

Análise da Qualidade das Águas - Ribeira Brava

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Miguel Freitas Santos

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

fevereiro | 2016



Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Análise da Qualidade das Águas – Ribeira Brava

Licenciado em Engenharia Civil (Pós-Bolonha)

Dissertação submetida para o grau de Mestre em Engenharia Civil na Universidade da
Madeira

por

JOSÉ MIGUEL FREITAS SANTOS

Orientador

Prof. Doutor Sérgio António Neves Lousada

(Universidade da Madeira)

Fevereiro de 2016

Título: Análise da Qualidade das Águas – Ribeira Brava

Palavras-chave: Águas superficiais, Águas subterrâneas, ETA, ETAR e Recursos hídricos.

Keywords: Surface water, Groundwater, WTP, WWTP and Water resources.

Autor: José Miguel Freitas Santos

FCEE - Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário de Penteadá

9020-015 Funchal - Portugal. s/n

Telefone +351 291 705 230

Correio eletrónico: secretariadocentros@uma.pt

Funchal, Madeira

AGRADECIMENTOS

“Deus quer, o homem sonha, a obra nasce.” (Fernando Pessoa)

Com a habitual humildade que faço questão de marcar a minha maneira de estar na vida, assumi o compromisso e desafio de frequentar o curso de Engenharia Civil. Esta caminhada não foi fácil, mas sempre soube ser possível. Obstáculo após obstáculo, fui completando o percurso que agora culmina na presente dissertação de mestrado. Agradeço formalmente:

Ao meu orientador, Prof. Doutor Sérgio Lousada, pela dedicação e amizade que investiu em mim, não deixando de me “puxar as orelhas” quando necessário, bem como, pela sua disponibilidade, motivação e incentivo, quer pelos conhecimentos transmitidos ao longo desta dissertação.

Ao pessoal da ARM (Águas e Resíduos da Madeira, SA) pela colaboração e partilha de informação vital à elaboração desta dissertação.

Aos meus colegas, amigos e companheiros de curso. Aos “verdadeiros”.

À minha família, presente física e espiritualmente.

Por último, o meu mais sincero e profundo agradecimento à minha mãe, aos meus irmãos, pela motivação, paciência e apoio que sempre me transmitiram, pois sem eles não teria chegado aonde cheguei.

RESUMO

O planeamento e gestão dos recursos hídricos é nos dias de hoje uma tarefa complicada, mas interessante e necessária, tendo em vista a satisfação de cada vez mais exigentes padrões de vida das populações e da qualidade do ambiente. Para que sejam possíveis escolhas e decisões judiciosas sobre a melhor forma de utilizar a água disponível, a sua gestão deve ser enformada por leis, actuações administrativas e disposições económico-financeiras, as quais determinam a necessidade da existência de sistemas institucionais competentes para as implementar.

Sob o paradigma da sustentabilidade no contexto dos recursos hídricos, procedeu-se a uma avaliação do estado qualitativo das águas superficiais e subterrâneas do concelho da Ribeira Brava, quer a nível da distribuição de águas quer a nível das águas residuais.

Inicialmente, caracterizou-se a região hidrográfica em estudo quanto aos aspetos geográficos, demográficos, socioeconómicos, bem como uma perspetiva quanto à caracterização hidrológica e geomorfológica da bacia hidrográfica a ser monitorizada.

Posteriormente, apresentou-se, sob um manto teórico, o funcionamento de todo o sistema de abastecimento de água desde a captação até à sua devolução à natureza, passando pelas ETA, redes de distribuição e ETAR, passando a descrever-se a realidade em termos de infraestruturas existentes no concelho da Ribeira Brava.

De seguida, procedeu-se à análise paramétrica temporal nas ETA e ETAR do concelho, cruzando esses dados com a legislação em vigor.

Como etapa final, retratam-se as principais ilações quanto à monitorização efetuada, quer a nível de águas de distribuição, quer a nível das águas residuais, bem como se contribui com algumas recomendações, tendo em conta a manutenção e melhoria quantitativa e qualitativa da água no concelho da Ribeira Brava.

ABSTRACT

Nowadays the planning and management of water resources is a complicated task, but interesting and necessary, in order to meet the increasingly demanding for living standards and environmental quality. To make choices and judicious decisions on how to use the available water in its fullness, its management should be shaped by laws, administrative actions and economic and financial provisions, which set the need to have relevant institutional systems to implement them.

Under the paradigm of sustainability in the context of water resources, we proceeded to an assessment of the quality status of surface and groundwater in the municipality of Ribeira Brava, regarding the water distribution and waste water.

Initially the river basin district under study was characterized as the geographic, demographic, and socioeconomic aspects as well as a perspective on the hydrological and geomorphological characterization of the river basin to be monitorized.

Later, under a theoretical approach, it's presented the operation of running the entire water supply system from capture to return to nature, through the WTP's, distribution networks and WWTP's, going on to describe the reality in terms of existing infrastructure in the municipality of Ribeira Brava.

Then proceeded to the temporal parametric analysis in WTP's and WWTP of the county, crossing these data with the legislation.

As a final step, it's portrayed the principal conclusions regarding the performed monitorization, both in terms of water distribution, waste water, as well as some recommendations, taking into account the maintenance and quantitative and qualitative improvement of the water in the municipality of Ribeira Brava.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1. JUSTIFICATIVA	2
1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO.....	3
1.3. METODOLOGIA ADOTADA	4
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	5
Capítulo 2	7
Caracterização da área em estudo – concelho da Ribeira Brava	7
2.1. ASPETOS GEOGRÁFICOS	8
2.2. ASPETOS DEMOGRÁFICOS.....	10
2.3. ASPETOS SOCIOECONÓMICOS.....	12
2.4. CARATERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA RIBEIRA BRAVA	15
2.4.1. Caraterização geográfica, hidrológica e geomorfológica.....	15
2.4.2. Aspetos climáticos.....	23
2.4.3. Aproveitamentos hidroelétricos.....	28
2.4.4. Captações de água	31
2.4.5. Escoamento	32
2.4.6. Qualidade das águas	33
2.4.7. Fontes poluidoras	34
Capítulo 3	37
Descrição da rede de abastecimento, ETA e ETAR.....	37
3.1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	38
3.1.1. ETA	38
3.1.2. Rede de distribuição	54
3.1.3. ETAR	58
3.2. DESCRIÇÃO GERAL DA REDE DA RIBEIRA BRAVA	61
Capítulo 4	71
Caracterização da qualidade das águas.....	71

4.1. ANÁLISE PARAMÉTRICA TEMPORAL DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO	72
4.1.1. ETA da Serra de Água	74
4.1.2. ETA da Ribeira Brava	85
4.2. ANÁLISE PARAMÉTRICA TEMPORAL DAS ÁGUAS RESIDUAIS	90
Capítulo 5	91
Considerações finais	91
5.1. PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS COM OS RECURSOS HÍDRICOS	92
5.2. AÇÕES E RECOMENDAÇÕES PROPOSTAS	93
Bibliografia	95
Anexos	99
Anexo 1 – Diagrama de funcionamento da ETAR da Ribeira Brava	101
Anexo 2 – Diagrama de funcionamento da ETA da Ribeira Brava	105
Anexo 3 – Diagrama de funcionamento da ETA da Serra de Água	109
Anexo 4 – Exemplo de ramal de ligação tipo entre a rede pública e um consumidor	113
Anexo 5 – Análise paramétrica temporal às águas da ETA da Serra de Água	117
Anexo 6 – Análise paramétrica temporal às águas da ETA da Ribeira Brava	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia adotada para a dissertação	5
Figura 2 – Mapa da área em estudo - concelho da Ribeira Brava (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)	8
Figura 3 – Identificação da área em estudo no mapa da RAM (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)	9
Figura 4 – Imagem panorâmica da cidade da Ribeira Brava. (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)	10
Figura 5 – Evolução da população residente no concelho da Ribeira Brava (Fonte: www.ine.pt)	11
Figura 6 – Distribuição percentual da população nas freguesias da Ribeira Brava, de acordo com os Censos 2011	12
Figura 7 – Vista da marginal da Ribeira Brava (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)	13
Figura 8 – Pormenor de algumas infraestruturas rodoviárias recentemente construídas (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt).....	14
Figura 9 – Carta de uso de solos do concelho da Ribeira Brava (Fonte: Adaptado do Plano de Gestão da Região Hidrográfica (PGRH) do Arquipélago da Madeira).....	15
Figura 10 – Bacias e rede hidrográfica da Ribeira Brava (Fonte: Plano Regional da Água da Madeira).....	16
Figura 11 – Carta de declives do concelho da Ribeira Brava (Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))	17
Figura 12 – Carta hipsométrica do concelho da Ribeira Brava.....	18
Figura 13 – Carta geológica do concelho da Ribeira Brava	19
Figura 14 – Carta de solos do concelho da Ribeira Brava	20
Figura 15 – Precipitação média anual versus Cota, para as estações udométricas na vertente Sul	21
Figura 16 – Modelo hidrogeológico conceptual da ilha da Madeira.....	21
Figura 17 – Sistemas de aquíferos da Ribeira Brava.....	22
Figura 18 – Valores médios da precipitação em ano médio no período de tempo de 1961/62 a 2011/12 no concelho da Ribeira Brava.....	24
Figura 19 – Cartograma da distribuição dos valores da precipitação média anual na Ribeira Brava.....	25

Figura 20 – Valores médios da humidade relativa.....	26
Figura 21 – Rosa anemoscópica (rumos dos ventos dominantes) do Paúl da Serra	26
Figura 22 – Evapotranspiração média anual na Ribeira Brava.....	27
Figura 23 – Vista geral da Central Hidroelétrica da Serra de Água	28
Figura 24 – Vista da conduta forçada	29
Figura 25 – Câmara de regularização de caudal	29
Figura 26 – Equipamentos elétricos no interior da central	30
Figura 27 – Vista geral da Central da Fajã dos Padres	30
Figura 28 – Localização de captações de água para abastecimento na Ribeira Brava	32
Figura 29 – Escoamento superficial no concelho da ribeira Brava.....	33
Figura 30 – Localização das principais fontes de poluição industrial ne Ribeira Brava	34
Figura 31 – Esquema geral do processo de tratamento da água	41
Figura 32 – Fluxograma dos processos de tratamento da água.....	42
Figura 33 – Tanque de arejamento.....	43
Figura 34 – Unidade de gradagem	43
Figura 35 – Representação do funcionamento de um tamisador	44
Figura 36 – a) Mistura rápida em câmara de chicanas e b) em ressalto hidráulico	45
Figura 37 – Deterioração das canalizações por dureza	46
Figura 38 – a) Coagulação e b) Floculação.....	47
Figura 39 – Esquema de funcionamento de um decantador Pulsator – (1) entrada da água bruta; (2) tubos perfurados; (3) condutas; (4) secção com orifícios para camada de lamas; (5) nível máximo da secção para a camada de lamas; (6) “cloche”; (7) aparelho de sucção; (8) válvula; (9) tubos perfuradas; (10) fossas de fundo inclinado; (11) agentes coagulantes adicionados .	49
Figura 40 – Retenção de substâncias nos poros de carvão ativado.....	51
Figura 41 – Esquema de uma rede ramificada.....	56
Figura 42 – Esquema de uma rede ramificada.....	56
Figura 43 – Esquema de uma rede mista	57
Figura 44 – Esquema geral de funcionamento de uma ETAR.....	59
Figura 45 – a) Tanque de arejamento; b) Decantador secundário	60
Figura 46 – a) Vista aérea da ETAR de Parada e b) pormenor da remoção de sólidos na ETAR do Funchal.....	61

Figura 47 – Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Águas Residuais no município da Ribeira Brava.....	62
Figura 48 – Rede de Drenagem e Tratamento das Águas Residuais do concelho da Ribeira Brava.....	64
Figura 49 – ETAR da Ribeira Brava	65
Figura 50 – ETA da Ribeira Brava.....	66
Figura 51 – ETA da Serra de Água	67
Figura 52 – Estação de Cloragem da Trompica	67
Figura 53 – Estação de Cloragem do Boqueirão	68
Figura 54 – Estação de Cloragem da Maria Teresa.....	68
Figura 55 – Estação de Cloragem da Pousada dos Vinháticos.....	69
Figura 56 – Estação de Cloragem da Meia Léguas.....	69
Figura 57 – Necessidades de Água a Nível Regional – consumos e perdas por sector (ano de 2013).....	70
Figura 58 – Localização das captações de água na Ribeira Brava	73
Figura 59 – Evolução temporal do parâmetro Fenóis na ETA da Serra de Água	75
Figura 60 – Evolução temporal do cálcio na ETA da Serra de Água.....	76
Figura 61 – Evolução temporal da dureza total na ETA da Serra de Água.....	76
Figura 62 – Evolução temporal dos Fosfatos na ETA da Serra de Água	77
Figura 63 – Evolução temporal das Bactérias Coliformes à entrada da ETA da Serra de Água	78
Figura 64 – Evolução temporal das Bactérias Coliformes à saída da ETA da Serra de Água	78
Figura 65 – Evolução temporal do pH à entrada da ETA da Serra de Água.....	79
Figura 66 – Evolução temporal do pH à saída da ETA da Serra de Água	79
Figura 67 – Evolução temporal da temperatura à entrada da ETA da Serra de Água.....	80
Figura 68 – Evolução temporal da condutividade à entrada da ETA da Serra de Água	81
Figura 69 – Evolução temporal da condutividade à saída da ETA da Serra de Água.....	81
Figura 70 – Evolução temporal dos sulfatos à entrada da ETA da Serra de Água.....	82
Figura 71 – Evolução temporal dos sulfatos à saída da ETA da Serra de Água	82
Figura 72 – Evolução temporal dos nitratos à entrada da ETA da Serra de Água	83
Figura 73 – Evolução temporal dos nitratos à saída da ETA da Serra de Água.....	83
Figura 74 – Evolução temporal do cloro residual residual à saída da ETA da Serra de Água.....	84

Figura 75 – Evolução temporal dos cloretos à entrada da ETA da Serra de Água.....	84
Figura 76 – Evolução temporal dos cloretos à saída da ETA da Serra de Água	85
Figura 77 – Evolução temporal dos cloretos à entrada da ETA da Ribeira Brava	86
Figura 78 – Evolução temporal dos cloretos à saída da ETA da Ribeira Brava.....	86
Figura 79 – Evolução temporal do parâmetro clostridium perfringens à saída da ETA da Ribeira Brava	87
Figura 80 – Evolução temporal dos enterococos à entrada da ETA da Ribeira Brava.....	88
Figura 81 – Evolução temporal dos enterococos à saída da ETA da Ribeira Brava.....	88
Figura 82 – Evolução temporal do cloro residual à saída da ETA da Ribeira Brava	89
Figura 83 – Evolução temporal dos fosfatos à entrada da ETA da Ribeira Brava	89
Figura 84 – Evolução temporal da Salmonella à entrada da ETA da Ribeira Brava.....	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Características gerais dos principais cursos de água da Ribeira Brava (Fonte: PRAM, 2002).....	16
Tabela 2 – Classificação anual das águas balneares da praia da Ribeira Brava.....	35
Tabela 3 – Precipitações e escoamentos anuais médios na sub-bacia da ribeira Brava	35
Tabela 4 – Precipitações e escoamentos anuais médios na sub-bacia da ribeira da Tabua.....	36
Tabela 5 – Precipitações e escoamentos anuais médias na sub-bacia da ribeira do Campanário	36
Tabela 6 – Composição de um sistema de abastecimento e distribuição de água.....	38
Tabela 7 – Constituintes presentes na água, descrição e seus efeitos.....	39
Tabela 8 – Operações e processos unitários utilizados em ETA.....	40
Tabela 9 – Vantagens e desvantagens dos vários tipos de rede.....	57
Tabela 10 – Breve descrição dos processos de tratamento da rede de águas da Rib. ^a Brava ...	63
Tabela 11 – Características técnicas da ETA da Ribeira Brava	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABREVIATURAS

ARM – Águas e Resíduos da Madeira, S.A.

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CQO – Carência Química de Oxigénio

DROTA – Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente

e.p. – Equivalente Populacional

EC – Estação de Cloragem

EE – Estação Elevatória

EEM – Empresa de Electricidade da Madeira

EGA - *Environmental Governance Advisors*

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

INE – Instituto Nacional de Estatística

INEGI – Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

OMS – Organização Mundial de Saúde

PCQA – Programa de Controlo da Qualidade da Água

PH – Potencial de Hidrogénio

RAM – Região Autónoma da Madeira

SBR – Reactor Biológico Sequencial

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

SST – Sólidos Suspensos Totais

VMA – Valor Máximo Admissível

VMR – Valor Máximo Recomendado

WTP – *Water Treatment Plant*

WTPP – *Wastewater Treatment Plant*

SÍMBOLOS

Ca – Cálcio

CaCO₃ – Carbonato de Cálcio

ClO – Hipoclorito

CO₂ – Dioxido de Carbono

CO₃ – Carbonato

Fe – Ferro

H – Ácido

H₂S – Sulfeto de Hidrogénio

HClO – Ácido Hipocloroso

HCO₃ – Bicarbonato

K – Potássio

Mg – Magnésio

Mn – Manganês

N – Azoto

Na – Sódio

NaClO – Hipoclorito de Sódio

NH₃ – Azoto Amoniacal

O₂ – Oxigénio

OH – Hidroxila

P – Fósforo

SO₄ – Sulfato

Capítulo 1

Introdução

1.1. JUSTIFICATIVA

"A água é o princípio de todas as coisas."

(Tales de Mileto, 2015)

A água, bem cada vez mais escasso em quantidade e qualidade, é um recurso natural indispensável à vida no planeta Terra. Possui um enorme valor económico, ambiental e social, sendo fundamental à sobrevivência do Homem e dos ecossistemas no nosso planeta. As primeiras formas de vida surgiram nos oceanos há cerca de 4 mil milhões de anos (Harrison, 2015). A água é fundamental, porque é um recurso natural único, escasso e essencial à vida de todos os seres vivos. Por muitos milhares de anos, subsistiu a ideia de que a água era um recurso infinito, tendo esta ideia como base a abundância deste recurso natural na natureza.

Nos nossos dias, o desperdício, aliado ao aumento na procura deste recurso, tornou-se num problema que requer a atenção de todos, devido à decrescente disponibilidade de água doce no nosso planeta. Se tivermos em conta que diariamente usamos a água nas mais diversas atividades da nossa vida (higiene pessoal, alimentação, rega, limpeza, indústria e agricultura), e nem sequer temos a noção da sua importância, temos aqui a prova de que ainda temos muito a aprender relativamente à importância deste recurso na nossa sobrevivência.

O crescimento demográfico implicou um aumento da solicitação dos recursos hídricos. Esta solicitação crescente não será satisfeita se cada indivíduo não considerar a água como um recurso que deve ser preservado e racionalizado. Dito isto, é um património comum, cujo valor deve ser reconhecido por todos. Cada um tem o dever de economizar e de a utilizar com cuidado (Carta europeia da água, 2015).

Portanto, necessita de uma gestão racional que tenha em conta as necessidades a curto e longo prazo. Não que a gestão dos recursos hídricos seja nova, pois esta preocupação já remonta há milénios. Os egípcios já praticavam esta gestão, nomeadamente no controlo das cheias do rio Nilo; os Romanos já aproveitavam muito bem a água para as diferentes utilizações através de sistemas de aquedutos.

Porém, até há muito pouco tempo, essa gestão centrava-se apenas na quantidade. Agora, para além da quantidade, é igualmente imperioso gerir a sua qualidade.

Neste sentido, é imprescindível uma verdadeira política no domínio dos recursos hídricos para assegurar a qualidade de vida às gerações atuais e às vindouras.

Assim, compete somente ao Homem aprender a coexistir com a natureza, usufruindo da mesma sem comprometer o nível de vida a que todos nós temos direito, pois está em causa a própria sobrevivência da espécie humana.

Havendo uma preocupação não só no que concerne à quantidade de água necessária para abastecimento, mas também quanto à sua qualidade, urge, portanto, analisar e controlar uma série de parâmetros na água captada na natureza (ao nível das ETA – Estações de Tratamento de Águas), ao longo das redes de distribuição e na sua devolução à natureza (ao nível das ETAR – Estações de Tratamento de Águas Residuais).

O cumprimento de tais parâmetros é estipulado por um conjunto de directivas comunitárias da União Europeia e conseqüente transcrição para normas nacionais.

De igual forma, é de grande importância aumentar a eficiência de distribuição, evitando fugas de água, sucessivas intervenções corretivas e uma correção do preço praticado aos consumidores.

1.2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

No âmbito dos recursos hídricos e o conceito de sustentabilidade, a realização deste trabalho tem como objetivo o foco na análise da qualidade das águas superficiais e subterrâneas de uma determinada região em estudo – o concelho da Ribeira Brava.

Este trabalho não será um tema inovador no que respeita à matéria abordada, mas irá constituir uma síntese da informação já existente, bem como bases para futuros trabalhos.

A monitorização das águas superficiais e subterrâneas é uma medida que visa a sustentabilidade. Assim sendo, é de grande importância a sensibilização das pessoas para que se continue a aperfeiçoar estes processos de modo a poder garantir uma melhor qualidade do que será um dos nossos maiores problemas no futuro: o recurso à água.

Desta forma, esta dissertação abrange:

- Identificação e caracterização do concelho da Ribeira Brava, incluindo o estudo das suas bacias hidrográficas e descrição da rede de distribuição e monitorização das águas, bem como Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Águas Residuais;
- Averiguação da condição ecológica das águas subterrâneas e superficiais existentes no concelho em estudo;
- Medidas, recomendações e ações prioritárias de forma a cumprir as normas de qualidade ambiental em vigor.

1.3. METODOLOGIA ADOTADA

Com os objetivos delineados, adotou-se a seguinte estratégia metodológica.

Solicitaram-se dados à entidade competente (ARM – Águas e Resíduos da Madeira, SA) sobre a qualidade das águas a nível das ETA, ETAR e perceber a realidade da rede de distribuição concelhia.

Depois, houve a necessidade de organizar essa informação recolhida, efetuar um levantamento fotográfico *in loco* das infraestruturas que compõem a rede de abastecimento de água potável. Desta feita, visitaram-se as cinco estações de cloragem (Trompica, Boqueirão, Maria Teresa, Pousada dos Vinháticos, Meia Léguas), duas ETA (Ribeira Brava e Serra de Água) e uma ETAR (Ribeira Brava).

Com esta informação, efetuou-se um enquadramento legal e tiraram-se ilações e recomendações para uma estratégia futura de serviço sustentável e de qualidade. Há uma extensa lista de legislação que rege a qualidade da água destinada ao consumo humano, prevenção e gestão de

poluição, política estratégica na temática da água, directivas europeias, transposições nacionais e regionais. Nos capítulos apropriados e subsequentes, será analisada tal legislação.

Na Figura 1, consta um organigrama funcional da metodologia adotada.

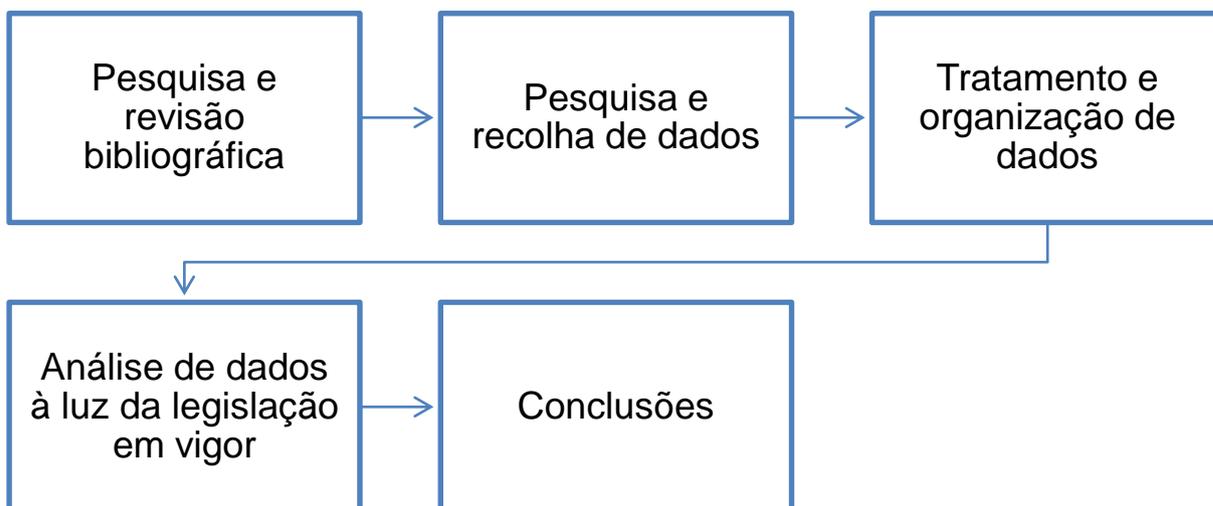


Figura 1 – Metodologia adotada para a dissertação

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho final de mestrado é constituído por cinco capítulos, cujo conteúdo é apresentado seguidamente de forma sumária:

O capítulo 1 corresponde à introdução ao tema em estudo – Análise da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na Ribeira Brava.

O capítulo 2 destina-se à caracterização da área em estudo onde se evidenciam os aspetos geográficos, demográficos, socioeconómicos e climáticos. Também neste capítulo é feita a caracterização e descrição das bacias hidrográficas do concelho da Ribeira Brava, onde não só se faz uma abordagem dos aspetos de carácter geográfico, hidrológico, geomorfológico e climático, mas também se inclui informação referente às utilizações da água e fontes de poluição.

CAPÍTULO 1

O capítulo 3 corresponde a uma descrição das redes de distribuição de água potável, drenagem de águas residuais, funcionamento e tratamento realizados nas ETA e ETAR da área em estudo, não descurando a sua geolocalização em ortofotomapa e anexação de registo fotográfico.

O capítulo 4 corresponde à análise da qualidade das águas para consumo e águas residuais do concelho da Ribeira Brava. Neste capítulo, pode observar-se, através de gráficos, a variação paramétrica temporal dos dados obtidos junto da entidade responsável pela exploração dos recursos hídricos na Ribeira Brava – a ARM, incluindo as respetivas considerações e aferições.

Finalmente, é no capítulo 5 que se encontram expostas as conclusões gerais deste trabalho, onde se incluem algumas ações e recomendações, visando a melhoria da situação atual dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no concelho da Ribeira Brava.

Em anexo, encontram-se de forma ordenada outros documentos criados no decorrer do trabalho final de mestrado.

Capítulo 2

Caracterização da área em estudo – concelho da Ribeira Brava

2.1. ASPETOS GEOGRÁFICOS

O concelho da Ribeira Brava, localizado na costa sudoeste da ilha da Madeira, com uma área de 65.00 km², é constituído por 4 freguesias: Campanário, Ribeira Brava, Serra de Água e Tabua (ver Figura 2).



Figura 2 – Mapa da área em estudo - concelho da Ribeira Brava (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)

“(…) e pozeram muitos dias no caminho ate chegarem dahi a três léguas a uma furiosa ribeira, na praya da qual estava aguardando o capitam, que em terra desembarcada, e tinha ahi traçado huma povoação, a que deu nome Ribeira Brava, pela que corria neste logar”, em *Saudades da Terra*, Frutuoso, Gaspar.

A origem do nome deve-se à sua ribeira (a ribeira Brava), que, em épocas de chuvas, apresentava um caudal muito forte, chegando a causar estragos ao longo dos 8.0 km do seu percurso.

Sendo um dos mais antigos locais da região, este concelho desde cedo assumiu-se como eixo de ligação com a parte norte e oeste da ilha.

Quanto ao relevo, este apresenta-se bastante acidentado, dominado por vales profundos e com desníveis abruptos. Os pontos mais elevados são o Pico Grande (1675.0 m) e o Pico Cerco (1586.0 m).

A Ribeira Brava é o concelho de criação mais recente na ilha da Madeira, constituído precisamente em 1914, no dia 6 de maio. É delimitado a norte pelo concelho de São Vicente, a leste por Câmara de Lobos, a oeste pela Ponta de Sol e a sul tem litoral no Oceano Atlântico (ver Figura 3).

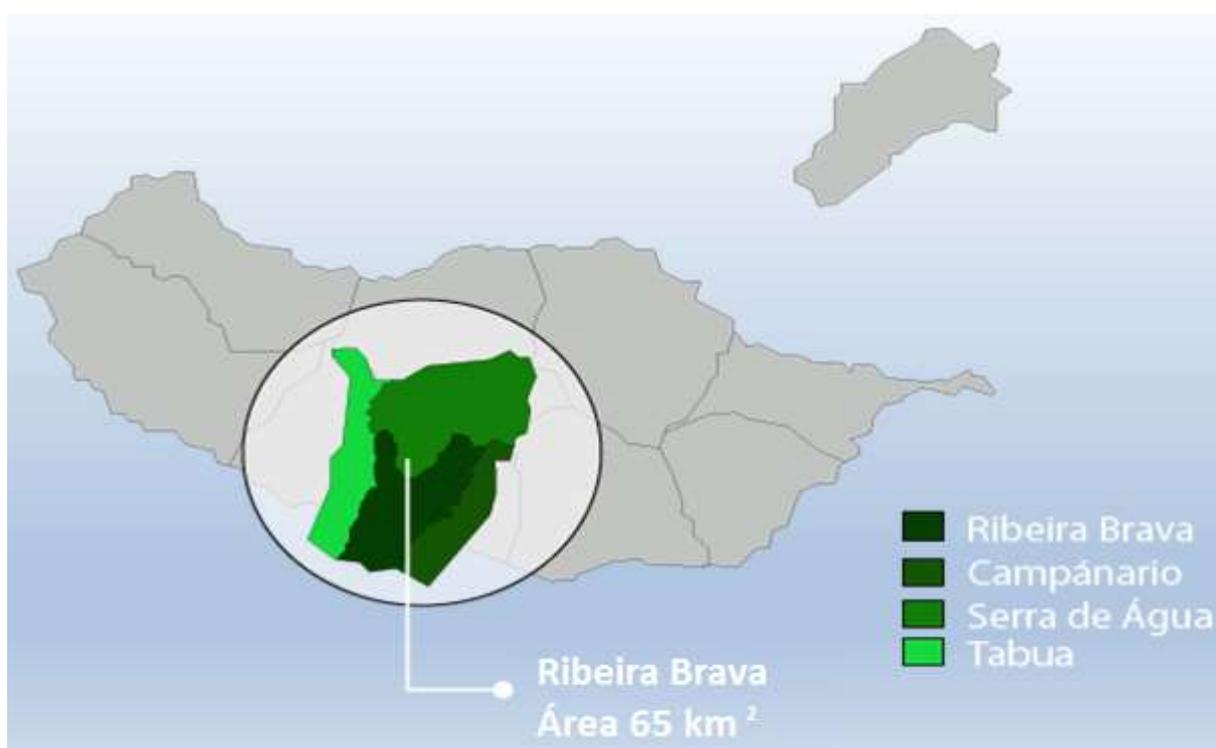


Figura 3 – Identificação da área em estudo no mapa da RAM (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)

Caracteriza-se essencialmente por ser uma região de forte impacto turístico devido às suas belas paisagens repartidas entre montanhas e uma magnífica vista panorâmica sobre o Oceano Atlântico (ver Figura 4), uma cidade com um vasto roteiro de famosas levadas, recheadas de sítios paradisíacos, constituindo um cartaz preponderante para o turismo da região.

A Ribeira Brava é dona de um vasto acervo patrimonial – quer arquitetónico, quer paisagístico – sendo uma das localidades mais antigas da ilha da Madeira e, devido à sua orografia, teve um papel muito importante nas ligações rodoviárias entre todos os pontos da ilha.



