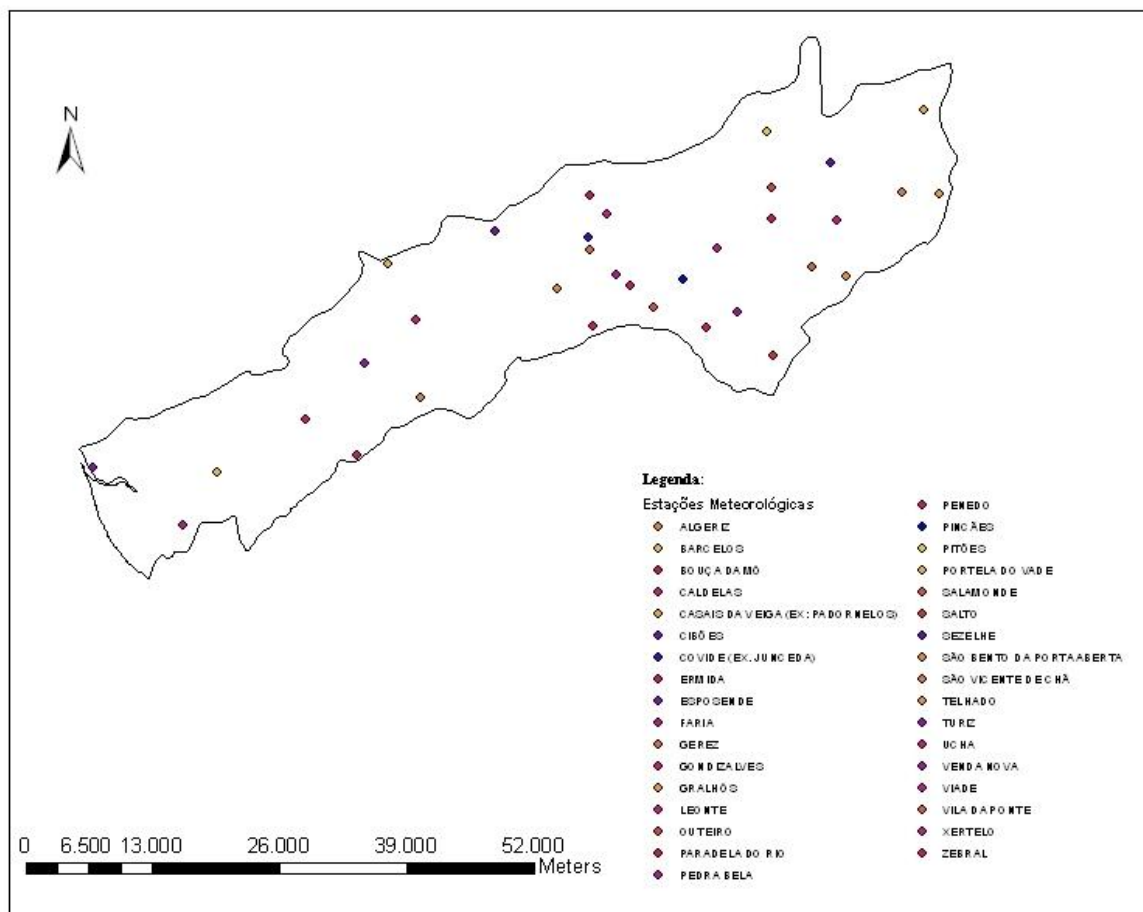


Figura 3.9 – Estações meteorológicas em funcionamento na Bacia hidrográfica do rio Cávado

3.2.6. Estações hidrométricas

Assim como para as estações meteorológicas, também a informação das estações hidrométricas foi obtida no SNIRH. Como aconteceu para as estações meteorológicas, o mapa das estações hidrométricas foi obtido com o auxílio da ferramenta interseção, esta foi usada entre o *layer* da Bacia hidrográfica do rio Cávado e o *layer* com a informação relativa as estações hidrométricas. Para o mapa apresentar a informação pretendida, teve-se de ir às propriedades do *layer* das estações hidrométricas e selecionar na simbologia e posteriormente nas categorias, qual a informação que se pretende visível. Desse modo foi escolhida a informação relativa à localização das estações hidrométricas. Na Figura 3.10 é apresentado o mapa com as localizações das estações hidrométricas que ainda se encontram em funcionamento.

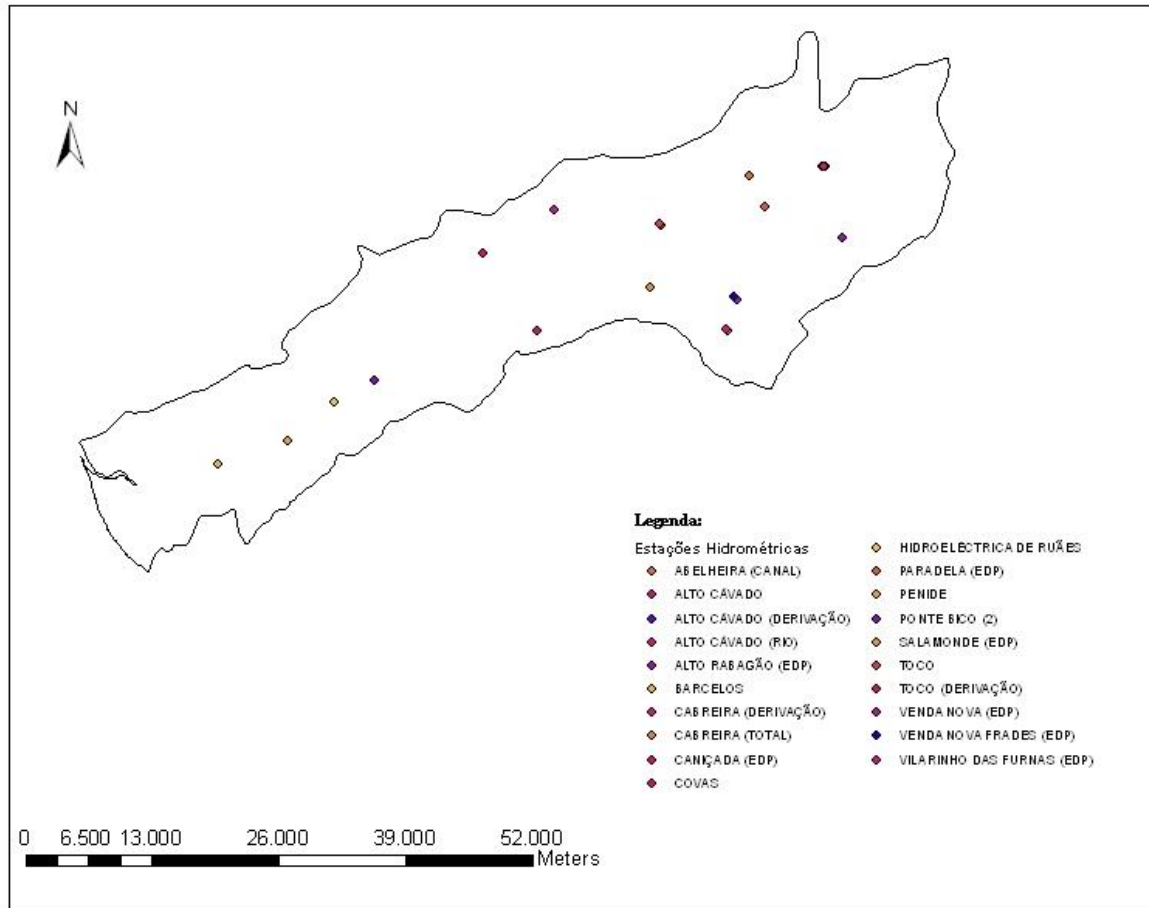


Figura 3.10 – Estações hidrométricas em funcionamento na Bacia hidrográfica do rio Cávado

3.2.7. Estações de monitorização da qualidade da água

A localização das estações de qualidade de água foi obtida através do SNIRH. Assim como no caso das estações meteorológicas e das estações hidrométricas, o processo da obtenção do mapa com a localização das estações de qualidade da água foi obtido através do uso do programa ArcGis 10 e usando a ferramenta interseção. Na Figura 3.11 podemos ver o mapa com a localização das estações de qualidade da água que se encontram em funcionamento.

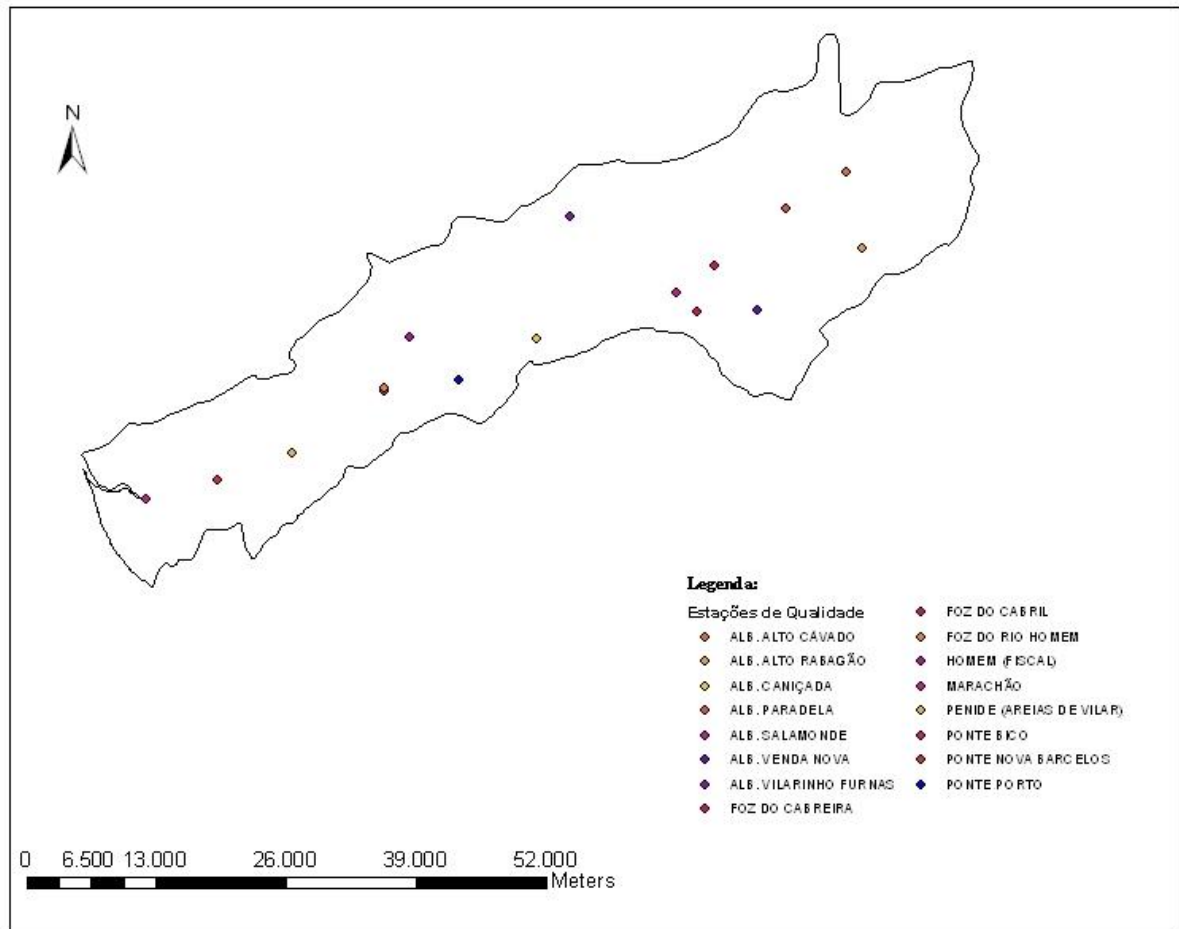


Figura 3.11 – Estações de qualidade em funcionamento na Bacia hidrográfica do rio Cávado

3.3. Estimação de Cargas Poluentes Pontuais

3.3.1. Localização de fontes poluentes pontuais

A localização das fontes de poluição de origem pontual, assim como a maioria dos valores das cargas foram obtidos no relatório Diagnóstico Atual e Previsão Futura da Qualidade da Água da Bacia do Rio Cávado Através de Modelação Matemática (VIEIRA et al., 2007). Estes dados foram recolhidos e alguns calculados, para ser possível a obtenção das cargas poluentes de origem pontual na Bacia hidrográfica do rio Cávado. A informação recolhida consiste em dados georreferenciados das descargas de água residuais urbanas, das indústrias e das vacarias. Na Bacia hidrográfica do rio Cávado foram identificadas 38 ETAR, 28 indústrias e 8 vacarias, no entanto devido à falta de dados só foram utilizadas 30 ETAR e 18 indústrias. As vacarias não foram consideradas no desenvolvimento do trabalho, uma vez que não foi possível obter a informação necessária, sendo assim só é apresentada a sua

localização. Convém referir que só serão consideradas as estações de tratamento de águas residuais e as indústrias que se encontram a jusante da Barragem da Caniçada, uma vez, que o modelo matemático desenvolvido só tem início nesse ponto.

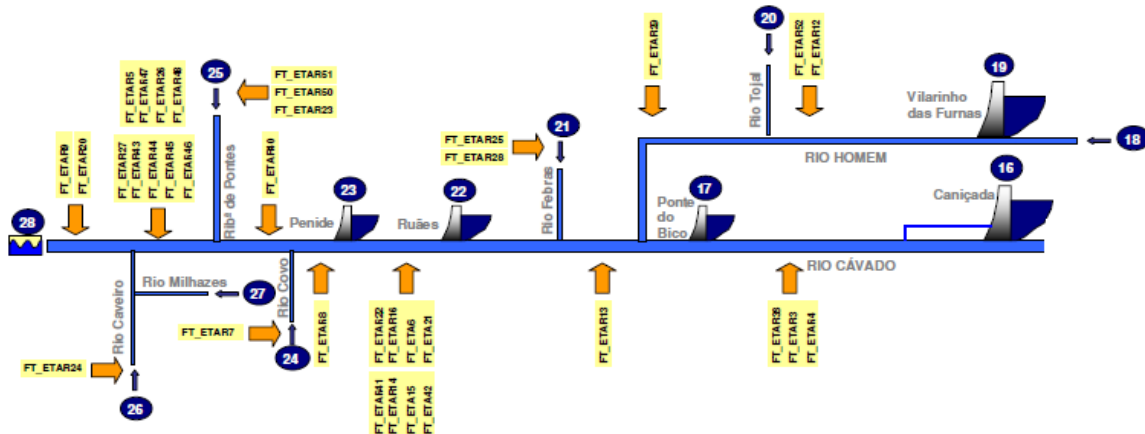


Figura 3.12 – Localização das fontes de poluição pontual na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, ETAR (VIEIRA et al., 2007)

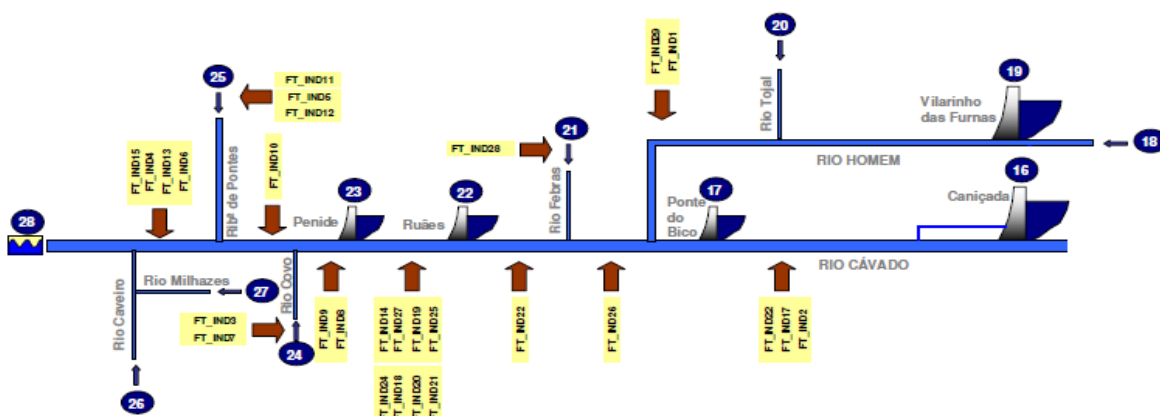


Figura 3.13 – Localização das fontes de poluição pontual na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, Indústrias (VIEIRA et al., 2007)

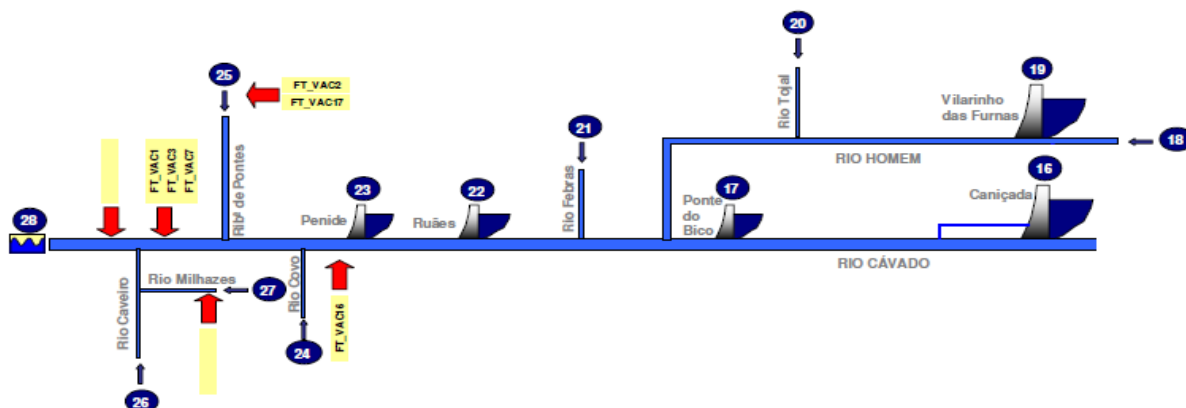


Figura 3.14 – Localização das fontes de poluição pontual na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, Vacarias (VIEIRA et al., 2007)

3.3.2. Definição das Cargas Poluentes Pontuais

Para as ETAR, a nível de qualidade foram considerados os seguintes parâmetros para a análise das cargas poluentes de origem pontual, carência bioquímica de oxigénio, oxigénio dissolvido, coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais. O azoto e o fósforo não foram calculados, visto que no modelo matemático criado só serão simulados resultados de contaminação bacteriana. No entanto no Quadro 3.2, são fornecidos os coeficientes específicos que poderão ser usados no cálculo do azoto total e do fósforo total

Para estimar a carga poluente afluente a cada ETAR foi utilizada a informação contida na base de dados do INSAAR para as ETAR relativas a 2007, utilizando-se a população total servida e o volume anual afluente e para saber as cargas específicas por habitante usaram-se os parâmetros de qualidade presentes no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Parâmetros de Qualidade adotados

	Valores	Observações
Azoto Total	11,0 g de N/m ³	Valores adoptados segundo BEHRENDT et al. (1999).
Fósforo Total	1,80 g P/m ³	Valores adoptados segundo BEHRENDT et al. (1999).
CBO ₅	60,0 g de CBO ₅ /hab/dia	Valores obtidos segundo Decreto-Lei nº152/97, de 19 de Junho para o cálculo do equivalente populacional
Coliformes Totais	4×10 ⁹ NMP/100ml	Valores adotados segundo EÇA (2007).
Coliformes Fecais	2×10 ⁹ NMP/100ml	Valores adoptados segundo PINHO (2000).