Figura 4 – Imagem panorâmica da cidade da Ribeira Brava. (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)

2.2. ASPETOS DEMOGRÁFICOS

Ao longo das últimas décadas, segundo os dados estatísticos recolhidos pelo INE (Instituto Nacional de Estatística), verifica-se que houve uma certa regularidade no número populacional do concelho da Ribeira Brava, como é possível visualizar na Figura 5. Entre as duas últimas operações censitárias (2001 e 2011), verificou-se um crescimento de 7% no que diz respeito à população residente no concelho.

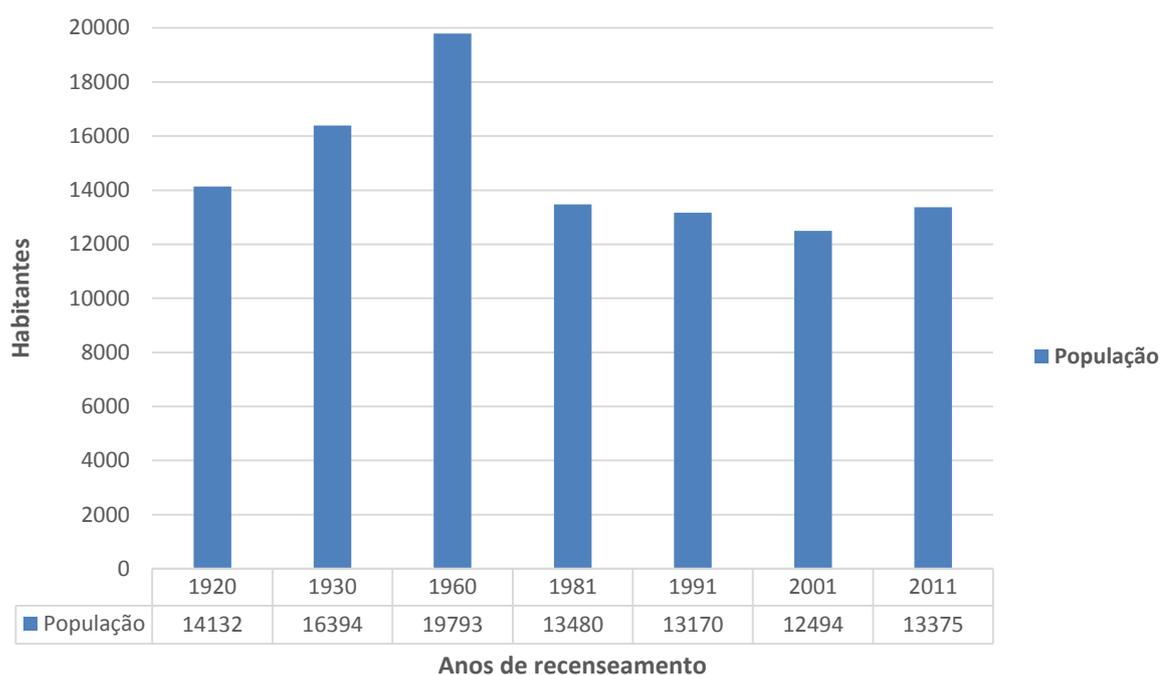


Figura 5 – Evolução da população residente no concelho da Ribeira Brava (Fonte: www.ine.pt)

A Ribeira Brava, com os seus 13,375 habitantes (Censos 2011), representa cerca de 5% do total da população da RAM.

A evolução da densidade populacional do concelho apresenta, naturalmente, uma tendência de crescimento, sendo expressa pela relação entre o número de habitantes e uma determinada área territorial. Dito isto, estima-se que o valor da densidade populacional do concelho seja cerca de 205 hab/km² – valor inferior ao registado a nível regional que é de aproximadamente 330 hab/km², e significativamente superior ao valor registado a nível nacional que é de 114 hab/km².

Quanto à distribuição da população pelas várias freguesias do concelho da Ribeira Brava, constata-se, na Figura 6, que as duas freguesias mais populosas correspondem à Ribeira Brava e Campanário, de acordo com os dados oficiais dos Censos 2011.

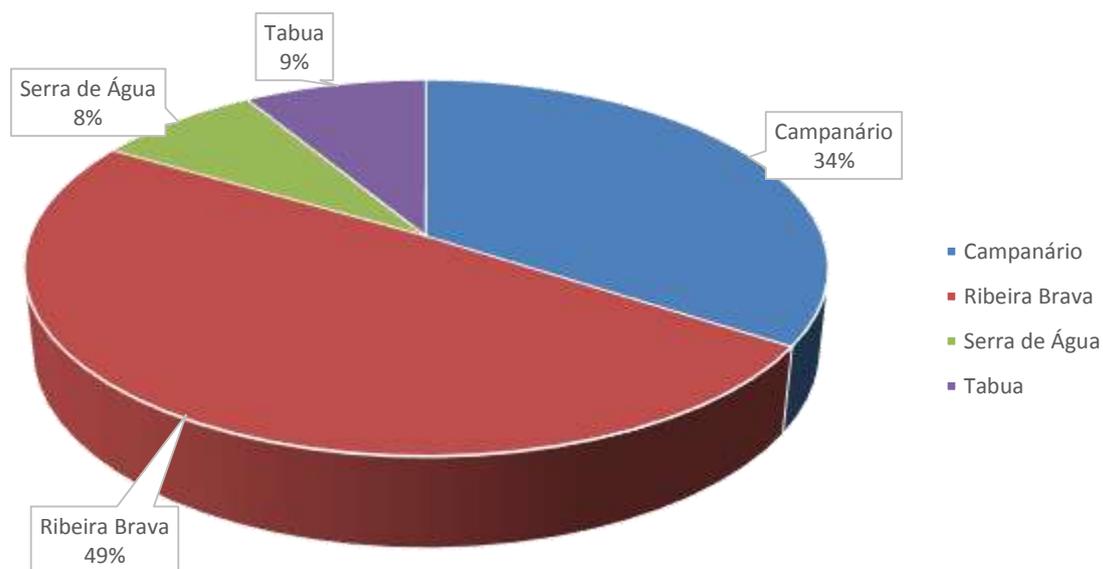


Figura 6 – Distribuição percentual da população nas freguesias da Ribeira Brava, de acordo com os Censos 2011

Comparando os dados demográficos por freguesia entre os anos de 2001 e 2011, conclui-se que a população cresceu nas freguesias do Campanário (+11%), Ribeira Brava (+11%) e Tabua (+5%), enquanto se verificou um decréscimo na Serra de Água (-20%).

2.3. ASPETOS SOCIOECONÓMICOS

Num concelho, outrora predominantemente agrícola, dominam agora as atividades ligadas ao sector terciário, nas áreas do comércio e serviços de hotelaria e turismo (ver Figura 7), logo seguidas pelo sector secundário, com as indústrias de serração, carpintaria, panificação e produção de eletricidade.



Figura 7 – Vista da marginal da Ribeira Brava (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)

A agricultura detém ainda algum peso, predominando o cultivo da batata, de culturas hortícolas extensivas, a horta familiar, os frutos subtropicais e a vinha, ainda que nos últimos tempos tenha havido algum investimento na área da floricultura. A pecuária é também uma atividade importante na economia concelhia, nomeadamente a criação de aves, suínos e caprinos.

O concelho da Ribeira Brava é rico em produtos artesanais, de onde se destacam os bordados em tela, a cestaria de vime, os tapetes de retalhos, o empalhamento de garrafas, entre outros.

Nas últimas décadas, a sucessão de intervenções ao nível das infraestruturas de uso público, com especial relevância para as rodoviárias (ver Figura 8), funcionaram como forte motor de desenvolvimento económico, sobretudo ao nível da construção civil e, consequentemente, do sector imobiliário.



Figura 8 – Pormenor de algumas infraestruturas rodoviárias recentemente construídas (Fonte: www.cm-ribeirabrava.pt)

A taxa de desemprego no concelho situava-se, em 2011, em 12.9%, abaixo das médias da RAM (14.6%) e Portugal (13.2%).

Ainda de acordo com dados de 2011 (PORDATA - Números dos municípios e regiões de Portugal | Quadro-resumo: Ribeira Brava, 2015), no que diz respeito à distribuição da empregabilidade dos ribeira-bravenses, verifica-se a seguinte distribuição:

- no sector primário – 3.2%;
- no sector secundário – 26.9%;
- no sector terciário – 70.0%.

Presentemente, numa altura em que se deu um abrandamento económico, o sector da construção civil evidenciou uma quebra, contribuindo para a carência de empregabilidade. Com isto, o desafio é o de encontrar novas formas e oportunidades de desenvolvimento económico, embora o concelho continue a ter parte da sua economia assente na agricultura e na exploração agropecuária. Na Figura 9, pode visualizar-se a carta de usos do solo no concelho da Ribeira Brava.

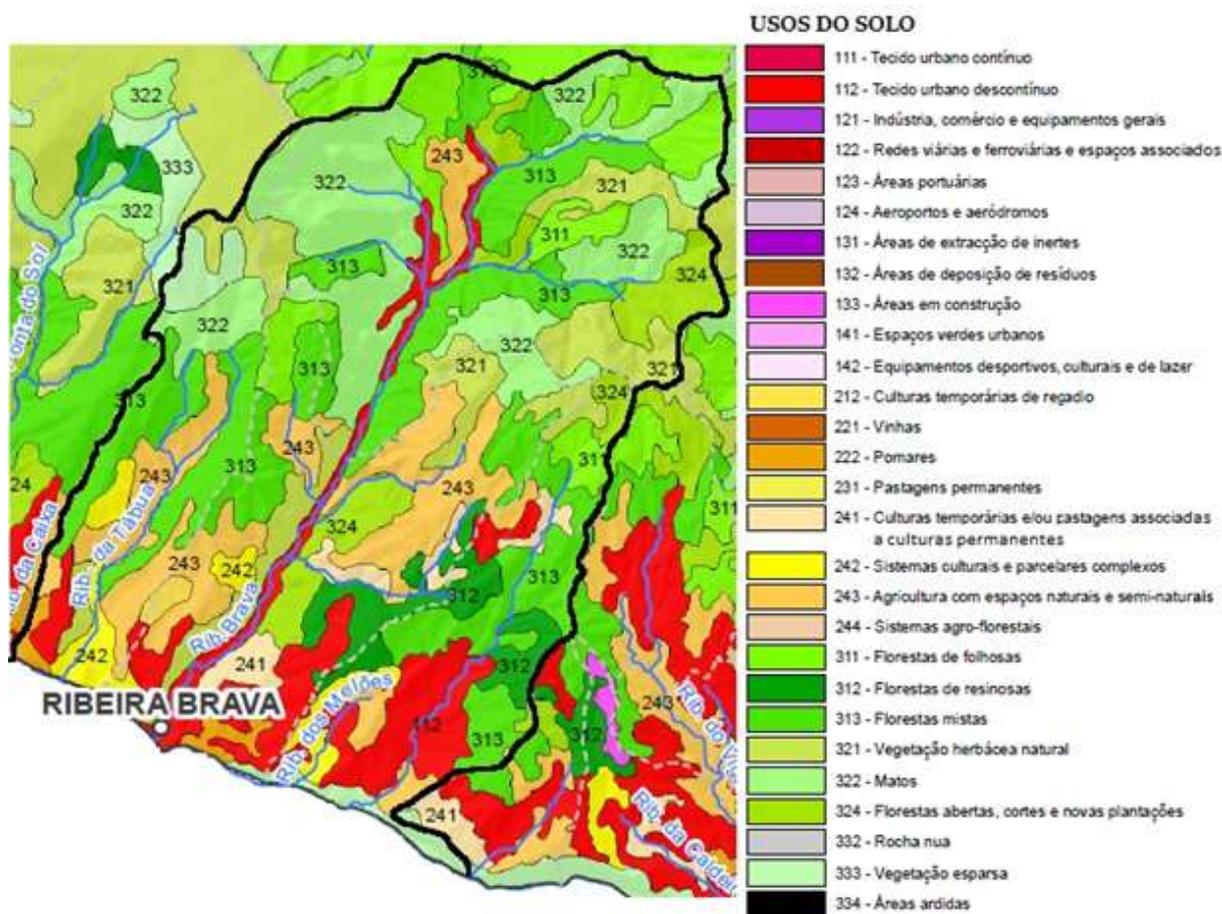


Figura 9 – Carta de uso de solos do concelho da Ribeira Brava (Fonte: Adaptado do Plano de Gestão da Região Hidrográfica (PGRH) do Arquipélago da Madeira)

2.4. CARATERIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA RIBEIRA BRAVA

2.4.1. Caraterização geográfica, hidrológica e geomorfológica

O concelho da Ribeira Brava é sulcado por três cursos de água principais, correspondendo à ribeira do Campanário, ribeira Brava e ribeira da Tabua (ver Tabela 1 e Figura 10).

A cabeceira da ribeira Brava situa-se no eixo central da ilha, tendo origem na encosta Sul da Boca da Encumeada e nas vertentes do Pico do Ferreiro e Pico do Jorge, à cota de 1007 m. É a bacia hidrográfica mais significativa do concelho, devido à sua extensão e caudal.

Tabela 1 – Características gerais dos principais cursos de água da Ribeira Brava (Fonte: PRAM, 2002)

Bacia/Curso de Água	Área da Bacia (km ²)	Perímetro da Bacia (km)	Altitude média da Bacia (m)	Comprimento do Curso de Água Principal (m)	Altitude Máxima do Curso de Água Principal (m)	Declive Médio do Curso de Água Principal (%)
Ribeira do Campanário	10.45	18.2	618.0	8401.0	1420.0	16.9
Ribeira Brava	44.58	33.9	755.0	13643.0	1540.0	11.2
Ribeira da Tabua	9.37	18.2	684.0	7604.0	1505.0	19.7

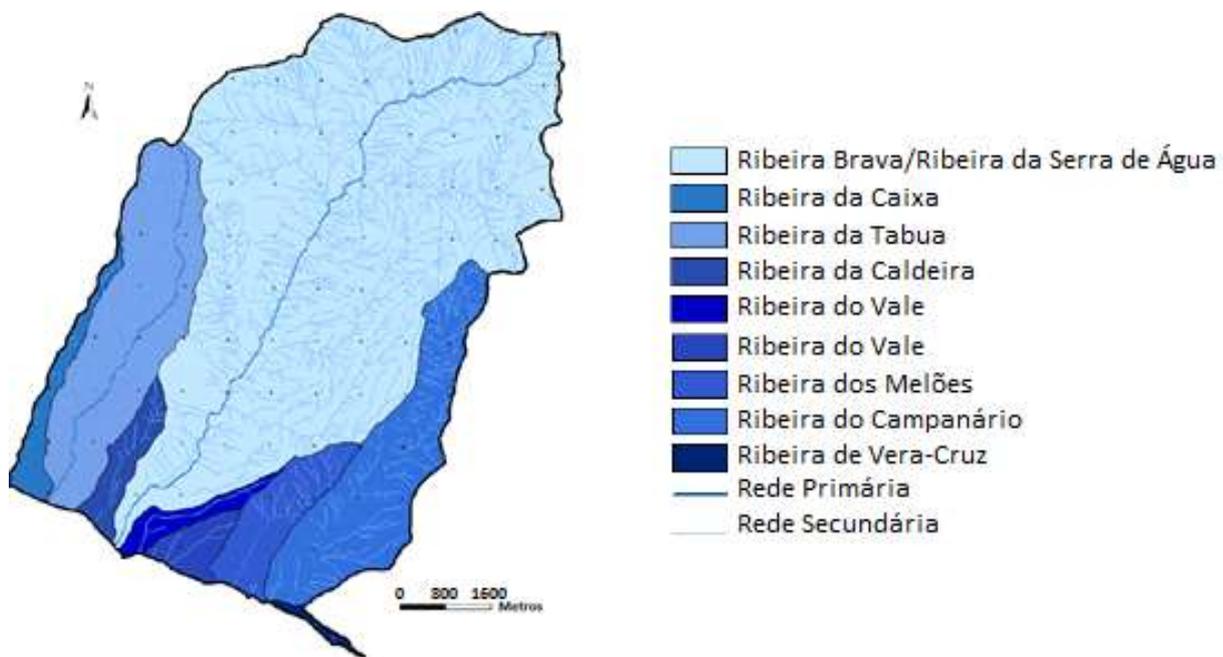


Figura 10 – Bacias e rede hidrográfica da Ribeira Brava (Fonte: Plano Regional da Água da Madeira)

A bacia da ribeira Brava apresenta um tempo de concentração de 2h59m. No que diz respeito à precipitação média anual recolhida, a ribeira Brava assume o valor de 1742 mm e as ribeiras do Campanário e Tabua 1300 mm.

Entre as bacias hidrográficas, onde a erosão hídrica atual dos solos é mais intensa na ilha da Madeira, figuram a ribeira do Campanário e a ribeira Brava. A erosão geológica abrange 24% da área da ilha, resultando em declives mais acentuados, e fazendo parte dessa área a ribeira Brava e a ribeira da Tabua.

Possuindo bacias hidrográficas do tipo exorreico, desaguando todas no mar e uma rede hidrográfica bastante ramificada, do tipo dendrítico, com vales profundos mas estreitos, a Ribeira Brava é caracterizada por maciços montanhosos de relevo bem acidentado, resultando em vales profundos com desníveis quase verticais (ver Figura 11).

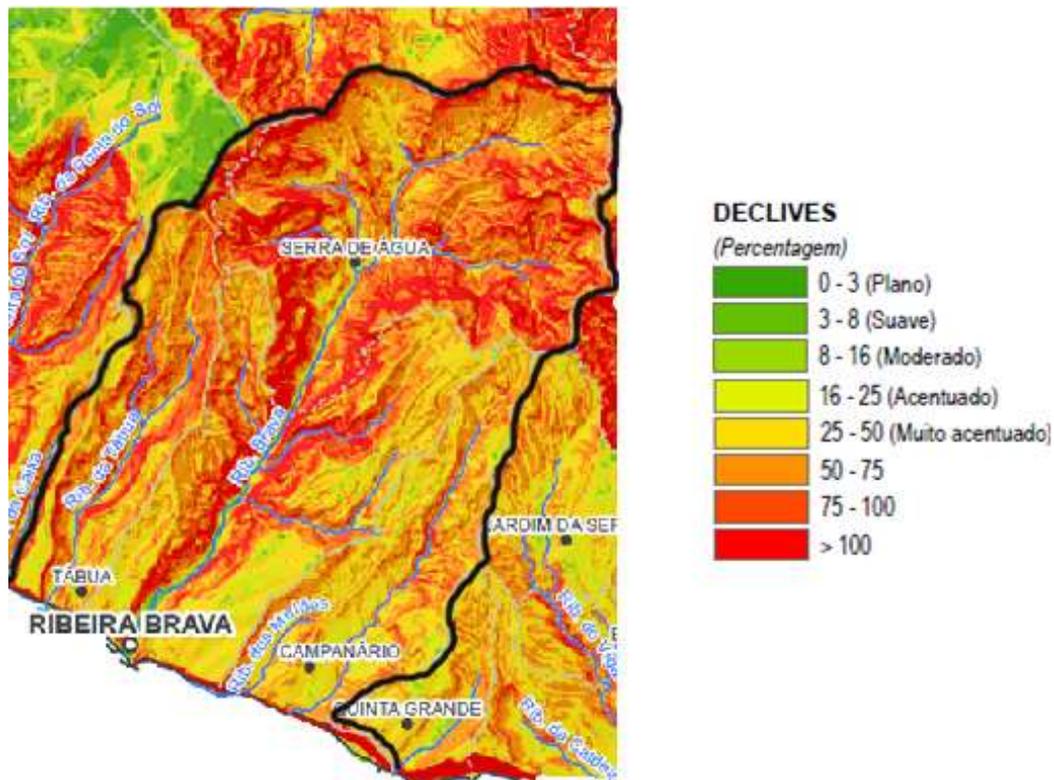


Figura 11 – Carta de declives do concelho da Ribeira Brava (Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

No litoral, e excetuando a foz da ribeira Brava e Fajã dos Padres, predominam os declives superiores a 30%, facilitando a ocorrência de queda de blocos e derrocadas.

Estas características são sinal do regime torrencial e alta capacidade de transporte de material sólido dos cursos de água.

De acordo com (Fernandes, 2009), a ribeira Brava apresenta uma bacia hidrográfica ampla a montante, mais concretamente na depressão da Serra de Água, afunilada e simétrica com declives entre os 30% e os 90%. A jusante, deparamo-nos com um vale cortante edificado em escoadas lávicas intercaladas com níveis piroclásticos. Já no troço final, o vale assume a forma de caleira, sendo as margens constituídas por material aluvionar.

Na zona mais a leste do concelho, a ribeira do Campanário exibe um vale em “V”, ainda que seja menos profunda e acidentada que a ribeira Brava.

Na zona oeste do concelho, a ribeira da Tabua revela idade avançada, visto apresentar vales em “V” no seu curso superior, vales em “U” no curso intermédio e vales em caleira junto à foz.

Todas as ribeiras apresentam orientação N-S (ver Figura 12).

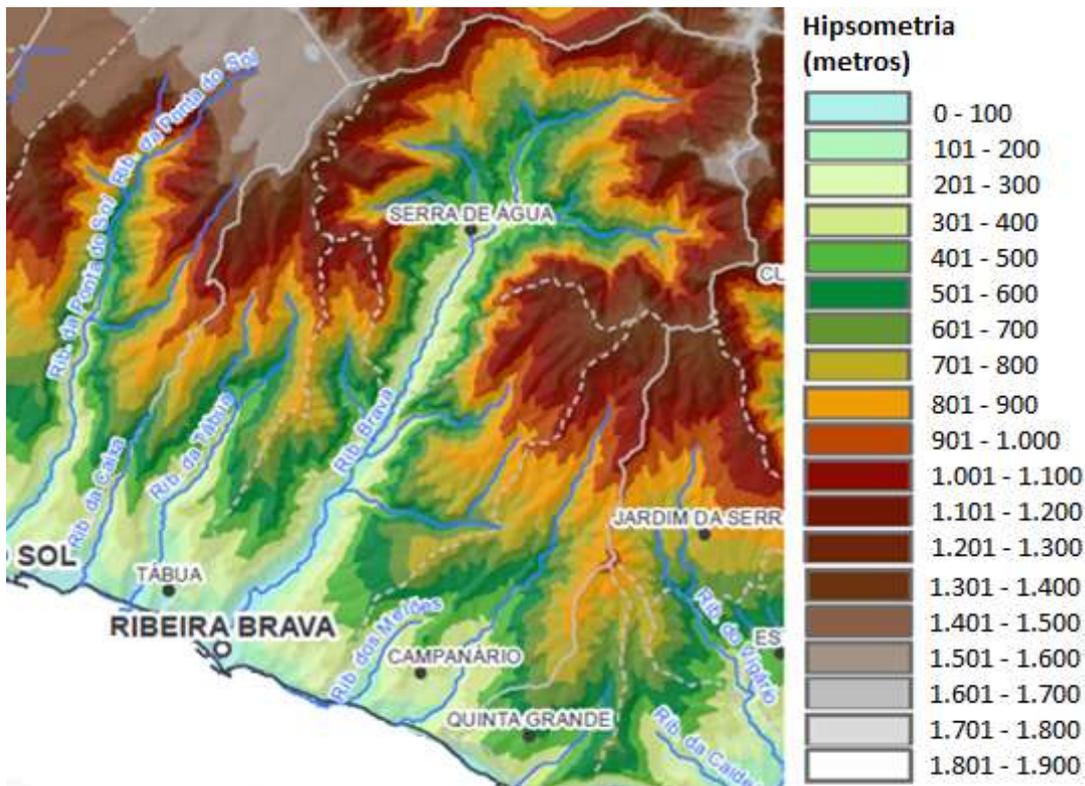


Figura 12 – Carta hipsométrica do concelho da Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

Em termos geomorfológicos, a Ribeira Brava situa-se entre o Maciço Vulcânico Central (a nascente) e o Maciço Ocidental (a poente), resultando num vale intensamente entalhado (ver Figura 13).

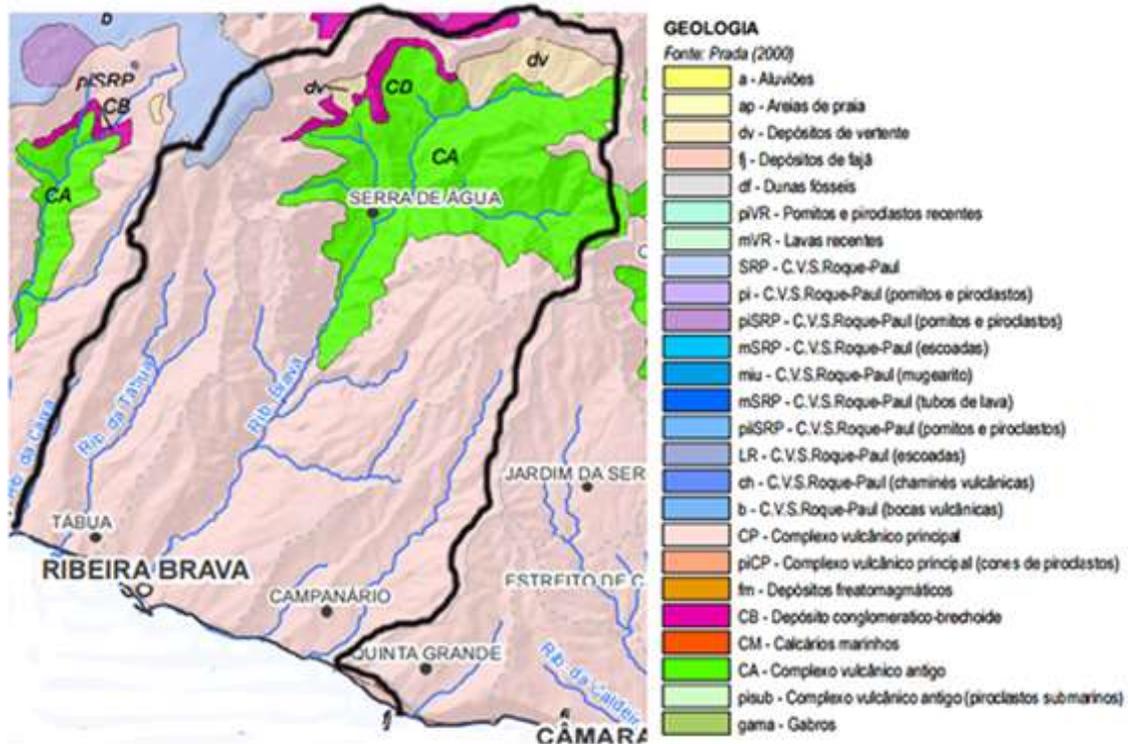


Figura 13 – Carta geológica do concelho da Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

O tipo de solo preponderante nas bacias é de origem basáltica, tal como no restante território da ilha, sendo os andossolos úmbricos, andossolos vítricos e feozemes háplicos os tipos de solo predominantes nas bacias da Ribeira Brava (ver Figura 14).

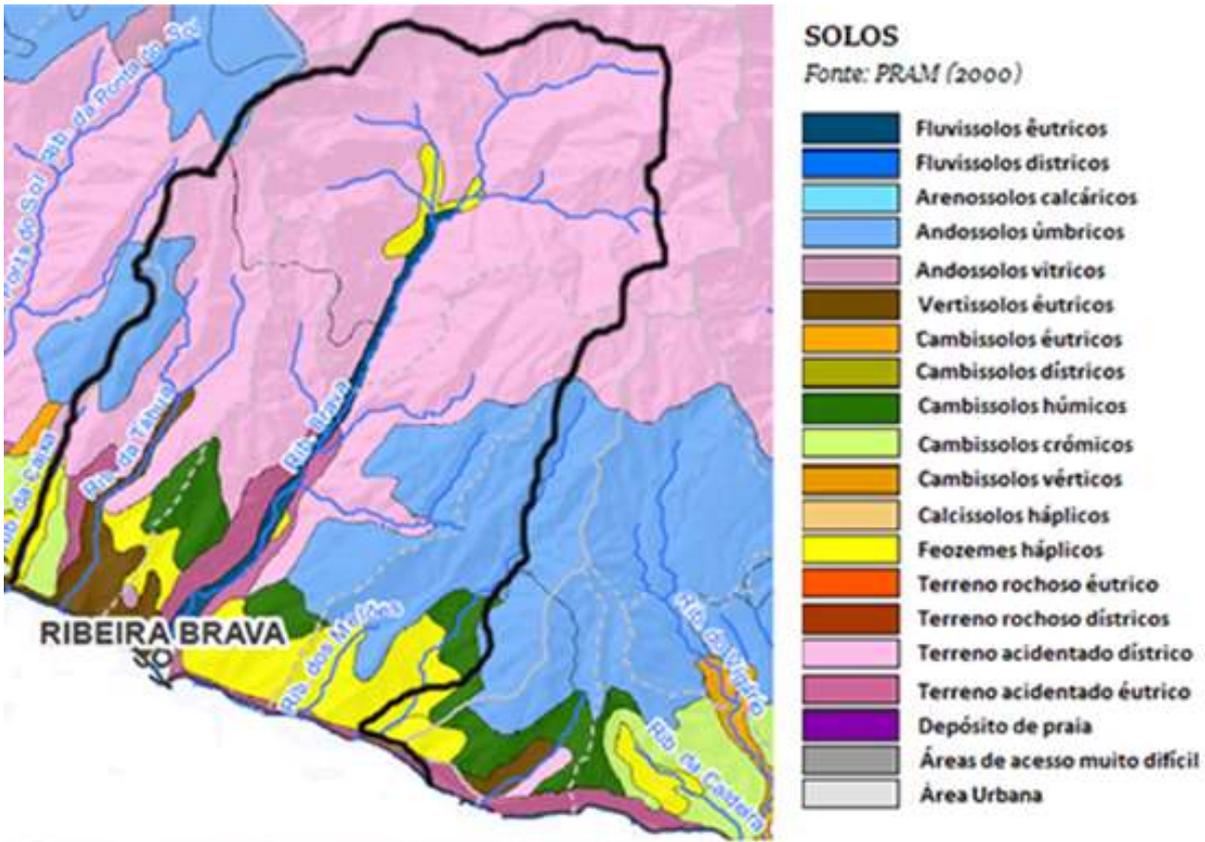


Figura 14 – Carta de solos do concelho da Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

A ilha da Madeira forma um autêntico contraforte no sentido Este-Oeste, determinando regimes de precipitação a Norte e a Sul. Assim, assumem-se duas unidades hidrogeológicas - a vertente Norte e a vertente Sul.

“A rede hidrográfica da ilha da Madeira [seguindo a Ribeira Brava esta regra] encontra-se fortemente encaixada, apresentando techos rectilíneos em extensões significativas. A orientação geral dos cursos de água principais é radial e mantém o alinhamento rectilíneo praticamente desde a nascente até à foz, no mar” (PROCESL, PROSISTEMAS, PRIMA, 2003).

Uma vez que a precipitação média registada é superior nas zonas de maior cota (ver Figura 15), as zonas de recarga dos aquíferos ocorrem nesses locais.