As cargas poluentes de origem pontual referentes aos estreptococos fecais foram obtidas considerando o valor de 10% do total dos coliformes fecais. Com base nas capitações anteriores e na população total servida, estimou-se a carga total afluente às ETAR. Importa realçar que os valores das cargas bacterianas apresentam uma elevada variação pelo que se revelam condicionantes para uma correta simulação do comportamento da qualidade da água. (VIEIRA et al., 2007).

As ETAR consideradas são na sua maioria de tratamento secundário, havendo só uma com tratamento primário (ETAR de Moure). Para a ETAR com tratamento primário, considerou-se uma remoção média de CBO₅ e uma inativação de coliformes de 30% (VIEIRA, 1986). Para as ETAR com tratamento secundário a remoção média de CBO₅ adotada foi de 85% e a remoção de coliformes foi de 75% para os coliformes (VIEIRA,

1986). Não existe informação das ETAR privadas, sendo assim estas não foram consideradas. No Quadro 3.3 estão representadas os valores das concentrações para as ETAR.

Quadro 3.3 – Concentrações médias das descargas nas ETAR

ID_Modelo	Designação	Estreptococos Fecais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	Q _{ETAR}
		NMP/m ³	NMP/m ³	NMP/m ³	(m ³ /s)
FT_ETAR3	Amares	350907696	3509076962	7018153925	1,6742E-05
FT_ETAR4	Santa Maria do Bouro	1109867627	11098676270	22197352539	1,4344E-06
FT_ETAR5	Vila Frescaíña	384615385	3846153846	7692307692	1,8785E-04
FT_ETAR6	Ucha (Gandra)	417036153	4170361528	8340723056	3,4969E-06
FT_ETAR7	Varzea	277210720	2772107198	5544214396	2,9498E-06
FT_ETAR8	Areias de Vilar	358333333	3583333333	7166666667	2,1802E-06
FT_ETAR9	Esposende	336538233	3365382330	6730764661	6,7564E-05
FT_ETAR12	Caldelas	1422556839	14225568387	28451136774	2,5592E-06
FT_ETAR13	Palmeira	422453704	4224537037	8449074074	2,8767E-05
FT_ETAR14	Frossos	422452865	4224528649	8449057298	2,7699E-06
FT_ETAR15	Ruães	410633427	4106334275	8212668549	2,9857E-05
FT_ETAR16	Cabreiros	501283368	5012833678	10025667355	2,9920E-05
FT_ETAR20	Fão (Compacta)	125435987	1254359869	2508719737	1,1917E-05
FT_ETAR21	Oliveira	408530850	4085308503	8170617005	2,7240E-06
FT_ETAR22	Pousa	296625344	2966253444	5932506887	5,3261E-07
FT_ETAR24	Barqueiros	416751174	4167511737	8335023474	3,4910E-06
FT_ETAR25	Moure	617647059	6176470588	12352941176	1,6865E-07
FT_ETAR26	Barcelinhos	384583333	3845833333	7691666667	9,6560E-06
FT_ETAR27	Carvema	167692308	1676923077	3353846154	1,7093E-05
FT_ETAR28	Prado	217261905	2172619048	4345238095	1,3960E-05
FT_ETAR29	Vila Verde	286018056	2860180556	5720361111	1,6850E-05
FT_ETAR38	Adaúfe (Parque Industrial)	109429825	1094298246	2188596491	7,9167E-06

Considerou-se ainda que a concentração de OD seria 0 mg/L e a temperatura das descargas seria igual à temperatura da água do rio no local da descarga. Por último, assumiu-se que o balanço hídrico em todas as ETAR era nulo, ou seja, o caudal efluente é, em todas as situações, igual ao afluente (VIEIRA et al., 2007).

Em anexo são apresentados os quadros que permitem o cálculo dos caudais a introduzir no modelo matemático que será usado.

Na quantificação das cargas poluentes provenientes das indústrias utilizou-se um método indireto que consiste na utilização de coeficientes representativos da carga poluente produzida num determinado sector industrial. Uma vez que não foi encontrada informação sobre os efluentes das indústrias licenciadas. Foram adotados os coeficientes apresentados nos Planos da Bacia hidrográfica (PBH) dos rios Lis e Vouga (Quadro 3.4), baseados em informação recolhida na área de estudo e coeficientes específicos extraídos de estudos como Cartaxo et al. (1985). (VIEIRA et al., 2007)

Quadro 3.4 – Coeficientes específicos de emissão para as atividades industriais.

CAE	Sector de Actividade	Caudal (m ³ /dia/trab)	CBO (Kg/dia)
3111	Abate de Animais	1,57	2,35
3211	Preparação e Fiação de Fibras, Tecelagem e Acabamento de Tecidos	0,1	0,15
3212	Confecção de Obras Têxteis	0,05	0,03
3320	Fabricação de Mobiliário, Portas, Janelas	0,02	0
51341	Armazém de Vinhos - Produtor	2	3
51341	Armazém de Vinhos	0,5	0,25
351312	Fabrico de Polimeros, PVC, etc.	0,6	1,8
369930	Fabrico de Artigos de Cimento e Marmorite	0,04	0,01
381130	Serrelharia Civil, Tornearia, Ferraria e Afins	0,03	0
951300	Oficina de Reparação Automóvel	0,05	0,07

Foi então usado o caudal médio descarregado por trabalhador e por atividade industrial, estimou-se o número de trabalhadores para cada empresa, usando-se o caudal rejeitado (valor da base de dados de licenciamento) (Quadro 3.5). No que respeita à carga bacteriológica dos efluentes industriais foi definida pelo número de trabalhadores estimados. Os resultados em geral são bons, com exceção para as indústrias como tinturarias ou acabamentos de tecidos, visto que apresentam caudais rejeitados de elevado valor, o que leva a um número de trabalhadores demasiado elevado. Sendo assim considerou-se o número de trabalhadores igual à média do número de trabalhadores das empresas do mesmo ramo de atividade. (VIEIRA et al., 2007)

No Quadro 3.5 apresenta-se os valores estimados relativos as indústrias.

Quadro 3.5 – Estimativa da carga poluente nas indústrias

ID_Modelo	Designação	Caudal	Nºtrabalhadores	CBO	Estreptococos Fecais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	CBO	Qind
		(m ³ /dia/trab)	(calc.)	(Kg/dia)	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml	(Kg/dia)	(m ³ /dia)
FT_IND 2	SAPECAL - Sociedade Agro-Pecuária do Cávado	1,57	38	2,35	7,60E+09	7,60E+10	1,52E+11	89,3	59,66
FT_IND 3	Adega Cooperativa de Barcelos	2	24	3	4,80E+09	4,80E+10	9,60E+10	72	48
FT_IND 4	António Barroso Malhas, Lda	0,1	220	0,15	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	33	22
FT_IND 5	Avelino dos Santos e Rosa Braga, Lda	1,57	127	2,35	2,54E+10	2,54E+11	5,08E+11	298,45	199,39
FT_IND 7	Campelo - Joaquim Miranda Campelo e Filhos, Lda	0,5	24	0,25	4,80E+09	4,80E+10	9,60E+10	6	12
FT_IND 12	P e R Texteis, Lda	0,05	200	0,03	4,00E+10	4,00E+11	8,00E+11	6	10
FT_IND 13	Quinta e Santos, Lda	0,1	240	0,15	4,80E+10	4,80E+11	9,60E+11	36	24
FT_IND 14	Sogrape - Vinhos de Portugal, S.A.	0,5	20	0,25	4,00E+09	4,00E+10	8,00E+10	5	10
FT_IND 15	Tinamar - Tinturaria e Acabamentos Texteis, Lda	0,1	220	0,15	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	33	22
FT_IND 17	Aluminios Navarra, S.A.	0,03	66	0	1,32E+10	1,32E+11	2,64E+11	0	1,98
FT_IND 18	Carpincasais - Sociedade Tecnica de Carpintarias, S.A.	0,02	66	0	1,32E+10	1,32E+11	2,64E+11	0	1,32
FT_IND 19	Desicolor - Motivos Decorativos Texteis, Lda	0,1	200	0,15	4,00E+10	4,00E+11	8,00E+11	30	20
FT_IND 21	Moda 21 - Acabamentos Texteis, Lda	0,1	220	0,15	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	33	22
FT_IND 22	Postereda - Postes Electricos, Lda	0,03	33	0	6,60E+09	6,60E+10	1,32E+11	0	0,99
FT_IND 23	Quinta da Casa de Penela - Sociedade Vinicola, Lda	2	2	3	4,00E+08	4,00E+09	8,00E+09	6	4
FT_IND 24	Saniflex - Artigos Sanitários, Lda	0,6	5	1,8	1,00E+09	1,00E+10	2,00E+10	9	3
FT_IND 26	João Fernandes da Silva	0,05	220	0,03	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	6,6	11
FT_IND 29	Viganor - Carvalho e Ca. Lda.	0,05	20	0,01	4,00E+09	4,00E+10	8,00E+10	0,2	1

A carga bacteriológica dos efluentes industriais foi obtida pelo número de trabalhadores estimados. (VIEIRA et al., 2007)

3.4. Estimação de Cargas Poluentes Difusas

Para se obter as cargas poluentes de origem difusas foi usado o método dos coeficientes de exportação, como já foi referido anteriormente é um método de aplicação simples, uma vez que os fatores que causam o movimento dos poluentes estão todos combinados num único termo, coeficiente de exportação. Sendo assim foi dividida a Bacia hidrográfica do rio Cávado em freguesias que representam a célula de área A_j , que se encontra associada a determinados usos do solo, depois determina-se para cada poluente (NT, PT, CBO₅, COLI. T) a sua carga difusa total, através do método dos coeficientes de exportação.

$$P_{Di} = \sum_{j=1}^n p_{ij} \times A_j \quad (4)$$

P_{Di} é a carga poluente difusa i na freguesia;

p_{ij} é o coeficiente de exportação do poluente i na célula j ;

A_j é a área da célula na freguesia com uso j .

Os coeficientes para zonas rurais foram adaptados de Castro (1986), com exceção para os Coliformes Totais, que foram adaptados SMA (2003), assim como os coeficientes relativos as zonas urbanas. Os valores dos coeficientes adotados encontram-se representados no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 – Coeficientes de exportação de poluentes

Uso do Solo	NT	PT	CBO ₅	COLI.T
	(kg/ha/ano)			(NMP/ha/ano)
Rural				
Culturas	4,3 - 37,0	0,18 - 4,6	4,0 - 31,0	1,50E+10
Terra Desocupada	0,5 - 6,0	0,05 - 0,25	0	0
Floresta	1,0 - 6,3	0,01 - 0,86	4,0 - 7,0	9,90E+08
Pastagem	2,5 - 14,0	0,01 - 0,66	6,0 - 17,0	1,50E+10
Urbano	NT	PT	CBO _T	COLI.T
Residencial	1,274	0,034	9,535	1,00E+09
Comercial	2,548	0,135	19,07	1,00E+09
Industrial	1,784	0,081	13,349	1,00E+09

Os vários tipos de uso do solo foram obtidos pela carta Corine Land Cover 2006 (CLC06), através do *site* de Internet <http://www.igeo.pt>. Na Figura 3.15 está representada a distribuição espacial do uso do solo na área em estudo e representadas as várias freguesias presentes na Bacia hidrográfica do rio Cávado.

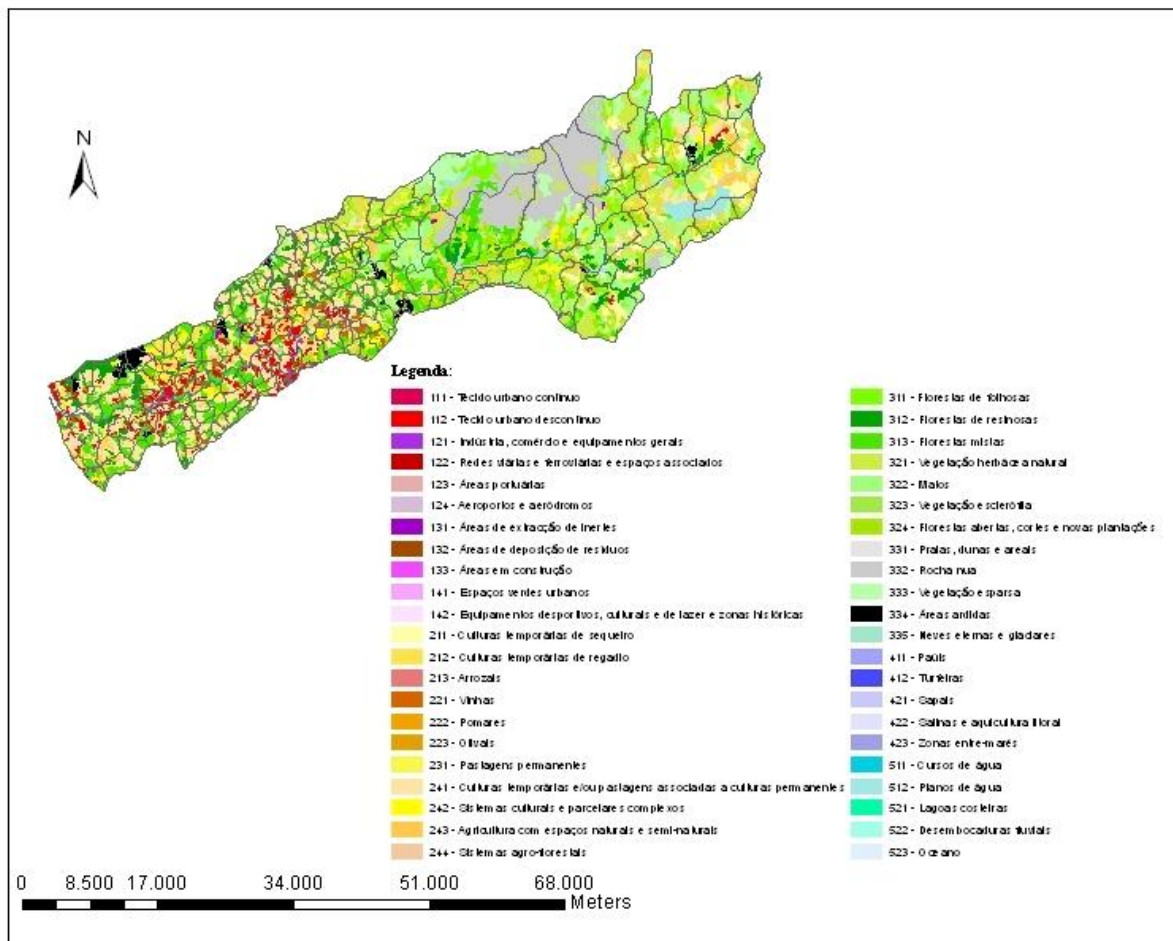


Figura 3.15 – Usos de solo presentes na Bacia hidrográfica do rio Cávado e respetiva divisão por freguesias

Através do *shapefile* da carta CLC06 e também do *shapefile* das freguesias da Bacia hidrográfica do Rio Cávado, foi obtido os diferentes usos do solo para cada freguesia, usando-se a ferramenta de interseção do ArcGis 10. Sendo assim obteve-se a área de cada tipo de uso de solo nas várias freguesias. Depois de ter a respetiva área da freguesia dividida por tipo de uso de solo, procedeu-se ao cálculo das respetivas cargas poluentes de origem difusa, através do uso dos coeficientes de exportação, como já foi referido anteriormente. Em anexo apresenta-se alguns exemplos desse cálculo, não tendo sido possível anexar todos os dados, uma vez que o número de freguesias é demasiado extenso.

Nos Quadros 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11 são representados os valores resumo para todas as freguesias das cargas poluentes.

Quadro 3.7 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia

Freguesias	N _T	P _T	CBO ₅	COLI.T
	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(NMP/ano)
Abade de Neiva	9063,624522	965,0109121	8769,682773	5,41E+12
Abadim	12798,21319	1382,081925	11728,177	7,42E+12
Aboim da Nóbrega	9063,967697	855,1650272	10430,30612	7,41E+12
Aborim	3822,966032	419,1784411	5294,099474	1,81E+12
Adães	4395,927835	463,9977665	3726,270875	2,78E+12
Adaúfe	13708,00754	1435,304839	14360,2035	8,40E+12
Águas Santas	4758,20713	503,2011859	3860,156777	3,02E+12
Airó	4207,046068	449,0514298	3607,583783	2,57E+12
Ajude	1659,554209	184,3097098	1760,322679	8,37E+11
Alheira	8029,670118	868,5348856	7424,573976	4,62E+12
Alturas do Barroso	32506,20525	3343,70368	31696,01686	2,18E+13
Aldreu	0,061498161	0,007413477	0,092668462	1,67E+07
Alvelos	4342,956752	445,5483998	5213,668956	2,70E+12
Alvito (S. Martinho)	2691,892481	282,7455115	2092,902588	1,76E+12
Alvito (S. Pedro)	6092,921848	659,452331	5652,919529	3,50E+12
Amares	1737,549866	174,7451899	2383,639218	1,09E+12
Anjos	9497,148246	1083,621343	11431,28082	4,08E+12
Apúlia	14329,30822	1490,855384	14218,35273	9,07E+12
Arcozelo (Barcelos)	3586,904072	352,1663802	5493,778911	2,29E+12
Arcozelo (Vila Verde)	3923,595953	412,9821698	4162,858012	2,36E+12
Areias	815,9604666	82,36458677	2406,127192	2,90E+11
Areias de Vilar	7491,834917	793,271433	6820,713579	4,62E+12
Atães	5230,953702	560,8329649	4602,755261	3,13E+12
Atiães	5023,654144	539,0515822	4450,289986	3,00E+12
Balança	4094,660862	441,0003789	3696,690806	2,40E+12
Barbudo	5745,020585	603,4567711	5881,715439	3,51E+12
Barcelinhos	3666,96782	371,5953179	4472,940765	2,35E+12
Barcelos	707,3573916	64,94909512	1427,685947	4,66E+11
Barqueiros	9649,63523	1023,472986	9602,152609	5,78E+12
Barreiros	5250,937556	553,2049454	4230,796609	3,37E+12
Barros	3699,451853	402,7845353	3544,366215	2,07E+12
Bastuço (S. João)	2435,190447	260,9774163	2137,580094	1,46E+12
Bastuço (Santo Estevão)	2943,5831	314,1175081	2520,649374	1,80E+12
Besteiros	3350,13285	349,7508361	3128,358773	2,13E+12
Bico	3573,714783	379,5743469	2976,258847	2,23E+12
Bouro (Santa Maria)	8047,150158	866,7016714	7265,638304	4,72E+12
Bouro (Santa Marta)	6896,066614	756,8019578	6888,160294	3,70E+12
Braga (Maximinos)	1556,26355	148,2421181	2818,101155	9,97E+11
Braga (Sé)	71,92299208	3,240936606	538,2933512	3,67E+10
Braga (S. João de Souto)	32,71572438	0,873104104	244,8543422	2,57E+10
Braga (S. José de S. Lázaro)	306,4458744	10,06548267	2293,377372	2,17E+11
Braga (S. Vicente)	620,9512686	42,46743654	3633,882254	2,55E+11
Braga (S. Victor)	1667,62364	135,3575682	5696,307378	1,00E+12
Brufe	2628,982323	279,877164	3908,763486	1,44E+12
Bucos	13665,87645	1513,173513	14281,46973	7,01E+12

Quadro 3.8 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia

Freguesias	N _T	P _T	CBO ₅	COLI.T
	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(NMP/ano)
Cabanelas	9932,228855	1040,775753	9242,536894	6,27E+12
Cabeceira de Bastos	19564,57499	2159,765514	20137,91547	1,02E+13
Cabreiros	4006,014657	414,723402	4318,144583	2,51E+12
Cabril	27291,73778	3059,42086	30284,56725	1,31E+13
Caires	5701,850857	612,6789164	5098,735152	3,38E+12
Caldelas	5451,579656	583,3222057	4742,107359	3,29E+12
Cambeses	3866,610903	405,6667725	4277,59176	2,32E+12
Cambeses do Rio	9811,843701	992,9565	10122,2011	6,85E+12
Campo	3915,907233	414,1019448	3175,779341	2,49E+12
Campo do Gerês	15791,40254	1868,711819	23718,63052	4,97E+12
Campos	11098,64532	1222,227986	11284,25911	5,86E+12
Cançada	5109,797391	563,6869562	5241,110574	2,67E+12
Cantelães	8477,549361	939,2946786	9229,14301	4,27E+12
Carapeços	4646,49338	491,7591593	4327,153615	2,85E+12
Carrzedo	3918,636885	412,0248516	3732,380494	2,44E+12
Carreira	5590,957102	586,1733268	4932,965594	3,57E+12
Carreiras (S. Miguel)	3272,551238	346,6891946	2683,233633	2,06E+12
Carreiras (Santiago)	2985,227304	320,6194766	2653,07652	1,77E+12
Carvalhal	3567,105314	370,4876492	3831,064108	2,22E+12
Carvalheira	6615,276518	692,4841899	7289,671664	4,12E+12
Carvalhos	3845,124432	415,4162635	3532,1231	2,23E+12
Cerdedo	15423,23556	1685,841603	15572,94795	8,39E+12
Cervães	10590,22062	1117,211026	11628,92293	6,26E+12
Cervos	31966,73139	3388,86106	31116,54397	1,96E+13
Chã	66411,0478	6877,999084	57446,76458	4,46E+13
Chamoim	4823,226122	481,97063	5939,925365	3,38E+12
Chavão	3611,180292	384,8600994	3068,888746	2,22E+12
Choreense	7605,864737	806,6631723	7563,909573	4,63E+12
Chorente	7851,154782	830,9749098	6401,370683	4,97E+12
Cibões	8259,793752	800,4825963	11691,08574	6,10E+12
Codeceda	2773,886718	305,5185185	2822,478922	1,46E+12
Contim	10462,19881	1147,888628	10437,27576	5,62E+12
Coucieiro	6416,435637	682,0081272	5388,220483	3,99E+12
Courel	6920,780213	733,7115983	5699,623864	4,35E+12
Couto	2078,577127	222,3719256	1806,32806	1,26E+12
Cova	4529,152533	488,4680377	4120,565898	2,64E+12
Covelães	15940,21894	1717,142721	15727,01532	9,20E+12
Covelas	4083,440894	435,6854623	3493,475277	2,50E+12
Covelo do Gerês	5347,296949	525,7162443	6596,200902	3,91E+12
Covide	10358,68287	1139,71613	10483,76514	5,49E+12
Creixomil	6012,833917	641,1687073	5126,49907	3,69E+12
Crespos	6575,42078	695,1498961	5323,600465	4,18E+12
Cristelo	15609,95986	1641,098745	12344,47907	1,01E+13
Cunha	4647,732002	494,9152856	4049,94084	2,85E+12
Curvos	4889,114445	527,1253824	4440,321742	2,86E+12

Quadro 3.9 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia

Freguesias	N _T	P _T	CBO ₅	COLI.T
	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(NMP/ano)
Donões	15260,22818	1658,860415	14497,09175	8,58E+12
Dornelas (Amares)	4667,123036	498,3789124	4012,439935	2,85E+12
Dornelas (Boticas)	20868,2753	2308,156713	24718,98395	1,04E+13
Dossãos	4201,736433	448,556981	3606,42979	2,56E+12
Duas Igrejas	12155,41982	1241,249458	12713,16769	8,26E+12
Dume	5739,233214	584,1300333	6936,273839	3,64E+12
Eira Vedra	6027,305065	648,0697332	5855,698484	3,49E+12
Encourados	4474,076704	484,0238381	4306,61125	2,55E+12
Escariz (S. Mamede)	4438,929018	475,3005873	3883,634019	2,67E+12
Escariz (S. Martinho)	3354,141702	357,6812144	2860,554184	2,06E+12
Esposende	1151,412224	110,9768433	2143,034173	7,08E+11
Esqueiros	2409,538578	256,8784887	2261,279727	1,44E+12
Este (S. Mamede)	5690,288141	610,8553492	6735,442626	3,11E+12
Este (S. Pedro)	3367,070655	353,0460553	3734,75848	2,02E+12
Estela	18543,35099	1929,875566	16577,78354	1,20E+13
Fão	3133,89012	323,4244226	5180,176157	1,68E+12
Faria	5008,081023	535,1357808	4321,916502	3,04E+12
Feitos	2129,958867	227,7528286	1845,522925	1,29E+12
Ferral	11576,37261	1275,995375	11824,42993	6,08E+12
Ferreiros (Amares)	4353,690375	446,2906684	4691,406983	2,81E+12
Ferreiros (Póvoa de Lanhoso)	4659,399132	506,6031235	4693,17413	2,58E+12
Fervidelas	5378,077173	522,9440817	5392,483941	4,19E+12
Fiães do Rio	3526,401217	362,6120408	4151,263453	2,29E+12
Figueiredo	5577,126563	587,3319052	4694,922387	3,55E+12
Fiscal	5780,780816	615,2696455	4874,370191	3,57E+12
Fonte Boa	7841,111027	813,0176334	8823,394948	4,84E+12
Fonte Coberta	3191,181979	338,7435595	2674,633874	1,99E+12
Fornelos	5332,42807	566,6097697	4920,575728	3,24E+12
Fragoso	1,363073999	0,16431577	2,053947122	3,70E+08
Freiriz	6520,490587	703,8859577	5962,944059	3,79E+12
Friande	4042,05525	439,8508777	3861,547123	2,26E+12
Frossos	1515,507266	149,4423189	2383,705632	9,49E+11
Galegos (S. Martinho)	3269,344114	340,6497268	4054,339185	1,93E+12
Galegos (Santa Maria)	4208,02934	435,331545	5620,33853	2,46E+12
Gamil	3070,614575	330,090846	3322,528644	1,72E+12
Gandra	6616,370913	686,8071263	6753,989583	4,19E+12
Geme	2213,380374	232,4991356	2154,505561	1,37E+12
Gemeses	7066,015758	751,2400462	6228,381771	4,34E+12
Geraz do Minho	6439,211503	686,5651735	5486,752515	3,95E+12
Gilmonde	5919,99999	613,7455636	7385,856939	3,53E+12
Goães	4774,748114	506,8893047	3964,739005	2,98E+12
Godinhaços	6504,140762	706,5151486	6204,396601	3,67E+12
Goios	5526,206296	580,9158924	4564,881015	3,55E+12
Gomide	3057,961118	333,7423312	2967,442596	1,69E+12
Gondiães	2755,375366	298,7339172	2580,500866	1,57E+12
Gondizalves	2684,629186	277,8555139	2736,895371	1,71E+12
Gondomar	1165,008542	89,22903397	1682,610282	1,31E+12
Gondoriz	6612,353219	678,4752762	6770,171494	4,44E+12
Gralhas	19307,2906	2113,555136	19035,75268	1,05E+13
Gualtar	870,1524165	63,83492741	4639,183004	3,61E+11

Quadro 3.10 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia

Freguesias	N _T	P _T	CBO ₅	COLI.T
	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(NMP/ano)
Padim da Graça	2595,132456	272,725025	3709,149448	1,41E+12
Padornelos	15585,75018	1688,466443	15277,14933	8,78E+12
Padroso	8840,562444	984,5130036	9503,477293	4,39E+12
Palme	5325,034543	583,0474346	5868,249039	2,79E+12
Palmeira	10376,35604	1056,572468	13409,72619	6,44E+12
Palmeira de Faro	7528,49828	786,8938332	7677,12013	4,67E+12
Panoias	2141,413088	218,6405312	2399,257295	1,38E+12
Parade de Gatim	3663,116672	390,0799806	3098,204456	2,26E+12
Parada de Tibães	3374,81769	350,0975874	3193,046167	2,18E+12
Parada do Bouro	4973,8134	550,1245233	5169,275761	2,57E+12
Paradela (Barcelos)	10885,5567	1165,560677	9506,507031	6,56E+12
Paradela (Montalegre)	5107,261854	481,6304407	7163,420711	4,01E+12
Paranhos	3117,085722	344,799319	3241,304046	1,61E+12
Paredes Secas	2016,918761	217,3807717	1828,222639	1,18E+12
Passo	3931,506938	419,4794922	3363,714544	2,41E+12
Passos (S. Julião)	2858,176556	304,4598417	2447,808845	1,76E+12
Pedralva	8350,319552	903,4723995	7928,51833	4,77E+12
Pedregais	2781,422333	298,4184429	2457,279401	1,66E+12
Penascais	3771,942003	400,2707909	3124,521361	2,36E+12
Pereira	2682,751606	285,0461195	3594,286058	1,44E+12
Perelhal	6143,136958	660,3996776	6759,751059	3,42E+12
Pico	4869,776239	515,0214637	3951,672855	3,09E+12
Pico de Regalados	5235,286416	552,4218356	4293,496647	3,34E+12
Pitões das Junias	11851,51019	1250,830333	14475,91482	7,03E+12
Pondras	13070,16219	1403,024741	11581,24881	7,79E+12
Ponte	4319,93129	463,2022549	3803,204325	2,59E+12
Portela	1865,720924	203,7621444	1817,054261	1,03E+12
Portela das Cabras	2441,041192	265,3844391	2320,449621	1,37E+12
Pousa	5931,061195	629,5038368	7072,175343	3,35E+12
Pousada	4989,03067	532,3540208	4270,39292	3,05E+12
Prado (S. Miguel)	7006,592502	751,0851087	6159,430751	4,20E+12
Prozelo	4970,154791	523,0000753	3918,108272	3,22E+12
Rates	20523,55451	2170,374973	18394,1407	1,27E+13
Real	1752,901373	172,7460753	2770,751329	1,10E+12
Reigoso	14585,8381	1598,060844	14467,15078	7,89E+12
Remelhe	8390,008977	895,4848545	7276,231683	5,11E+12
Rendufe	6562,810686	689,2029316	5096,451034	4,29E+12
Rendufinho	6244,742823	681,5382256	6714,33545	3,34E+12
Ribeira	2910,316596	310,4853778	2488,298817	1,78E+12
Rio Caldo	10691,37738	1177,449419	10873,53892	5,64E+12
Rio Covo (Santa Eugénia)	3597,177614	369,4402768	4374,521541	2,22E+12
Rio Covo (Santa Eulália)	5477,308113	584,8979215	5075,32064	3,28E+12
Rio Tinto	6812,172527	721,013376	5700,502519	4,29E+12
Roriz	8812,790025	931,3989132	8376,977873	5,40E+12
Rossas	28164,17047	3081,49789	27692,2044	1,54E+13
Ruivães	22360,25772	2481,024846	23609,82067	1,13E+13