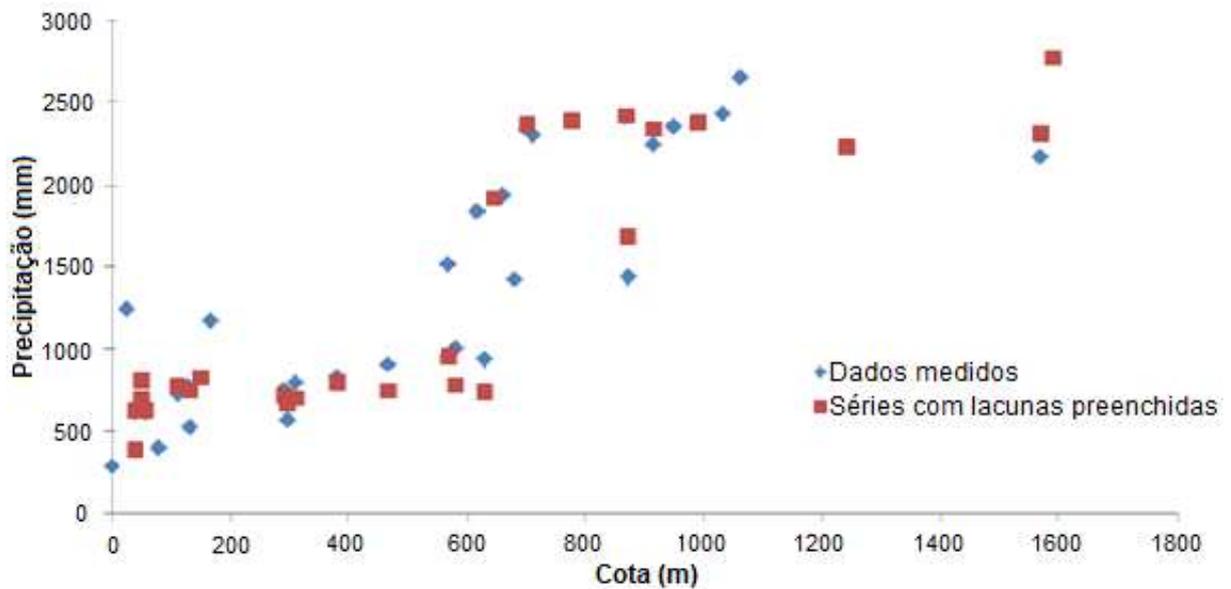


Figura 15 – Precipitação média anual versus Cota, para as estações udométricas na vertente Sul

(Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

À medida que a distância à foz se reduz, surgem aquíferos contínuos e locais aquando da existência de formações rochosas de reduzida permeabilidade (ver Figura 16). Devido à menor precipitação e à maior área de solo impermeabilizado pela ação do Homem, a zona da foz das bacias hidrográficas são os locais onde há uma menor infiltração de água.

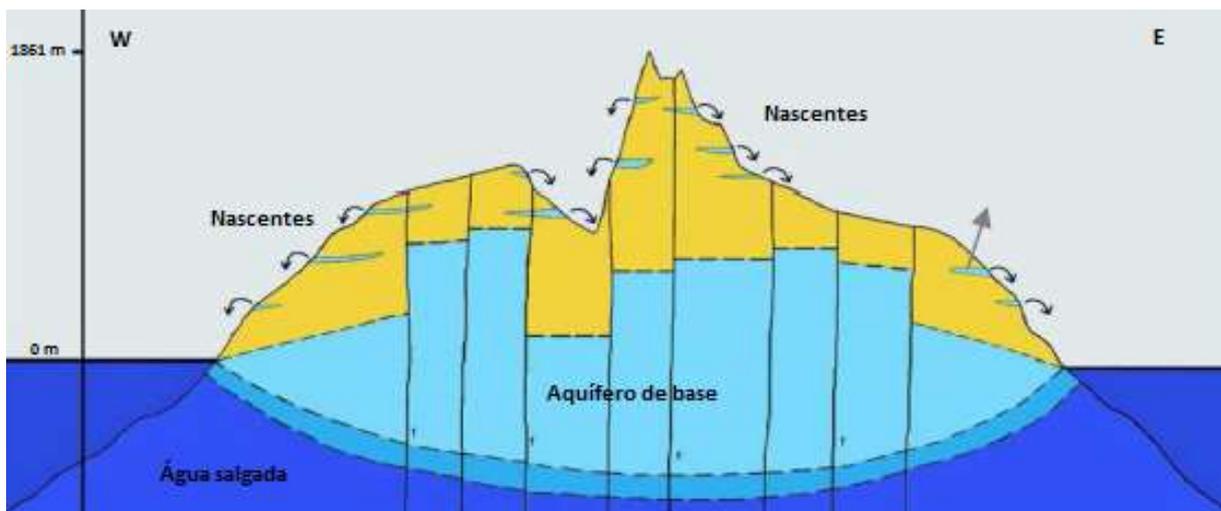


Figura 16 – Modelo hidrogeológico conceptual da ilha da Madeira

(Fonte: Adaptado de Disponibilidades hídricas da Ilha da Madeira (Prada et al, 2005))

Apesar da natural variação de disponibilidade temporal e espacial, os aquíferos subterrâneos são a mais relevante fonte de abastecimento de água doce no concelho da Ribeira Brava, sendo a sua captação efetuada por meio de furos, galerias, túneis e aproveitamento de nascentes (EGA - Environmental Governance Advisors, 2014). A recarga dos aquíferos ocorre principalmente em zonas altas e planas, contribuindo a precipitação, bem como a captação natural do neveiro pela vegetação (fenómeno de precipitação oculta). Tal recarga dos aquíferos depende da porosidade e permeabilidade dos maciços, sendo consequência do estado de alteração e compacidade dessas mesmas formações. A granulometria dos materiais piroclásticos, a localização dos níveis de escórias e brechas de escórias presentes nas escoadas lávicas são outros factores condicionantes. Assim, e como pode ser observado na Figura 17, explanam-se as quatro unidades hidrológicas:

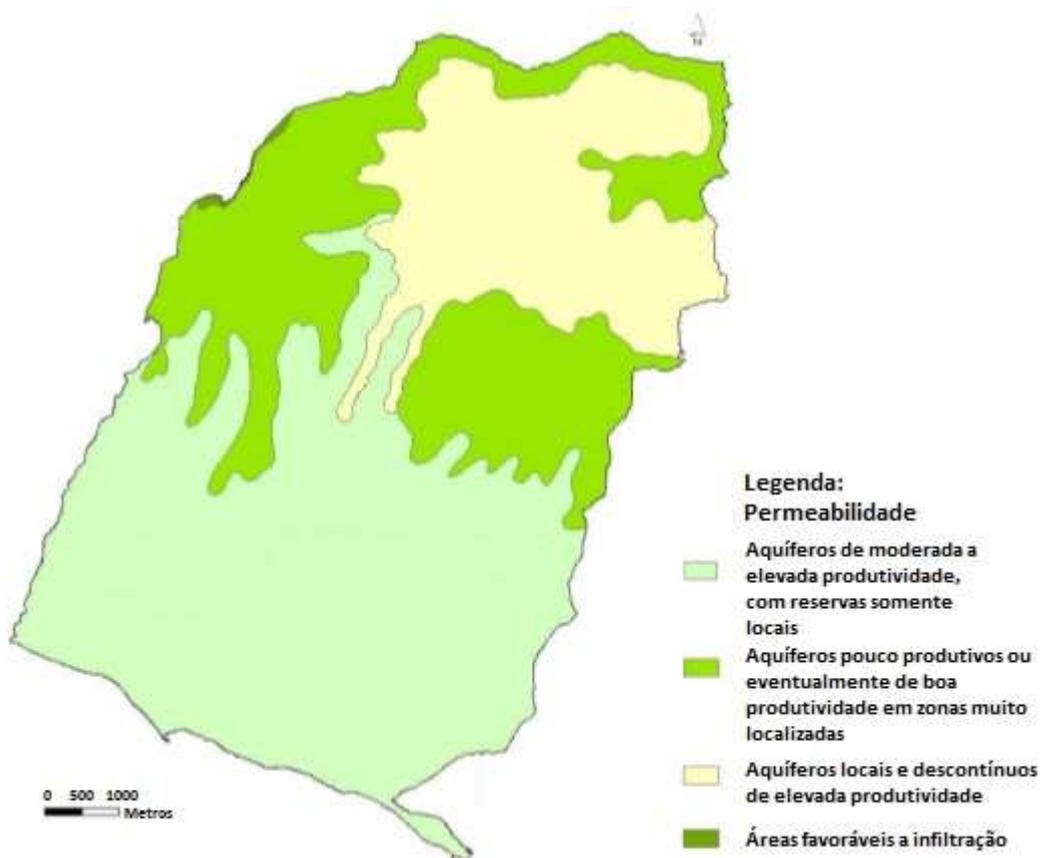


Figura 17 – Sistemas de aquíferos da Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado de Revisão do PDM da Ribeira Brava – Estudos Sectoriais – Suporte Biofísico (Inplenitus, 2012))

1. Áreas favoráveis à infiltração:

Sendo de destaque a zona do Maciço do Paúl da Serra, por ser planáltica e apresentar uma elevada permeabilidade e fracturação das rochas, estas áreas possibilitam uma infiltração célere da elevada pluviosidade e nevoeiros e causando uma acentuada produtividade nas cotas inferiores. Provocam um aumento da percolação aquífera subterrânea, formação de reservas e consituem as principais zonas de recargas dos aquíferos subjacentes. Com pouca representatividade na Ribeira Brava, ocupam uma área pouco expressiva a noroeste do município, adjacente ao Maciço do Paúl da Serra.

2. Aquíferos locais descontínuos de elevada produtividade:

Assumindo-se como a segunda mais expressiva categoria de aquíferos existentes no concelho, estendendo-se por 30% da área da Ribeira Brava, são de especial relevo os aquíferos suspensos, aquíferos dique e numerosas nascentes emergentes na cabeceira da ribeira Brava e encostas do Paúl da Serra. A permeabilidade depende do grau de fracturação dos maciços, bem como da quantidade, tamanho e continuidade dos vazios.

3. Aquíferos de moderada produtividade, com reservas somente locais:

Sendo os aquíferos de maior expressividade na Ribeira Brava, ocupam sensivelmente 50% da área do concelho e podem possibilitar caudais de 40 a 90 L/s. Quando em condições de alimentação favoráveis, apresentam reservas aquíferas locais e são nestas unidades hidrológicas que estão instalados vários furos.

4. Aquíferos pouco produtivos ou eventualmente de boa produtividade em zonas muito localizadas:

Devido à natureza das formações geológicas e à parca infiltração, estes aquíferos caracterizam captações de caudal diminuto. Estes aquíferos estendem-se pelo equivalente a 20% da área da Ribeira Brava, tendo a Encumeada as unidades mais significativas.

2.4.2. Aspetos climáticos

Com base na distribuição espacial dos valores médios da precipitação em anos médios nas várias bacias hidrográficas que compõem o concelho da Ribeira Brava (ver Figura 18), é perceptível o aumento da precipitação quando em direção ao interior da ilha (ver Figura 19), dado o incremento de altitude e ocorrência de precipitação orográfica.

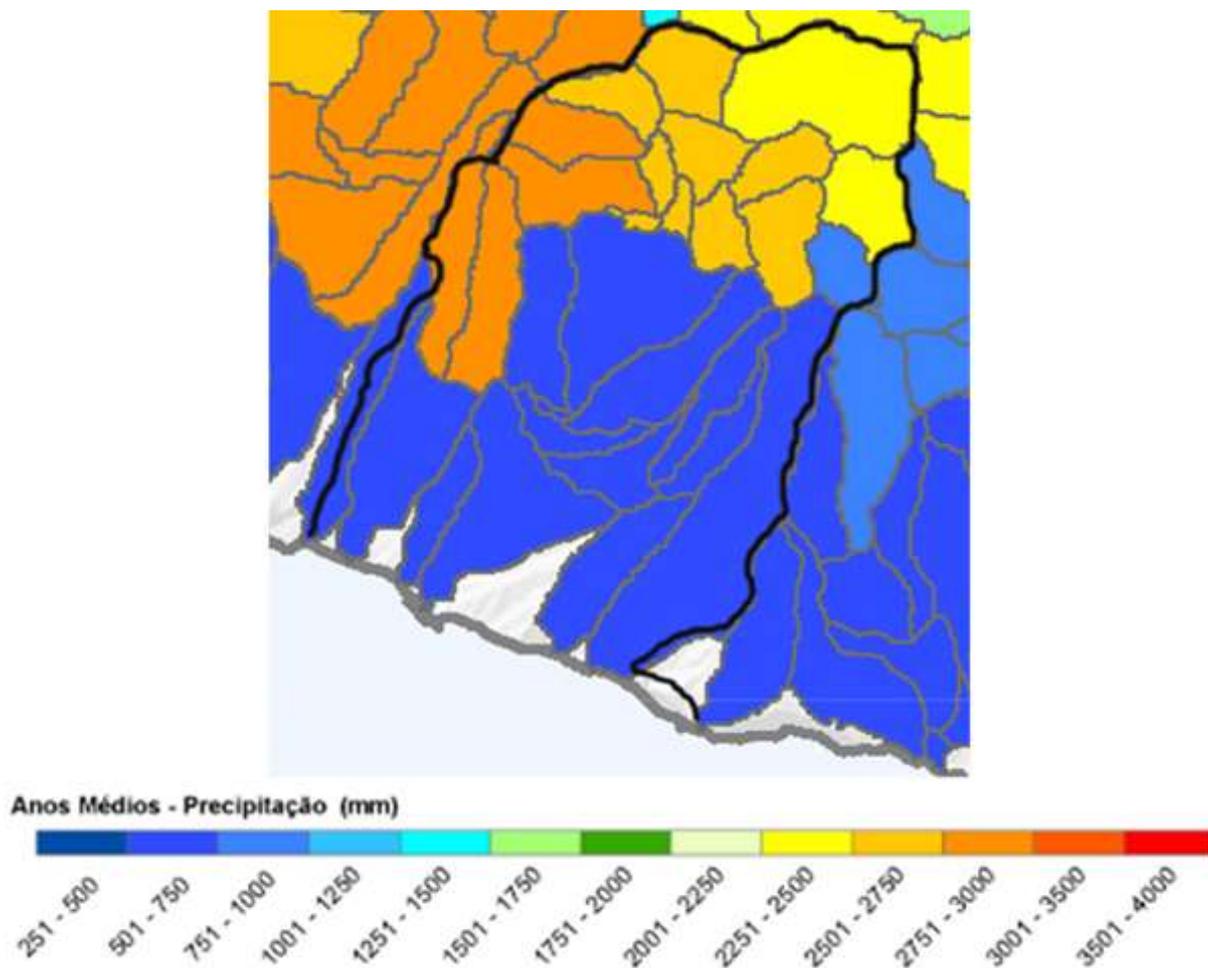


Figura 18 – Valores médios da precipitação em ano médio no período de tempo de 1961/62 a 2011/12 no concelho da Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

A referida precipitação orográfica ocorre pelo facto de as massas de ar húmidas provenientes do oceano serem obrigadas a percorrer o relevo da ilha, subindo as montanhas. Durante essa ascensão de ar húmido, verifica-se uma diminuição de temperatura e consequente condensação da água, resultando em chuva.

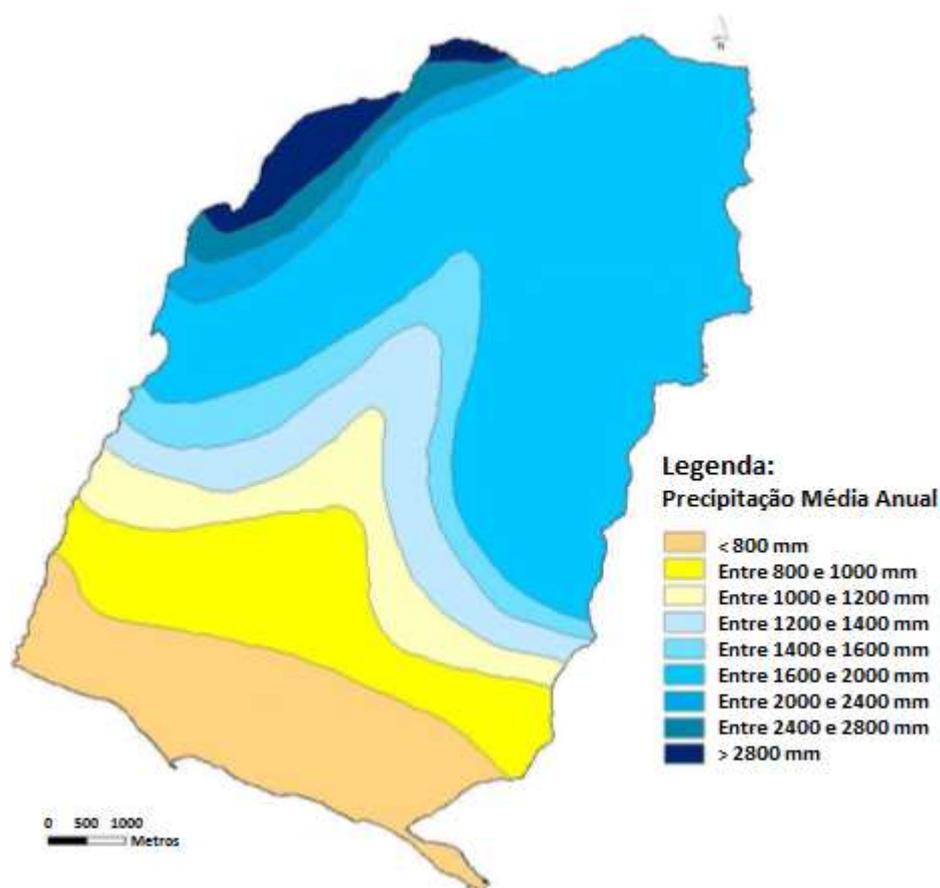


Figura 19 – Cartograma da distribuição dos valores da precipitação média anual na Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado de Revisão do PDM da Ribeira Brava – Estudos Sectoriais – Suporte Biofísico (Inplenitus, 2012))

Ainda de acordo com a Figura 18, nas zonas costeiras registam-se leituras de precipitação na ordem dos 501 a 750 mm/ano, enquanto nas zonas interiores esses valores assumem o intervalo entre 3001 a 3500 mm/ano.

Não tendo sido possível o acesso a valores da variável climática humidade relativa média anual do ar específicos do concelho da Ribeira Brava, assumem-se os dados recolhidos na Estação Meteorológica do Lugar de Baixo (ver Figura 20) e referentes às Normais Climatológicas da Região Autónoma da Madeira (1961 – 1990).

A humidade relativa do ar é sempre superior a 60%, sendo os valores médios anuais de 72%, 65% e 74% às 9h, 15h e 21h, respetivamente (Inplenitus, 2012).

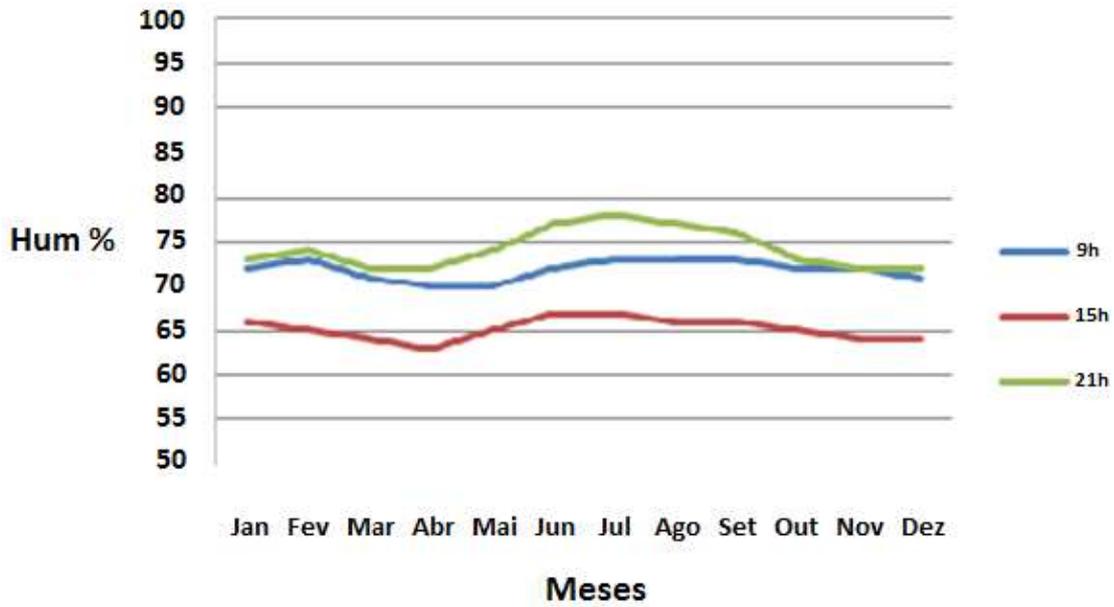


Figura 20 – Valores médios da humidade relativa

(Fonte: Normais Climatológicas da Estação Meteorológica do Lugar de Baixo (1961 – 1990))

Ainda que sem validade climatológica – por não corresponder a um período igual ou superior a 30 anos, um estudo realizado pelo INEGI (Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial), entre Setembro de 2005 e Agosto de 2006, com o objetivo de caracterizar o potencial eólico do Paúl da Serra concluiu que os ventos dominantes são oriundos de NE e NNE (ver Figura 21) (EGA - Environmental Governance Advisors, 2014).

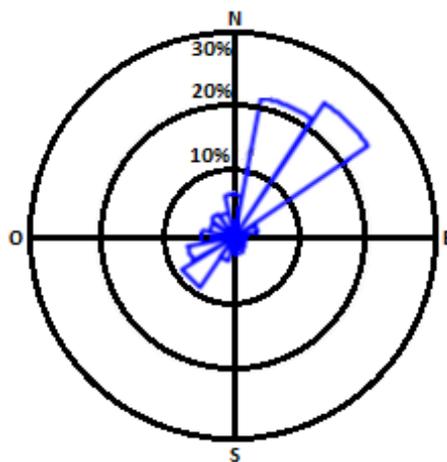


Figura 21 – Rosa anemoscópica (rumos dos ventos dominantes) do Paúl da Serra

(Fonte: INEGI)

Os ventos provenientes de Nordeste são húmidos, resultando em chuvas orográficas. Os ventos de Sul, Sudoeste e Oeste trazem consigo chuvas frontais; enquanto os ventos de Leste, provenientes de África, fazem-se acompanhar de massas de ar quente e poeiras, traduzindo-se num incremento de temperatura e diminuição da humidade relativa.

Relativamente à evapotranspiração média anual que caracteriza o concelho da Ribeira Brava, verifica-se, de acordo com a Figura 22, que este parâmetro climático assume valores entre os 301 e os 600 mm.

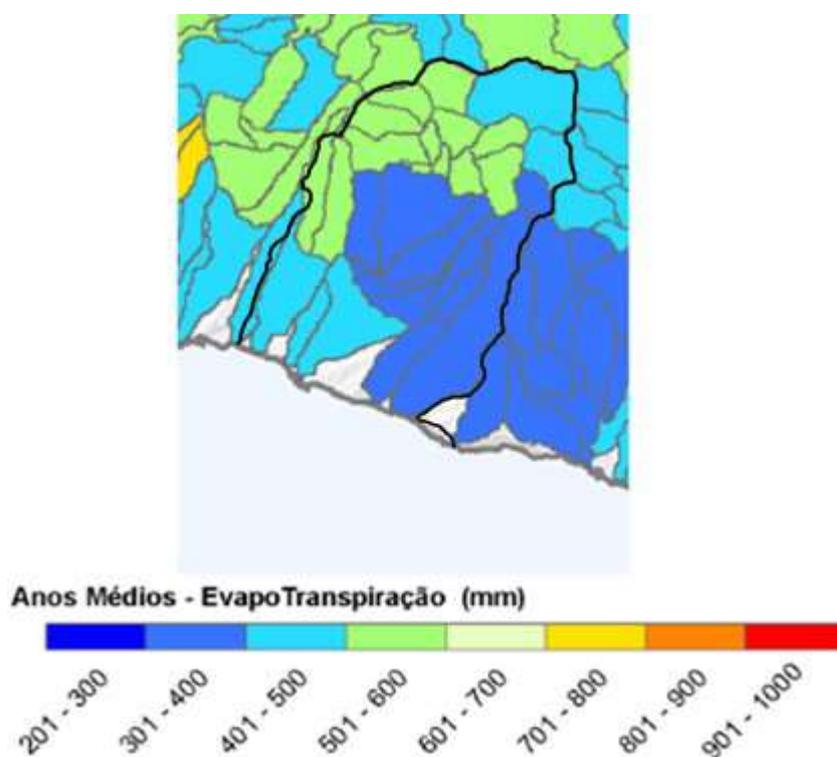


Figura 22 – Evapotranspiração média anual na Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

De acordo com a classificação climática de Köppen, utilizada pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), a Ribeira Brava apresenta um clima temperado mediterrânico húmido, com Verão seco e quente a atingir em média 27° C e Inverno também agradável, à volta dos 16° C, portanto com temperaturas amenas durante todo o ano, possuindo uma temperatura média anual de 19.6° C.

2.4.3. Aproveitamentos hidroelétricos

Uma vez que o relevo da ilha da Madeira é fortemente acidentado e, por isso, desfavorável à instalação de albufeiras, a produção hidroelétrica assume uma reduzida expressão. Apesar disso, e tirando partido dos acentuados desníveis orográficos, existem várias centrais hídricas e mini-hídricas instaladas no território insular.

A água é armazenada em reservatórios, conduzida através de condutas e move uma turbina, cujo eixo em rotação faz produzir energia elétrica num gerador.

Na Ribeira Brava, existe uma central hídrica e uma central mini-hídrica. São elas a Central da Serra de Água e a Central da Fajã dos Padres.

Inaugurada em 1953, a central da Serra de Água (ver Figura 23 e Figura 24) tem uma potência máxima líquida de 4.08 MW – suficiente para fornecer energia a cerca de 1000 habitações. Está localizada à cota de 568 m e utiliza águas provenientes do Paúl da Serra à cota de 1000 m. A câmara de carga é um reservatório com volume total de 14186 m³, é abastecida pela levada do Norte e possui uma câmara de descarga de materiais sedimentados.



Figura 23 – Vista geral da Central Hidroelétrica da Serra de Água



Figura 24 – Vista da conduta forçada

A jusante, encontra-se uma bacia de compensação (ver Figura 25), com o objetivo de regularizar o caudal, e daí seguem para regadio de zonas costeiras, para segunda queda na Central Hidroelétrica da Fajã dos Padres e, em períodos de maior pluviosidade, para segunda queda na Central Hidroelétrica dos Socorridos.



Figura 25 – Câmara de regularização de caudal

A velocidade da turbina é regulada automaticamente e é composta por 22 pás em aço inoxidável. A energia elétrica produzida segue para São Vicente e Ponta Vermelha.

Anualmente, esta central contribui com cerca de 15 GWh (ver Figura 26) – o equivalente a uma receita de cerca de 3 milhões de euros/ano.



Figura 26 – Equipamentos elétricos no interior da central

(Fonte: EEM (Empresa de Electricidade da Madeira))

Bem mais recente, a Central da Fajã dos Padres (ver Figura 27) apresenta uma potência de 1.7 MW (EEM, 2015).



Figura 27 – Vista geral da Central da Fajã dos Padres

(Fonte: EEM (Empresa de Electricidade da Madeira))

Aproveitando caudal excedente proveniente do Canal do Norte e, após uma conduta de 300 metros quase na vertical, está instalada a central de funcionamento automático e não contínuo.

A produção de energia elétrica torna possível a irrigação de uma extensa zona agrícola adjacente.

2.4.4. Captações de água

Relativamente à captação de água, a Ribeira Brava possui 18 captações ativas, todas elas sob a gestão da ARM, sendo 14 captações subterrâneas (3 furos e 11 nascentes) e 4 captações de superfície (2 em levadas e 2 em ribeiras) (EGA - Environmental Governance Advisors, 2014).

As captações existentes no concelho são as seguintes:

- Captação da ETA da Ribeira Brava (captação superficial – levada);
- Captação da ETA da Serra de Água (captação superficial – levada);
- Captação na Ribeira da Fajã das Éguas (captação superficial – ribeira);
- Captação na Ribeira da Serra de Água (captação superficial – ribeira);
- Furo da Meia Légua (captação subterrânea – furo);
- Furo da Ponte Vermelha 1 (captação subterrânea – furo);
- Furo da Ponte Vermelha 2 (captação subterrânea – furo);
- Nascente 3 da Rocha Alta (captação subterrânea – nascente);
- Nascente da Achada da Maria (captação subterrânea – nascente);
- Nascente da Espedregada (captação subterrânea – nascente);
- Nascente da Fonte da Pedra (captação subterrânea – nascente);
- Nascente da Ribeira Funda (captação subterrânea – nascente);
- Nascente das Fontes (captação subterrânea – nascente);
- Nascente de São Luís (captação subterrânea – nascente);
- Nascente do Lombo Cesteiro (captação subterrânea – nascente);
- Nascentes 1 e 2 da Rocha Alta (captação subterrânea – nascente);
- Nascentes da Casa do Pestana (captação subterrânea – nascente);
- Nascentes do Espigão (captação subterrânea – nascente).

Na Figura 28, é possível observar a localização de algumas das captações supracitadas.

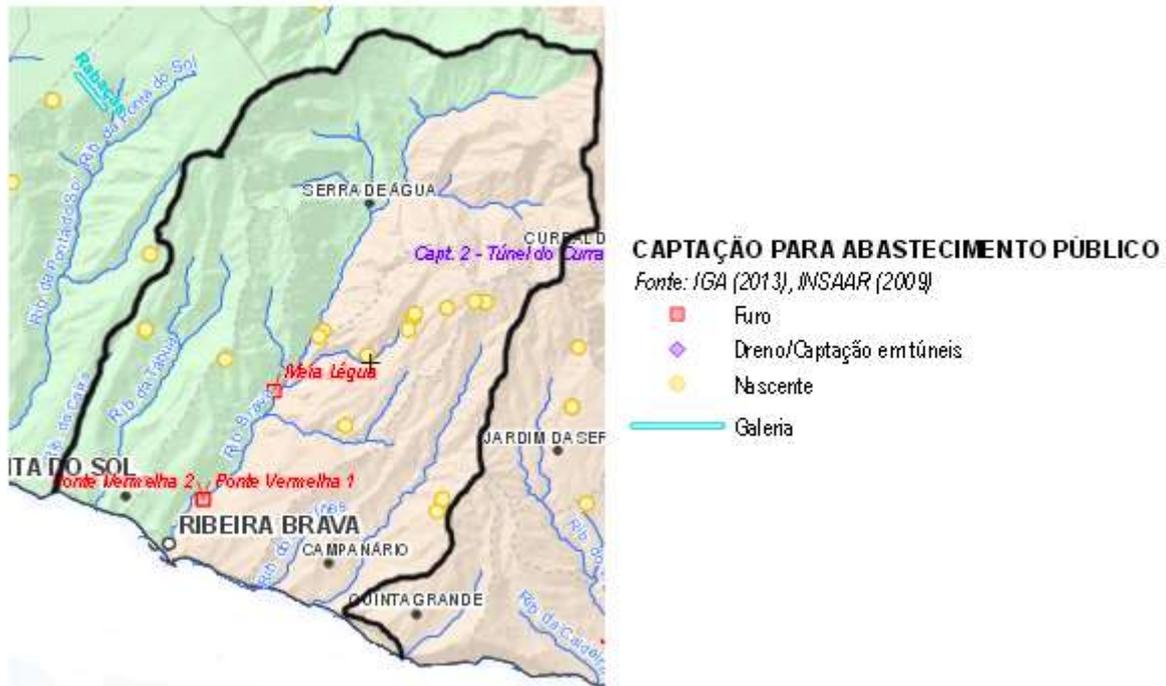


Figura 28 – Localização de captações de água para abastecimento na Ribeira Brava
 (Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

2.4.5. Escoamento

Representando o fluxo de água que escorre sobre a superfície dos solos de uma determinada bacia hidrográfica, incluindo os seus múltiplos canais, surge o parâmetro hidrológico que corresponde ao escoamento superficial. Analisando a Figura 29, que ilustra o escoamento superficial na Ribeira Brava, este parâmetro varia entre valores médios anuais na ordem dos 51-100 mm junto ao litoral e de aproximadamente 751-1500 mm nas zonas montanhosas. Esta discrepância de valores é explicada com o facto de os valores de precipitação também serem mais elevados nas zonas de alta cota.

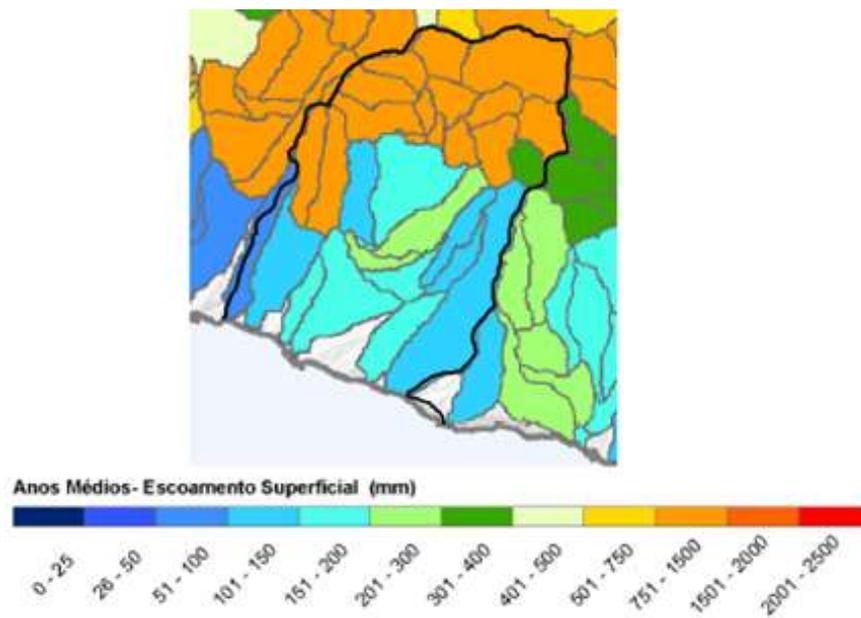


Figura 29 – Escoamento superficial no concelho da ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do PGRH do Arquipélago da Madeira (Nemus, Hidromod, 2014))

2.4.6. Qualidade das águas

Tal como ocorre em toda a ilha da Madeira, as águas apresentam uma composição físico-química dependente dos materiais pelos quais atravessam, permeabilidade dessas mesmas formações e do tempo de contacto.

De acordo com os resultados das análises efetuadas em furos, as águas de cotas mais baixas possuem valores mais elevados de bicarbonatos e cloretos, sendo fracamente mineralizadas, condutividades abaixo dos 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH entre 6.9 e 7.7 (EGA - Environmental Governance Advisors, 2014).

Já as águas de emergências, vêem a sua composição físico-química alterar-se em função da altitude. Assim, as águas apresentam-se cloretadas até aos 700 m, bicarbonatadas até aos 1300 m e, a partir daí, passam a ser consideradas hidrogeniónicas.

2.4.7. Fontes poluidoras

Na Região Autónoma da Madeira, as descargas de águas residuais – de origem urbana, pecuária e industrial – constituem as principais fontes de poluição. De salientar também a contaminação por lixiviação proveniente de aterros de resíduos sólidos inadequados e o depósito de terras em leito de cheias como fontes de poluição. A poluição urbana representa a maior fatia do cenário de descargas, correspondendo a 80% do CBO, 5.90% do CQO, 82% de SST, 86% do azoto (N) total e quase 100% do fósforo (P) (PROCESL, PROSISTEMAS, PRIMA, 2003).

No que concerne à poluição de origem industrial – e dado o baixo número de sistemas de pré-tratamento e à falta de controlo, não é de descartar a possibilidade de ocorrência de potenciais descargas de substâncias perigosas, nas redes de coletores, no meio hídrico e no solo.

Na Figura 30, é ilustrada uma estimativa das cargas poluentes de origem industrial e urbana (CQO e SST) por cada sub-bacia do concelho em estudo.

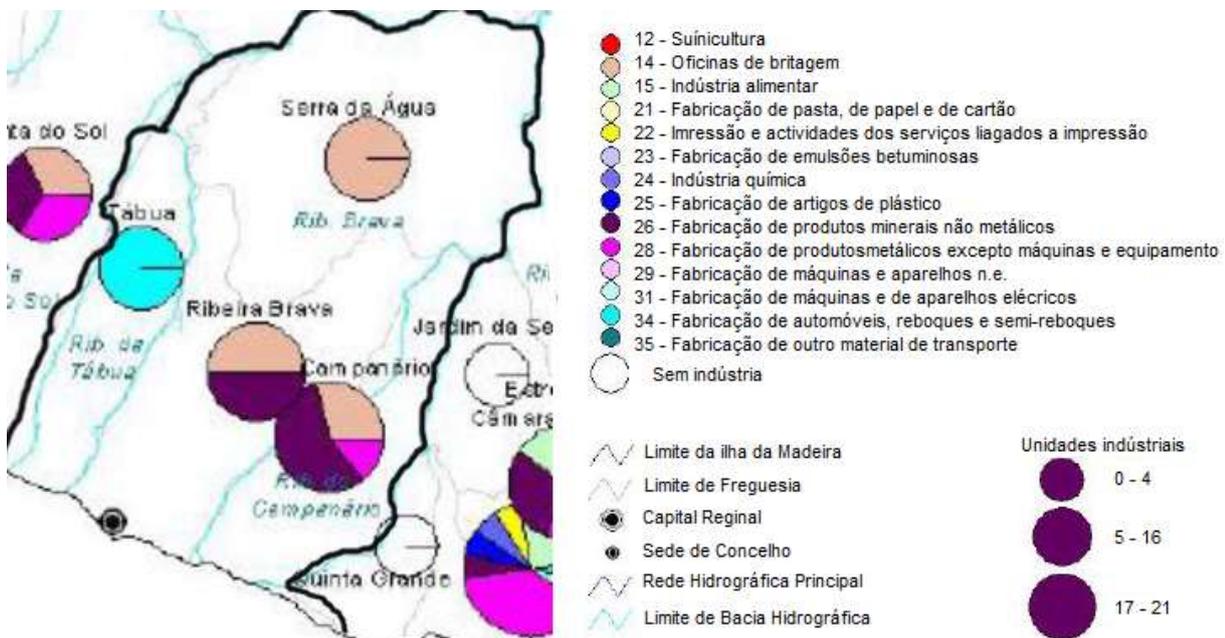


Figura 30 – Localização das principais fontes de poluição industrial na Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do Relatório Ambiental do PDM da Ribeira Brava (EGA, 2014))

No que diz respeito à realidade do concelho da Ribeira Brava, não são conhecidos quaisquer dados analíticos relativos à qualidade das linhas de água nas sub-bacias da ribeira Brava, da

ribeira da Tabua ou da ribeira do Campanário. Apesar da não existência de programas de análise sistemáticos da qualidade da água das ribeiras, admite-se que, na sub-bacia da Ribeira Brava na generalidade, esta apresenta água de boa qualidade na maior parte do seu percurso (PROCESL, PROSISTEMAS, PRIMA, 2003)

Prova da boa qualidade da água na ribeira Brava são as análises regulares às águas balneares da praia situada na foz dessa linha de água, de acordo com a Diretiva n.º 2006/7/CE numa escala de Má, Aceitável, Boa e Excelente.

Na Tabela 2, mostram-se os resultados qualitativos das análises às águas balneares da praia da Ribeira Brava.

Tabela 2 – Classificação anual das águas balneares da praia da Ribeira Brava

(Fonte: Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH))

Ano	Classificação
2008	Boa
2009	Boa
2010	Boa
2011	Excelente
2012	Excelente
2013	Excelente

Na Tabela 3, ilustram-se as estimativas das cargas de poluição tóxica de origem urbana e industrial que afluem à sub-bacia da Ribeira Brava. Os valores dizem respeito à carência bioquímica de oxigénio (CBO₅), carência química de oxigénio (CQO), sólidos suspensos totais (SST), azoto (N) e fósforo (P).

Tabela 3 – Precipitações e escoamentos anuais médios na sub-bacia da ribeira Brava

(Fonte: Adaptado do PRAM (2003))

Total	Cargas Afluentes (ton/ano)				
	CBO ₅	CQO	SST	N _{Total}	P _{Total}
	154.9	309.5	233.4	25.8	7.7

Na Tabela 4, ilustram-se as estimativas das cargas de poluição tóxica de origem urbana e industrial que afluem à sub-bacia da ribeira da Tabua.

Tabela 4 – Precipitações e escoamentos anuais médios na sub-bacia da ribeira da Tabua

(Fonte: Adaptado do PRAM (2003))

Total	Cargas Afluentes (ton/ano)				
	CBO ₅	CQO	SST	N _{Total}	P _{Total}
	26.7	51.2	36.3	4.0	1.2

Na Tabela 5, ilustram-se as estimativas das cargas de poluição tóxica de origem urbana e industrial que afluem à sub-bacia da ribeira da Tabua.

Tabela 5 – Precipitações e escoamentos anuais médias na sub-bacia da ribeira do Campanário

(Fonte: Adaptado do PRAM (2003))

Total	Cargas Afluentes (ton/ano)				
	CBO ₅	CQO	SST	N _{Total}	P _{Total}
	90.5	181.4	145.2	15.1	4.5

Capítulo 3

Descrição da rede de abastecimento, ETA e ETAR

3.1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Um sistema de abastecimento de água compreende a sua captação na natureza, tratamento, transporte e fornecimento às populações em quantidade e qualidade compatíveis com as suas necessidades.

Na Tabela 6, identificam-se e descrevem-se sucintamente as diversas componentes de um sistema de abastecimento e distribuição de água.

Tabela 6 – Composição de um sistema de abastecimento e distribuição de água

Parte	Órgãos	Objectivo/Função
Captação	Obras de captação	Captar água bruta nas origens (superficiais e/ou subterrâneas) mediante a disponibilidade e necessidade
Elevação	Estações elevatórias e sobreprensoras	Bombar água (bruta ou tratada) de um ponto para outro ponto de cota mais elevada
Transporte ou adução	Adutores, aquedutos e canais	Obras destinadas ao transporte de água desde a origem à distribuição. O transporte pode ser sob pressão ou à superfície livre
Tratamento	Estações de tratamento de água (ETA)	Produzir água potável a partir de água bruta, em concordância com as normas de qualidade
Armazenamento	Reservatórios	Regularizar as flutuações de consumo face à adução, constituir reservas de emergência – em casos de combate a incêndios ou de interrupção a montante, equilibrar a pressão na rede de distribuição e normalizar o funcionamento das bombagens
Distribuição	Rede geral pública de distribuição de água	Conjunto de tubagens e acessórios essenciais para transportar a água, tais como juntas, válvulas de seccionamento, válvulas de descarga, ventosas, redutores de pressão, bocas de rega/lavagem e hidrantes
Ligação domiciliária	Ramais de ligação	Garantir o correto abastecimento predial de água, em boas condições de caudal e pressão – desde a rede pública até ao limite da propriedade a servir
Distribuição interior	Redes interiores dos edifícios	Conjunto de tubagens e acessórios para uma correta distribuição de água no interior dos edifícios
Descarga	Rede de saneamento + ETAR	Conjunto de tubagens e tratamento de modo a devolver a água à natureza sem colocar a mesma em risco

3.1.1. ETA

Desde a sua captação na natureza até ao efetivo consumo por parte das populações, a água sofre processos de tratamento de modo a conferir que a mesma cumpre os requisitos legalmente exigidos. Toda essa cadeia de tratamentos tem como foco a salvaguarda da saúde pública.

Assim, torna-se necessário eliminar as “impurezas” presentes na água (ver Tabela 7), sendo estas reunidas em três categorias:

- Físicas – substâncias em suspensão na água, não dissolvidas;
- Químicas – substâncias dissolvidas na água;
- Biológicas – bactérias, vírus ou outros microrganismos.

Tabela 7 – Constituintes presentes na água, descrição e seus efeitos

Constituintes presentes na água	Descrição dos Constituintes	Efeitos
Gases dissolvidos	Oxigénio (O ₂)	Promove a corrosão
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	Baixa o pH e torna a água agressiva
	Sulfeto de Hidrogénio (H ₂ S)	Odor desagradavel, baixa o pH e promove a corrosão
Sais inorgânicos	Cálcio (Ca ²⁺);Magnésio (Mg ²⁺)	Provocam dureza
	Sódio (Na ⁺);Potássio (K ⁺)	Aumentam a concentração de SDT e podem induzir gosto
	Ferro (Fe ²⁺)	Gosto, cor, corrosão se > 1mg/L
	Ácido (H ⁺)	Baixo pH, corrosão
Aniões	Bicarbonato (HCO ₃); Carbonato (CO ₃); Hidroxila (OH.); Sulfato (SO ₄)	Alcalinidade
Compostos orgânicos	Coloração	Devido a corantes naturais (substâncias húmidas), e cheiro e sabor originados por plantas e fenois de origem industrial
Sólidos em suspensão	Argilas, siltes	Causam turvação
	Matéria orgânica (fragmentos de folhas, ervas, etc.)	Originam partículas coloidais em suspensão e causam turvação
Biota	Bactérias, vírus, algas, protozoários	Odor, sabor, turvação, alguns são patogénicos

O processo de tratamento de água reveste-se de uma crucial importância visto procurar torná-la agradável em termos visuais e de paladar, adequada à saúde humana e mitigando a danificação dos sistemas de abastecimento; variando conforme o grau de qualidade da água bruta.

Os diversos estádios (ver Tabela 8) que constituem o processo de tratamento acontecem em locais devidamente equipados e dimensionados para uma certa população (número de habitantes) e quantidade de água a processar (caudal máximo), sendo uma tarefa que deve ser mantida ininterruptamente.

Tabela 8 – Operações e processos unitários utilizados em ETA

(Fonte: Marecos, 2011)

Operações e processos unitários utilizados em ETA	
Gradagem, tamisação	Remoção de sólidos grosseiros flutuantes
Pré-oxidação	Eliminação de: azoto amoniacal (NH ₃), do Ferro (Fe) e do Manganês (Mn), da cor.
Coagulação-Floculação	Agregação em flocos sedimentáveis de partículas em suspensão não sedimentáveis
Decantação	Separação das partículas sedimentadas
Filtração	Remoção de finas partículas em suspensão
Desinfecção	Eliminação de microrganismos
Adsorção	Remoção de substâncias que conferem gosto e odor a água
Precipitação química	Remoção de substâncias dissolvidas com Ferro (Fe), Manganês (Mn) e dureza
Permuta iônica	Remoção de iões de determinados sais presentes na água por permuta de iões presentes na resina de permuta

A diferença entre a quantidade de água produzida nas ETA e a necessária para suprir as necessidades de consumo é explicada pelas perdas/fugas na rede de distribuição – problemática que merece cada vez maior atenção, tendo em vista uma maior eficiência.

Genericamente, tendo em vista o consumo humano, as águas superficiais exigem um tratamento mais complexo do que as águas subterrâneas.

Quando o transporte de água (adução) à ETA é efetuado por meio de um canal a céu aberto, ocorre o arrastamento de organismos fitoplanctónicos que se desenvolvem na superfície da albufeira, dadas as condições de temperatura e radiação solar.

São instaladas torres de captação para, em profundidade, se atingirem águas de melhor qualidade. Nas albufeiras, devem ainda proceder-se a descargas de fundo para diminuir a acumulação de nutrientes no leito da albufeira.

Quando as ETA se situam a cotas superiores aos locais de captação, há a necessidade de instalar estações elevatórias, sendo estas equipadas com uma ou mais bombas imersas, que permitem vencer o desnível.

Nas Figura 31 e Figura 32, está patente a sequência geral dos vários processos de tratamento efetuados à água.

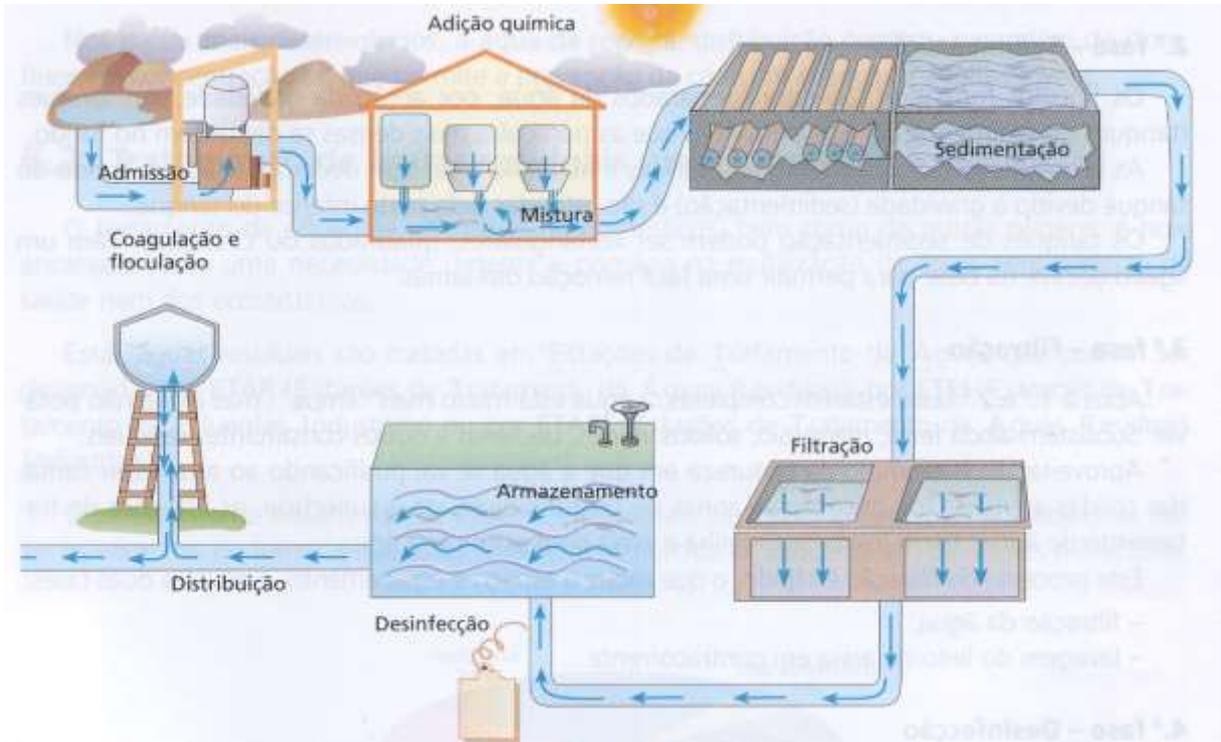


Figura 31 – Esquema geral do processo de tratamento da água

(Fonte: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAgNE4AG/eta-estacao-tratamento-agua>)

Dependendo da qualidade da água bruta (água captada), o tratamento de água para consumo humano pode compreender dez passos:

- Arejamento;
- Gradagem;
- Tamisação;
- Mistura rápida:
 - Remoção da dureza;
 - Correção da acidez;
- Coagulação/floculação;
- Decantação;
- Filtração;
- Desinfecção;

- Fluoretação;
- Tratamento das águas residuais.

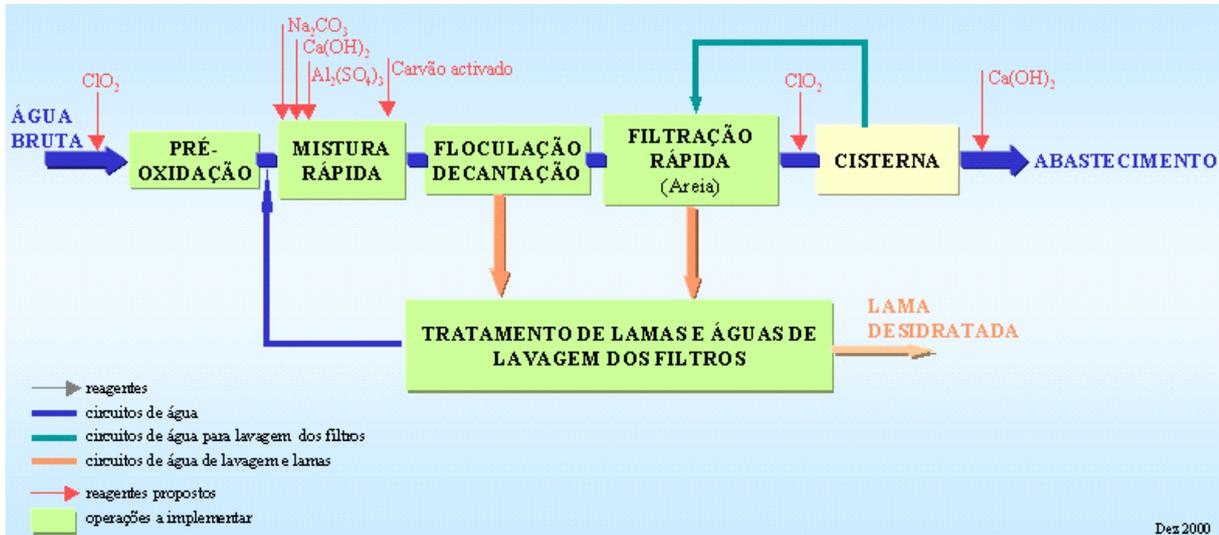


Figura 32 – Fluxograma dos processos de tratamento da água

(Fonte: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAgNE4AG/eta-estacao-tratamento-agua>)

De seguida, explicar-se-ão cada um destes processos.

Arejamento:

Este processo (ver Figura 33) é apropriado para eliminar odores, sabores, gases dissolvidos, bem como ferro e manganês. Consiste em fazer introduzir ar na água, sendo isso conseguido através de desníveis/cascatas. Quanto maior o caudal a processar, bem como a concentração de ferro e manganês, maior a necessidade de introdução de ar na água. Em contacto com o oxigénio do ar, o ferro e o manganês oxidam e dão origem a compostos insolúveis que serão eliminados mais tarde.



Figura 33 – Tanque de arejamento

(Fonte: Lousada (2015))

Gradagem:

Processo executado através de barras metálicas paralelas (ver Figura 34), eliminam-se os sólidos de grande dimensão (>12.5 mm) que poderiam danificar os equipamentos mecânicos a jusante. Neste processo, a velocidade da água não deve exceder 1.0 m/s, de modo a não facilitar a passagem de sólidos pelas grades (Marecos, 2011).

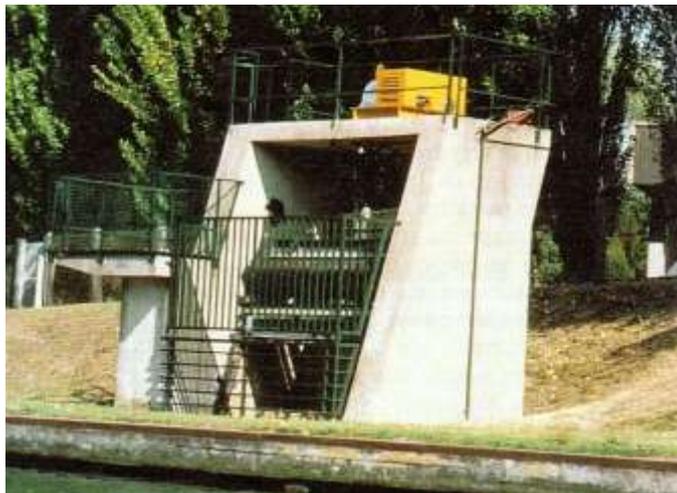


Figura 34 – Unidade de gradagem

(Fonte: Marecos (2011))

Tamisação:

Após uma primeira triagem grosseira (gradagem), segue-se o processo de eliminação de sólidos de pequenas dimensões (<12.5 mm) através de malhas (macrotamisadores e microtamisadores) – (ver Figura 35). É de salientar que a presença de microrganismos fitoplanctónicos pode ser mitigada se forem instalados microtamisadores à entrada da ETA. No que diz respeito à tipologia dos tamisadores, estes podem ser estáticos ou móveis.

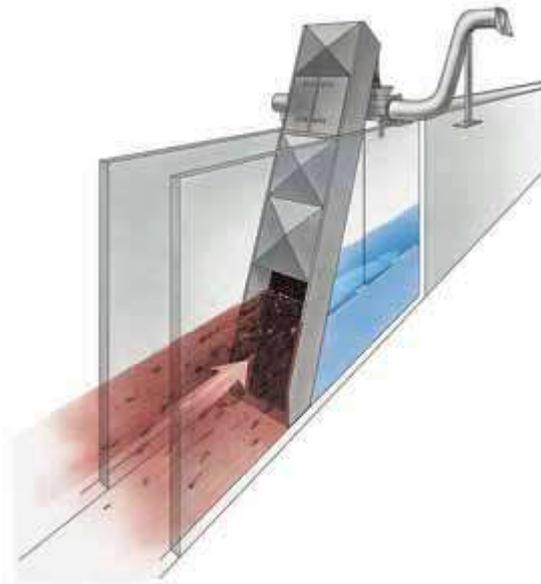


Figura 35 – Representação do funcionamento de um tamisador

(Fonte: Marecos (2011))

Mistura rápida:

Processo que basicamente corresponde à adição de determinados químicos na água, facilitando-se este processo através de agitação resultante do movimento de grandes pás ou através da indução de ressaltos hidráulicos (Lousada, Hidráulica, 2014). Os compartimentos onde tal acontece são chamados de câmaras de mistura rápida (ver Figura 36).



Figura 36 – a) Mistura rápida em câmara de chicanas e b) em ressalto hidráulico

(Fonte: Lousada (2014))

Quer as concentrações dos produtos químicos quer o tempo de exposição são constantemente ajustados ao caudal de água a processar e à concentração inicial do parâmetro a corrigir. Para esse efeito, efectua-se um teste laboratorial relativamente simples, denominado de *jar test* (Silva, 2010).

Vale a pena ressaltar que, em contexto de utilização de produtos químicos, é necessário atentar aos requisitos legais que normam os cuidados a ter no seu transporte, manuseamento, preparação, *stocks* e bombagem/injeção.

Esta etapa de mistura rápida inclui a remoção da dureza e a correção da acidez. O agente coagulante pode igualmente ser aditado na câmara de mistura rápida.

1. Remoção da dureza:

São os compostos de cálcio e magnésio que conferem a dureza à água. Este processo tem razão de ser, uma vez que a dureza provoca incrustações (ver Figura 37) nas canalizações e consumos adicionais de sabão. A eliminação dessa dureza é conseguida através de precipitação química ou permuta iónica.



Figura 37 – Deterioração das canalizações por dureza

(Fonte: Lousada (2015))

No tratamento por precipitação química, é adicionada cal (viva ou apagada) ou soda cáustica à água, resultando na precipitação (formação de compostos insolúveis) dos elementos cálcio e magnésio. Esses precipitados serão eliminados mais adiante.

Já no tratamento por permuta iônica empregam-se resinas permutadoras com a capacidade de trocar íons das suas cadeiras moleculares pelos íons de cálcio e magnésio existentes na água. Habitualmente, este é um tratamento apenas aplicado a uma parcela do caudal de água a processar.

2. Correção da acidez:

A presença excessiva de dióxido de carbono explica a acidez da água. Assim, surge a necessidade de a tornar mais neutra, adicionando-se produtos químicos que aumentem a concentração de carbonato de cálcio (CaCO_3/l). As águas ácidas têm uma ação nefasta nas canalizações e equipamento, dado o seu poder corrosivo.

Ainda que as águas não sejam ácidas, o agente coagulante, aquando do processo de coagulação/floculação, reduz o pH, justificando, portanto, a utilização de um agente

neutralizante. Algumas ETA procedem a esta correção do pH quando a água sai do reservatório de água tratada.

Geralmente, os produtos químicos que neutralizam o pH da água são a cal apagada (hidróxido de cálcio) ou a soda cáustica (hidróxido de sódio). Se, porventura, o pH da água estiver demasiado alto, pode adicionar-se dióxido de carbono à mesma para baixar esse parâmetro.

Uma alternativa à utilização de produtos químicos descrita acima consiste em fazer passar a água num reservatório de brita calcária, funcionando o carbonato de cálcio como agente neutralizante, uma vez que este reage com o dióxido de carbono em excesso. Se a acidez estiver associada à presença de ferro e manganês, a remoção destes metais deve preceder a correção de pH, para que se evite o depósito de ferro na superfície da brita.

Coagulação/floculação:

Antes de mais, convém explicitar que a coagulação é um processo que representa a adição de químicos que fazem as partículas microscópicas (coloidais) se agruparem, enquanto a floculação designa a formação de agregados de maiores dimensões por meio de agitação da água (ver Figura 38).



Figura 38 – a) Coagulação e b) Floculação

Fonte: (Lousada (2015))

Após as etapas de gradagem e tamisação, em que foram retidas as partículas de maiores dimensões, a água pode ainda demonstrar alguma turvação devido à presença de partículas de

argila e lama. Estas partículas não se aglomeram naturalmente, uma vez que possuem cargas eletrostáticas de igual sinal.

Para provocar essa aglomeração, recorre-se a coagulantes químicos, conseguindo-se neutralizar a carga elétrica e criar núcleos de pequenas dimensões com capacidade de atrair partículas coloidais.

Com uma moderada agitação da água, ocorre colisão de partículas coloidais, formando-se agregados cada vez maiores e mais pesados. A agitação também confere condições adequadas para a dispersão do agente coagulante.

Há diversos agentes coagulantes derivados de ferro ou alumínio, sendo o sulfato de alumínio o mais utilizado.

Com tudo isto, consegue remover-se a turvação e alguns microrganismos.

Quer a coagulação quer a floculação estão dependentes das características do agente coagulante, bem como das condições de temperatura, turvação, acidez e da agitação da água. Durante a adição do sulfato de alumínio, há a necessidade de ajuste do pH da água, visto ocorrer uma reação química com os carbonatos da água, formando-se dióxido de carbono, diminuindo o pH. Assim, o sulfato de alumínio é adicionado na câmara de mistura rápida, tal como o hidróxido de cálcio (cal apagada) para tornar o pH neutro.

Decantação (sedimentação):

Após a floculação, e conseqüente formação de flóculos suspensos na água, torna-se necessário remover esses depósitos de matéria/lama que se acumulam no fundo do tanque sob a ação da gravidade. Estas lamas acumuladas não são biodegradáveis, acumulando-se sem entrar em decomposição, e são eliminadas pela parte inferior do tanque.

A sedimentação ocorre em tanques denominados de decantadores sem agitação e é facilitada com o aumento do tamanho e densidade das partículas, bem como um tempo de espera prolongado.

À entrada do decantador, ou à saída da câmara de mistura rápida, pode adicionar-se carvão ativado em pó de forma a aumentar o tempo de contato entre a água e o carvão, especialmente indicado em casos de odor e sabor intensos.

Os decantadores podem assumir as formas retangular, quadrada ou circular, e geralmente com um declive no fundo, de modo a que seja facilitada a tarefa de extrair as lamas acumuladas no fundo.

Deve ser garantida uma carga hidráulica inferior a $1.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, assim como proteção superficial para reduzir a ação do vento.

O decantador tipo Pulsator (ver Figura 39) é bastante utilizado, uma vez que apresenta excelentes desempenhos, alta fiabilidade, simplicidade de utilização e adaptabilidade a tanques já existentes. Com esse equipamento é possível tratar mais de 1 milhão de m^3 de água/hora.