Quadro 3.11 – Cargas Poluentes de Origem Difusa por Freguesia

Freguesias	N _T	P _T	CBO ₅	COLI.T
	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(kg/ha/ano)	(NMP/ano)
S. João de Rei	4774,236214	523,4693366	4746,453763	2,58E+12
Sabariz	3061,103713	324,5826422	2676,934571	1,90E+12
Salamonde	5487,564443	614,1575721	6042,228682	2,65E+12
Salto	59797,03194	6603,197849	63797,52769	3,07E+13
Sande	4823,914105	518,4385926	4303,188467	2,86E+12
Santa Lucrécia de Algeris	3878,492292	417,2211388	3979,89778	2,21E+12
Semelhe	4153,73576	443,6214115	3574,1048	2,53E+12
Sequeade	3713,288277	394,0454346	3075,881311	2,32E+12
Sequeira	5237,855081	549,3075126	5698,900373	3,16E+12
Sequeiros	3062,089582	333,9174152	2958,495375	1,70E+12
Seramil	3163,687668	347,2342804	3161,872183	1,70E+12
Sezelhe	9613,95804	1048,970055	10182,45183	5,22E+12
Silva	3929,066493	410,9734494	3458,705338	2,53E+12
Silveiros	6304,094376	662,8717313	5556,849844	3,99E+12
Soengas	1981,326768	215,4582492	1885,933914	1,11E+12
Soutelo	6889,305092	708,2284995	7152,636633	4,45E+12
Souto	4423,356723	477,9284659	4065,243797	2,56E+12
Tabuaças	7016,131077	743,9472931	8280,839388	4,08E+12
Tadim	2059,792527	222,6390054	2555,587408	1,08E+12
Tamel (S. Pedro Fins)	4239,807372	448,8257812	3460,645816	2,68E+12
Tamel (S. Veríssimo)	3966,573139	401,2799708	5288,159852	2,47E+12
Tamel (Santa Leocadia)	3186,535618	336,2216903	2548,989724	2,04E+12
Torre	2791,650107	295,0480468	2256,244744	1,78E+12
Tourim	11616,05778	1234,777478	12788,11176	6,88E+12
Travassos	4123,847718	441,5539128	4342,18162	2,36E+12
Turiz	4795,630238	499,2515901	5189,852215	2,96E+12
Ucha	6255,67833	655,9966697	5818,621855	3,94E+12
Valbom (S. Martinho)	2901,813069	307,1223364	2365,555664	1,84E+12
Valbom (S. Pedro)	2582,743789	274,474665	2158,206979	1,61E+12
Valdosende	8278,930675	921,6198516	8883,365567	4,12E+12
Valdreu	17519,97325	1882,55478	16879,84451	1,03E+13
Varzea	4748,73714	498,2459424	4307,23527	3,01E+12
Venda Nova	5057,478885	558,736578	5226,056886	2,62E+12
Ventosa	4937,597028	530,0511341	4376,140778	2,94E+12
Verim	3394,596638	364,0092764	2989,753181	2,03E+12
Viade de Baixo	36973,08269	3867,930427	35159,03556	2,37E+13
Vila Boa	3898,562791	403,5753842	3816,503096	2,51E+12
Vila Chã	6439,660505	691,5312962	8330,634446	3,39E+12
Vila Cova	14651,4447	1564,225472	13479,20617	8,79E+12
Vila da Ponte	11920,26823	1237,538196	11167,16647	7,85E+12
Vila de Prado	7746,67025	788,7818104	9134,948584	4,95E+12
Vila Frescainha (S. Martinho)	3310,428047	335,8440473	4671,056226	2,01E+12
Vila Frescainha (S. Pedro)	1586,713297	157,488459	3275,518449	8,47E+11
Vila Seca	6519,100596	678,3513633	6458,222976	4,13E+12
Vila Verde	3196,81445	317,8114739	5146,537568	1,94E+12
Vilaça	2295,427912	238,0436117	2418,393964	1,44E+12
Vilar	3022,361966	314,8965103	3496,199787	1,89E+12
Vilar da Veiga	20103,86053	2332,4185	26011,8667	7,69E+12
Vilar das Almas	6495,088629	693,3077116	5571,264327	3,97E+12
Vilar de Figos	5355,137382	578,2788946	4906,294188	3,11E+12
Vilar do Monte	3102,972554	338,2318039	2991,23132	1,72E+12
Vilarinho	1804,581522	192,7004646	1551,356282	1,10E+12
Vilela	3665,541566	392,4942511	3201,631621	2,21E+12

As freguesias foram distribuídas nas sub-bacias de modo a localizar a zona onde serão emitidas as cargas poluentes de origem difusa, ao longo da Bacia hidrográfica do rio Cávado. Na Figura 3.16 é representado a distribuição espacial por sub-bacia das respetivas freguesias e na Figura 3.17 é representada a localização onde as cargas de poluição difusa dão entrada no modelo matemático criado no SOBEK.

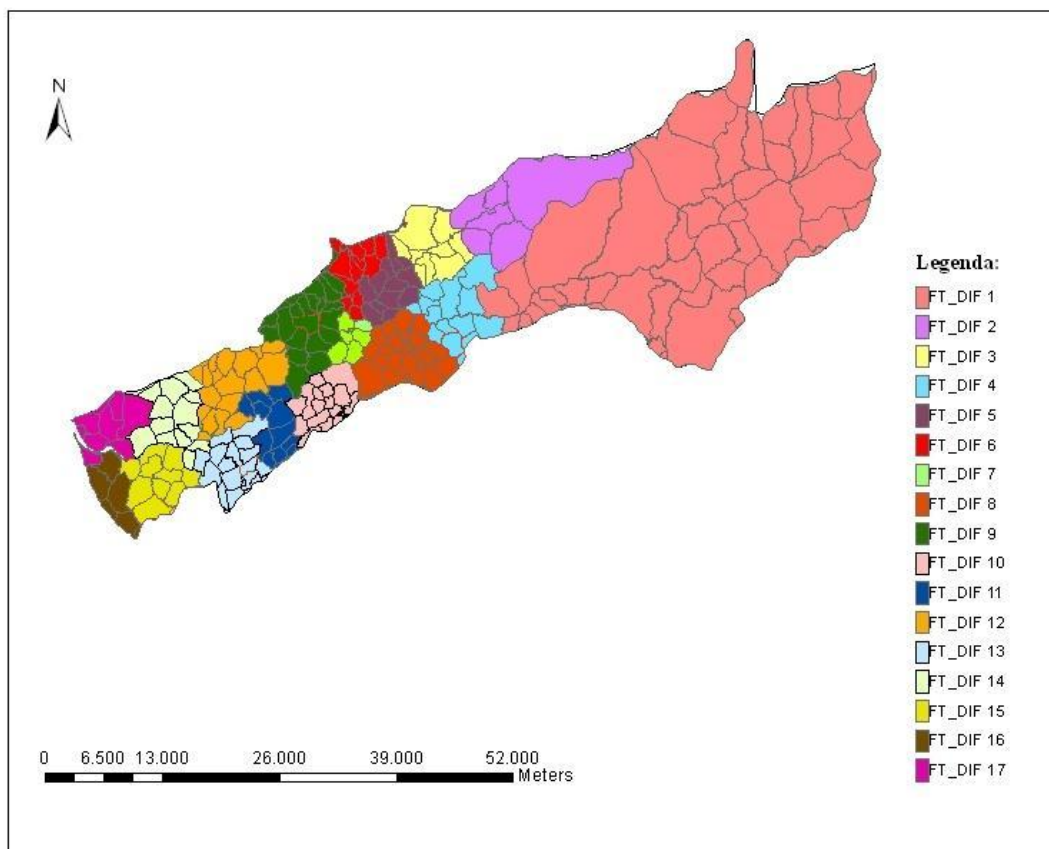


Figura 3.16 – Distribuição das Freguesias por sub-bacia

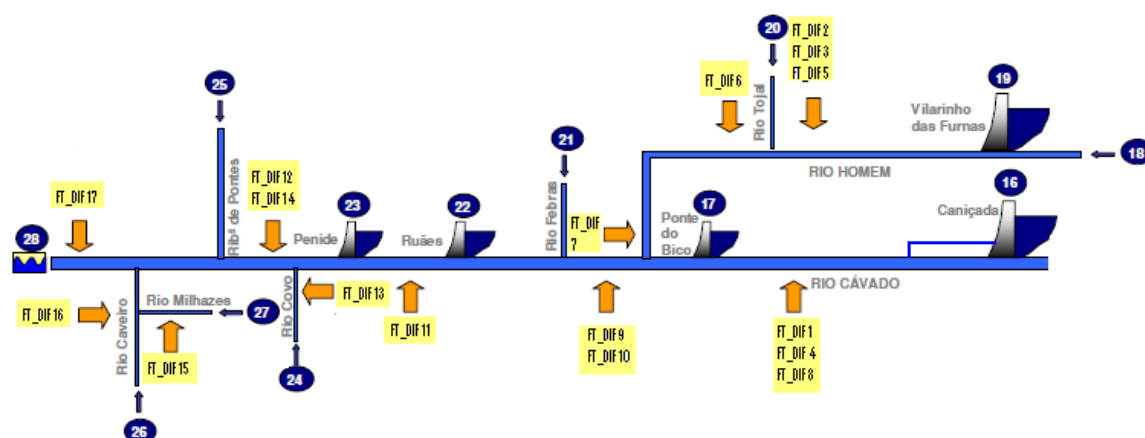


Figura 3.17 – Localização das fontes de poluição pontual na Bacia hidrográfica do rio Cávado, Difusas

3.5. Modelo Hidrodinâmico e de Qualidade da Água (SOBEK)

Como já foi referido anteriormente o modelo matemático considerado para a avaliação da qualidade de água na Bacia hidrográfica do Rio Cávado foi o SOBEK. Este modelo permite a análise da qualidade da água através de um sistema de modelação matemática em que se distingue duas situações, o diagnóstico e o estabelecimento de cenários de modelação.

O programa SOBEK pode ser usado para simular cenários de hidrodinâmica e de qualidade da água em rios. Quando se começa a desenvolver um cenário de simulação, temos de começar pela criação de uma rede unidimensional que será constituída por trechos e nós, que são numerados. Esta rede tem de estar o mais coincidente possível com o alinhamento principal do rio em estudo. Este alinhamento pode ser obtido através de cartas topográficas ou sistemas de informação geográfica (SIG), quando disponível, se tal não acontecer poderá ser obtida através de ferramentas como o Google Earth. De seguida passa-se para a definição das cotas topográficas e define-se as secções transversais do rio em estudo. Define-se por fim as condições de fronteira do modelo em estudo. No fim será necessário proceder á calibração do modelo e á sua validação. Terão de ser obtidos os valores dos parâmetros de calibração, se não houver informação das séries de dados (velocidade/caudais e níveis da superfície livre), os dados de calibração devem ser adotados de trabalhos idênticos e realiza-se uma análise de sensibilidade desses valores.

3.5.1. Hidrodinâmica

No que consiste á hidrodinâmica do sistema em análise, esta foi feita com base no trabalho desenvolvido no relatório Diagnóstico Atual e Previsão Futura da Qualidade da Água da Bacia do Rio Cávado Através de Modelação Matemática (VIEIRA et al., 2007), com a diferença que foram considerados somente os caudais médios anuais, os caudais médios de Inverno e os caudais médios de Verão. Deste modo foram criados três cenários distintos. No Quadro 4.1 são representados os cenários considerados no modelo hidrodinâmico.

Os cenários hidrodinâmicos em análise dependem da pluviosidade da região, que é bastante elevada, e também do tipo de exploração dos sistemas hidroelétricos.

Quadro 4.1 – Cenários Hidrodinâmicos

Estrutura do Modelo	Designação	Variáveis	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	Descrição do Cenário		Caudais de Inverno	Caudais de Verão	Caudais Médios
	Rio Cávado	Caudal Afluyente (m ³ /s)	83,3	22,3	50,3
16	Albufeira Caniçada	Abertura da comporta 1 (m)	0	0	0
		Abertura da comporta 2 (m)	0	0	0
		Abertura da comporta 3 (m)	0	0	0
		Abertura da comporta 4 (m)	0	0	0
		Abertura da descarga de fundo (m)	0	0	0
		Abertura da turbina 1 (m)	2,13	0,54	1,23
		Abertura da turbina 2 (m)	2,13	0,54	1,23
17	Aproveitamento da Ponte do Bico	Abertura da comporta 1 (m)	2,5	2,5	2,5
		Abertura da comporta 2 (m)	2,5	2,5	2,5
		Abertura da comporta 3 (m)	2,5	2,5	2,5
		Abertura da comporta 4 (m)	2,5	2,5	2,5
		Abertura da comporta 5 (m)	2,5	2,5	2,5
		Abertura da comporta 6 (m)	2,5	2,5	2,5
		Abertura da comporta 7 (m)	2,5	2,5	2,5
		Abertura da Turbina (m)	0,5	0,5	0,5
18	Rio Homem	Caudal Afluyente (m ³ /s)	9,8	1,4	3,9
19	Albufeira de Vilarinho das Furnas	Abertura comporta 1 (m)	0	0	0
		Abertura comporta 2 (m)	0	0	0
		Abertura Descarga de Fundo (m)	0,13	0,02	0,05
		Abertura da Turbina (m)	0,26	0,05	0,15
20	Rio Tojal	Caudal Afluyente (m ³ /s)	3,6	0,4	1,6
21	Rio Febras	Caudal Afluyente (m ³ /s)	2,5	0,3	1,1
22	Aproveitamento de Ruães	Abertura da Turbina (m)	0,5	0,5	0,5
23	Aproveitamento de Penide	Abertura da comporta 1 (m)	0	0	0
		Abertura da comporta 2 (m)	0	0	0
		Abertura da turbina 1 (m)	0,5	0,5	0,5
		Abertura da turbina 2 (m)	0,5	0,5	0,5
24	Rio Covo	Caudal Afluyente (m ³ /s)	2,3	0,2	1,0
25	Ribeira de Pontes	Caudal Afluyente (m ³ /s)	3,8	0,4	1,7
26	Rio Caveiro	Caudal Afluyente (m ³ /s)	2,2	0,2	1,0
27	Rio Milhazes	Caudal Afluyente (m ³ /s)	0,9	0,1	0,4

Uma vez que se pretende que os caudais simulados nos diferentes cenários tenham uma aproximação dos caudais estimados com base na monitorização, considerou-se para os pequenos afluentes o caudal resultante da contribuição das sub-bacias do rio Cávado logo a jusante. No caso do trecho compreendido entre a albufeira da Caniçada e o rio Febras, colocou-se o caudal resultante da contribuição dessa sub-bacia no afluyente a jusante, de modo a não haver uma grande alteração nos caudais descarregados/turbinados na barragem. (VIEIRA et al., 2007).

Na barragem da Caniçada a comporta de fundo foi considerada fechada, mas o mesmo não acontece na barragem de Vilarinho das Furnas, uma vez que os seus aproveitamentos hidrelétricos fazem as descargas para uma linha de água secundária. No que se refere as comportas das turbinas, não foram consideradas variações horárias de caudal turbinado, uma vez que foi considerado para o cálculo o caudal efluyente médio de cada aproveitamento. Para aproveitamentos de menos dimensão como o da Ponte do Bico e de Penide optou-se por considerar uma abertura das comportas que

oferecesse menor resistência ao escoamento, reduzindo desta forma a sua influência no sistema. (VIEIRA et al., 2007)

3.5.2. Cenários Simulados

Foram elaborados um conjunto de dezoito cenários de qualidade da água para proceder à modelação matemática da Bacia hidrográfica do rio Cávado, a jusante da Barragem da Caniçada. Os cenários consistem na variação entre a consideração das fontes de poluição ou não. Deste modo será possível a comparação entre cenários e saber qual a contribuição de cada fonte de poluição para o estado de degradação da qualidade da água na Bacia hidrográfica do rio Cávado. No Quadro 4.2 são representados os cenários considerados no modelo de qualidade da água.

Quadro 4.2 – Cenários de Qualidade

Cenário	Q _{rio}	ETAR	Indústrias	Difusas
C1	Médio	sim	não	não
C2	Verão	sim	não	não
C3	Inverno	sim	não	não
C4	Médio	sim	sim	não
C5	Verão	sim	sim	não
C6	Inverno	sim	sim	não
C7	Médio	sim	sim	sim
C8	Verão	sim	sim	sim
C9	Inverno	sim	sim	sim
C10	Médio	sim	não	sim
C11	Verão	sim	não	sim
C12	Inverno	sim	não	sim
C13	Médio	não	não	sim
C14	Verão	não	não	sim
C15	Inverno	não	não	sim
C16	Médio	não	sim	sim
C17	Verão	não	sim	sim
C18	Inverno	não	sim	sim

3.5.3. Calibração e Validação do Modelo Matemático

Uma vez que não obtive informação concreta para a calibração do modelo matemático criado, optei por usar valores das constantes de calibração idênticos aos utilizados em estudos semelhantes. Através da análise dos resultados das simulações, será feita uma análise de sensibilidade das constantes de calibração adotadas.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

As dezoito simulações de qualidade da água foram simuladas para sete dias com intervalos de tempo de quinze minutos. A análise dos resultados para cada simulação vai ser feita através da comparação das concentrações estimadas com as concentrações registadas. Vai-se comparar o Valor Máximo Recomendável com as concentrações bacteriológicas estimadas e também com as concentrações bacteriológicas registadas nas estações de qualidade de água.

4.1. Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas

Os valores estimados são obtidos no último resultado registado pela simulação, visto que é nesse instante em geral que as simulações atingem o equilíbrio dinâmico. Deste modo vamos usar esse valor para comparar com os valores registados numa mesma zona, zona essa onde se encontra localizada uma estação de qualidade que se encontre em funcionamento.

As simulações realizadas foram realizadas para prever o comportamento das concentrações bacteriológicas, uma vez que vem delas as maiores incertezas no que se refere à poluição da Bacia hidrográfica do rio Cávado. Sendo assim, como já foi referido simularam-se dezoito cenários distintos. Os cenários simulados variam nos caudais considerados e também nos valores das concentrações bacteriológicas dos diferentes tipos de poluição considerada. O caudal do rio Cávado também varia entre três caudais distintos (caudais médios anuais, caudais médios de Verão e caudais médios de Inverno).

Serão analisados alguns cenários simulados no modelo matemático hidrodinâmico e de qualidade da água.