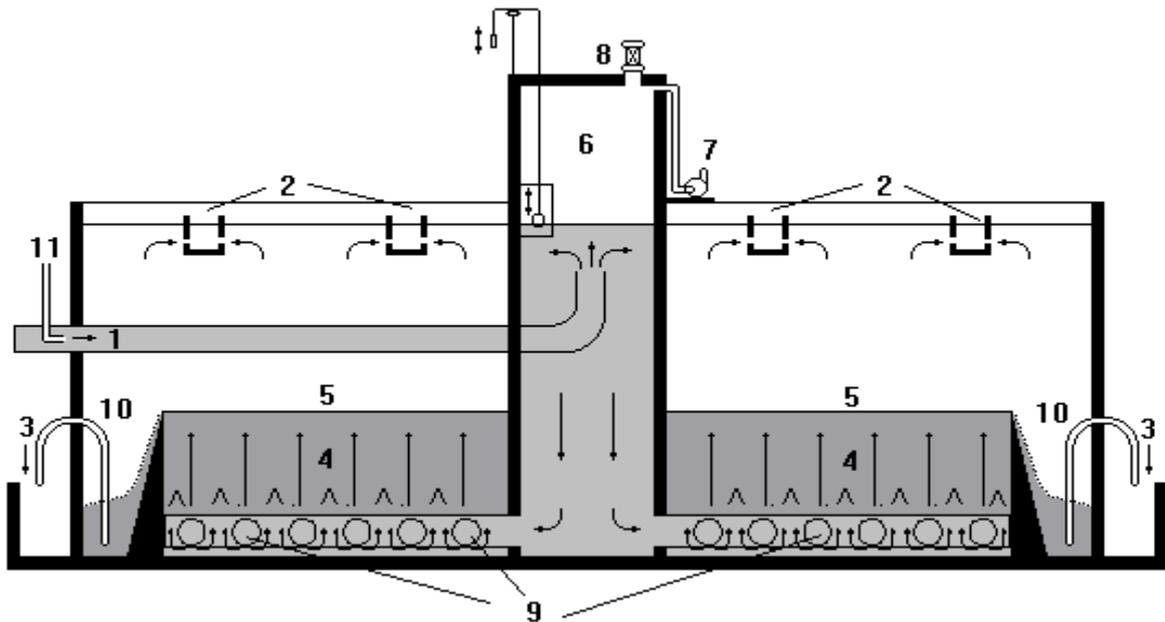


Figura 39 – Esquema de funcionamento de um decantador Pulsator – (1) entrada da água bruta; (2) tubos perfurados; (3) condutas; (4) secção com orifícios para camada de lamas; (5) nível máximo da secção para a camada de lamas; (6) “cloche”; (7) aparelho de sucção; (8) válvula; (9) tubos perfuradas; (10) fossas de fundo inclinado; (11) agentes coagulantes adicionados

(Fonte: Lousada (2015))

Este equipamento é constituído por um tanque de fundo plano com vários tubos perfurados (9) por onde entra água bruta (1) de forma regular ao longo de toda a extensão do fundo. Na zona

superior, outros tubos perfurados (2), recolhem uniformemente a água tratada, fazendo com que haja pouca variabilidade de velocidade no movimento de água. A estratégia mais económica para fazer entrar água no coletor inferior de forma não uniforme consiste em introduzir água bruta na secção individual “cloche” (6), retirando-se ar, através de um aparelho de sucção (7), na mesma proporção da quantidade de água que se admite. Desta forma, o nível da água sobe dentro da “cloche” até um valor entre 0.6 m e 1.0 m acima do nível de água no decantador. A comunicação entre a “cloche” e a atmosfera é regulada eletronicamente através de uma válvula (8), sendo que a pressão atmosférica faz com que a água da “cloche” seja empurrada e entre rapidamente no decantador. Geralmente, a entrada de água bruta na “cloche” dura 20 a 40 segundos e a descarga para o decantador entre 5 e 20 segundos. Para reduzir as perdas de carga, o coletor geral da parte inferior do decantador tem uma grande secção com orifícios dispostos de forma a possibilitar uma acumulação homogénea de lamas no seu fundo (4). À medida que a água bruta vai sendo descarregada, essa camada de lamas aumenta de volume, sendo os agentes coagulantes adicionados à água admitida (11). Na periferia do decantador, existem fossas de fundo inclinando (10), para onde são descarregadas as lamas que excedem o nível máximo da camada de lamas (5), sendo purgadas para as condutas (3).

Esta tipologia de decantador apresenta a vantagem de, perante uma purga de lamas excessiva, não ser afectada a homogeneidade da camada de lamas; e, ao não possuir raspagem mecânica, não há o risco de destruir os flocos criados aquando da coagulação/floculação.

Filtração:

A sedimentação não permite a eliminação de todas as substâncias coloidais ou em suspensão na água. Assim, torna-se necessário fazer passar a água por um leito filtrante composto por areia, gravilha, carvão e membranas. Isto permitirá reter bactérias, compostos de ferro e manganês e flóculos.

Na natureza, a água purifica-se ao atravessar sucessivas camadas mais ou menos arenosas. É o que se tenta recriar com a areia, gravilha, telas e membranas, uma vez que estas apenas permitem a passagem de partículas de dimensões inferiores aos seus poros.

Instalam-se filtros de carvão ativado granulado em seguida dos filtros de areia, uma vez que o carvão tem a capacidade adsorver substâncias, ou seja, através da sua superfície de contato consegue ligar-se às mesmas e impedir que sejam arrastadas junto com a água (ver Figura 40). Desta forma, retêm-se toxinas, hidrocarbonetos, detergentes, etc.

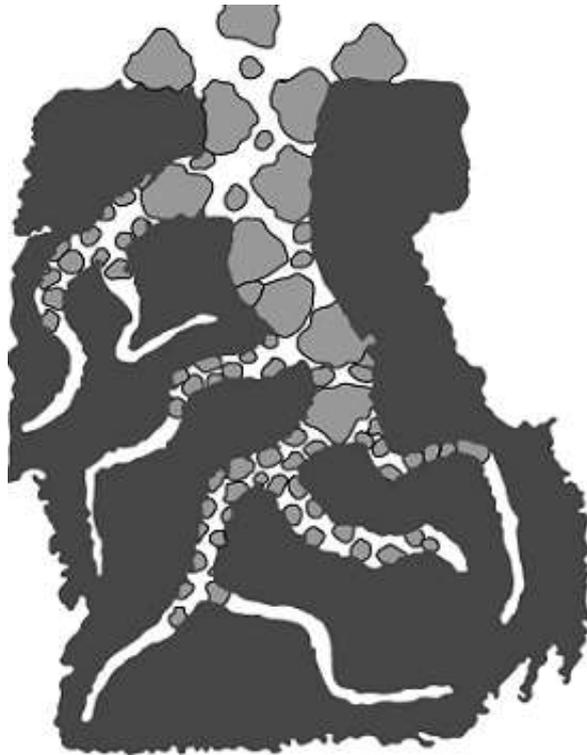


Figura 40 – Retenção de substâncias nos poros de carvão ativado

(Fonte: Lousada (2015))

A filtração pode acontecer por ação gravítica ou sob pressão – lenta ou rápida. Saliente-se o facto de os filtros perderem a sua permeabilidade ao longo do tempo, fruto da obstrução dos seus orifícios.

Desta feita, é importante efetuar limpezas periódicas e substituições da camada superficial de areia (filtros lentos) e lavagens em contracorrente (filtros rápidos). A manutenção inclui também a inspeção dos sistemas de drenagem e lavagem, por forma a detectar eventuais perdas de areia.

A lavagem dos filtros com uma só camada de areia é realizada segundo esta sequência:

- 10 minutos apenas com água;
- 2 a 3 minutos com ar e 6 a 7 minutos com água ou mistura de ar/água simultaneamente;
- apenas água.

Já os filtros com dupla camada de areia nunca são submetidos a lavagem ar/água simultaneamente, porque dessa forma as camadas acabariam por se misturar.

Desinfecção:

É nesta etapa que se eliminam os microrganismos, principalmente os que transmitem doenças (microrganismos patogénicos), mediante um processo de oxidação.

Entre os vários processos de oxidação, a cloração é a mais utilizada, sendo adicionado cloro à água. Ao contrário do cloro gasoso ou hipoclorito de sódio, que podem dar origem a compostos químicos organoclorados perigosos, o dióxido de cloro é o produto químico mais recomendado. Esta situação é particularmente preocupante quando a água é captada em albufeiras com abundância em matéria orgânica, uma vez que o cloro pode desencadear a formação de compostos muito tóxicos.

A razão da utilização do cloro como desinfetante prende-se com o facto de ele ser um poderoso agente antisséptico com atuação persistente. Quimicamente, isso é explicado pelas moléculas do ácido hipocloroso (HClO) e hipoclorito (ClO⁻):

A adição do cloro pode ser efetuada em três momentos distintos:

- na câmara de mistura rápida, tratando-se da pré-cloração ou pré-oxidação;
- no reservatório, já no final do processo, denominando-se de pós-cloração ou pós-oxidação;
- na entrada e no final do processo, designando-se de supercloração ou super-oxidação.

A dosagem de cloro é determinada mediante as características da água a desinfetar, bem como o tempo de exposição da água ao cloro. Para fazer face ao risco de contaminação bacteriológica ao longo do seu transporte, tenta sempre manter-se um nível residual de cloro na água. Para que se consiga manter essa quantidade residual de cloro na água, adiciona-se dióxido de enxofre

que irá combinar com o cloro em excesso, e solução aquosa de amoníaco, evitando a evaporação do cloro dissolvido.

O processo de desinfecção pode igualmente ser efetuado com ozono ou radiação ultravioleta, o que também elimina os microrganismos presentes na água. Contudo, nenhuma dessas alternativas confere o efeito residual que o cloro garante, face às eventuais contaminações posteriores à desinfecção na ETA.

Fluoretação:

Este processo baseia-se na adição de flúor, composto químico fundamental na prevenção da cárie dentária, com vista a respeitar a dose recomendada pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Tratamento de águas residuais:

As ETA produzem águas residuais decorrentes do processo de decantação e lavagem dos filtros. Essas águas residuais são processadas num espessador, desidratadas num filtro de prensa, ensacadas e expeditas para um aterro sanitário autorizado.

| Manutenção de uma ETA:

Por forma a garantir que as ETA se mantêm em correcto funcionamento, cumprindo o fim que se lhes exige, torna-se vital:

- efetuar obras de beneficiação das instalações periodicamente;
- inspecionar o estado de todo o equipamento mecânico e elétrico;
- averiguar as condições das cubas onde são preparados os produtos químicos;
- apurar a capacidade de transporte das caleiras superficiais nos decantadores;
- verificar o sistema de injeção de água no fundo do decantador;
- calibrar as bombas doseadoras;
- obter equipamento laboratorial para aferir as dosagens de reagentes a usar, bem como para as análises de rotina.

| **Controlo de qualidade:**

A verificação e atenção à qualidade da água não se restringe à mera realização de análises. É também de grande importância:

- implementar medidas que previnam a contaminação dos recursos hídricos;
- proteger as instalações de captação de água;
- adequar o tratamento às especificidades da água bruta;
- zelar o sistema de distribuição;
- diagnosticar, de forma periódica e sistemática, a qualidade das águas captadas e distribuídas à população;
- agir, de forma rápida e eficaz, em caso de anomalias detectadas em análises.

3.1.2. Rede de distribuição

Um sistema de abastecimento de água caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação da sua qualidade, transporte até aos aglomerados e abastecimento à população em quantidade compatível com as suas carências. Um sistema de fornecimento de água pode ser gerado para atender a pequenas povoações ou a grandes urbanizações, variando nas características e porte das suas instalações.

O sistema de abastecimento de água representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

Este sistema é um agrupado de equipamentos e instalações responsáveis pela captação, tratamento, transporte, armazenamento e distribuição de água potável de modo a assegurar o abastecimento de água às populações. Os seguintes pontos integram os sistemas de abastecimento de água:

Rede de abastecimento (rede de distribuição) – condutas, em regra instaladas na via pública, que transportam a água até aos ramais de ligação, os quais asseguram o abastecimento de água às habitações.

Na área de abastecimento são usados conceitos de infraestruturas em “alta” e em “baixa”.

Os sistemas em “alta” são os constituintes que tratam da captação, do tratamento e adução e, por vezes, do armazenamento da água em depósitos de entrega. Por sua vez, os sistemas de abastecimento de água em “baixa” integram as componentes responsáveis pela partilha de água à população, pelos respetivos ramais de ligação, e pelos reservatórios de entrega nos casos em que por acordos antecipadamente instituídos não façam parte da rede em “alta”.

Antes da instalação de uma nova rede de abastecimento, e face a alterações de consumo, há que definir o caudal de dimensionamento, variando o mesmo em função de:

- Horizonte de projeto;
- População a servir (número de habitantes);
- Captações (consumo por habitante);
- Fatores de ponta;
- Caudais de dimensionamento;
- Verificação dos valores mínimos e máximos de pressão regulamentados.

Conhecido o caudal de dimensionamento, o próximo passo consiste em realizar um estudo económico, de modo a escolher os diâmetros das condutas a utilizar, entre os comercialmente disponíveis, bem como todos os acessórios necessários (bombas elevatórias, válvulas de seccionamento/reguladoras/limitadoras, ventosas, descargas de fundo, reservatórios, etc), tendo em conta quer a escassez de recursos quer a evolução dos custos ao longo do tempo. Assim, são tidos em conta os seguintes aspectos:

- Construção civil da conduta (ano 0);
- Construção civil da estação elevatória (ano 0);
- Equipamento eletromecânico (ano 0);
- Equipamento eletromecânico (ano 20);
- Energia e manutenção (anos 1 a 40).

Em relação aos reservatórios, estes podem ser essencialmente enterrados, apoiados ou elevados e a sua existência é explicada pelo facto de permitirem regularizar os caudais, representarem uma reserva para eventuais avarias e incêndios e até mesmo para equilibrar pressões.

As redes podem assumir diversas tipologias:

- Ramificadas – têm menor custo e cálculo mais facilitado (ver Figura 41);

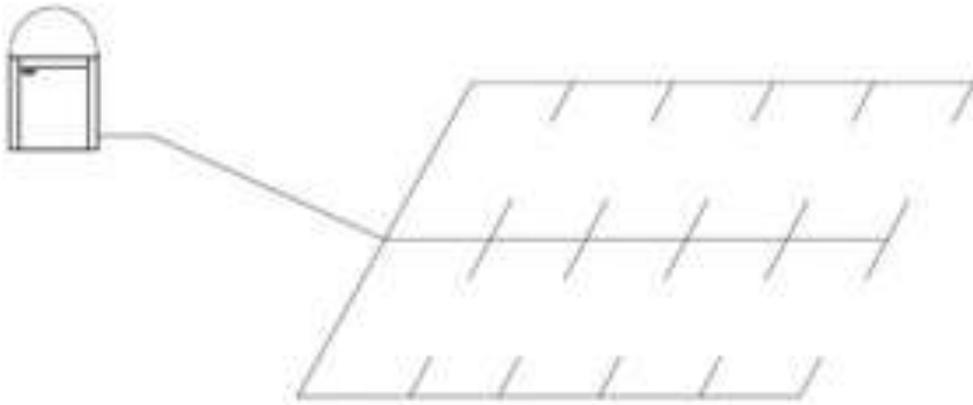


Figura 41 – Esquema de uma rede ramificada

(Fonte: Lousada, 2015)

- Emalhadas – permitem isolar certos troços da rede de abastecimento e uma melhor resposta face a consumos imprevistos (ver figura 42);

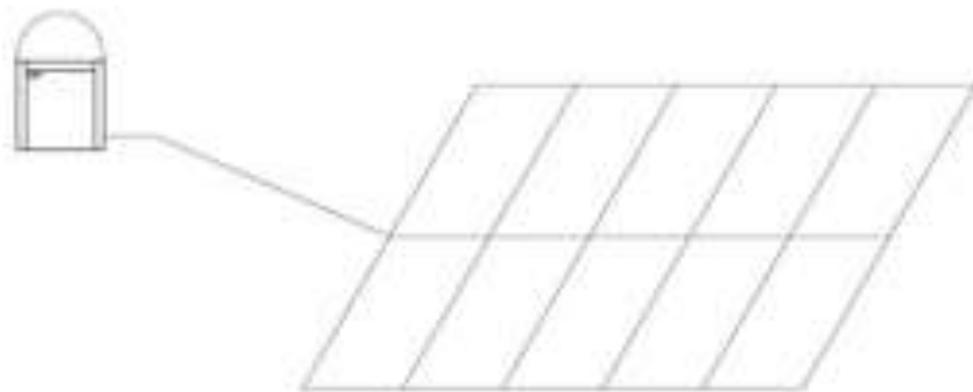


Figura 42 – Esquema de uma rede emalhada

(Fonte: Lousada, 2015)

- Mistas – combinação das redes ramificadas e emalhadadas (ver Figura 43).

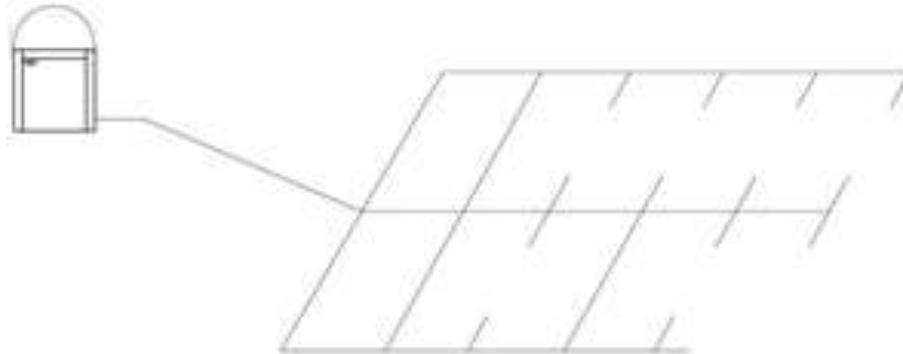


Figura 43 – Esquema de uma rede mista

(Fonte: Lousada, 2015)

Na Tabela 9, encontram-se descritas as vantagens e desvantagens das redes ramificadas e emalhadadas.

Tabela 9 – Vantagens e desvantagens dos vários tipos de rede

Tipo de rede	Vantagens	Desvantagens
Ramificada	Menores custos de investimento, visto ser necessária uma menor quantidade de tubagens e acessórios; Diâmetros das tubagens mais económicos; Cálculo das condições de funcionamento hidráulico mais simples.	O escoamento unidirecional faz com que uma avaria justifique a interrupção do fornecimento de água a jusante; Pressão excessiva a jusante, perante aumentos ou flutuações dos consumos na rede de distribuição; Tendência de acumulação de sedimentos nos troços finais, dadas as baixas velocidades de escoamento.
Emalhada	O escoamento bidirecional permite percursos alternativos para se atingir um certo ponto; Maior fiabilidade, pois a avaria numa tubagem não implica que os restantes consumidores sejam afectados, visto ser possível isolar uma determinada zona de distribuição de água, mediante o fecho de um conjunto de válvulas de seccionamento; Efeitos pouco expressivos de pressão, em casos de grandes flutuações de consumo na rede de distribuição.	Maior custo de investimento, pois exige uma maior quantidade de tubagens e acessórios; A determinação das condições de equilíbrio hidráulico implica um cálculo mais complexo.

Quanto à implantação das redes de abastecimento, são tomados os seguintes cuidados:

- Abastecer toda a população;
- Implantar a rede fora das faixas de rodagem (bermas), a mais de 0.80 m dos limites de propriedade e a mais de 1.0 m de coletores de águas residuais;
- Respeitar os raios de curvatura admissíveis.

3.1.3. ETAR

Uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é uma infraestrutura que processa as águas residuais que tenham origem doméstica e/ou industrial. O objetivo é reduzir os níveis de poluição para que a água possa ser devolvida à natureza (mar ou rio) sem colocar em causa a qualidade do meio receptor (Lousada, Hidráulica Urbana, 2015).

As águas residuais que afluem às ETAR incluem águas residuais urbanas, industriais e mistas. Por vezes, as águas residuais urbanas incluem as águas residuais domésticas, as águas residuais industriais e/ou ainda as águas de escoamento pluvial.

Os compostos orgânicos mais representativos nas águas residuais são:

- Hidratos de carbono (açúcares, amido e celulose);
- Lípidos (vestígios de sabão, óleos alimentares e outras gorduras);
- Compostos azotados (proteínas, ureia, entre outros).

As águas residuais contêm uma componente biológica que intervém em vários processos nas águas residuais:

- Decomposição dos compostos orgânicos;
- Ciclos biogeoquímicos do azoto, enxofre e fósforo – presentes sob a forma de nitratos, fosfatos e sulfatos.

Os vários tratamentos realizados nas ETAR são compostos por processos físicos, químicos e biológicos, com vista a:

- Eliminar os sólidos;
- Reduzir a concentração de matéria orgânica biodegradável;
- Remover organismos patogénicos;
- Aumentar a qualidade das águas tratadas, com o objectivo de representar consequências reduzidas para o meio ambiente receptor.

Na Figura 44, consta o funcionamento geral de uma ETAR.

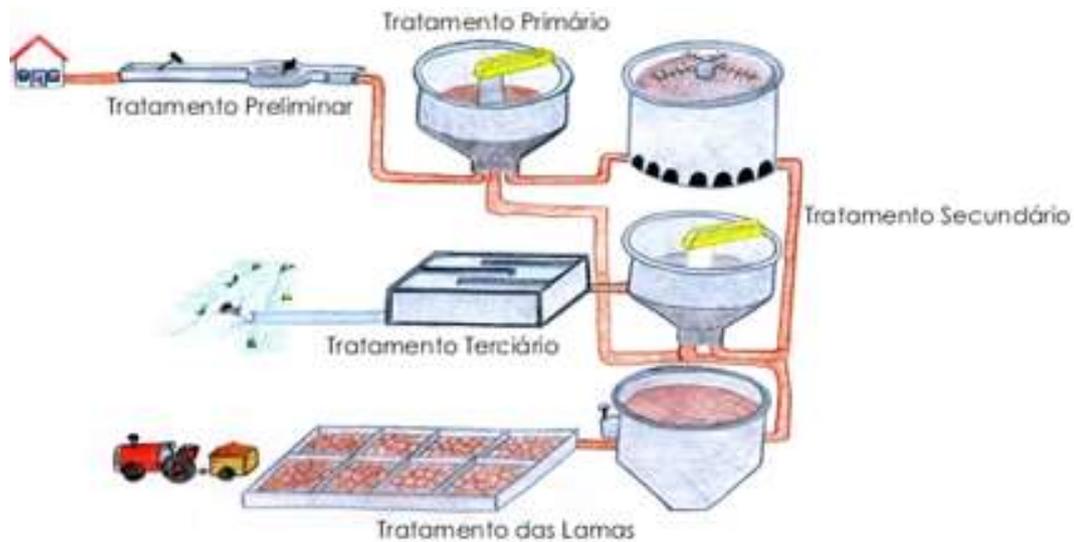


Figura 44 – Esquema geral de funcionamento de uma ETAR

(Fonte: Lousada (2015))

Sendo assim, passa a explicar-se os vários tipos de tratamentos realizados nas ETAR.

Tratamento primário

Este tratamento elimina, pelo menos, 50% dos sólidos através de decantação das lamas, remove os óleos e outras gorduras, e reduz ainda a carga orgânica emitida para o tratamento secundário.

Tratamento secundário

Nesta etapa, recorre-se a microrganismos para oxidarem os compostos orgânicos, estabilizando-se a matéria orgânica presente na água, e removem-se 40% dos sólidos em suspensão, bem como 70% da carência bioquímica de oxigénio (CBO₅).

Para se atingirem estes objetivos, aplicam-se às águas diversos tipos de tratamento biológico:

- Tratamento aeróbio – processo, como a nitrificação, em que o azoto amoniacal é primeiramente transformado em nitritos e, posteriormente, em nitratos, sob a ação das bactérias nitrificantes. Este processo sucede-se na presença de oxigénio;
- Tratamento anaeróbio – processo, como a desnitrificação anóxica, em que os nitratos são transformados em azoto livre, sob a ação de bactérias desnitrificantes. Este processo sucede-se na ausência de oxigénio;

- Estabilização – processo em que as bactérias e microalgas se alimentam da matéria orgânica acumulada nas lamas.

Estes tratamentos biológicos podem acontecer em meio fixo (leitos percoladores) ou em meio disperso/suspenso (lamas ativadas ou lagoas arejadas). É de salientar que as lamas ativadas designam a elevada quantidade de microrganismos, bactérias heterotróficas, em oposição à reduzida presença de células animais e vegetais.

O grau de depuração destes tratamentos depende de fatores diversos como a temperatura, duração do arejamento, quantidade de ar, concentração das lamas, idade das lamas e concentração do efluente.

Fazem parte deste tipo de tratamento o tanque de arejamento e o decantador secundário – ver Figura 45.

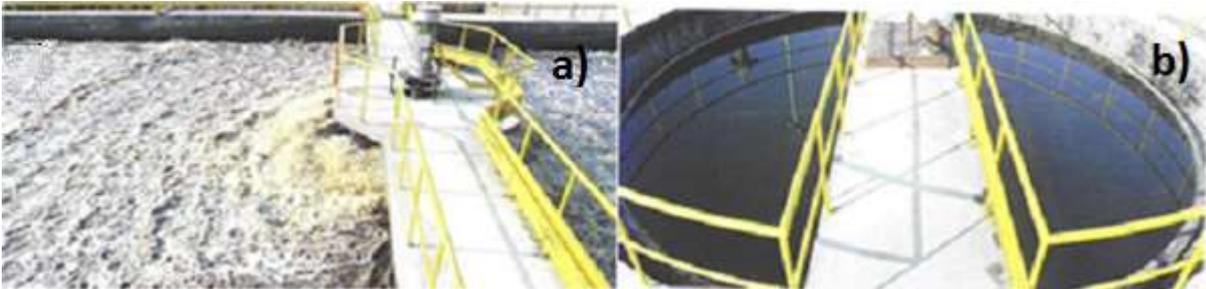


Figura 45 – a) Tanque de arejamento; b) Decantador secundário

(Fonte: Lousada (2015))

Tratamento terciário

Nesta etapa, procede-se à eliminação dos sólidos, matéria orgânica, bactérias, compostos tóxicos, azoto, fósforo, entre outros, que ainda perdurem depois do tratamento secundário. O objetivo deste tratamento é evitar a eutrofização do meio ambiente receptor, uma vez que se se enriquecer a água em compostos orgânicos, nutrientes e minerais, dar-se-á origem a um excesso de vida vegetal que dificultará e até mesmo ameaçará a vida animal por insuficiência de oxigénio.

É sempre efetuado tratamento e eliminação das lamas decantadas, bem como ação de desinfecção do efluente final – ver Figura 46.



Figura 46 – a) Vista aérea da ETAR de Parada e b) pormenor da remoção de sólidos na ETAR do Funchal.

Os serviços de abastecimento público de água foram ao longo de muitos anos dirigidos exclusivamente pela Administração Local, estando interdito a companhias privadas. Em 1993, com a entrada em vigor do Decreto-lei nº 372/93 de 29 de Outubro, a gestão e exploração destes sistemas passou a ser exequível diretamente pelo Estado ou facultada, em regime de concessão, a uma entidade pública de natureza empresarial ou a empresas que originem da coligação de empresas públicas em posição obrigatoriamente maioritária no capital social com outras entidades.

3.2. DESCRIÇÃO GERAL DA REDE DA RIBEIRA BRAVA

O concelho da Ribeira Brava está equipado com uma rede de abastecimento de água potável, ETA e ETAR adequadas às necessidades da população e à realidade do município.

Na Figura 47, é possível ter uma visão global das infraestruturas que compõem esse sistema integrado.



Figura 47 – Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Águas Residuais no município da Ribeira Brava

(Fonte: ARM (2015))

Assim, constata-se que a Ribeira Brava dispõe de uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), duas estações de tratamento de água (ETA) e cinco estações de cloragem (EC).

Na Tabela 10, são descritos sumariamente os processos de tratamento aplicados à água, desde que é captada até ser devolvida ao meio recetor.

Tabela 10 – Breve descrição dos processos de tratamento da rede de águas da Rib.^a Brava

Descrição	Tipo de instalação	Tipo de tratamento
ETAR DA RIBEIRA BRAVA	ETAR	A ETAR efetua bombagem inicial, tratamento preliminar, tamisação e desarenamento, tratamento biológico em sistema com reator biológico sequencial (SBR) e tratamento terciário com filtração e desinfecção. O tratamento de lamas realizado consiste no espessamento gravítico seguido de desidratação mecânica por centrifugação e estabilização através de cal. A estação dispõe também de sistema de desodorização por filtros de carvão ativado.
ETA DA RIBEIRA BRAVA	ETA	Tratamento composto por pré-oxidação, decantação, coagulação-floculação num aparelho cilíndrico de decantação-floculação estática com adição do reagente Pax-XL-10. Filtração gravítica em quatro filtros cilíndricos sob pressão equipados com um sistema de lavagem por ar e água em contracorrente, e desinfecção final por hipoclorito de sódio (NaClO).
ETA DA SERRA DE ÁGUA	ETA	Tratamento constituído por filtros de areia e desinfecção de caudais por Hipoclorito de Sódio.
ESTAÇÃO DE CLORAGEM DA TROPICA	EC	Desinfecção dos caudais por Hipoclorito de Sódio.
ESTAÇÃO DE CLORAGEM DO BOQUEIRÃO	EC	Desinfecção dos caudais por Hipoclorito de Sódio.
ESTAÇÃO DE CLORAGEM DA MARIA TERESA	EC	Desinfecção dos caudais por Hipoclorito de Sódio.
ESTAÇÃO DE CLORAGEM DA POUSADA DOS VINHÁTICOS	EC	Desinfecção dos caudais por Hipoclorito de Sódio.
ESTAÇÃO DE CLORAGEM DA MEIA LÉGUA	EC	Desinfecção dos caudais por Hipoclorito de Sódio.

A Figura 48 permite uma perceção global da rede de drenagem e tratamento das águas residuais na Ribeira Brava.