O Quadro 5.1 refere-se ao cenário 1. Neste cenário foram usados caudais médios anuais e as concentrações bacteriológicas provenientes das estações de tratamento de águas residuais.

Quadro 5.1 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 1)

Cenário 1	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
Designação da Estação	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	2,52	54940,25	1,26	3369,26	0,13	698,04
Ponte Nova Barcelos	1,10	22088,96	0,55	6410,04	0,06	986,78
Penide	1,81	11119,20	0,90	1883,13	0,09	543,86
Ponte do Bico	0,87	2878,55	0,43	610,23	0,04	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	1,56	5450,04	0,78	970,15	0,08	188,78
Homem Fiscal	0,71	1860,13	0,35	367,32	0,04	103,34

O Quadro 5.2 refere-se ao cenário 2. Neste cenário foram usados caudais médios de Verão e as concentrações bacteriológicas provenientes das estações de tratamento de águas residuais.

Quadro 5.2 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 2)

Cenário 2	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
Designação da Estação	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	3,14	54940,25	1,57	3369,26	0,16	698,04
Ponte Nova Barcelos	1,33	22088,96	0,66	6410,04	0,07	986,78
Penide	3,64	11119,20	1,82	1883,13	0,18	543,86
Ponte do Bico	1,66	2878,55	0,83	610,23	0,08	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	3,03	5450,04	1,51	970,15	0,15	188,78
Homem Fiscal	0,46	1860,13	0,23	367,32	0,02	103,34

O Quadro 5.3 refere-se ao cenário 3. Neste cenário foram usados caudais médios de Inverno e as concentrações bacteriológicas provenientes das estações de tratamento de águas residuais.

Quadro 5.3 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 3)

Cenário 3	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
Designação da Estação	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	1,85	54940,25	0,93	3369,26	0,09	698,04
Ponte Nova Barcelos	0,86	22088,96	0,43	6410,04	0,04	986,78
Penide	1,20	11119,20	0,60	1883,13	0,06	543,86
Ponte do Bico	0,56	2878,55	0,28	610,23	0,03	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	0,87	5450,04	0,43	970,15	0,04	188,78
Homem Fiscal	0,49	1860,13	0,25	367,32	0,02	103,34

Através da análise e comparação entre as concentrações bacteriológicas estimadas e as concentrações bacteriológicas registadas nas estações de qualidade de água, podemos constatar que as concentrações estimadas são muito inferiores às concentrações registadas. Sendo assim pode-se concluir que as concentrações estimadas

foram subestimadas, uma vez que a diferença entre as concentrações estimadas e as concentrações registadas é de um valor muito elevado. No entanto também é importante referir que não foram consideradas todas as estações de tratamento de águas residuais.

No entanto podemos verificar que os valores de calibração não são um problema, uma vez, que através da comparação entre as contaminações bacteriológicas estimadas e registadas, estas seguem a mesma tendência.

O Quadro 5.4 refere-se ao cenário 7. Neste cenário foram usados caudais médios anuais e as concentrações bacteriológicas provenientes das estações de tratamento de águas residuais, as concentrações bacteriológicas provenientes das indústrias e as concentrações bacteriológicas provenientes das fontes difusas.

Quadro 5.4 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 7)

Cenário 7	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	1762,16	54940,25	881,08	3369,26	88,11	698,04
Ponte Nova Barcelos	1429,28	22088,96	714,64	6410,04	71,46	986,78
Penide	15,60	11119,20	7,80	1883,13	0,78	543,86
Ponte do Bico	184,54	2878,55	92,27	610,23	9,23	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	17,51	5450,04	8,76	970,15	0,88	188,78
Homem Fiscal	0,71	1860,13	0,35	367,32	0,04	103,34

O Quadro 5.5 refere-se ao cenário 8. Neste cenário foram usados caudais médios de Verão e as concentrações bacteriológicas provenientes das estações de tratamento de águas residuais, as concentrações bacteriológicas provenientes das indústrias e as concentrações bacteriológicas provenientes das fontes difusas.

Quadro 5.5 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 8)

Cenário 8	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	1748,28	54940,25	874,10	3369,26	87,41	698,04
Ponte Nova Barcelos	1477,92	22088,96	738,88	6410,04	73,89	986,78
Penide	29,65	11119,20	14,69	1883,13	1,47	543,86
Ponte do Bico	362,96	2878,55	181,52	610,23	18,15	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	48,61	5450,04	24,31	970,15	2,43	188,78
Homem Fiscal	0,44	1860,13	0,22	367,32	0,02	103,34

O Quadro 5.6 refere-se ao cenário 9. Neste cenário foram usados caudais médios de Inverno e as concentrações bacteriológicas provenientes das estações de tratamento

de águas residuais, as concentrações bacteriológicas provenientes das indústrias e as concentrações bacteriológicas provenientes das fontes difusas.

Quadro 5.6 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 9)

Cenário 9	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	1310,52	54940,25	655,26	3369,26	65,53	698,04
Ponte Nova Barcelos	990,44	22088,96	495,22	6410,04	49,52	986,78
Penide	9,23	11119,20	4,62	1883,13	0,46	543,86
Ponte do Bico	116,87	2878,55	58,43	610,23	5,84	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	7,59	5450,04	3,79	970,15	0,38	188,78
Homem Fiscal	0,49	1860,13	0,25	367,32	0,02	103,34

Através da análise e comparação entre as concentrações bacteriológicas estimadas e as concentrações bacteriológicas registadas nas estações de qualidade de água, podemos constatar que as concentrações estimadas são inferiores às concentrações registadas. Pode haver concentrações bacteriológicas subestimadas, assim como acontece nos cenários 1, 2 e 3. No entanto também nestes cenários é importante referir que não foram consideradas todas as estações de tratamento de águas residuais nem todas as indústrias.

Podemos no entanto, verificar mais uma vez que os valores de calibração não são um problema, uma vez, que através da comparação entre as contaminações bacteriológicas estimadas e registadas, estas seguem a mesma tendência.

O Quadro 5.7 refere-se ao cenário 13. Neste cenário foram usados caudais médios anuais e as concentrações bacteriológicas provenientes das fontes difusas.

Quadro 5.7 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 13)

Cenário 13	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	45,27	54940,25	22,63	3369,26	2,26	698,04
Ponte Nova Barcelos	69,39	22088,96	34,70	6410,04	3,47	986,78
Penide	0,00	11119,20	0,00	1883,13	0,00	543,86
Ponte do Bico	0,00	2878,55	0,00	610,23	0,00	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	0,00	5450,04	0,00	970,15	0,00	188,78
Homem Fiscal	0,00	1860,13	0,00	367,32	0,00	103,34

O Quadro 5.8 refere-se ao cenário 14. Neste cenário foram usados caudais médios de Verão e as concentrações bacteriológicas provenientes das fontes difusas.

Quadro 5.8 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 14)

Cenário 14	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	44,41	54940,25	22,22	3369,26	2,22	698,04
Ponte Nova Barcelos	119,06	22088,96	59,53	6410,04	5,95	986,78
Penide	0,00	11119,20	0,00	1883,13	0,00	543,86
Ponte do Bico	0,00	2878,55	0,00	610,23	0,00	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	0,00	5450,04	0,00	970,15	0,00	188,78
Homem Fiscal	0,00	1860,13	0,00	367,32	0,00	103,34

O Quadro 5.9 refere-se ao cenário 15. Neste cenário foram usados caudais médios de Inverno e as concentrações bacteriológicas provenientes das fontes difusas.

Quadro 5.9 – Concentrações Estimadas e Concentrações Registadas (Cenário 15)

Cenário 15	Coliformes Totais		Coliformes Fecais		Estreptococos Fecais	
	(NMP/100ml)		(NMP/100ml)		(NMP/100ml)	
	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados	Valores Estimados	Valores Registados
Marachão	33,42	54940,25	16,71	3369,26	1,67	698,04
Ponte Nova Barcelos	43,23	22088,96	21,61	6410,04	2,16	986,78
Penide	0,00	11119,20	0,00	1883,13	0,00	543,86
Ponte do Bico	0,00	2878,55	0,00	610,23	0,00	123,71
Ponte do Porto	0,00	1120,30	0,00	352,99	0,00	235,13
Foz do Homem	0,00	5450,04	0,00	970,15	0,00	188,78
Homem Fiscal	0,00	1860,13	0,00	367,32	0,00	103,34

Através da análise e comparação entre as concentrações bacteriológicas estimadas e as concentrações bacteriológicas registadas nas estações de qualidade de água, podemos constatar que as concentrações estimadas são muito inferiores às concentrações registadas. Sendo assim pode-se concluir que as concentrações estimadas podem ter sido subestimadas, uma vez que a diferença entre as concentrações estimadas e as concentrações registadas é de um valor muito elevado. No entanto também é importante referir que estes valores podem significar que as fontes de poluição de origem difusa, não representam a causa principal da contaminação do rio Cávado.

4.2. Concentrações Estimadas, Concentrações Registadas e Valor Máximo Recomendável

Para uma correta análise no que diz respeito à qualidade da água, tem de ser feita a comparação dos valores estimados com o valor máximo recomendável. Para a Bacia hidrográfica do Rio Cávado cumprir os parâmetros de qualidade, os valores estimados usados no desenvolvimento do trabalho tem de estar abaixo do valor máximo recomendável.

Os valores registados também vão ser comparados com o valor máximo recomendável, para verificar o nível de poluição a que a Bacia hidrográfica do Rio Cávado está sujeita.

O valor máximo recomendável foi estipulado de acordo com o Decreto-lei nº 236/98 de 1 de Agosto, tendo-se obtido para estreptococos fecais o valor máximo recomendável de 1000 NMP/100ml, para os coliformes fecais 2000 NMP/100ml e para os coliformes totais 5000 NMP/100ml, para águas de consumo humano - classe A2 (tratamento físico e químico e desinfecção).

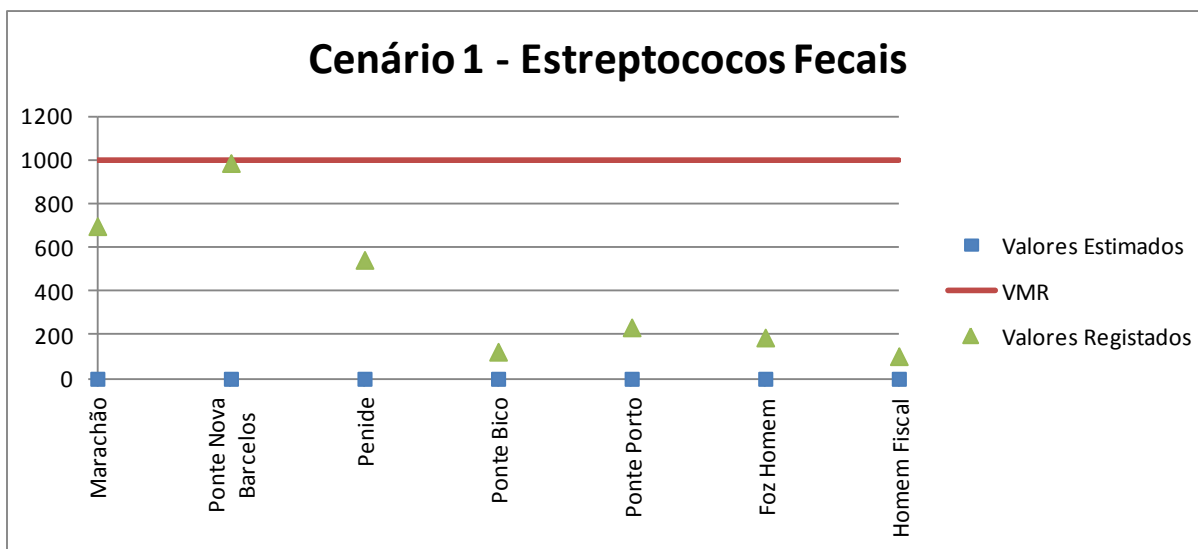


Figura 5.1 – Valores Estimados e Registados Comparados com o Valor Máximo Recomendável (Cenário 1 – Estreptococos Fecais)

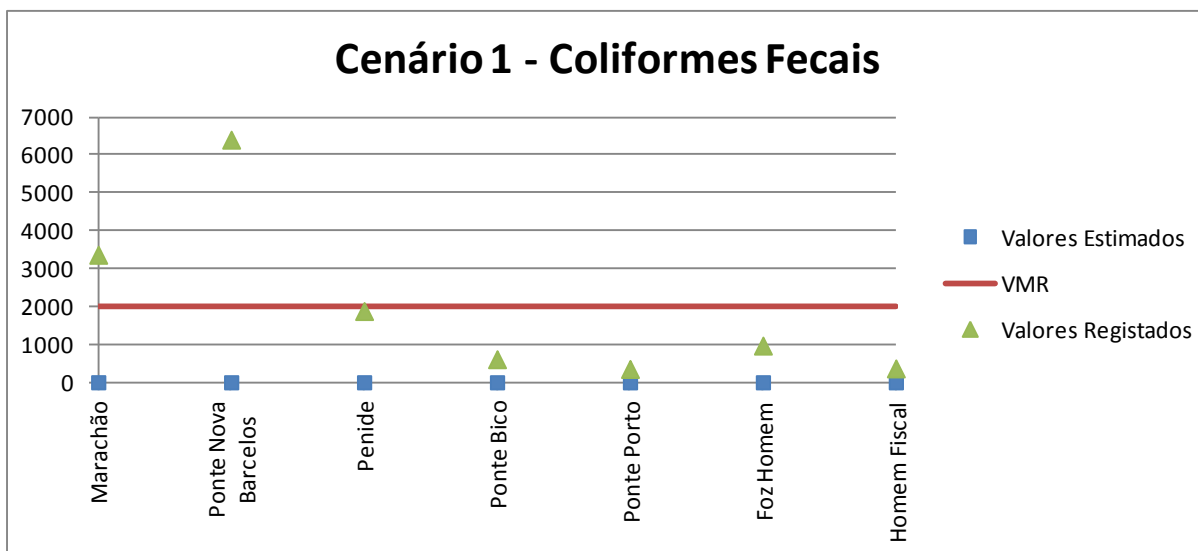


Figura 5.2 – Valores Estimados e Registrados Comparados com o Valor Máximo Recomendável (Cenário 1 – Coliformes Fecais)

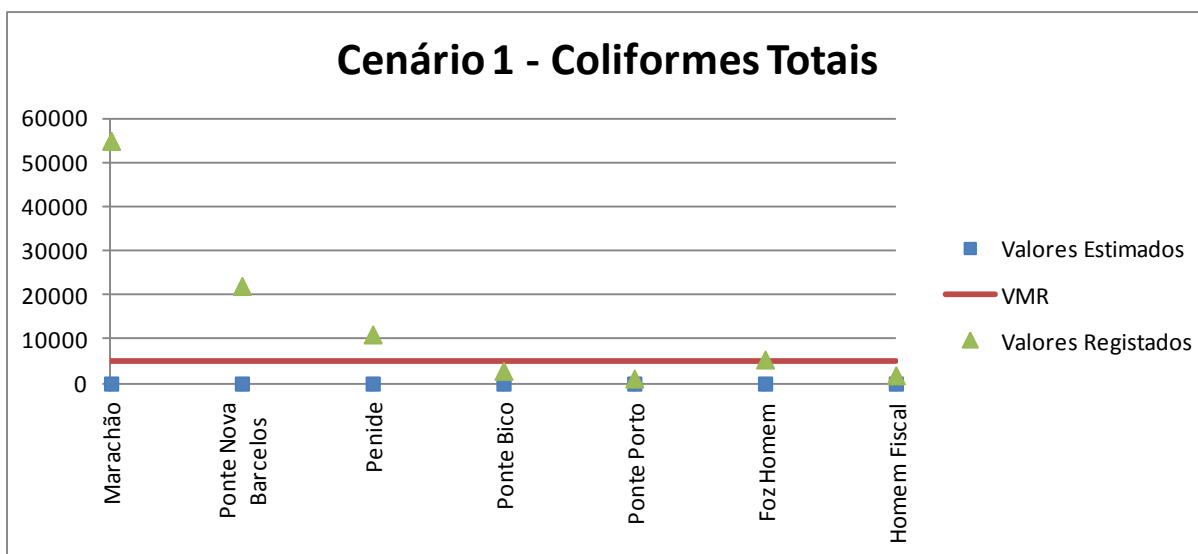


Figura 5.3 – Valores Estimados e Registrados Comparados com o Valor Máximo Recomendável (Cenário 1 – Coliformes Totais)

São apresentados os resultados obtidos para as simulações relativas ao cenário 1. Pela análise das figuras anteriores podemos constatar que em relação as concentrações estimadas, estas cumprem o valor máximo recomendável. No entanto o mesmo não acontece para as concentrações médias registradas nas estações de qualidade de água.

Para as concentrações registadas os estreptococos fecais encontram-se abaixo do valor máximo recomendável de 1000 NMP/100ml, logo não apresentam um problema de contaminação.

Para as concentrações registadas os coliformes fecais ultrapassam o valor máximo recomendável de 2000 NMP/100ml, na zona da estação de qualidade Ponte Nova de Barcelos e na estação de qualidade de Marachão.

Para as concentrações registadas os coliformes totais ultrapassam o valor máximo recomendável de 5000 NMP/100ml, na zona da estação de qualidade de Penide, na estação de qualidade da Ponte Nova de Barcelos, na estação de qualidade de Marachão e ultrapassa ligeiramente na zona da estação de qualidade da Foz do Homem.

O mesmo acontece para as contaminações bacteriológicas nos restantes cenários simulados no SOBEK.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

Com o desenvolvimento do trabalho foram surgindo algumas complicações devido a não conseguir obter alguns dados para algumas estações de tratamento de águas residuais, para algumas indústrias e ainda a dificuldade de encontrar dados sobre as vacarias, que resultaram na não consideração destes dados no desenvolvimento do trabalho.

A principal conclusão relativa às concentrações estimadas das estações de tratamento de águas residuais, é que estas foram subestimadas. Uma vez que os valores obtidos são muito inferiores aos valores das concentrações registadas. E tendo em conta que à partida as estações de tratamento de águas residuais são um dos principais fatores de contaminação das águas nos rios. Em relação às concentrações bacteriológicas das indústrias, estas são as que apresentam valores de concentração mais próximos das concentrações registadas. Por último as concentrações provenientes das fontes difusas também apresentam valores muito inferiores às concentrações registadas, estas podem ter sido subestimadas, mas os valores inferiores de concentração também pode significar que estas não são a causa principal da contaminação bacteriológica do rio Cávado. Estas fontes de poluição não apresentam bibliografia que se possa usar para comparar, no entanto sugere-se para futuros desenvolvimentos que se faça trabalho de campo, assim será possível ter um ponto de referência para este tipo de fontes poluidoras. No entanto não pode-se ignorar que este tipo de poluição é quantificada por coeficientes de exportação obtidos em bibliografias anteriores, o que traz alguma incerteza nos seus resultados.

Pela análise das concentrações estimadas em relação ao valor máximo recomendável podemos concluir que os cenários simulados respeitam este valor para todas as concentrações bacteriológicas. Mas quando verificamos para as concentrações registadas em algumas zonas para os coliformes fecais e coliformes totais o valor máximo recomendável não é cumprido o que leva a pensar no potencial problema que pode trazer nas condições hídricas da Bacia hidrográfica do rio Cávado.

Também seria interessante verificar se as estações de qualidade de água do rio Cávado se encontram calibradas, para assim ter a certeza dos dados relativos as concentrações registadas.

Tendo em vista melhorar o desempenho dos cenários simulados seria importante conseguir obter as informações em falta, principalmente das indústrias e das vacarias. Com esses dados será possível obter resultados com maior exatidão e tirar conclusões mais realistas.

Para melhorar o desempenho a nível de qualidade da água da Bacia hidrográfica do rio Cávado, seria interessante num futuro trabalho desenvolvido nesta área tentar arranjar políticas que visem a melhoria da qualidade da água para consumo humano para a classe analisada, classe A2 (tratamento físico e químico e desinfecção).

Sugere-se a recolha de novos dados de poluição de origem pontual, como por exemplo, os dados de novas estações de tratamento de águas residuais que tenham entrado em funcionamento.

Outra sugestão, como já foi referido, será fazer trabalho de campo, que possibilite a comparação dos resultados obtidos para as concentrações bacteriológicas de origem difusa com resultados reais.

Por último sugere-se a criação de cenários de modelação matemática, para o azoto e para o fósforo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI C. V., 2003. “Mananciais de Abastecimento: Planejamento e Gestão”. Curitiba: SANEPAR FINEP.

BARNES P.L., 1997. “Row Crop Pollution Control in North-East Kansas”. State University, Kansas. USA.

BEHRENDT H. DR, HUBER P., KORNMILCH M., OPITZ D., SCHMOOL O., SCHOLZ G., UEBE R., 1999. “Nutrient Emissions into River Basins in Germany”. Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries. Berlin. Deutschland.

BILBAO D., 2007. “Termo de Referência para a confecção do manual de prevenção da Poluição Difusa em Meio Antrópico”. Trabalho de conclusão de curso. PUCPR, Curitiba

CARTAXO L.M., ALMEIDA M.F., PINELAS R.A., 1985. “Determinação das Cargas Poluidoras Brutas Produzidas pelos Sectores de Actividade Industrial em Portugal Continental”; Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos hidráulicos

CASTRO P.P., 1986. “Estudo Ambiental do Estuário do Tejo – Estimacção e Controlo da Poluição Difusa no Estuário do Tejo”, Relatório Projecto Tejo nº12, Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais, Lisboa. Portugal

CYPRIANO M., 2003. “Poluição Tópica de Origem Industrial. Metodologia de Apoio ao Planeamento e Gestão de Regiões Hidrográficas” Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa.

EÇA, ANA R.G.P., 2007. “Avaliação de Cargas Poluentes à escala de bacia hidrográfica. O caso da bacia do rio Guadiana”; Tese de Mestrado. Universidade do Minho.

EPA, 1997. "Technical Guidance Manual for Performing Wasteload Allocations, Book II: Streams and Rivers – Part 1: Biochemical Oxygen Demand/Dissolved and Nutrients/Eutrophication". EPA, USA.

FENDRICH R.; OBLADEN N.L.; AISSÉ M. M.; GARCÍAS C. M., 1988. "Drenagem e Controle da Erosão Urbana". Curitiba.

FYNS AMT, 2003. "Odense Pilot River Basin. Provisional Article 5 Report pursuant to the Water Framework Directive". Fyn County. Odense. Denmark.

JUSTINO, M.F., 2006. "Descarga de Águas Residuais Industriais nos Sistemas Públicos. Caso de Estudo: Município do Cartaxo" Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa

MARTELEIRA, R.G.S..(2011); "Avaliação da Carga Poluente Afluente a uma Massa de Água – rio de S. Domingos"; Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa

PBH do Rio Cávado 1ª Fase - Volume I - Síntese (Rev. 1 – 00/01/15)

PINHO, J.L.S. (2000); "Aplicação de modelação matemática ao estudo da hidrodinâmica e da qualidade da água em zonas costeiras"; Tese de Doutoramento. Universidade do Minho

PINHO J.L.S. e Vieira J.M.P, (2006); "Aspectos da Aplicação do Delfthydraulics 'SOBEK' no Desenvolvimento de um Sistema de Gestão Operacional da Água em Alqueva"; Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos.

SMA (2003), "Calibração do Sistema Relacional de Correlação do Manejo do Território e da Qualidade Ambiental para o Reservatório Billings", Relatório Parcial RT-2, 37p. São Paulo, 2003

TOMAZ P., 2006. "Poluição Difusa". 1º Edição. Brasil: Editora Navegar, cap2.

VIEIRA, J.M.P. (1986); “Aplicação de Modelos Matemáticos na Gestão da Qualidade de Águas Superficiais”; Tese de Doutoramento. Universidade do Minho.

VIEIRA, J.M.P. (2000); “Sistemas de Apoio à Decisão na Gestão de Recursos Hídricos”; Universidade do Minho.

VIEIRA, J.M.P. (2004); “Engenharia Sanitária. Elementos de apoio pedagógico”. Universidade do Minho.

VIEIRA, J.M.P. e PINHO, J.L.S. (2007); “Diagnóstico Actual e Previsão Futura da Qualidade da Água da Bacia do Rio Cávado Através de Modelação Matemática”, Relatório Final - Documento 3, Universidade do Minho, Dezembro 2007, (ODECAV 2007)

USEPA (United States Environmental Protection Agency Office of Water), 2005. “Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Waters”. EPA, USA.

WL (2005) “*SOBEK – Reference Manual*”. Delft Hydraulics, Netherlands.

ZHANG Jingjie, JORGENSEN Sven Erik, 2004. “Modelling of point and nonpoint nutrient loadings from a watershed”. Article, DFU, Copenhagen. Denmark.

LEGISLAÇÃO

DECRETO-LEI nº152/97 de Junho: transposição para o direito interno da Directiva nº91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas, Portugal.

DECRETO de LEI nº 236/98 de 1 de Agosto, 1998. “Critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos” Diário da República, I-Série A

DIRECTIVA 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000; Jornal Oficial das Comunidades Europeias L327 de 22/12/2000.

LEI nº58/2005, de 29 de Dezembro, 2005. “Lei da Água e da Titularidade dos Recursos Hídricos”. Aprovadas em sessão plenária da Assembleia da República. Portugal.

Páginas de Internet

Administração da Região Hidrográfica Norte, <http://arhnorte.pt/> agora integrado na Agência Portuguesa do Ambiente, <http://www.apambiente.pt/>

Agência Portuguesa do Ambiente, <http://apambiente.pt/>

Atlas do Ambiente Digital, <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>

Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov>

Instituto da água, <http://www.inag.pt/> agora integrado na Agência Portuguesa do Ambiente, <http://www.apambiente.pt/>

Instituto acqua , <http://www.institutoacqua.org.br/>

Instituto Geográfico Português, <http://www.igeo.pt>

Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG), <http://snig.igeo.pt>

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), <http://snirh.pt/>



ANEXOS

Quadro A.1 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Curvos pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Curvos		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	173,6360031	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	3958,900871	414,9900474	3038,630054	2,60E+12
Terra Desocupada	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	254,8530341	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	930,2135743	112,135335	1401,691687	2,52E+11
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	0	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Industrial e Comercial	0	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
TOTAL	428,4890372					4889,114445	527,1253824	4440,321742	2,86E+12

Quadro A.2 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Esposende pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Esposende		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	42,27761757	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	963,9296806	101,043506	739,8583075	6,34E+11
Terra Desocupada	57,40945214	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	0	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	0	0	0	0,00E+00
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	73,58027614	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	187,4825436	9,933337279	1403,175866	7,36E+10
Industrial e Comercial	0	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
TOTAL	173,2673459					1151,412224	110,9768433	2143,034173	7,08E+11

Quadro A.3 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Fão pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Fão		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	89,58450216	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	2042,526649	214,1069602	1567,728788	1,34E+12
Terra Desocupada	148,3218977	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	208,8050436	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	762,138409	91,87421917	1148,42774	2,07E+11
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	129,2092098	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	329,2250664	17,44324332	2464,01963	1,29E+11
Industrial e Comercial	0	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
TOTAL	575,9206532					3133,890125	323,4244226	5180,176157	1,68E+12

Quadro A.4 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Gandra pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Gandra		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	267,0164196	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	6087,974368	638,1692429	4672,787344	4,01E+12
Terra Desocupada	66,23330266	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	85,86416985	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	313,40422	37,78023473	472,2529342	8,50E+10
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	56,76496981	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	144,6371431	7,663270925	1082,507974	5,68E+10
Industrial e Comercial	39,43676166	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	70,3551828	3,194377694	526,4413314	3,94E+10
TOTAL	515,3156236					6616,370913	686,8071263	6753,989583	4,19E+12

Quadro A.5 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Gemeses
pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Gemeses		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	273,6795648	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	6239,894076	654,0941598	4789,392383	4,11E+12
Terra Desocupada	47,50591437	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	217,4335392	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	793,6324182	95,67075726	1195,884466	2,15E+11
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	0	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Industrial e Comercial	18,21147069	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	32,4892637	1,475129126	243,1049222	1,82E+10
TOTAL	356,830489					7066,015758	751,2400462	6228,381771	4,34E+12

Quadro A.6 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Marinhãs
pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Marinhãs		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	421,1677522	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	9602,62475	1006,590928	7370,435663	6,32E+12
Terra Desocupada	109,7770135	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	222,6123133	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	812,5349437	97,94941787	1224,367723	2,20E+11
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	289,1959657	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	736,8713207	39,04145537	5514,967066	2,89E+11
Industrial e Comercial	0	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
TOTAL	1042,753045					11152,03101	1143,581801	14109,77045	6,89E+12

Quadro A.7 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Palmeira de Faro
pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Palmeira de Faro		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	295,2560294	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	6731,83747	705,6619103	5166,980514	4,43E+12
Terra Desocupada	136,2002401	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	158,2343688	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	577,555446	69,62312226	870,2890282	1,57E+11
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	85,99111625	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	219,1053642	11,60880069	1639,850587	8,60E+10
Industrial e Comercial	0	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
TOTAL	675,6817545					7528,49828	786,8938332	7677,12013	4,67E+12

Quadro A.8 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Vila Chã
pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Vila Chã		(kg/ha/ano)				(kg/ha/ano)			
RURAL									
Culturas	182,6433607	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	4164,268624	436,5176321	3196,258813	2,74E+12
Terra Desocupada	10,30521677	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	545,2152586	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	1990,035694	239,8947138	2998,683922	5,40E+11
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO		NT	PT	CBO ₃	COLI.T	NT	PT	CBO ₃	COLI.T
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	111,9922224	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	285,3561866	15,11895023	2135,691711	1,12E+11
Industrial e Comercial	0	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
TOTAL	850,1560601					6439,660505	691,5312962	8330,634446	3,39E+12

Quadro A.9 – Cargas poluentes de origem difusa na Freguesia de Vila Cova
pertencente à zona FT_DIF 17

Uso do Solo	Área de Ocupação (ha)	Coeficiente de exportação				Carga Poluente			
		NT	PT	CBO ₅	COLI.T	NT	PT	CBO ₅	COLI.T
Vila Cova	(ha)	(kg/ha/ano)		(NMP/ha/ano)		(kg/ha/ano)		(NMP/ha/ano)	
RURAL									
Culturas	544,9045506	22,8	2,39	17,5	1,50E+10	12423,82375	1302,321876	9535,829635	8,17E+12
Terra Desocupada	78,57029588	0	0	0	0	0	0	0	0,00E+00
Floresta	583,4166743	3,65	0,44	5,5	9,90E+08	2129,470861	256,7033367	3208,791709	5,78E+11
Pastagem	0	8,25	0,34	11,5	1,50E+10	0	0	0	0,00E+00
URBANO									
Residencial (alta densidade)	0	1,274	0,034	9,535	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
Residencial (baixa densidade)	38,52044211	2,548	0,135	19,07	1,00E+09	98,15008651	5,200259685	734,5848311	3,85E+10
Industrial e Comercial	0	1,784	0,081	13,349	1,00E+09	0	0	0	0,00E+00
TOTAL	1245,411963					14651,4447	1564,225472	13479,20617	8,79E+12

Quadro A.9 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 1

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 1	Rio Cávado	Abadim	5,410E+12	1513,56	8,188E+15
		Alturas Barroso	2,183E+13	3276,32	7,153E+16
		Anjos	4,082E+12	1705,70	6,963E+15
		Bucos	7,007E+12	1779,76	1,247E+16
		Cabeceiras de Basto	1,019E+13	2452,11	2,499E+16
		Cabril	1,307E+13	7655,38	1,001E+17
		Cambeses Rio	6,854E+12	1131,34	7,754E+15
		Campos	5,855E+12	1381,02	8,086E+15
		Cançada	2,672E+12	691,27	1,847E+15
		Cantelães	4,275E+12	1154,21	4,934E+15
		Cerdedo	8,393E+12	2387,37	2,004E+16
		Cervos	1,956E+13	3294,39	6,444E+16
		Chã	4,458E+13	5097,27	2,273E+17
		Contim	5,624E+12	1208,92	6,799E+15
		Cova	2,643E+12	436,75	1,154E+15
		Covelães	9,203E+12	2005,12	1,845E+16
		Covelo Gerês	3,913E+12	1075,62	4,209E+15
		Donões	8,583E+12	1716,55	1,473E+16
		Dornelas (Boticas)	1,042E+13	3657,49	3,813E+16
		Eira Vedra	3,487E+12	558,56	1,948E+15
		Ferral	6,079E+12	1527,98	9,288E+15
		Fervidelas	4,186E+12	525,98	2,202E+15
		Fiães do Rio	2,295E+12	602,67	1,383E+15
		Gralhas	1,050E+13	2159,24	2,267E+16
		Louredo	4,587E+12	761,33	3,492E+15
		Meixedo	1,295E+13	1997,76	2,588E+16
		Montalegre	1,526E+13	1980,16	3,022E+16
		Morgade	1,325E+13	2114,79	2,803E+16
		Mourilhe	6,664E+12	1659,32	1,106E+16
		Negrões	9,487E+12	2060,81	1,955E+16
		Outeiro	5,329E+12	5218,00	2,780E+16
		Padornelos	8,784E+12	1576,68	1,385E+16
		Padroso	4,395E+12	1233,72	5,422E+15
		Paradela (Montalegre)	4,015E+12	1274,11	5,115E+15
		Pitões de Junias	7,032E+12	3337,77	2,347E+16
		Pondras	7,788E+12	1089,28	8,484E+15
		Reigoso	7,894E+12	1723,24	1,360E+16
		Rio Caldo	5,639E+12	1395,30	7,868E+15
		Rossas	1,535E+13	3156,44	4,846E+16
		Ruivães	1,134E+13	3022,22	3,427E+16
		Salamonde	2,653E+12	836,96	2,220E+15
		Salto	3,074E+13	7854,48	2,415E+17
		Sezelhe	5,215E+12	1288,41	6,719E+15
Soengas	1,113E+12	207,63	2,310E+14		
Tabuaças	4,079E+12	989,37	4,035E+15		
Tourim	6,878E+12	1672,19	1,150E+16		
Valdosende	4,124E+12	1211,46	4,996E+15		
Venda Nova	2,624E+12	823,95	2,162E+15		
Ventosa	2,942E+12	433,65	1,276E+15		
Viade de Baixo	2,372E+13	4304,69	1,021E+17		
Vila da Ponte	7,849E+12	1066,93	8,374E+15		
Vilar da Veiga	7,692E+12	7782,19	5,986E+16		
		Total=	4,601E+14	111067,42	1,431E+18