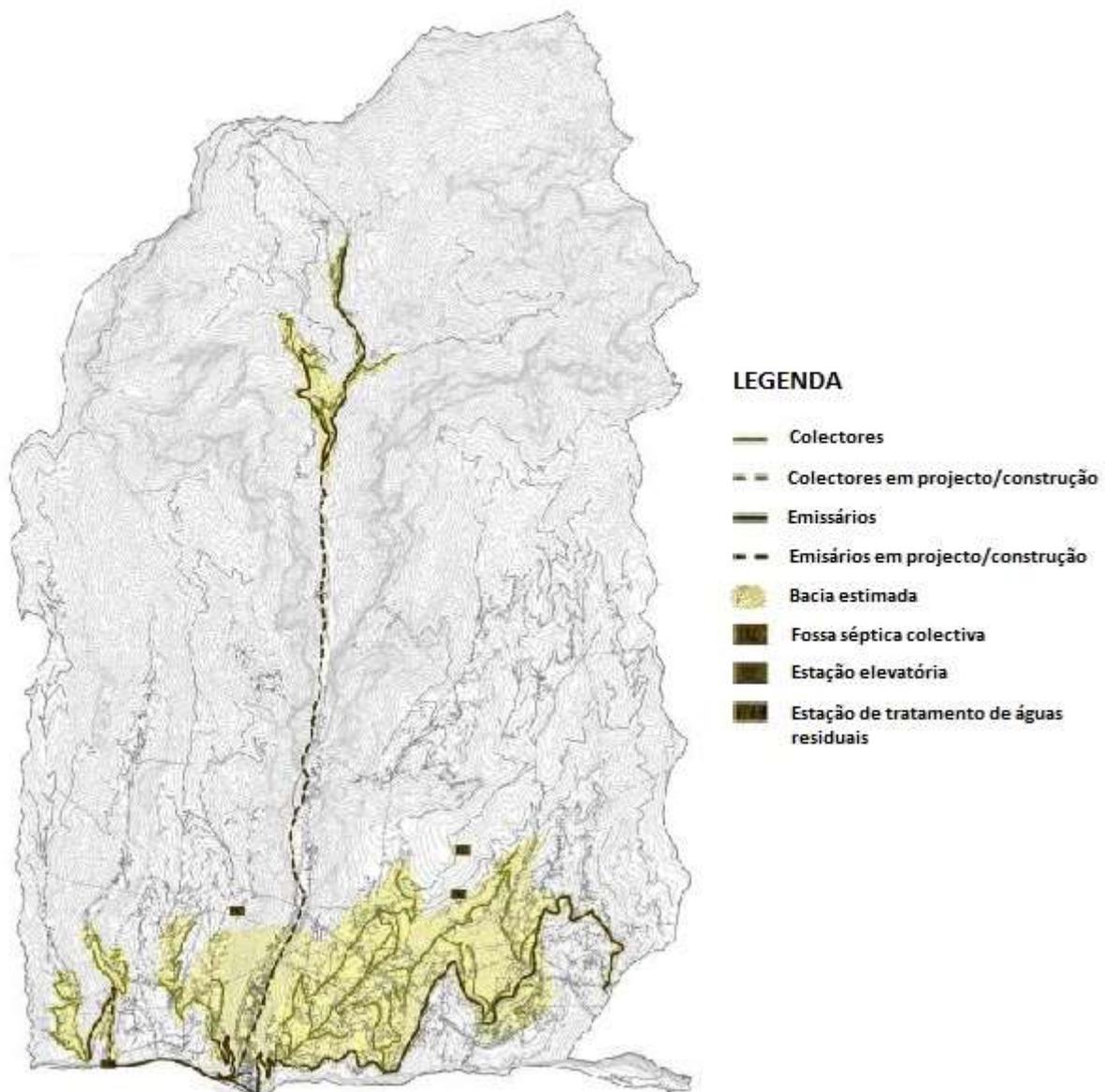


Figura 48 – Rede de Drenagem e Tratamento das Águas Residuais do concelho da Ribeira Brava

(Fonte: Adaptado de EGA - Environmental Governance Advisors, 2014)

Neste trabalho, houve igualmente a preocupação de conhecer *in loco* cada uma destas instalações, pelo que se inventariam, de seguida, as mesmas.

Na Figura 49, consta a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) da Ribeira Brava.



Figura 49 – ETAR da Ribeira Brava

O Sistema de Águas Residuais da Ribeira Brava / Tabua está localizado no concelho da Ribeira Brava, servindo as freguesias da Ribeira Brava, Serra de Água, Tabua e parte da freguesia do Campanário. O destino final é a ETAR da Ribeira Brava / Tabua, implantada na freguesia da Tabua. O meio recetor para o efluente final tratado é o Oceano Atlântico, sendo o ponto de descarga na costa, na proximidade da ETAR.

O sistema interceptor que liga à ETAR é constituído pela Estação Elevatória (EE) da Ribeira Brava, situada na freguesia da Ribeira Brava, constituída por um tamisador vertical, poço de bombas e câmara de válvulas com proteção anti-aríete através de reservatório de ar comprimido. No Anexo 1, é possível observar o diagrama de funcionamento da ETAR da Ribeira Brava, com as várias partes constituintes.

De acordo com os dados recolhidos no ato censitário de 2011, 17.2% da população ribeirão-bravense é abastecida pela rede pública de drenagem de águas residuais – vulgo saneamento básico (INE, 2012). A consequência disso é recorrer-se à utilização de fossas sépticas que acabam por contaminar solos e massas de água.

Na Figura 50, ilustram-se perspectivas da Estação de Tratamento de Água (ETA) da Ribeira Brava.



Figura 50 – ETA da Ribeira Brava

A ETA da Ribeira Brava encontra-se implantada à cota 534 m e a sua água provem da Nascente da Ribeira Funda, Furo e Reserva da Meia Légua e Nascente do Espigão. O tratamento da água realiza-se mediante funcionamento semiautomático.

Situada na freguesia do Campanário, a ETA destina-se ao abastecimento público do concelho, tendo a água origem no Lanço Sul do Canal do Norte, através de uma estrutura de repartição de caudais entre o regadio e o abastecimento público. Inicialmente, foi dimensionada para o tratamento de água em caudais superficiais da ordem dos 15 l/s a débito constante, em 2002 sofreu uma ampliação para os 30 l/s no sentido de dar resposta às crescentes demandas do consumo público. Esta infraestrutura inclui um reservatório de 500 m³ e uma unidade de elevação de caudais para reforço do abastecimento público das zonas altas. Na Tabela 11, especificam-se algumas características da ETA da Ribeira Brava.

Tabela 11 – Características técnicas da ETA da Ribeira Brava

Sistema	Sistema adutor da Ribeira Brava-leste
Localização	Campanário - Concelho da Ribeira Brava
Implantação	Cota 534
Águas brutas	Tipo A2
Capacidade	30 l/s - Baixas turvações
	20 l/s - Altas turvações

O reservatório é constituído por duas células cilíndricas e 500 m³ de volume útil, a partir do qual se aduzem as redes públicas de distribuição de forma gravítica ou por elevação eletromecânica.

Já a estação elevatória é uma pequena unidade de elevação de caudais para reforço da adução das zonas altas do Campanário, aduzindo o reservatório municipal da Cova da Velha. Esta ETA processa 1728 m³ de água por dia.

No Anexo 2, é possível observar o diagrama de funcionamento da ETA da Ribeira Brava, com as várias partes constituintes.

A água tratada na ETA da Serra de Água, cujo registo fotográfico consta na Figura 51, é proveniente das captações na Ribeira da Ameixieira. Esta ETA processa 1382 m³ de água por dia. No Anexo 3, é possível observar o diagrama de funcionamento da ETA da Serra de Água, com as várias partes constituintes.



Figura 51 – ETA da Serra de Água

A Figura 52 ilustra a Estação de Cloragem (EC) da Trompica.



Figura 52 – Estação de Cloragem da Trompica

A Figura 53 identifica a EC do Boqueirão.



Figura 53 – Estação de Cloragem do Boqueirão

Na Figura 54, está patente uma vista sobre a EC da Maria Teresa, situada no Caminho da Apresentação.



Figura 54 – Estação de Cloragem da Maria Teresa

A Figura 55 representa a EC da Pousada dos Vinháticos.



Figura 55 – Estação de Cloragem da Pousada dos Vinháticos

Finalmente, a Figura 56 oferece uma ampla vista sobre a EC da Meia Légua.



Figura 56 – Estação de Cloragem da Meia Légua

No Anexo 4, é possível observar um exemplo de ramal de ligação tipo entre a rede pública e um consumidor, com as várias partes constituintes.

Um aspeto fundamental das redes de abastecimento de água consiste na sua eficiência. Não tendo sido possível ter dados específicos do concelho em estudo, estima-se que a realidade não seja muito diferente da verificada a nível regional.

No que diz respeito às necessidades e à eficiência da rede de abastecimento a nível regional, e de acordo com dados de 2013, ilustra-se essa informação na Figura 57. É de salientar que as perdas e ineficiência das redes de abastecimento de água são uma das principais lutas pelas quais as entidades gestoras de água empreendem esforços.

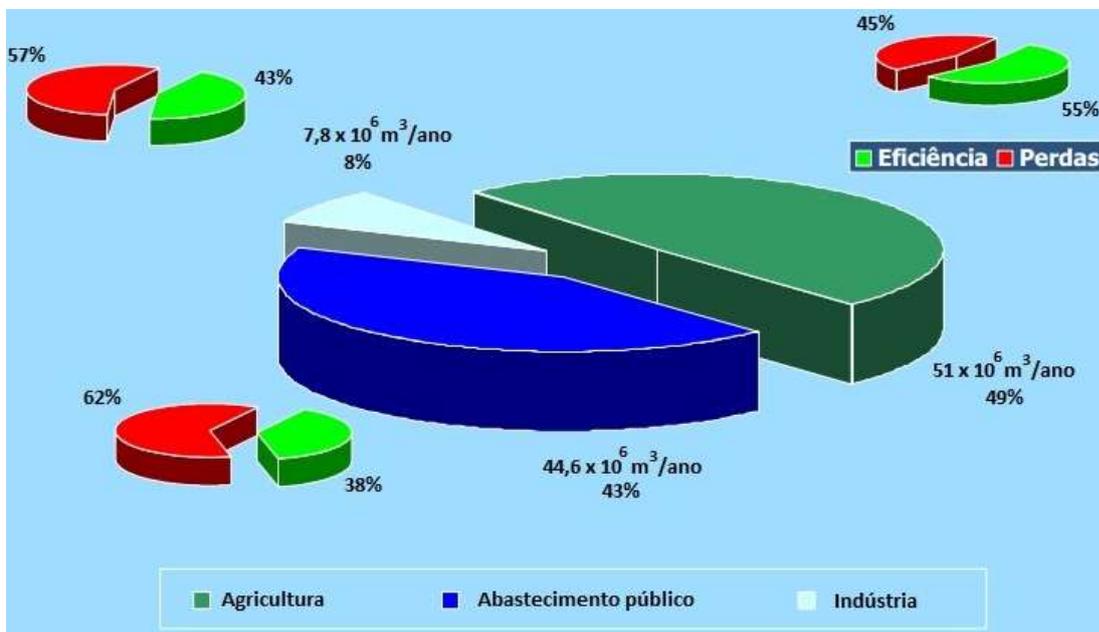


Figura 57 – Necessidades de Água a Nível Regional – consumos e perdas por sector (ano de 2013)

(Fonte: Adaptado de EGA – Environmental Governance Advisors, 2014)

Há ainda a destacar o facto de o nível de desperdício de água no regadio de plantações agrícolas e conseqüente escassez nos meses de Verão ser constante motivo de notícia ao longo do tempo (Castro, 2012), (Revista Visão, 2012) e (Sousa, 2014).

Capítulo 4

Caracterização da qualidade das águas

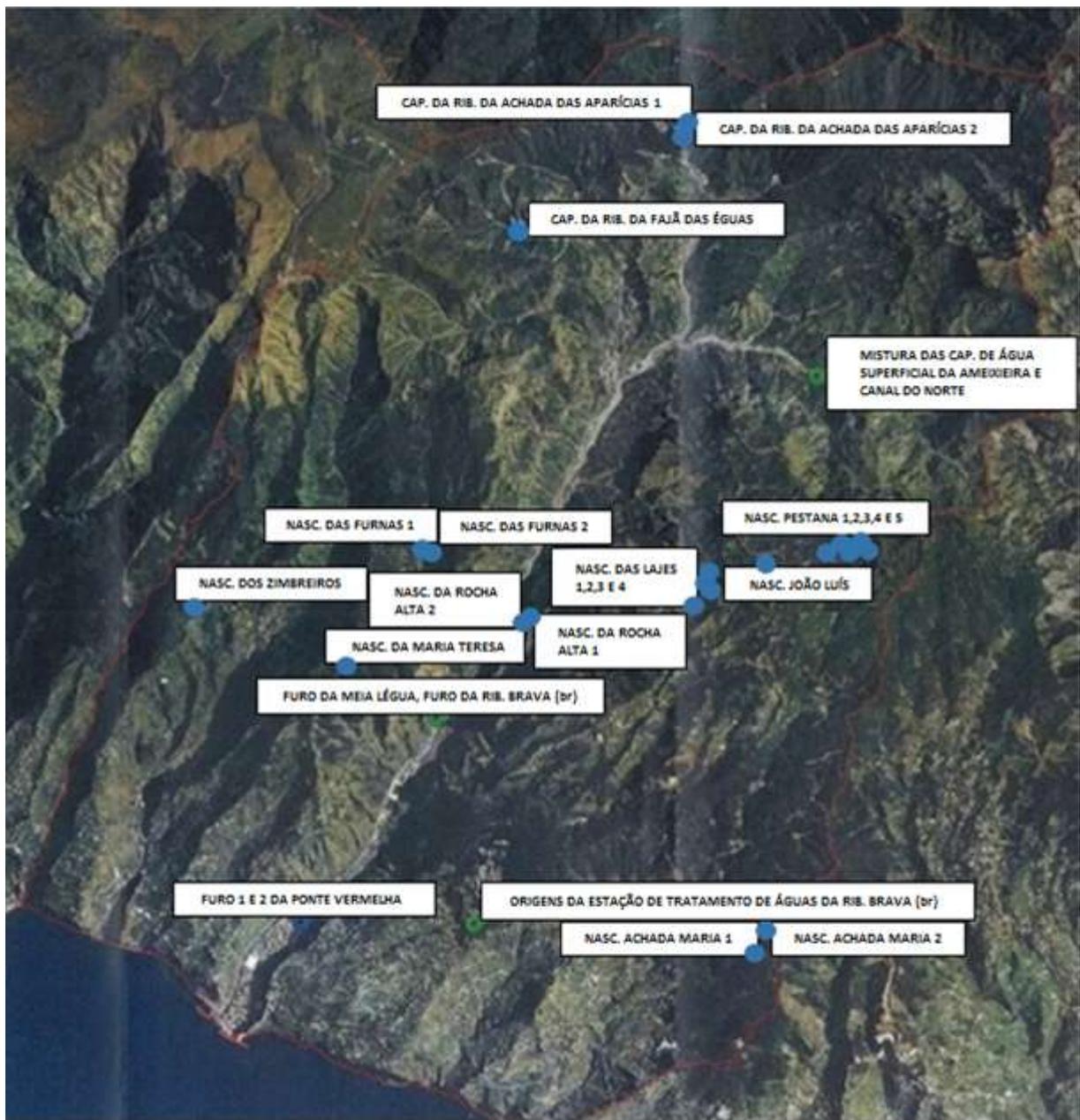
4.1. ANÁLISE PARAMÉTRICA TEMPORAL DAS ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO

A ARM, S.A., na qualidade de entidade gestora do sistema de abastecimento de água no município da Ribeira Brava (ao abrigo da assinatura de contrato de adesão em 22 de Fevereiro de 2011 ao Sistema Multimunicipal de Distribuição de Água e Saneamento Básico da Madeira, entretanto alterado para o Sistema Multimunicipal de Águas e Resíduos, publicado no Decreto-legislativo regional n.º 17/2014/M de 16 de Dezembro) dispõe de monitorização operacional, ou seja, é a monitorização legalmente exigida para garantir a qualidade da água destinada à produção de água para consumo humano.

O controlo de qualidade da água bruta captada para produção de água para consumo humano, realizado de acordo com o exigido no Decreto-lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, está associado ao sistema de abastecimento em alta, nomeadamente o furo de captação da Meia Léguas, captações no canal do Norte e Ribeira da Ameixeira e origens da ETA da Ribeira Brava.

A planta de localização das captações de água e locais de recolha de amostras para controlo de qualidade de água bruta destinada à produção de água para consumo humano encontram-se na Figura 58.

Adicionalmente, existem pequenas captações de água associadas ao sistema de abastecimento em "baixa", cujo controlo de qualidade é realizado após a desinfecção, na torneira do consumidor. Refira-se, por fim, que a Direção Regional do Ordenamento do Território e Ambiente (DROTA) implementou uma rede de monitorização da qualidade das águas interiores, estando a decorrer um programa de monitorização da qualidade das mesmas.



Legenda

- Pontos de recolha de amostras de água superficial bruta
- Furos de captação de água subterrânea
- Captações superficiais

Figura 58 – Localização das captações de água na Ribeira Brava

(Fonte: Águas e Resíduos da Madeira, 2015)

Neste estudo, procedeu-se às análises paramétricas, sob a forma gráfica, dos resultados obtidos junto da entidade responsável pela exploração e gestão dos recursos hídricos no concelho da Ribeira Brava – a ARM, S.A. Neste subcapítulo, apenas se expõem as análises temporais dos

parâmetros que legalmente exigem um maior controlo, aqueles em que se observaram leituras a exceder os limites máximos regulamentados, aqueles que costumam nos rótulos das garrafas de água comercializada e também aqueles em que, de uma forma ou outra, merecem uma atenção redobrada. Os restantes parâmetros encontram-se listados no Anexo 5 e Anexo 6.

No que concerne à qualidade das águas à entrada das ETA, devem ser efectuadas as análises preconizadas no Decreto-lei n.º 236/98, de 1 de Agosto; obedecendo aos requisitos de análises a determinados parâmetros, cumprindo os limites estabelecidos e segundo a periodicidade exigida (Ministério do Ambiente D. O., 1998).

No que concerne à qualidade das águas à saída das ETA, devem ser efectuadas as análises preconizadas no Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto – Programa de Controlo da Qualidade da Água (PCQA); obedecendo aos requisitos de análises a determinados parâmetros, cumprindo os limites estabelecidos e segundo a periodicidade exigida.

De seguida, procede-se à análise paramétrica ao longo do tempo de alguns resultados obtidos junto da ARM – entidade responsável pela exploração e gestão dos recursos hídricos no concelho da Ribeira Brava. Assim, procedeu-se ao cruzamento de dados entre os valores das análises periódicas com as normas em vigor referentes à qualidade das águas que se preconizam ao consumo humano.

4.1.1. ETA da Serra de Água

De seguida, explanam-se os parâmetros que merecem um olhar mais atento, relativamente à ETA da Serra de Água, sendo ressalvadas todas as situações anómalas detetadas.

O procedimento das análises paramétricas à entrada da ETA, relativamente ao parâmetro fenóis conforme se pode observar na Figura 59 ultrapassa o valor máximo admissível (VMA). Relativamente à frequência de amostragem, esta não foi regular ao longo do tempo, pois tratando-se de um parâmetro do grupo “G2” com um tipo de tratamento referente à classe “A1” seriam exigidas, no mínimo, duas leituras/ano (Ministério do Ambiente d. O., 2007), constatando-se que, no ano de 2013, apenas foi realizada uma análise. Ora, em função do

anteriormente descrito, sabendo que o parâmetro em causa é uma substância que pode provocar, a longo prazo, cancro de diversos tipos, afeta o sistema nervoso central, fígado e rins, é corrosivo e irritante para as membranas mucosas, potencialmente fatal se ingerido, inalado ou absorvido pela pele; sugere-se uma reformulação do procedimento por parte da entidade competente.

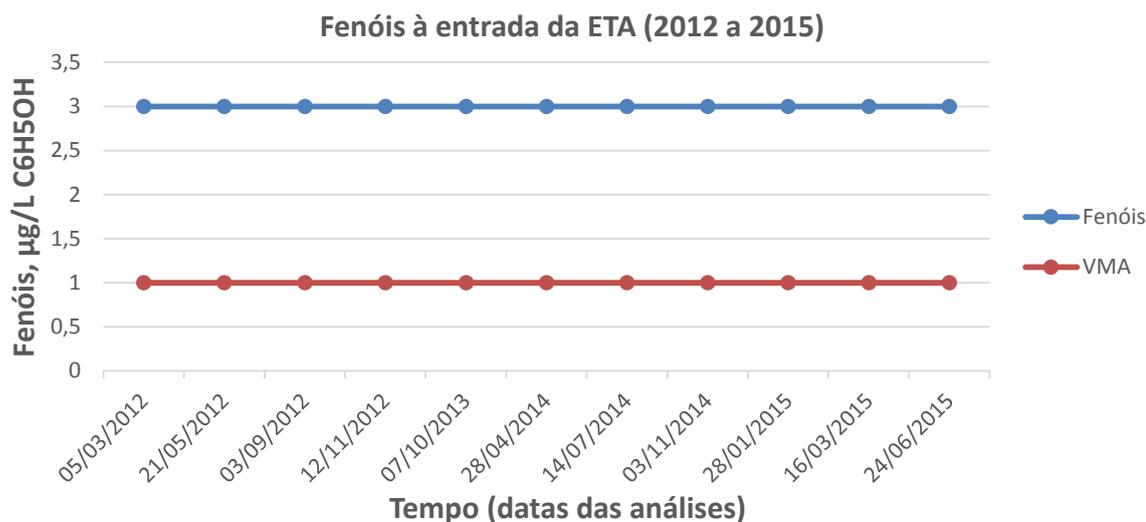


Figura 59 – Evolução temporal do parâmetro Fenóis na ETA da Serra de Água

Na Figura 60, relativamente à saída da ETA, é de salientar que a entidade definiu o VMA do cálcio de acordo com a nota n.º 2 do Anexo I, Art.º 41 – Parte III do DL 306/2007, segundo a qual “não é desejável que a concentração de cálcio seja superior a 100 mg/L”. Contudo, deteta-se uma falha por parte da entidade gestora que não cumpre o estipulado na nota n.º 5 do Anexo I, Art.º 41 – Parte III do DL 306/2007, “quando um sistema de abastecimento é gerido apenas por uma entidade gestora, estes parâmetros devem ser também determinados a montante da distribuição, no âmbito do programa de controlo operacional”.

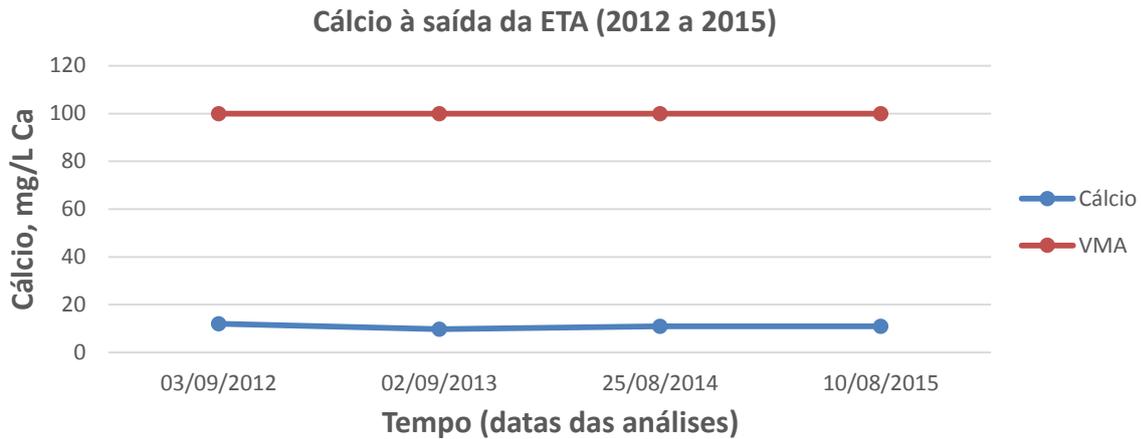


Figura 60 – Evolução temporal do cálcio na ETA da Serra de Água

Na Figura 61, relativamente à saída da ETA, é de salientar que a entidade definiu o VMA da dureza total de acordo com a nota n.º 4 do Anexo I, Art.º 41 – Parte III do DL 306/2007, segundo a qual “é desejável que a dureza total em carbonato de cálcio esteja compreendida entre 150 e 500 mg/L”. Os valores registados abaixo de 150 mg/L dever-se-ão à natureza geológica específica da Madeira em que, contrariamente a algumas zonas de Portugal continental, os calcários não são predominantes (Quimiforus, 2013). A dureza total não representa uma ameaça à saúde pública, mas ao estado de conservação das canalizações, daí a preocupação em torno deste parâmetro.

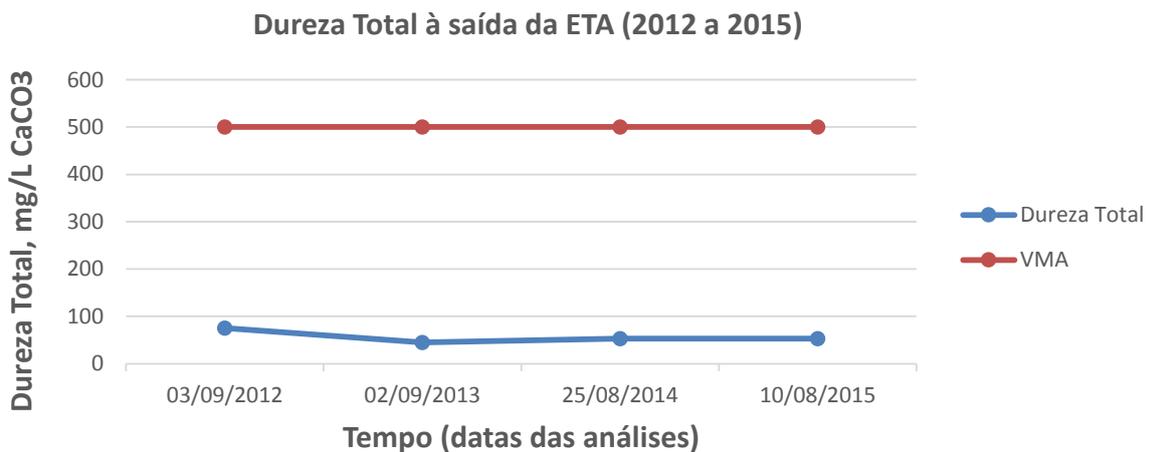


Figura 61 – Evolução temporal da dureza total na ETA da Serra de Água

Na Figura 62, relativamente à entrada da ETA, o decreto-lei prevê a flexibilidade dos valores VMR e VMA ao critério da entidade que gere, tendo em conta a satisfação das exigências ecológicas do meio, assim sendo, constata-se que a ARM atribuiu um valor VMA inferior ao que está regulamentado no Anexo I do Art.º 82 do DL-236/98, mas superior em relação aos resultados obtidos nas análises, sendo suficiente para cumprir com os requisitos de qualidade.

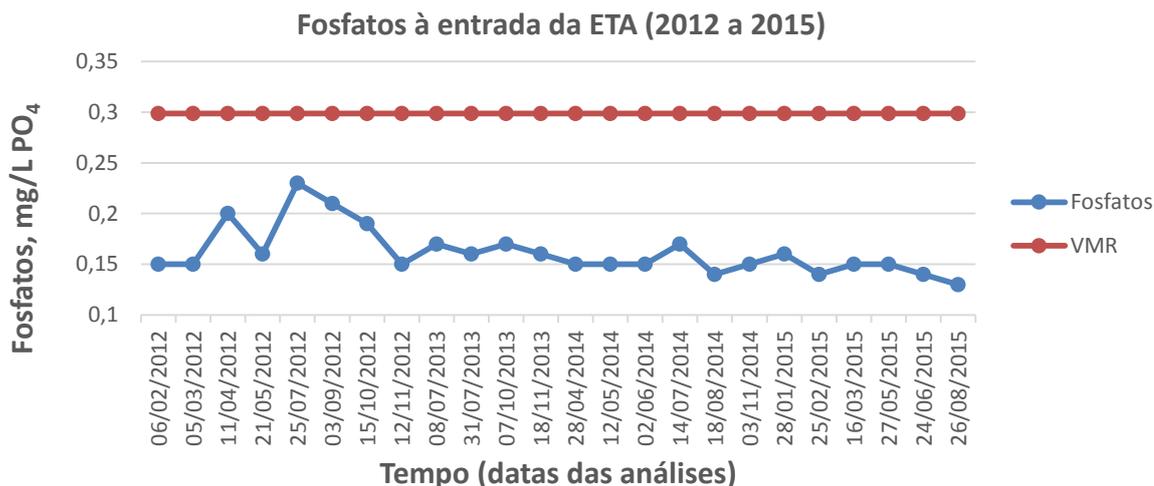


Figura 62 – Evolução temporal dos Fosfatos na ETA da Serra de Água

Podemos observar na Figura 63 que o parâmetro Bactérias Coliformes apresenta valores superiores ao VMR em três análises consecutivas (entre 25/07/2012 e 15/10/2012), sendo esta análise relativa às leituras efetuadas à entrada da ETA.

Já na Figura 64, que diz respeito às leituras à saída da ETA (após tratamento), podemos comprovar que o mesmo se enquadra dentro do VMA definido no Anexo I do Art.º 41 – Parte III do DL 306/2007, tendo sido efetuadas frequências mínimas de amostragens por ano acima do número mínimo exigido para um parâmetro que se enquadra no grupo “G2” com tipo de tratamento de águas de classe “A1”.

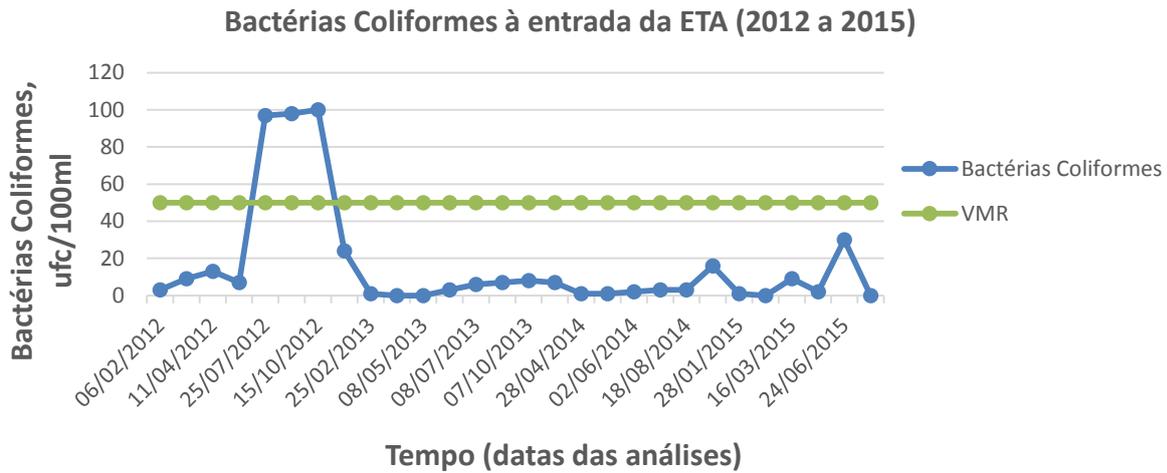


Figura 63 – Evolução temporal das Bactérias Coliformes à entrada da ETA da Serra de Água

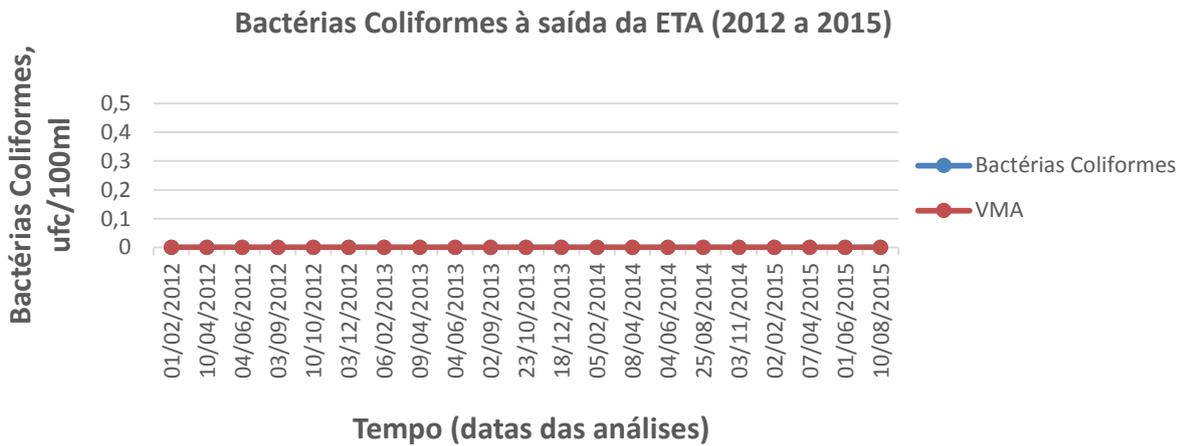


Figura 64 – Evolução temporal das Bactérias Coliformes à saída da ETA da Serra de Água

Nas Figura 65 e Figura 66, observamos que o tratamento se revela eficiente ao tornar a água menos ácida (comparando os resultados registados à entrada e à saída), própria para consumo, uma vez que isso é recomendado de modo a equilibrar os efeitos do consumo de alimentos ácidos, reduzindo, assim, os efeitos de refluxo gastroesofágico.