Quadro A.10 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 2

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 2	Rio Homem	Brufe	1,435E+12	648,95	9,314E+14
		Campo do Gerês	4,967E+12	6870,74	3,413E+16
		Carvalheira	4,124E+12	905,30	3,733E+15
		Chamoim	3,380E+12	799,22	2,701E+15
		Cibões	6,100E+12	1754,01	1,070E+16
		Covide	5,490E+12	1777,19	9,757E+15
		Lindoso	7,563E+12	4601,82	3,480E+16
		Vilar das Almas	3,967E+12	467,27	1,853E+15
		Total=	3,703E+13	17824,51	9,861E+16

Quadro A.11 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 3

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 3	Rio Homem	Balança	2,404E+12	376,47	9,051E+14
		ChoreNSE	4,630E+12	829,49	3,840E+15
		Gondoriz	4,444E+12	740,04	3,289E+15
		Moimenta	2,494E+12	335,37	8,364E+14
		Passo	2,405E+12	280,16	6,739E+14
		Ribeira	1,782E+12	224,51	4,000E+14
		Valbom (S. Martinho)	1,837E+12	170,32	3,128E+14
		Valdreu	1,025E+13	1795,57	1,841E+16
		Vilar	1,894E+12	457,54	8,666E+14
		Total=	3,214E+13	5209,46	2,953E+16

Quadro A.12 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 4

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 4	Rio Cávado	Ajude	8,373E+11	237,40	1,988E+14
		Bouro (Santa Maria)	4,725E+12	691,93	3,269E+15
		Bouro (Santa Marta)	3,703E+12	949,88	3,517E+15
		Friande	2,262E+12	500,49	1,132E+15
		Goães	2,984E+12	302,77	9,036E+14
		Monte	2,927E+12	1196,75	3,503E+15
		Parada de Bouro	2,565E+12	771,02	1,978E+15
		Paredes Secas	1,180E+12	175,66	2,073E+14
		Rendufinho	3,336E+12	841,63	2,808E+15
		Seramil	1,698E+12	402,95	6,841E+14
		Verim	2,032E+12	268,49	5,457E+14
		Vilela	2,209E+12	281,59	6,219E+14
				Total=	2,825E+13

Quadro A.13 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 5

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 5	Rio Homem	Caldelas	3,295E+12	412,72	1,360E+15
		Coucheiro	3,986E+12	421,65	1,681E+15
		Fiscal	3,574E+12	389,68	1,393E+15
		Oriz (S. Miguel)	1,645E+12	238,78	3,929E+14
		Oriz (Santa Marinha)	2,829E+12	366,83	1,038E+15
		Paranhos	1,607E+12	400,91	6,442E+14
		Ponte	2,587E+12	341,20	8,827E+14
		Portela	1,026E+12	201,67	2,069E+14
		Sequeiros	1,696E+12	323,61	5,490E+14
		Souto	2,560E+12	402,59	1,030E+15
		Torre	1,777E+12	157,78	2,804E+14
		Valbom (S. Pedro)	1,607E+12	168,01	2,700E+14
		Total=	2,819E+13	3825,41	9,728E+15

Quadro A.14 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 6

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 6	Rio Tojal	Aboim da Nobrega	7,412E+12	1220,52	9,046E+15
		Atães	3,134E+12	412,37	1,292E+15
		Barros	2,065E+12	381,65	7,882E+14
		Codeceda	1,462E+12	337,49	4,935E+14
		Geme	1,372E+12	159,66	2,191E+14
		Gomide	1,687E+12	327,20	5,521E+14
		Gondomar	1,315E+12	220,58	2,900E+14
		Lanhas	1,707E+12	182,95	3,124E+14
		Penascals	2,362E+12	236,84	5,593E+14
		Pico	3,092E+12	280,17	8,663E+14
		Pico dos Regalados	3,338E+12	298,02	9,947E+14
		Prado (S. Miguel)	4,201E+12	550,57	2,313E+15
		Sabariz	1,897E+12	207,00	3,927E+14
		Sande	2,859E+12	398,52	1,140E+15
		Vilarinho	1,100E+12	130,90	1,440E+14
		Total=	3,900E+13	5344,44	1,940E+16

Quadro A.15 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 7

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 7	Rio Homem	Bico	2,229E+12	229,35	5,113E+14
		Lago	3,017E+12	398,99	1,204E+15
		Loureira	1,673E+12	175,94	2,944E+14
		Rendufe	4,287E+12	306,27	1,313E+15
		Soutelo	4,451E+12	417,10	1,857E+15
		Vila Verde	1,939E+12	311,21	6,033E+14
		Total=	1,760E+13	1838,86	5,782E+15

Quadro A.16 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 8

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 8	Rio Cávado	Adaúfe	8,403E+12	1080,54	9,080E+15
		Águas Santas	3,022E+12	273,44	8,262E+14
		Amares	1,090E+12	137,07	1,494E+14
		Barreiros	3,375E+12	298,64	1,008E+15
		Besteiros	2,134E+12	201,56	4,301E+14
		Braga (S. Vitor)	1,004E+12	408,36	4,100E+14
		Caíres	3,380E+12	471,53	1,594E+15
		Carrazedo	2,435E+12	270,76	6,593E+14
		Covelas	2,499E+12	290,92	7,269E+14
		Crespos	4,181E+12	377,68	1,579E+15
		Dornelas (Amares)	2,845E+12	338,61	9,635E+14
		Este (S. Mamede)	3,107E+12	672,46	2,089E+15
		Este (S. Pedro)	2,020E+12	323,64	6,538E+14
		Ferreiros (Amares)	2,805E+12	265,06	7,436E+14
		Ferreiros (Póvoa de Lanhoso)	2,575E+12	508,66	1,310E+15
		Figueiredo	3,554E+12	318,98	1,134E+15
		Geraz do Minho	3,952E+12	451,86	1,786E+15
		Gualtar	3,609E+11	273,57	9,874E+13
		Lanhoso	2,446E+12	601,87	1,472E+15
		Monsul	4,186E+12	329,42	1,379E+15
		Moure (Póvoa de Lanhoso)	1,275E+12	123,71	1,578E+14
		Navarra	3,209E+12	223,20	7,163E+14
		Pedralva	4,769E+12	806,78	3,848E+15
		Pousada	3,052E+12	356,11	1,087E+15
Prozelo	3,219E+12	267,10	8,598E+14		
Santa Lucrécia de Algeriz	2,207E+12	398,52	8,796E+14		
		Total=	7,710E+13	10070,04	3,564E+16

Quadro A.17 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 9

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 9	Rio Febras	Arcozelo (Vila Verde)	2,359E+12	326,50	7,703E+14
		Atiães	2,997E+12	403,63	1,210E+15
		Barbudo	3,511E+12	441,12	1,549E+15
		Cabanelas	6,272E+12	674,00	4,228E+15
		Carreiras (S. Miguel)	2,063E+12	196,88	4,062E+14
		Carreiras (Santiago)	1,775E+12	243,54	4,322E+14
		Dossãos	2,565E+12	334,65	8,583E+14
		Duas Igrejas	8,256E+12	1433,53	1,184E+16
		Escariz (S. Mamede)	2,673E+12	341,74	9,136E+14
		Escariz (S. Martinho)	2,057E+12	236,16	4,858E+14
		Esqueiros	1,444E+12	193,97	2,801E+14
		Freiriz	3,789E+12	584,23	2,213E+15
		Godinhaços	3,666E+12	660,95	2,423E+15
		Gondiães	1,569E+12	313,92	4,926E+14
		Lage	4,760E+12	466,78	2,222E+15
		Marrancos	2,673E+12	322,32	8,616E+14
		Mós	1,849E+12	341,04	6,307E+14
		Moure (Vila Verde)	4,005E+12	450,14	1,803E+15
		Nevogilde	1,545E+12	207,41	3,204E+14
		Oleiros	1,964E+12	377,88	7,421E+14
		Pedregais	1,661E+12	222,35	3,694E+14
		Portela das Cabras	1,372E+12	246,15	3,378E+14
		Travassos	2,360E+12	406,80	9,602E+14
		Turiz	2,959E+12	362,01	1,071E+15
Vila de Prado	4,949E+12	551,48	2,729E+15		
		Total=	7,509E+13	10339,16	4,014E+16

Quadro A.18 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 10

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 10	Rio Cávado	Braga (Maximinos)	9,967E+11	189,56	1,889E+14
		Braga (Sé)	3,673E+10	36,73	1,349E+12
		Braga (S. João Souto)	2,568E+10	25,68	6,594E+11
		Braga (S. José de S. Lázaro)	2,175E+11	217,48	4,730E+13
		Braga (S. Vicente)	2,546E+11	255,03	6,492E+13
		Cabreiros	2,513E+12	279,52	7,025E+14
		Dume	3,644E+12	412,82	1,504E+15
		Frossos	9,488E+11	129,81	1,232E+14
		Gondizalves	1,712E+12	167,71	2,871E+14
		Merelim (S. Paio)	1,940E+12	214,69	4,165E+14
		Merelim (S. Pedro)	1,513E+12	185,02	2,800E+14
		Mire de Tibães	3,181E+12	435,69	1,386E+15
		Padim da Graça	1,407E+12	339,35	4,774E+14
		Palmeira	6,436E+12	887,92	5,715E+15
		Panoias	1,379E+12	133,14	1,836E+14
		Parada de Tibães	2,180E+12	188,12	4,101E+14
		Semelhe	2,531E+12	302,30	7,651E+14
		Sequeira	3,159E+12	435,03	1,374E+15
Real	1,097E+12	150,86	1,655E+14		
		Total=	3,517E+13	4986,46	1,409E+16

Quadro A.19 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 11

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)		
FT_DIF 11	Rio Cávado	Areias	2,902E+11	251,12	7,287E+13		
		Bastuço (S. Estevão)	1,800E+12	210,44	3,788E+14		
		Bastuço (S. João)	1,462E+12	190,37	2,783E+14		
		Cunha	2,848E+12	331,29	9,434E+14		
		Encourados	2,547E+12	440,38	1,122E+15		
		Galegos (S. Martinho)	1,925E+12	312,22	6,011E+14		
		Lama	3,010E+12	326,71	9,834E+14		
		Martim	4,452E+12	531,67	2,367E+15		
		Passos (S. Julião)	1,757E+12	199,51	3,505E+14		
		Pousa	3,349E+12	663,12	2,221E+15		
		Tadim	1,079E+12	268,38	2,896E+14		
		Ucha	3,940E+12	426,92	1,682E+15		
		Vilaça	1,443E+12	157,07	2,266E+14		
				Total=	2,990E+13	4309,20	1,152E+16

Quadro A.20 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 12

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 12	Ribeira de Pontes	Aborim	1,811E+12	618,09	1,119E+15
		Alheira	4,623E+12	744,81	3,443E+15
		Alvito (S. Martinho)	1,757E+12	126,39	2,221E+14
		Alvito (S. Pedro)	3,498E+12	571,12	1,998E+15
		Arcozelo (Barcelos)	2,291E+12	343,66	7,874E+14
		Barcelos	4,658E+11	130,11	6,060E+13
		Campo	2,487E+12	224,71	5,589E+14
		Cervães	6,264E+12	1088,99	6,822E+15
		Couto	1,257E+12	156,82	1,971E+14
		Galegos (Santa Maria)	2,463E+12	458,79	1,130E+15
		Igreja Nova	1,720E+12	272,26	4,683E+14
		Lijó	4,358E+12	441,90	1,926E+15
		Manhente	3,308E+12	391,06	1,294E+15
		Oliveira	4,404E+12	545,74	2,403E+15
		Parada de Gatim	2,260E+12	321,51	7,266E+14
		Roriz	5,400E+12	653,36	3,528E+15
		Tamel (S. Pedro de Fins)	2,681E+12	255,87	6,861E+14
Tamel (S. Veríssimo)	2,474E+12	332,55	8,227E+14		
Vila Boa	2,511E+12	225,15	5,654E+14		
		Total=	5,603E+13	7902,90	2,876E+16

Quadro A.21 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 13

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 13	Rio Covo	Adães	2,780E+12	269,02	7,480E+14
		Airó	2,570E+12	302,33	7,769E+14
		Alvelos	2,704E+12	338,16	9,143E+14
		Areias de Vilar	4,619E+12	576,34	2,662E+15
		Cambeses	2,318E+12	331,16	7,675E+14
		Carreira	3,569E+12	323,76	1,155E+15
		Carvalhos	2,226E+12	349,43	7,778E+14
		Chavão	2,220E+12	250,87	5,570E+14
		Chorente	4,969E+12	461,15	2,291E+15
		Fonte Coberta	1,991E+12	205,05	4,083E+14
		Gamil	1,721E+12	329,36	5,670E+14
		Midões	2,293E+12	254,16	5,829E+14
		Monte Fralães	1,050E+12	157,87	1,657E+14
		Moure (Barcelos)	2,418E+12	254,30	6,149E+14
		Remelhe	5,112E+12	612,38	3,131E+15
		Rio Covo (Santa Eugénia)	2,224E+12	313,39	6,971E+14
		Rio Covo (Santa Eulália)	3,278E+12	441,73	1,448E+15
		Sequeade	2,325E+12	233,14	5,420E+14
		Silveiros	3,992E+12	381,69	1,524E+15
		Varzea	3,005E+12	295,19	8,872E+14
		Total=	5,739E+13	6680,49	2,122E+16

Quadro A.22 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 14

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF14	Rio Cávado	Abade Neiva	5,409E+12	750,33	4,059E+15
		Aldreu	1,668E+07	0,02	2,810E+05
		Barcelinhos	2,350E+12	275,69	6,478E+14
		Carapeços	2,851E+12	811,56	2,313E+15
		Carvalhal	2,220E+12	257,97	5,727E+14
		Creixomil	3,688E+12	422,89	1,560E+15
		Feitos	1,291E+12	327,29	4,226E+14
		Fragoso	3,697E+08	0,37	1,381E+08
		Mariz	1,685E+12	274,74	4,630E+14
		Palme	2,789E+12	831,41	2,319E+15
		Perelhal	3,423E+12	680,27	2,329E+15
		Silva	2,525E+12	217,95	5,504E+14
		Tamel (Santa Leocádia)	2,042E+12	616,46	1,259E+15
		Vila Frescainha (S. Martinho)	2,006E+12	306,95	6,157E+14
		Vila Frescainha (S. Pedro)	8,475E+11	267,66	2,268E+14
Vilar Monte	1,723E+12	489,16	8,426E+14		
		Total=	3,485E+13	6530,72	1,818E+16

Quadro A.23 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 15

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 15	Rio Milhazes	Courel	4,350E+12	424,19	1,845E+15
		Cristelo	1,013E+13	771,45	7,814E+15
		Faria	3,045E+12	368,43	1,122E+15
		Fornelos	3,241E+12	429,16	1,391E+15
		Gilmonde	3,533E+12	557,75	1,970E+15
		Goios	3,554E+12	296,10	1,052E+15
		Milhazes	2,775E+12	362,64	1,007E+15
		Paradela (Barcelos)	6,559E+12	835,81	5,482E+15
		Pereira	1,443E+12	384,79	5,552E+14
		Rio Tinto	4,287E+12	426,36	1,828E+15
		Vila Seca	4,131E+12	434,23	1,794E+15
		Vilar de Figos	3,107E+12	482,63	1,499E+15
				Total=	5,015E+13

Quadro A.24 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 16

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 16	Rio Caveiro	Apúlia	9,071E+12	1052,57	9,547E+15
		Barqueiros	5,782E+12	806,60	4,663E+15
		Estela	1,204E+13	1169,35	1,408E+16
		Fonte Boa	4,836E+12	611,46	2,957E+15
		Laúndos	5,122E+12	852,68	4,368E+15
		Rates	1,274E+13	1389,69	1,771E+16
		Total=	4,959E+13	5882,35	5,332E+16

Quadro A.25 – Distribuição das Freguesias por Sub-Bacia, FT_DIF 17

ID_Modelo	Sub-Bacia	Freguesia	Coliforme Total (NMP/ha/ano)	Área (ha)	Carga (NMP/ano)
FT_DIF 17	Rio Cávado	Curvos	2,857E+12	428,49	1,224E+15
		Esposende	7,077E+11	173,27	1,226E+14
		Fão	1,680E+12	575,92	9,674E+14
		Gandra	4,186E+12	515,32	2,157E+15
		Gemeses	4,339E+12	556,83	2,416E+15
		Marinhas	6,827E+12	1042,75	7,119E+15
		Palmeira de Faro	4,671E+12	675,68	3,156E+15
		Vila Chã	3,391E+12	850,16	2,883E+15
		Vila Cova	8,790E+12	1245,41	1,095E+16
		Total=		3,745E+13	6063,83

Quadro A.26 – Valores a inserir no SOBEK para as cargas poluentes de origem difusa