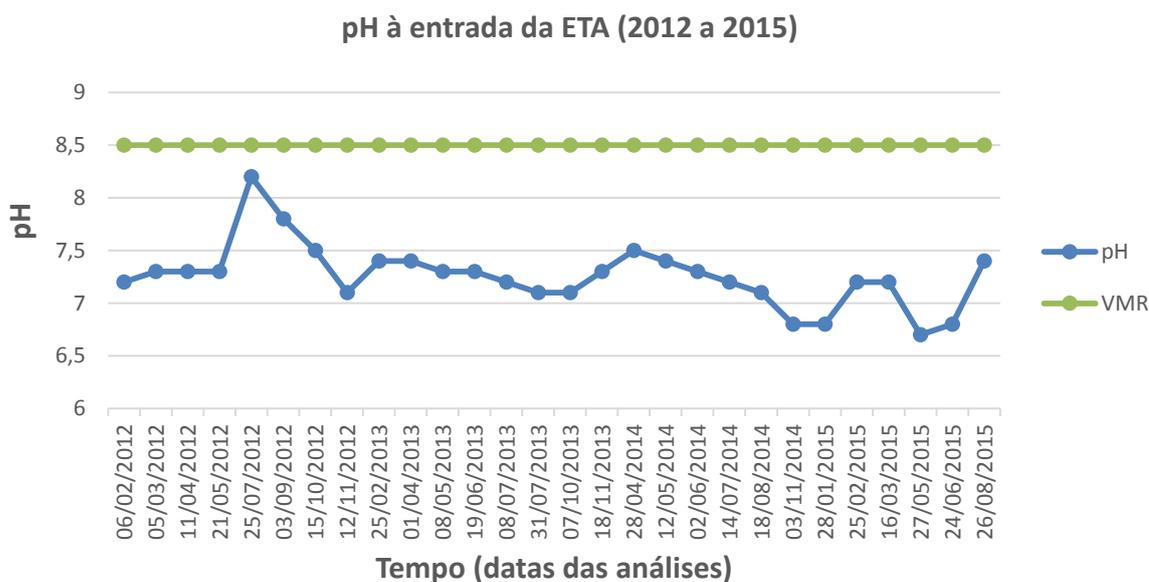


Figura 65 – Evolução temporal do pH à entrada da ETA da Serra de Água

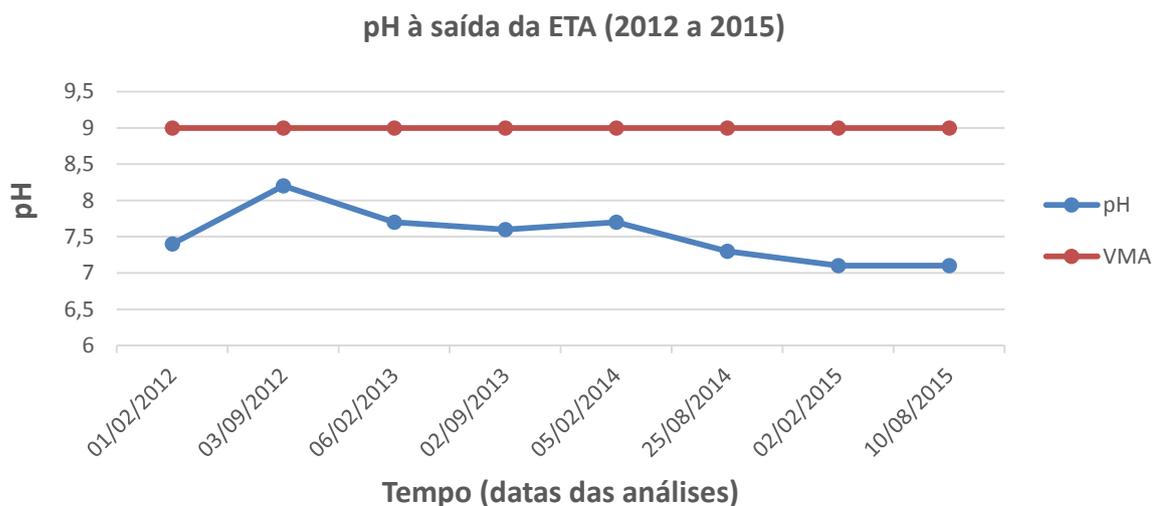


Figura 66 – Evolução temporal do pH à saída da ETA da Serra de Água

De acordo com a Figura 67, é possível observar uma oscilação nos valores registados para o parâmetro temperatura que acompanha o decorrer do ano. Ou seja, os valores mínimos registam-se nos meses mais frios, enquanto os valores máximos ocorrem nos meses tipicamente mais quentes. Contudo, as leituras encontram-se sempre abaixo quer do VMR quer do VMA.

A preocupação em torno deste parâmetro reside no facto de, quanto maior a temperatura da água, maior é o potencial de desenvolvimento de microrganismos.

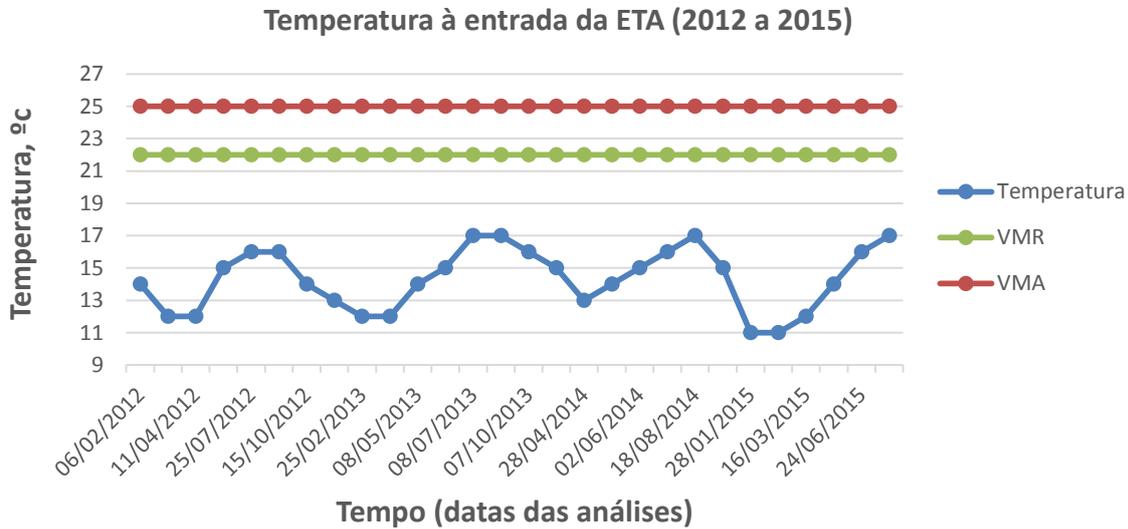


Figura 67 – Evolução temporal da temperatura à entrada da ETA da Serra de Água

A condutividade elétrica da água traduz a presença de carga mineral na água, decorrente da geologia local. Vale a pena esclarecer que compostos aniónicos (carga negativa) como cloretos, nitratos, fosfatos e sulfatos; e compostos catiónicos (carga positiva) como iões de alumínio, cálcio, ferro, magnésio e sódio aumentam a condutividade da água. Já a presença de bicarbonatos faz reduzir este parâmetro.

Nas Figura 68 e Figura 69, constata-se que os resultados registados cumprem sempre os limites estabelecidos e que, após o processamento da água bruta na ETA, esta sofre uma “amenização” da sua condutividade, fruto da mitigação de concentração dos compostos que conferem à água uma maior condutividade elétrica.

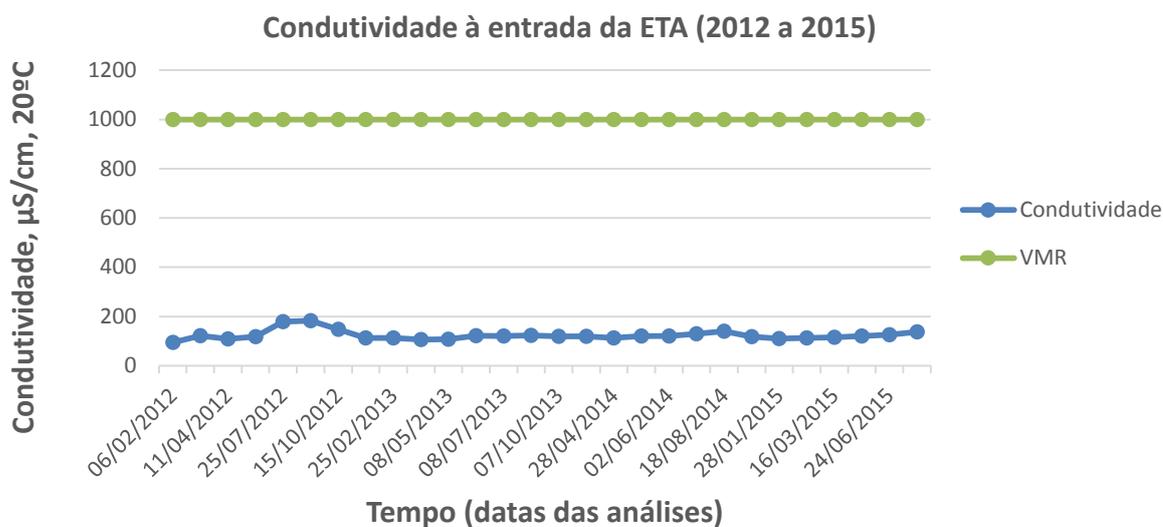


Figura 68 – Evolução temporal da condutividade à entrada da ETA da Serra de Água

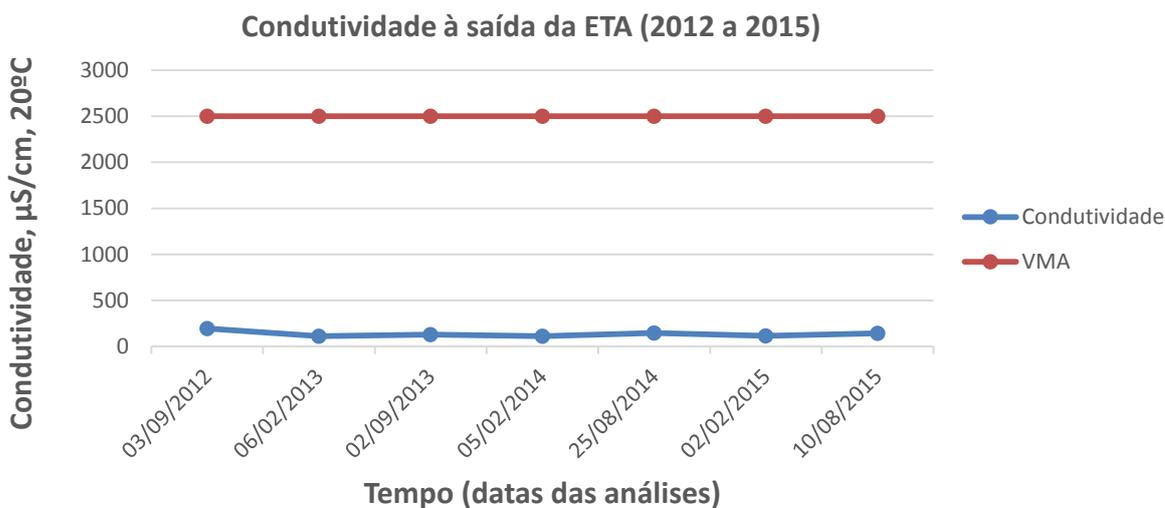


Figura 69 – Evolução temporal da condutividade à saída da ETA da Serra de Água

Um alto teor de sulfatos na água resulta num gosto amargo e pode provocar diarreia e desidratação tanto no Homem quanto nos restantes animais. Também problemas de corrosão nas canalizações da rede de abastecimento podem advir dos elevados níveis de sulfatos na água.

As Figura 70 e Figura 71 indicam que o teor de sulfatos é algo que não merece preocupação, depois de decorrido o processo de tratamento na ETA da Serra de Água.

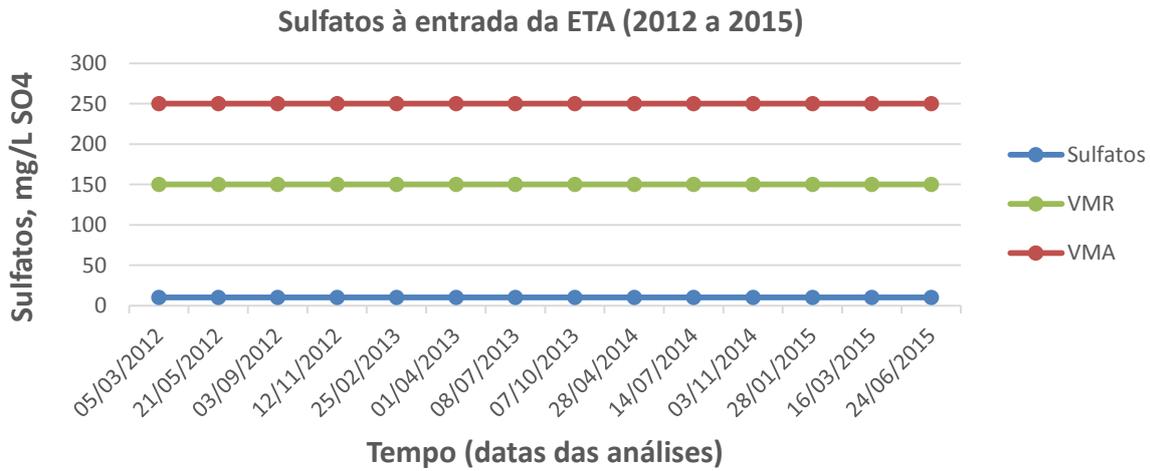


Figura 70 – Evolução temporal dos sulfatos à entrada da ETA da Serra de Água

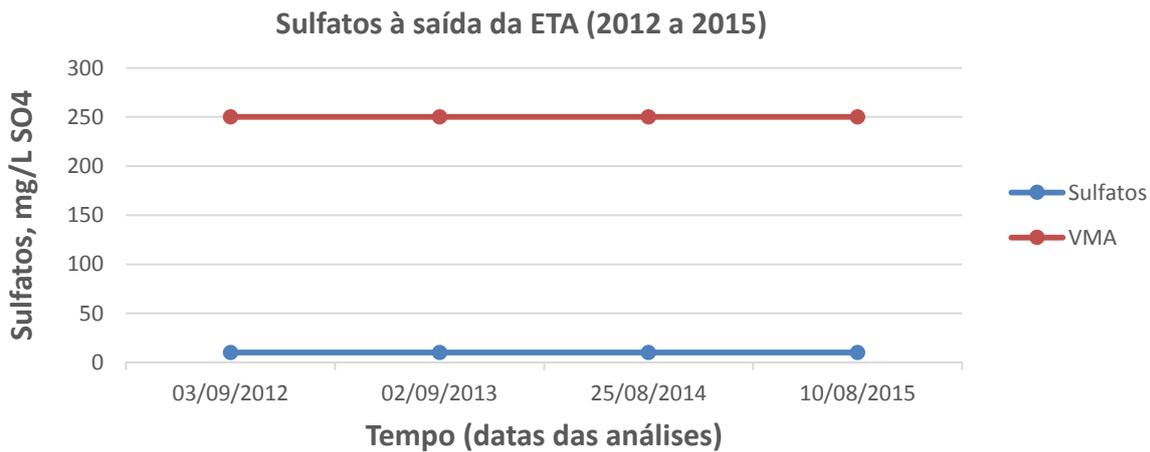


Figura 71 – Evolução temporal dos sulfatos à saída da ETA da Serra de Água

A nível mundial, a concentração de nitratos presentes nas águas brutas tem aumentado, dada a utilização excessiva de adubos químicos na agricultura e a descargas industriais. Por si só, os nitratos não representam uma ameaça à saúde humana. Contudo, as bactérias presentes no nosso aparelho digestivo transformam os nitratos em nitritos, estes sim prejudiciais à saúde – uma vez que diminuem a capacidade de o sangue transportar oxigénio, provocando a doença azul nos recém-nascidos (Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra, s.d.).

Felizmente, os níveis de nitratos registados na ETA da Serra de Água não inspiram preocupação de maior (ver Figura 72 e Figura 73).

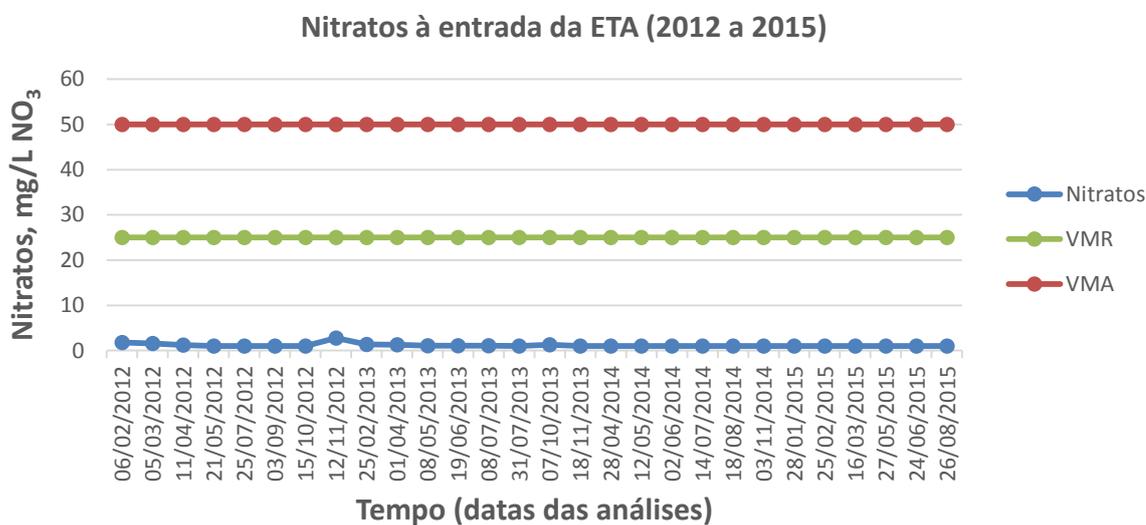


Figura 72 – Evolução temporal dos nitratos à entrada da ETA da Serra de Água

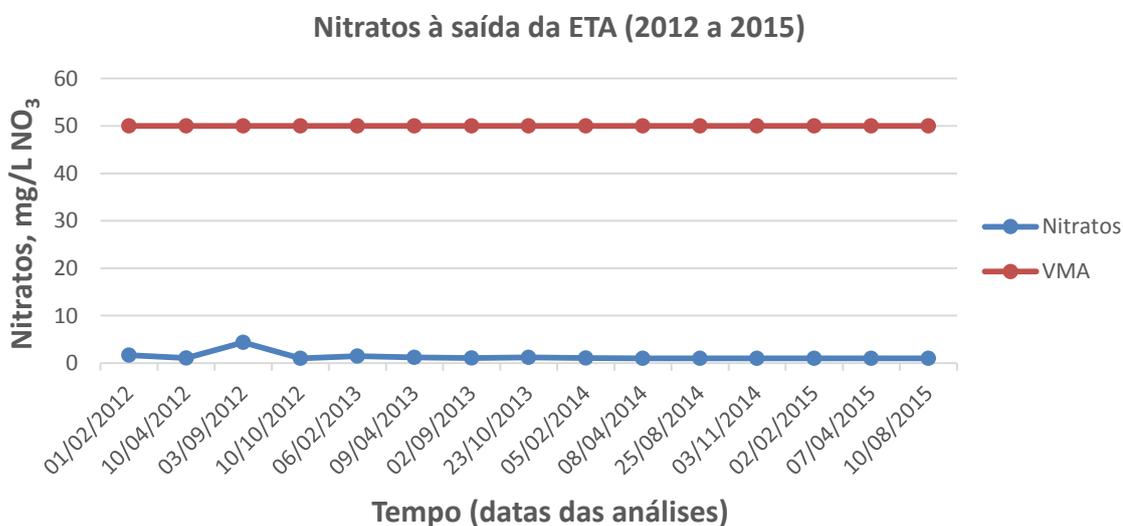


Figura 73 – Evolução temporal dos nitratos à saída da ETA da Serra de Água

A presença de cloro residual livre na água ao longo do sistema de distribuição serve para garantir uma barreira sanitária (Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2007).

Da Figura 74, conclui-se que os resultados do cloro residual livre registados à saída da ETA excederam, por várias vezes, o valor máximo admissível. O VMA deste parâmetro foi definido pela entidade gestora como 0.6 mg/L, de acordo com a nota n.º 19 do Anexo I, Art.º 41- Parte III do DL 306/2007, segundo a qual “recomenda-se que as concentrações deste parâmetro estejam entre 0.2 e 0.6 mg/l de cloro residual.

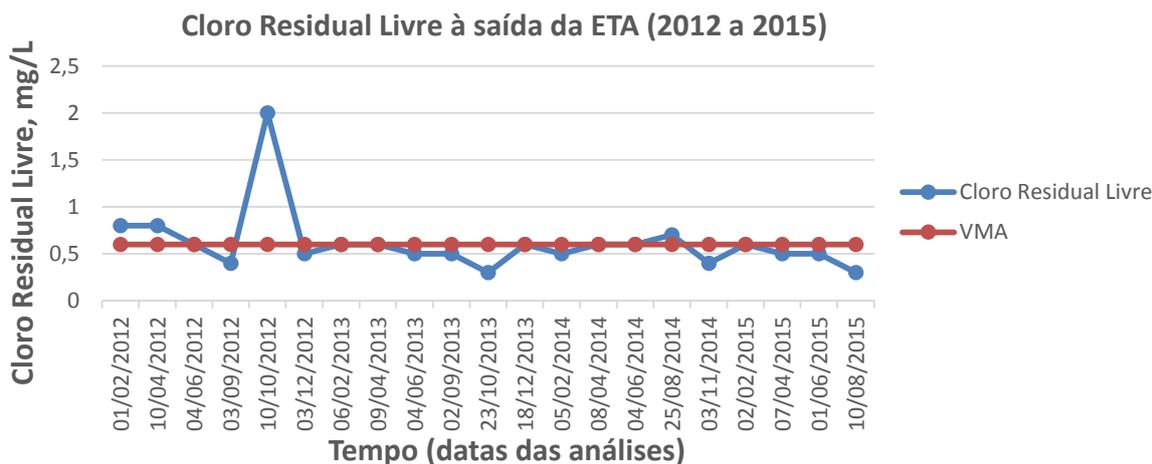


Figura 74 – Evolução temporal do cloro residual residual à saída da ETA da Serra de Água

Nas Figura 75 e Figura 76, constata-se que as leituras dos cloretos, quer à entrada quer à saída da ETA, se têm mantido sempre abaixo do valor máximo recomendável.

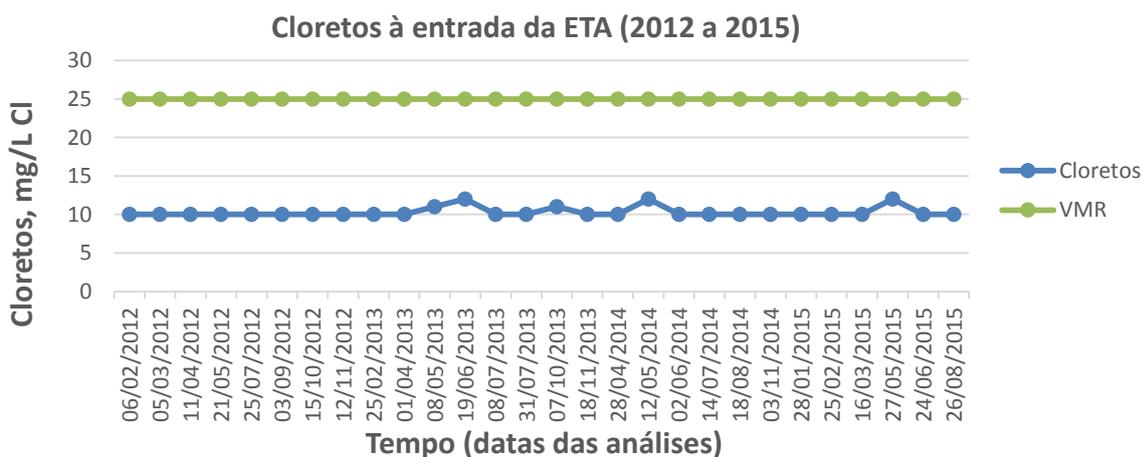


Figura 75 – Evolução temporal dos cloretos à entrada da ETA da Serra de Água

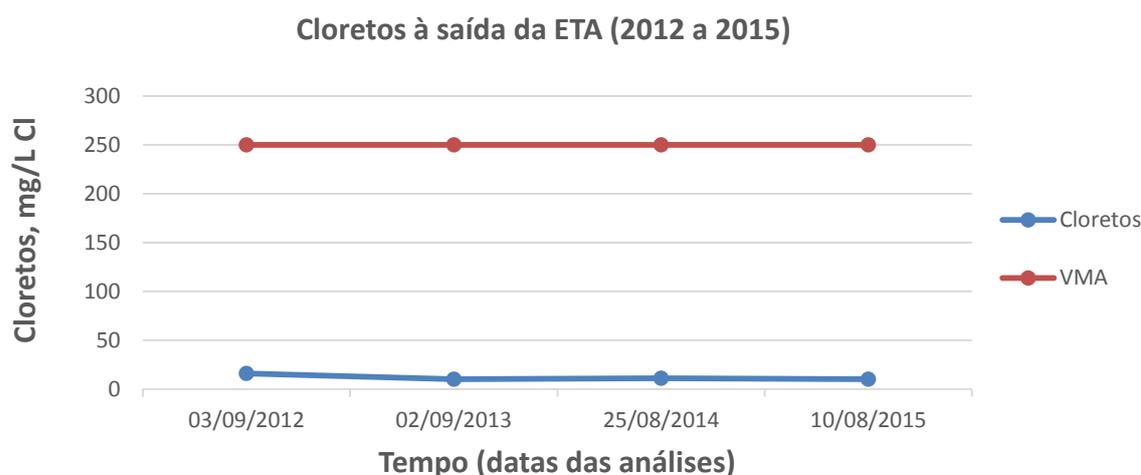


Figura 76 – Evolução temporal dos cloretos à saída da ETA da Serra de Água

É de salientar que a ARM utiliza o Anexo VI do DL 236/98 para estabelecer o VMA deste parâmetro à entrada da ETA da Serra de Água.

4.1.2. ETA da Ribeira Brava

De seguida, explanam-se os parâmetros que merecem um olhar mais atento, relativamente à ETA da Ribeira Brava, salientado que nesta ETA a qualidade da água bruta é definida como “A2”, aplicando-se o tratamento legalmente definido.

Uma das consequências da classe de qualidade das águas ser “A2” é o facto de os VMA e VMR serem superiores aos definidos para a classe “A1”. Desta feita, registam-se menos casos em que os resultados das análises ultrapassam esses mesmos limites. Sendo assim, apenas se ilustram as análises paramétricas que merecem alguma nota especial.

Nas Figura 77 e Figura 78, retratam-se os níveis de cloretos registados, quer à entrada quer à saída da ETA da Ribeira Brava, verificando-se que os mesmo se enquadram nos limites regulamentares.

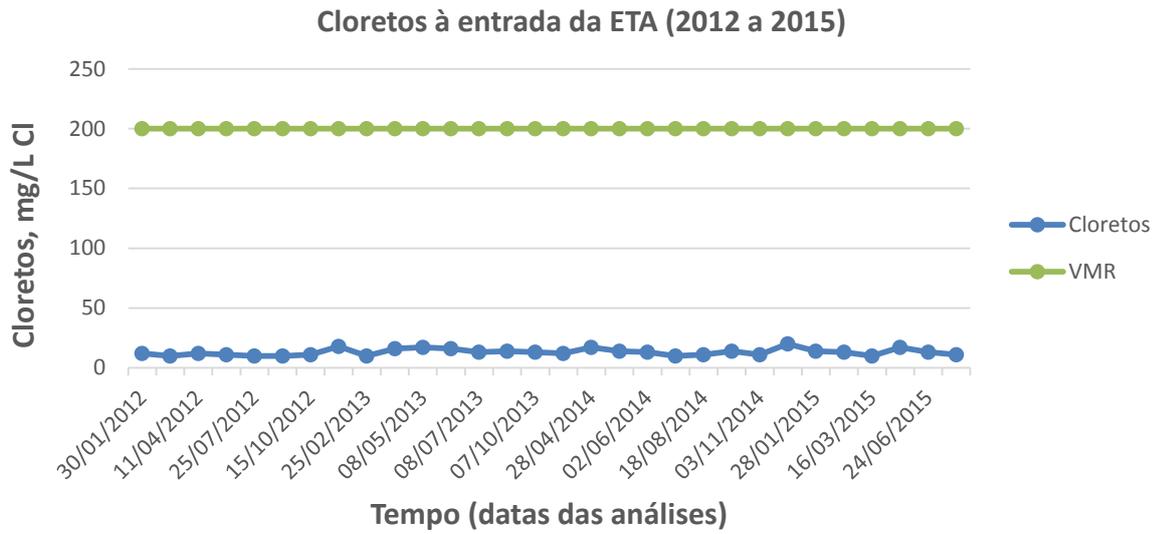


Figura 77 – Evolução temporal dos cloretos à entrada da ETA da Ribeira Brava

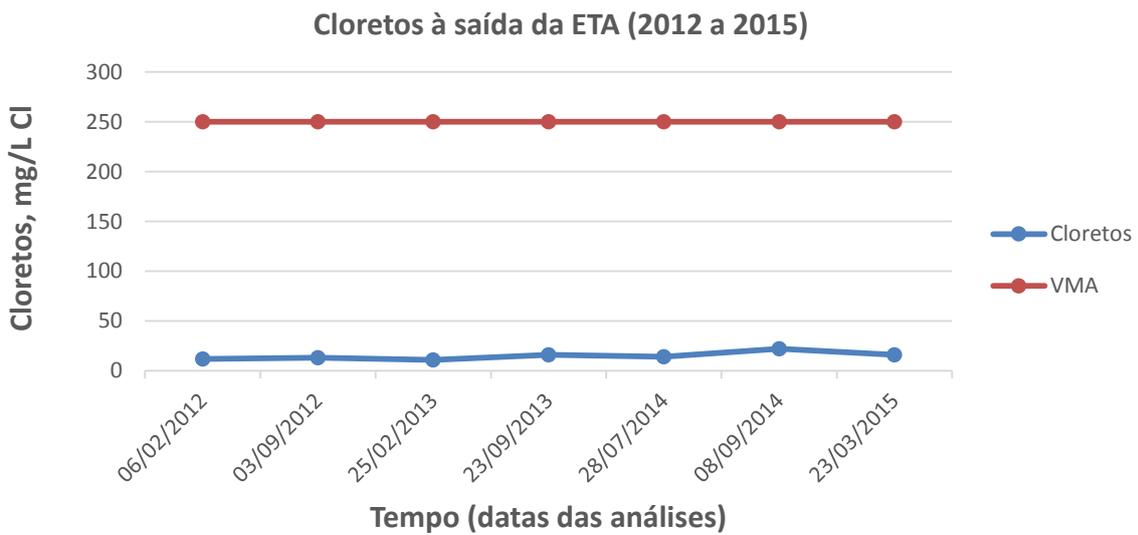


Figura 78 – Evolução temporal dos cloretos à saída da ETA da Ribeira Brava

É de salientar que a ARM utiliza o Anexo I do DL 236/98 para estabelecer o VMA deste parâmetro à entrada da ETA da Ribeira Brava, quando na ETA da Serra de Água o VMA foi definido de acordo com o Anexo VI.