ID_Modelo	Carga (NMP/s)	Qficticio (m ³ /s)	Concentração (NMP/m ³)
FT_DIF 1	4,535E+10	1,0E-06	4,535E+16
FT_DIF 2	3,125E+09	1,0E-06	3,125E+15
FT_DIF 3	9,359E+08	1,0E-06	9,359E+14
FT_DIF 4	6,137E+08	1,0E-06	6,137E+14
FT_DIF 5	3,083E+08	1,0E-06	3,083E+14
FT_DIF 6	6,149E+08	1,0E-06	6,149E+14
FT_DIF 7	1,832E+08	1,0E-06	1,832E+14
FT_DIF 8	1,129E+09	1,0E-06	1,129E+15
FT_DIF 9	1,272E+09	1,0E-06	1,272E+15
FT_DIF 10	4,466E+08	1,0E-06	4,466E+14
FT_DIF 11	3,649E+08	1,0E-06	3,649E+14
FT_DIF 12	9,113E+08	1,0E-06	9,113E+14
FT_DIF 13	6,724E+08	1,0E-06	6,724E+14
FT_DIF 14	5,761E+08	1,0E-06	5,761E+14
FT_DIF 15	8,670E+08	1,0E-06	8,670E+14
FT_DIF 16	1,690E+09	1,0E-06	1,690E+15
FT_DIF 17	9,821E+08	1,0E-06	9,821E+14

Quadro A.27 – Designação dos tipos de solo presentes em Portugal Continental

Código	Designação
111	Tecido urbano contínuo
112	Tecido urbano descontínuo
121	Indústria, comércio e equipamentos gerais
122	Redes viárias e ferroviárias e espaços associados
123	Áreas portuárias
124	Aeroportos e aeródromos
131	Áreas de extracção de inertes
132	Áreas de deposição de resíduos
133	Áreas em construção
141	Espacos verdes urbanos
142	Equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas
211	Culturas temporárias de sequeiro
212	Culturas temporárias de regadio
213	Arrozais
221	Vinhas
222	Pomares
223	Olivais
231	Pastagens permanentes
241	Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes
242	Sistemas culturais e parcelares complexos
243	Agricultura com espaços naturais e semi-naturais
244	Sistemas agro-florestais
311	Florestas de folhosas
312	Florestas de resinosas
313	Florestas mistas
321	Vegetação herbácea natural
322	Matos
323	Vegetação esclerófila
324	Florestas abertas, cortes e novas plantações
331	Praias, dunas e areais
332	Rocha nua
333	Vegetação esparsa
334	Áreas ardidas
335	Neves eternas e glaciares
411	Paúis
412	Turfeiras
421	Sapais
422	Salinas e aquicultura litoral
423	Zonas entre-marés
511	Cursos de água
512	Planos de água
521	Lagoas costeiras
522	Desembocaduras fluviais
523	Oceano

Quadro A.28 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Amares

ETAR - Amares	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	3384	4,00E+09	NMP/hab/dia	1,35E+13	NMP/dia	0,75	10152000000	NMP/dia	7018153925	1,446534247
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	6,77E+12	NMP/dia	0,75	5076000000	NMP/dia	3509076962	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	6,77E+11	NMP/dia	0,75	507600000	NMP/dia	350907696	

Quadro A.29 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Santa Maria do Bouro

ETAR - Santa Maria do Bouro	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	917	4,00E+09	NMP/hab/dia	3,67E+12	NMP/dia	0,75	2751000000	NMP/dia	22197352539	0,123933699
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,83E+12	NMP/dia	0,75	1375500000	NMP/dia	11098676270	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,83E+11	NMP/dia	0,75	137550000	NMP/dia	1109867627	

Quadro A.30 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Vila Frescaíinha

ETAR - Vila Frescaíinha	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	41617	4,00E+09	NMP/hab/dia	1,66E+14	NMP/dia	0,75	1,24851E+11	NMP/dia	7692307692	16,23063
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	8,32E+13	NMP/dia	0,75	62425500000	NMP/dia	3846153846	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	8,32E+12	NMP/dia	0,75	6242550000	NMP/dia	384615385	

Quadro A.31 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Ucha (Gandra)

ETAR - Ucha (Gandra)	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	840	4,00E+09	NMP/hab/dia	3,36E+12	NMP/dia	0,75	2520000000	NMP/dia	8340723056	0,302132079
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,68E+12	NMP/dia	0,75	1260000000	NMP/dia	4170361528	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,68E+11	NMP/dia	0,75	126000000	NMP/dia	417036153	

Quadro A.32 – Cargas poluentes de origem pontual proveniente da ETAR de Varzea

ETAR - Varzea	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	471	4,00E+09	NMP/hab/dia	1,88E+12	NMP/dia	0,75	1413000000	NMP/dia	5544214396	0,254860274
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	9,42E+11	NMP/dia	0,75	706500000	NMP/dia	2772107198	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	9,42E+10	NMP/dia	0,75	70650000	NMP/dia	277210720	

Quadro A.33 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Areias de Vilar

ETAR - Areias de Vilar	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	450	4,00E+09	NMP/hab/dia	1,80E+12	NMP/dia	0,75	1350000000	NMP/dia	7166666667	0,188372093
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	9,00E+11	NMP/dia	0,75	675000000	NMP/dia	3583333333	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	9,00E+10	NMP/dia	0,75	67500000	NMP/dia	358333333	

Quadro A.34 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Esposende

ETAR - Esposende	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	13097	4,00E+09	NMP/hab/dia	5,24E+13	NMP/dia	0,75	39291000000	NMP/dia	6730764661	5,837523963
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	2,62E+13	NMP/dia	0,75	19645500000	NMP/dia	3365382330	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	2,62E+12	NMP/dia	0,75	1964550000	NMP/dia	336538233	

Quadro A.35 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Caldelas

ETAR - Caldelas	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	2097	4,00E+09	NMP/hab/dia	8,39E+12	NMP/dia	0,75	6291000000	NMP/dia	28451136774	0,221115945
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	4,19E+12	NMP/dia	0,75	3145500000	NMP/dia	14225568387	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	4,19E+11	NMP/dia	0,75	314550000	NMP/dia	1422556839	

Quadro A.36 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Palmeira

ETAR - Palmeira	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	7000	4,00E+09	NMP/hab/dia	2,80E+13	NMP/dia	0,75	21000000000	NMP/dia	8449074074	2,485479452
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,40E+13	NMP/dia	0,75	10500000000	NMP/dia	4224537037	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,40E+12	NMP/dia	0,75	10500000000	NMP/dia	422453704	

Quadro A.37 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Frossos

ETAR - Frossos	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	674	4,00E+09	NMP/hab/dia	2,70E+12	NMP/dia	0,75	20220000000	NMP/dia	8449057298	0,23931664
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,35E+12	NMP/dia	0,75	10110000000	NMP/dia	4224528649	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,35E+11	NMP/dia	0,75	10110000000	NMP/dia	422452865	

Quadro A.38 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Ruães

ETAR - Ruães	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	7062	4,00E+09	NMP/hab/dia	2,82E+13	NMP/dia	0,75	21186000000	NMP/dia	8212668549	2,579673084
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,41E+13	NMP/dia	0,75	10593000000	NMP/dia	4106334275	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,41E+12	NMP/dia	0,75	10593000000	NMP/dia	410633427	

Quadro A.39 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Cabreiros

ETAR - Cabreiros	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	8639	4,00E+09	NMP/hab/dia	3,46E+13	NMP/dia	0,75	25917000000	NMP/dia	10025667355	2,585064822
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,73E+13	NMP/dia	0,75	12958500000	NMP/dia	5012833678	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,73E+12	NMP/dia	0,75	12958500000	NMP/dia	501283368	

Quadro A.40 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Fão (Compacta)

ETAR - Fão (Compacta)	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	861	4,00E+09	NMP/hab/dia	3,44E+12	NMP/dia	0,75	2583000000	NMP/dia	2508719737	1,029608833
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,72E+12	NMP/dia	0,75	1291500000	NMP/dia	1254359869	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,72E+11	NMP/dia	0,75	129150000	NMP/dia	125435987	

Quadro A.41 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Oliveira

ETAR - Oliveira	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	641	4,00E+09	NMP/hab/dia	2,56E+12	NMP/dia	0,75	1923000000	NMP/dia	8170617005	0,235355543
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,28E+12	NMP/dia	0,75	961500000	NMP/dia	4085308503	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,28E+11	NMP/dia	0,75	96150000	NMP/dia	408530850	

Quadro A.42 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Pousa

ETAR - Pousa	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	91	4,00E+09	NMP/hab/dia	3,64E+11	NMP/dia	0,75	273000000	NMP/dia	5932506887	0,046017646
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,82E+11	NMP/dia	0,75	136500000	NMP/dia	2966253444	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,82E+10	NMP/dia	0,75	13650000	NMP/dia	296625344	

Quadro A.43 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Barqueiros

ETAR - Barqueiros	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	838	4,00E+09	NMP/hab/dia	3,35E+12	NMP/dia	0,75	2514000000	NMP/dia	8335023474	0,301618827
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	1,68E+12	NMP/dia	0,75	1257000000	NMP/dia	4167511737	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	1,68E+11	NMP/dia	0,75	125700000	NMP/dia	416751174	

Quadro A.44 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da Fossa Sética Colativa de Moure

ETAR - Moure	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	150	4,00E+09	NMP/hab/dia	6,00E+11	NMP/dia	0,3	180000000	NMP/dia	12352941176	0,014571429
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	3,00E+11	NMP/dia	0,3	90000000	NMP/dia	6176470588	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	3,00E+10	NMP/dia	0,3	9000000	NMP/dia	617647059	

Quadro A.45 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Barcelinhos

ETAR - Barcelinhos	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	2139	4,00E+09	NMP/hab/dia	8,56E+12	NMP/dia	0,75	6417000000	NMP/dia	7691666667	0,834279523
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	4,28E+12	NMP/dia	0,75	3208500000	NMP/dia	3845833333	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	4,28E+11	NMP/dia	0,75	320850000	NMP/dia	384583333	

Quadro A.46 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Carvema

ETAR - Carvema	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	1651	4,00E+09	NMP/hab/dia	6,60E+12	NMP/dia	0,75	4953000000	NMP/dia	3353846154	1,476811927
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	3,30E+12	NMP/dia	0,75	2476500000	NMP/dia	1676923077	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	3,30E+11	NMP/dia	0,75	247650000	NMP/dia	167692308	

Quadro A.47 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Prado

ETAR - Prado	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	1747	4,00E+09	NMP/hab/dia	6,99E+12	NMP/dia	0,75	5241000000	NMP/dia	4345238095	1,206147945
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	3,49E+12	NMP/dia	0,75	2620500000	NMP/dia	2172619048	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	3,49E+11	NMP/dia	0,75	262050000	NMP/dia	217261905	

Quadro A.48 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Vila Verde

ETAR - Vila Verde	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	2776	4,00E+09	NMP/hab/dia	1,11E+13	NMP/dia	0,75	8328000000	NMP/dia	5720361111	1,455852146
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	5,55E+12	NMP/dia	0,75	4164000000	NMP/dia	2860180556	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	5,55E+11	NMP/dia	0,75	4164000000	NMP/dia	2860180556	

Quadro A.49 – Cargas poluentes de origem pontual provenientes da ETAR de Adaúfe (Parque Industrial)

ETAR - Adaúfe (Parque Industrial)	Peq (hab.eq.)	Carga Específica		Inflow		Eficiência trat. (%)	Outflow		Concentração	Caudal (m3/dia)
COLI. T	499	4,00E+09	NMP/hab/dia	2,00E+12	NMP/dia	0,75	1497000000	NMP/dia	2188596491	0,684
COLI. F		2,00E+09	NMP/hab/dia	9,98E+11	NMP/dia	0,75	7485000000	NMP/dia	1094298246	
ESTREPTOCOCOS F.		2,00E+08	NMP/hab/dia	9,98E+10	NMP/dia	0,75	7485000000	NMP/dia	1094298246	

Quadro A.50 – Cargas poluentes e caudais por Indústria

ID_Modelo	Designação	Caudal (m ³ /dia/trab)	Nºtrabalhadores (calc.)	CBO (Kg/dia)	Estreptococos Fecais	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	CBO (kg/dia)	Qind (m ³ /dia)	Qind (m ³ /s)
FT_IND 2	SAPECAL - Sociedade Agro-Pecuária do Cávado	1,57	38	2,35	7,60E+09	7,60E+10	1,52E+11	89,3	59,66	0,0006905
FT_IND 3	Adega Coperativa de Barcelos	2	24	3	4,80E+09	4,80E+10	9,60E+10	72	48	0,0005556
FT_IND 4	António Barroso Malhas, Lda	0,1	220	0,15	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	33	22	0,0002546
FT_IND 5	Avelino dos Santos e Rosa Braga, Lda	1,57	127	2,35	2,54E+10	2,54E+11	5,08E+11	298,45	199,39	0,0023078
FT_IND 7	Campelo - Joaquim Miranda Campelo e Filhos, Lda	0,5	24	0,25	4,80E+09	4,80E+10	9,60E+10	6	12	0,0001389
FT_IND 12	P e R Texteis, Lda	0,05	200	0,03	4,00E+10	4,00E+11	8,00E+11	6	10	0,0001157
FT_IND 13	Quinta e Santos, Lda	0,1	240	0,15	4,80E+10	4,80E+11	9,60E+11	36	24	0,0002778
FT_IND 14	Sogrape - Vinhos de Portugal, S.A.	0,5	20	0,25	4,00E+09	4,00E+10	8,00E+10	5	10	0,0001157
FT_IND 15	Tinamar - Tinturaria e Acabamentos Texteis, Lda	0,1	220	0,15	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	33	22	0,0002546
FT_IND 17	Aluminios Navarra, S.A.	0,03	66	0	1,32E+10	1,32E+11	2,64E+11	0	1,98	0,0000229
FT_IND 18	Carpincasais - Sociedade Tecnica de Carpintarias, S.A.	0,02	66	0	1,32E+10	1,32E+11	2,64E+11	0	1,32	0,0000153
FT_IND 19	Desicolor - Motivos Decorativos Texteis, Lda	0,1	200	0,15	4,00E+10	4,00E+11	8,00E+11	30	20	0,0002315
FT_IND 21	Moda 21 - Acabamentos Texteis, Lda	0,1	220	0,15	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	33	22	0,0002546
FT_IND 22	Posterede - Postes Electricos, Lda	0,03	33	0	6,60E+09	6,60E+10	1,32E+11	0	0,99	0,0000115
FT_IND 23	Quinta da Casa de Penela - Sociedade Vinicola, Lda	2	2	3	4,00E+08	4,00E+09	8,00E+09	6	4	0,0000463
FT_IND 24	Saniflex - Artigos Sanitários, Lda	0,6	5	1,8	1,00E+09	1,00E+10	2,00E+10	9	3	0,0000347
FT_IND 26	João Fernandes da Silva	0,05	220	0,03	4,40E+10	4,40E+11	8,80E+11	6,6	11	0,0001273
FT_IND 29	Viganor - Carvalho e Ca. Lda.	0,05	20	0,01	4,00E+09	4,00E+10	8,00E+10	0,2	1	0,0000116

Quadro A.51 – Características Médias de Efluentes das Indústrias associadas à Preparação de Carnes, (JUSTINO, 2006)

Parâmetro	Valor médio	Unid.
Caudal (empregado)	47	m3/empregado.mês
Caudal (produção)	10	m3/ton animal morto
CBO5	2500	mg/L O2
CQO	3000	mg/L O2
SST	1500	mg/L
N total	75	mg/L N
N amoniacal	45	mg/L NH4
PT	25	mg/L P
Óleos e gorduras	750	mg/L

A metodologia usada na avaliação da carga bruta baseou-se no conhecimento do número de empregados e/ou na produção e nas concentrações médias destes efluentes.

Quadro A.52 – Características médias de efluentes das indústrias de preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas, (JUSTINO, 2006)

Parâmetro	g/empregado.dia
CBO5	60
CQO	90
SST	25

Na avaliação admitiram-se as seguintes considerações:

- é produzido um caudal médio de 10 m3/empregado.mês, no caso em que se dispõe unicamente do número de empregados.

Quadro A.53 – Características médias de efluentes das indústrias de leite e derivados, (JUSTINO, 2006)

Parâmetro	Valor médio	Unid.
Caudal (empregado)	47	m3/empregado.mês
Caudal (produção)	7	m3/ton animal morto
CBO5	1500	mg/L O2
CQO	3000	mg/L O2
SST	1000	mg/L
N total	75	mg/L N
N amoniacal	45	mg/L NH4
PT	25	mg/L P
Óleos e gorduras	500	mg/L

Quadro A.54 – Características médias de efluentes das indústrias de leite e derivados,
(JUSTINO, 2006)

Parâmetro	g/Kg uva prensada.dia
CBO5	4,5
CQO	7,5
SST	0,6

Na avaliação admitiram-se as seguintes considerações:

- 1,5 m³ efluentes produzidos/tonelada de uva prensada,
- na produção de vinho, em média uma tonelada uva prensada dá origem a 750 litros de vinho,
- as campanhas de produção de vinho são realizadas geralmente entre finais de Agosto e princípios de Fevereiro.