A bactéria *Clostridium perfringens* pode provocar enterite se estiver presente em alimentos ou água contaminados e a gangrena gasosa quando a bactéria afeta feridas expostas e cirúrgicas.

Na Figura 79, observa-se que esta bactéria foi detetada por várias vezes nas amostragens recolhidas.

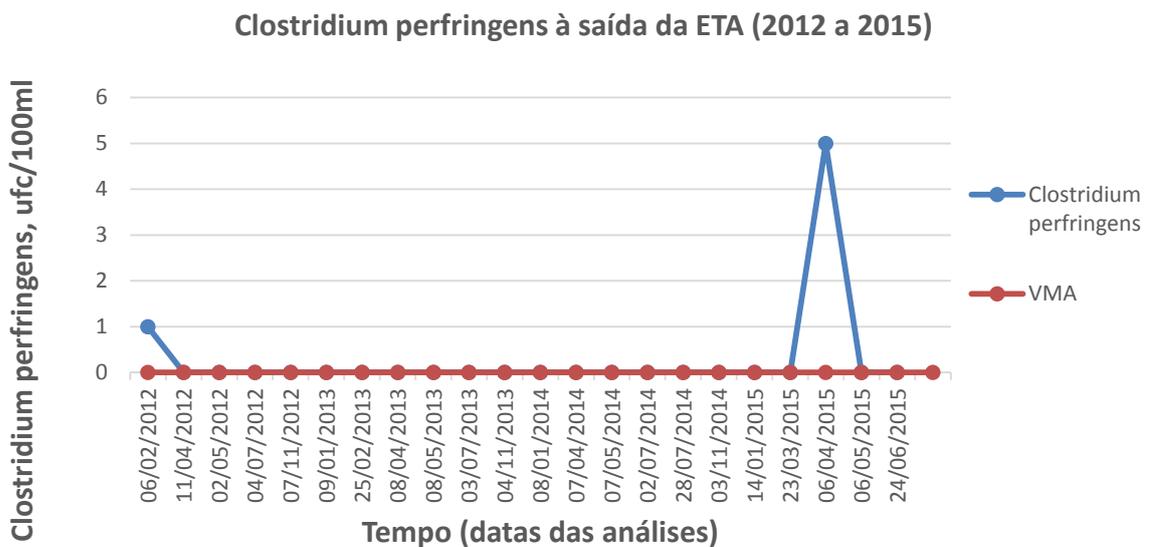


Figura 79 – Evolução temporal do parâmetro clostridium perfringens à saída da ETA da Ribeira Brava

A presença de enterococos intestinais na água tratada evidencia contaminação fecal que representa um elevado risco para a saúde pública, sendo as manifestações mais habituais náuseas, vómitos e diarreias.

Na Figura 80, comprova-se a presença excessiva desta bactéria na água bruta. Contudo, na Figura 81 demonstra-se que o tratamento efetuado na ETA da Ribeira Brava é eficaz ao ponto de eliminar a presença da referida bactéria.

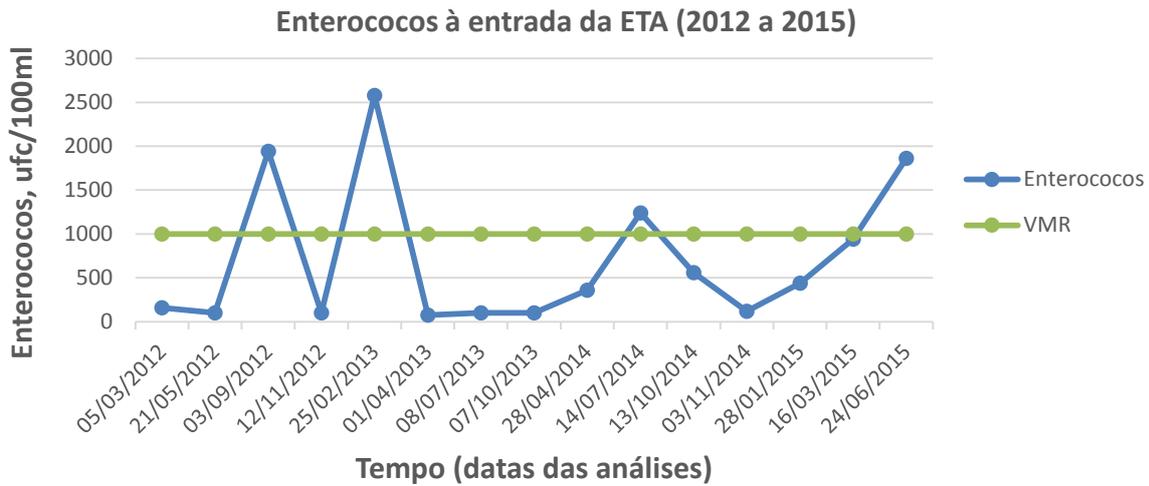


Figura 80 – Evolução temporal dos enterococos à entrada da ETA da Ribeira Brava

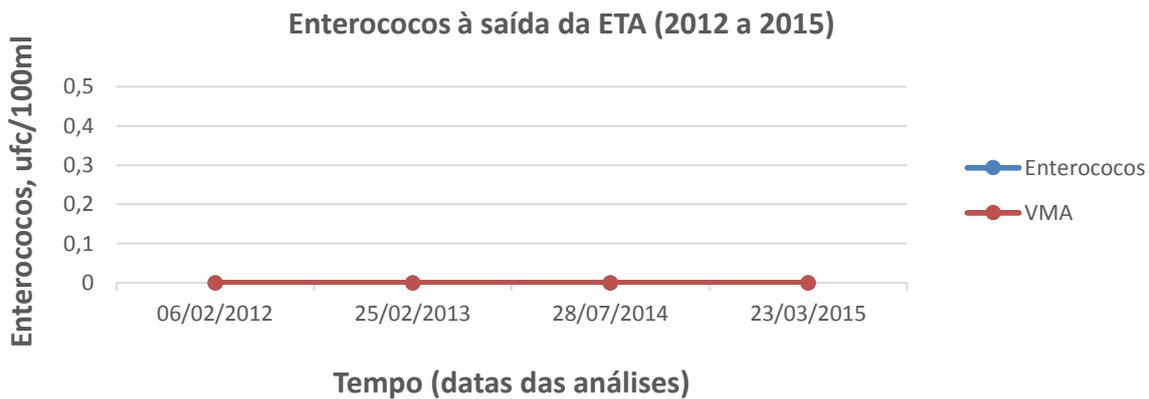


Figura 81 – Evolução temporal dos enterococos à saída da ETA da Ribeira Brava

A Figura 82 demonstra-se que o cloro residual tem ultrapassado, na maioria das leituras, o VMA. Tal sobredosagem nos derivados de cloro pode ser explicada pelo grau de incerteza associado ao estado de conservação da rede de distribuição a jusante desta ETA. O VMA deste parâmetro foi definido pela entidade gestora como 0.6 mg/L, não tendo sido possível aferir a sua justificação.

É de salientar que este parâmetro teve 6 amostras/ano na ETA da Serra de Água, enquanto na ETA da Ribeira Brava efeturam-se 18 amostras/ano.

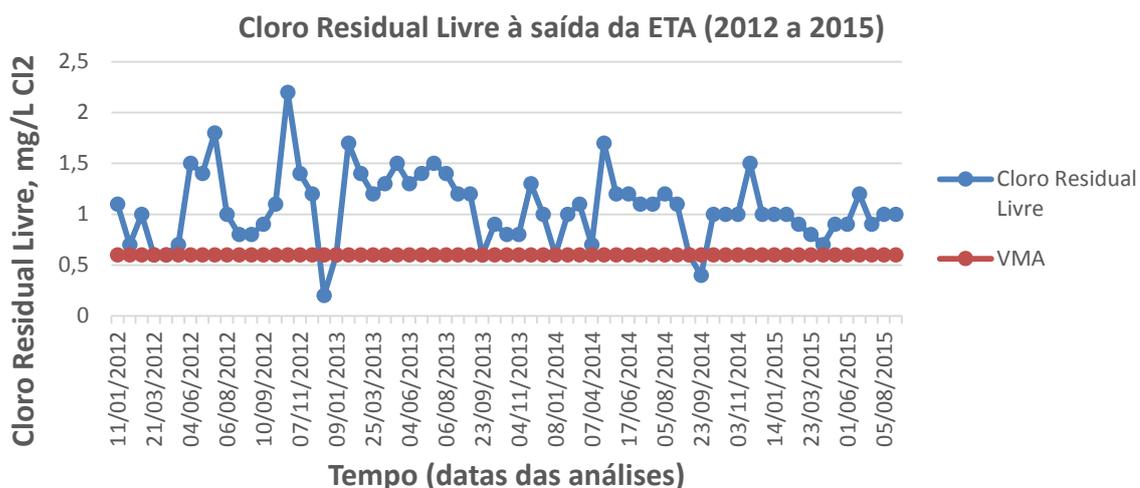


Figura 82 – Evolução temporal do cloro residual à saída da ETA da Ribeira Brava

Na Figura 83, é possível apurar que os resultados das análises à água relativamente aos fosfatos não apresentaram violações aos máximos estabelecidos. Contudo, sendo este um parâmetro “G1” da classe “A2”, seriam exigidas oito amostragens/ano e apenas se efetuaram quatro em 2013.

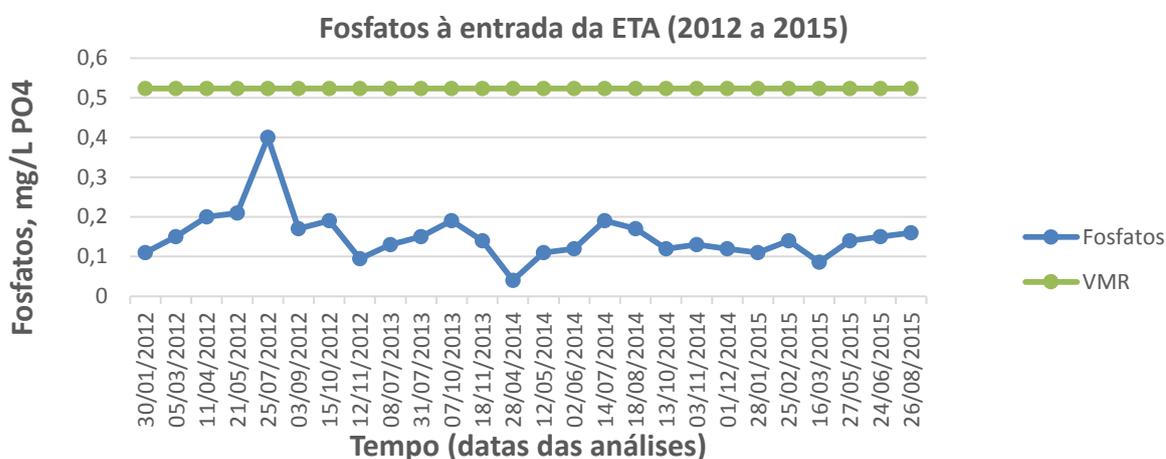


Figura 83 – Evolução temporal dos fosfatos à entrada da ETA da Ribeira Brava

Na Figura 84, verifica-se a deteção de Salmonella por uma vez na água bruta. Este é um parâmetro que inspira preocupação, uma vez que a bactéria provoca salmonelose em humanos. A salmonelose é responsável por diarreia intensa e sintomas abdominais. Esta patologia causa múltiplas infeções, sobretudo ao longo do intestino, sendo o seu desenvolvimento e propagação

facilitados em regiões marcadas por altas temperaturas. Na maioria dos casos, o tratamento passa por manter o paciente hidratado e, nalgumas situações, pela administração de antibióticos. (ASAE, 2016) e (Saudemedicina.com, 2016).

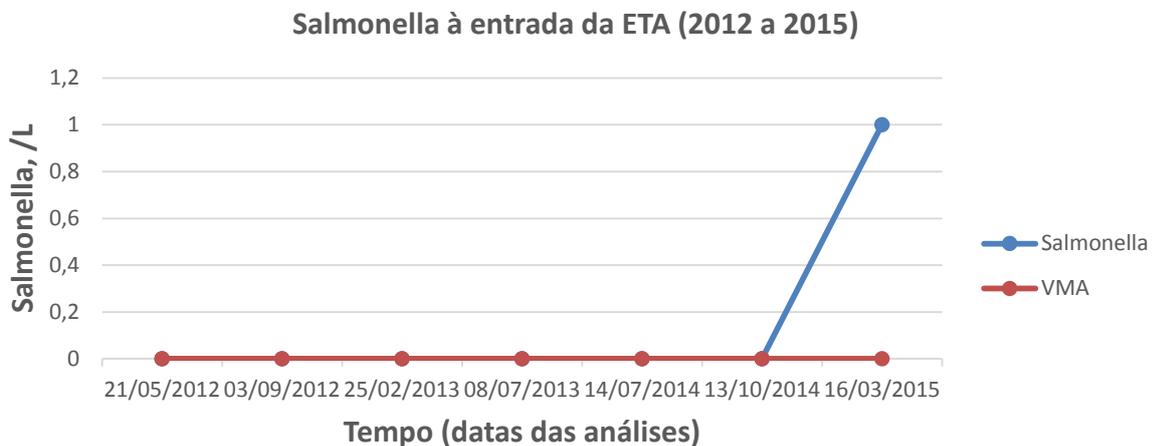


Figura 84 – Evolução temporal da Salmonella à entrada da ETA da Ribeira Brava

4.2. ANÁLISE PARAMÉTRICA TEMPORAL DAS ÁGUAS RESIDUAIS

No que diz respeito ao controlo de qualidade das águas residuais recebidas e tratadas pela ETAR da Ribeira Brava, atendendo à classificação do meio recetor de "menos sensível" (classificação atribuída pelo decreto-lei n.º 133/2015, de 13 de Julho, para a vertente sul da ilha da Madeira), e que atualmente a ETAR da Ribeira Brava serve um equivalente populacional inferior a 10.000 e.p., o tratamento aplicado, de acordo com a legislação vigente, é o apropriado definido como "o tratamento das águas residuais urbanas por qualquer processo e ou por qualquer sistema de eliminação que, após a descarga, permita que as águas recetoras satisfaçam os objetivos de qualidade que se lhes aplicam", não sendo assim, estabelecidos parâmetros analíticos para o controlo do afluente e efluente da ETAR, pelo que não existe histórico relativamente a resultados analíticos das águas residuais da ETAR da Ribeira Brava.

As análises e consequentes classificações da qualidade das águas balneares da Ribeira Brava atestam níveis satisfatórios (como já anteriormente apresentado na Tabela 2), logo não se considera existir deterioração do meio recetor – Oceano Atlântico.

Capítulo 5

Considerações finais

5.1. PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS COM OS RECURSOS HÍDRICOS

Abaixo, procede-se à identificação de algumas das constatações e problemas mais significantes relativamente aos recursos hídricos da bacia hidrográfica do concelho da Ribeira Brava:

- Elevada taxa de perdas/fugas na rede de abastecimento, de acordo com a Figura 57, anteriormente exposta;
- Excessivo recurso a unidades de tratamento primário de efluentes domésticos (vulgarmente designadas fossas sépticas), resultando em decadência da qualidade das massas de água subterrâneas;
- Existência de pouca informação técnica sistematizada relativa a produtos nocivos utilizados na região;
- Evidência de boa qualidade nas análises efetuadas às águas balneares da praia situada junto à foz da ribeira Brava, como demonstrado anteriormente na Tabela 2;
- Existência de uma rede de abastecimento de água adequada às condições de ocupação do território por parte da população e passível de alcançar qualquer consumidor;
- Violação, em três vezes o VMA relativo ao parâmetro Fenóis em todas as leituras realizadas à água bruta à entrada da ETA da Serra de Água, de acordo com a Figura 59, anteriormente apresentada;
- Não concordância com a nota n.º5 do Anexo I, Art.º 41 – Parte III do DL 306/2007, que especifica que o parâmetro Cálcio deve ser analisado também à entrada das ETA;
- Detecção, por três vezes, de níveis de bactérias coliformes à entrada da ETA da Serra de Água superiores ao VMR, tendo o tratamento mostrado ser eficiente, de acordo com a Figura 63 e Figura 64, anteriormente apresentadas;
- Constantes violações das leituras do cloro residual livre à saída das ETA da Serra de Água e da Ribeira Brava, resultando em sabor e aroma desagradáveis aos consumidores mais sensíveis, de acordo com a Figura 74 e Figura 82, anteriormente descritas;
- Superação, em duas leituras, do VMA referente ao parâmetro *Clostridium perfringens* na ETA da Ribeira Brava, de acordo com a Figura 79, anteriormente apresentada;
- Ultrapassagem do VMR do parâmetro Enterococos à entrada da ETA da Ribeira Brava, em quatro leituras, tendo o tratamento efetuado revelado ser eficaz na anulação desse parâmetro, de acordo com a Figura 80 e Figura 81, anteriormente apresentadas.

5.2. AÇÕES E RECOMENDAÇÕES PROPOSTAS

Com o objetivo de melhorar a gestão da bacia hidrográfica que compõe o concelho da Ribeira Brava, apresentam-se, seguidamente, uma lista de objetivos prioritários, procurando, dessa forma, a melhoria quantitativa e qualitativa da água para consumo humano, destacando-se:

- Detecção dos pontos fracos da rede de abastecimento, que correspondem a focos de perdas/contaminações, privilegiando as zonas densamente povoadas, de modo a obter-se uma maximização da relação custo-benefício;
- Progressiva expansão da rede de saneamento, tendo em conta a localização dos aglomerados populacionais e orografia do terreno, tirando partido de possíveis quadros de apoios comunitários;
- Inventariação e obrigação de constante atualização dos produtos nocivos utilizados no concelho;
- Averiguação da causa da constante presença de Fenóis nas análises à água bruta à entrada da ETA da Serra de Água por parte da entidade que explora os recursos hídricos;
- Ponderação acerca da necessidade de amostragem do Cálcio à entrada das ETA, tal como preconiza a nota n.º 5 do Anexo I, Art.º 41 – Parte III do DL 306/2007;
- Ajuste dos níveis de cloro residual livre à saída das ETA da Serra de Água e da Ribeira Brava;
- Zelar pela qualidade das massas de água subterrânea, efetuando inspeções periódicas às atividades passíveis de propiciarem episódios de poluição;
- Promoção de ações de formação de utilização eficiente de fertilizantes e pesticidas químicos, com vista à sua redução ou até mesmo eliminação (adotando técnicas de agricultura biológica), evitando contaminação de massas de água subterrâneas;
- Sensibilização da população e agentes públicos/económicos para uma cada vez maior racionalidade na fruição da água;
- Planeamento de situações de eventual seca, ponderando quanto à relevância do aumento da capacidade de armazenamento de água.

Bibliografia

- APRH. (s.d.). *Regiões e Bacias Hidrográficas*. Obtido em 2016, de Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos: <http://www.aprh.pt/>
- AREAM. (2001). *Caracterização Ambiental do Sector Industrial da RAM*. Funchal, Região Autónoma da Madeira: Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira.
- AREAM. (2005). *Identificação do potencial de energia hídrica na Região Autónoma da Madeira*. Funchal, Região Autónoma da Madeira: Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira.
- ASAE. (2016). *Salmonella*. Obtido de [www.asae.pt:](http://www.asae.pt/) <http://www.asae.pt/?cn=541054135462AAAAAAAAAAAAA>
- Brum da Silveira, A., Madeira, J., Ramalho, R., Fonseca, P., & Prada, S. (2010). *Notícia explicativa da Carta Geológica da Região Autónoma da Madeira na escala 1:50.000*. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais da Região Autónoma da Madeira.
- Carta europeia da água*. (28 de 03 de 2015). Obtido de Wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Carta_europeia_da_%C3%A1gua
- Castro, Z. (3 de Março de 2012). *CDS-PP denuncia falta de água na Ribeira Brava*. Obtido de [dnoticias.pt:](http://www.dnoticias.pt/) <http://www.dnoticias.pt/actualidade/politica/311277-cds-pp-denuncia-falta-de-agua-na-ribeira-brava>
- Conselho da União Europeia. (5 de novembro de 1998). Directiva 98/83/CE relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Bruxelas: Jornal Oficial das Comunidades Europeias L 330/32.
- Conselho das Comunidades Europeias. (12 de dezembro de 1991). Directiva n.º 91/676/CEE relativa à proteção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola. Bruxelas: Jornal Oficial das Comunidades Europeias L 375/1.
- EEM. (2015). *Central da Fajã dos Padres*. Obtido de [https://www.eem.pt/:](https://www.eem.pt/) <https://www.eem.pt/pt/conteudo/sistema-el%C3%A9trico/produ%C3%A7%C3%A3o/centrais-hidroel%C3%A9tricas/central-da-faj%C3%A3-dos-padres/>

BIBLIOGRAFIA

- EGA - Environmental Governance Advisors. (2014). *Relatório Ambiental da Revisão do PDM da Ribeira Brava*.
- ETARLIMA – Tratamento de Efluentes, ACE. (2003). *Exploração e Conservação dos Sistemas de Tratamento de Águas Residuais de Ponte de Lima – Relatório Anual*.
- Fernandes, M. J. (2009). Riscos no Concelho da Ribeira Brava movimentos de vertente cheias rápidas e inundações. Coimbra: FEUC.
- Gabinete de Apoio Técnico do Vale do Lima. (1998). *Sistema Integrado de Abastecimento de Água, Drenagem e Tratamento de Águas Residuais no Vale do Lima*. Viana do Castelo.
- Haie, N. (2002). *Complementos de Hidráulica – Planeamento e Gestão dos Recursos Hídricos*. Universidade do Minho: Departamento de Engenharia Civil.
- Harrison, M. (19 de Outubro de 2015). *Life on Earth likely started 4.1 billion years ago—much earlier than scientists thought*. Obtido de Phys.org: <http://phys.org/news/2015-10-life-earth-billion-years-agomuch.html>
- Hipólito, J. R., & Vaz, Á. C. (2011). *Hidrologia e Recursos Hídricos* (1ª ed.). Lisboa: IST Press.
- INE. (2012). *Censos 2011 - Resultados definitivos RAM*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- Inplenitus. (2012). *Revisão do PDM da Ribeira Brava – Estudos Sectoriais – Suporte Biofísico*.
- Instituto Regulador de Águas e Resíduos. (2007). *Recomendação IRAR n.º 05/2007 - Desinfecção da água destinada ao consumo humano*.
- LNEC. (julho de 1993). *Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas das Águas de Portugal – Relatório 179/93 – GIAS*. Departamento de Hidráulica.
- Lousada, S. (2014). *Hidráulica. Apontamentos de apoio à unidade curricular*. Funchal.
- Lousada, S. (2015). *Hidráulica Urbana. Apontamentos de apoio à unidade curricular*. Funchal.
- Manteigas, M. (2000). *Controlo de odores em estações de tratamento de águas residuais – tecnologias e exemplos de aplicação*.
- Marecos, H. (2011). *Qualidade da Água e Controlo da Poluição. Apontamentos de apoio à unidade curricular*. Lisboa: ISEL.
- Ministério do Ambiente, D. O. (1 de Agosto de 1998). *Diário da República – 1.ª série – N.º 176. Decreto-Lei n.º 236/98*. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda.
- Ministério do Ambiente, d. O. (27 de Agosto de 2007). *Diário da República – 1.ª série – N.º 164. Decreto-Lei n.º 306/2007*. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda.

- NEMUS/HIDROMOD. (2014). *Plano de Gestão da Região Hidrográfica (PGRH) do Arquipélago da Madeira. 2ª Parte – Caracterização e Diagnóstico Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais. Tomo I. Região Autónoma da Madeira.*
- PEAASAR. (abril de 2000.). *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas residuais (2000-2006).* Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- PORDATA - *Números dos municípios e regiões de Portugal | Quadro-resumo: Ribeira Brava.* (30 de 03 de 2015). Obtido de PORDATA: <http://www.pordata.pt/Municipios/Quadro+Resumo/Ribeira+Brava+%28Munic%C3%ADpio%29-6315>
- Prada, S. (2000). *Geologia e Recursos Hídricos Subterrâneos da Ilha da Madeira.* Universidade da Madeira: Dissertação apresentada à Universidade da Madeira para obtenção do grau de Doutor em Geologia.
- Prada, S., Gaspar, M., Menezes de Sequeira, M., A., N., C., F., & Cruz, J. (2005). *Disponibilidades hídricas subterrâneas e riscos de contaminação na Ilha da Madeira.*
- PROCESL – Engenharia Hidráulica e Ambiental, Lda. (novembro de 1995). *Estudo Prévio referente ao Projecto da ETAR do Sub-Sistema de Ponte de Lima.*
- PROCESL, PROSISTEMAS, PRIMA. (2003). *Plano Regional da Água da Madeira.*
- Quimiforus. (9 de Outubro de 2013). *Dureza da água em Portugal e os seus efeitos nos produtos químicos.* Obtido de Quimiforus.pt: <http://www.quimiforus.pt/blog/dureza-da-agua-em-portugal-e-os-seus-efeitos-nos-produtos-quimicos/>
- Revista Visão. (6 de Agosto de 2012). *Madeira: Agricultores protestam na Ribeira Brava contra falta de água de rega.* Obtido de Visão: <http://visao.sapo.pt/lusa/madeira-agricultores-protestam-na-ribeira-brava-contr-falta-de-agua-de-rega=f679791>
- Saudemedicina.com. (2016). Obtido de <http://www.saudemedicina.com/salmonelose-causas-sintomas-e-tratamento/>
- SEARN. (10 e 11 de abril de 1986). *Problemas e Perspectivas da Gestão dos Recursos Hídricos.* Lisboa: Seminário organizado pela Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais e pelo Instituto Europeu da Água.
- Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra. (s.d.). *Nitratos na água.* Obtido de http://www.smas-sintra.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=360&Itemid=150

BIBLIOGRAFIA

- Silva, M. M. (2010). Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Engenharia Sanitária. *ENSAIOS DE COAGULAÇÃO FLOCULAÇÃO DA ÁGUA RESIDUAL AFLUENTE À ETAR DE AVIS*. Lisboa.
- Sousa, F. (20 de Fevereiro de 2014). *Falta de água de rega preocupa CDU*. Obtido de Tribuna da Madeira: <http://www.tribunadamadeira.pt/?p=77716>
- Tales de Mileto*. (2015). Obtido de Wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Tales_de_Mileto
- Vieira, J. P. (1993). *Sistemas Institucionais de Gestão de Recursos Hídricos*. Universidade do Minho: 3.^{as} Jornadas de Engenharia Civil.

Anexos

CONTEÚDO:

Anexo 1 – Diagrama de funcionamento da ETAR da Ribeira Brava

Anexo 2 – Diagrama de funcionamento da ETA da Ribeira Brava

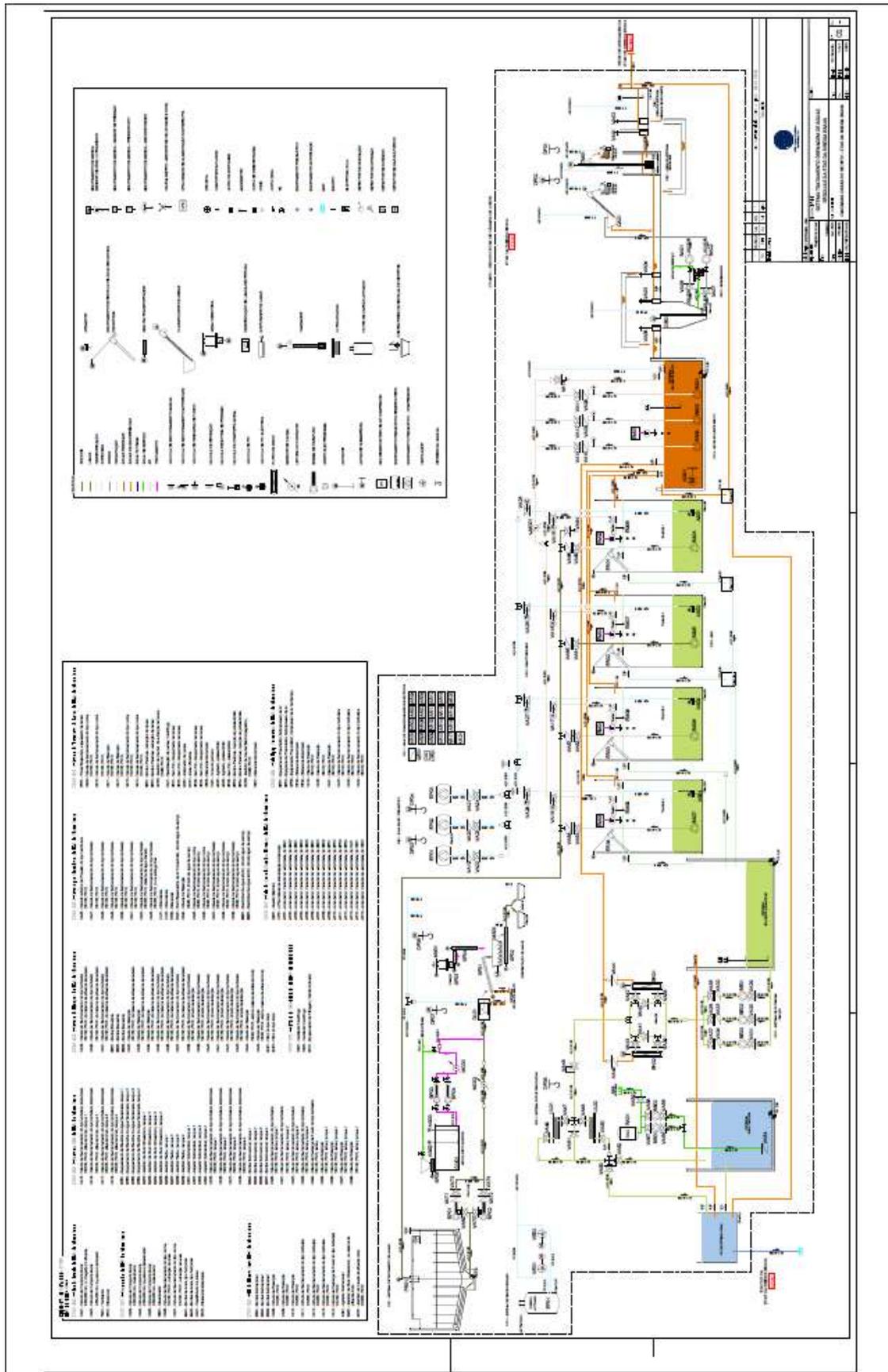
Anexo 3 – Diagrama de funcionamento da ETA da Serra de Água

Anexo 4 – Exemplo de ramal de ligação tipo entre a rede pública e um consumidor

Anexo 5 – Análise paramétrica temporal às águas da ETA da Serra de Água

Anexo 6 – Análise paramétrica temporal às águas da ETA da Ribeira Brava

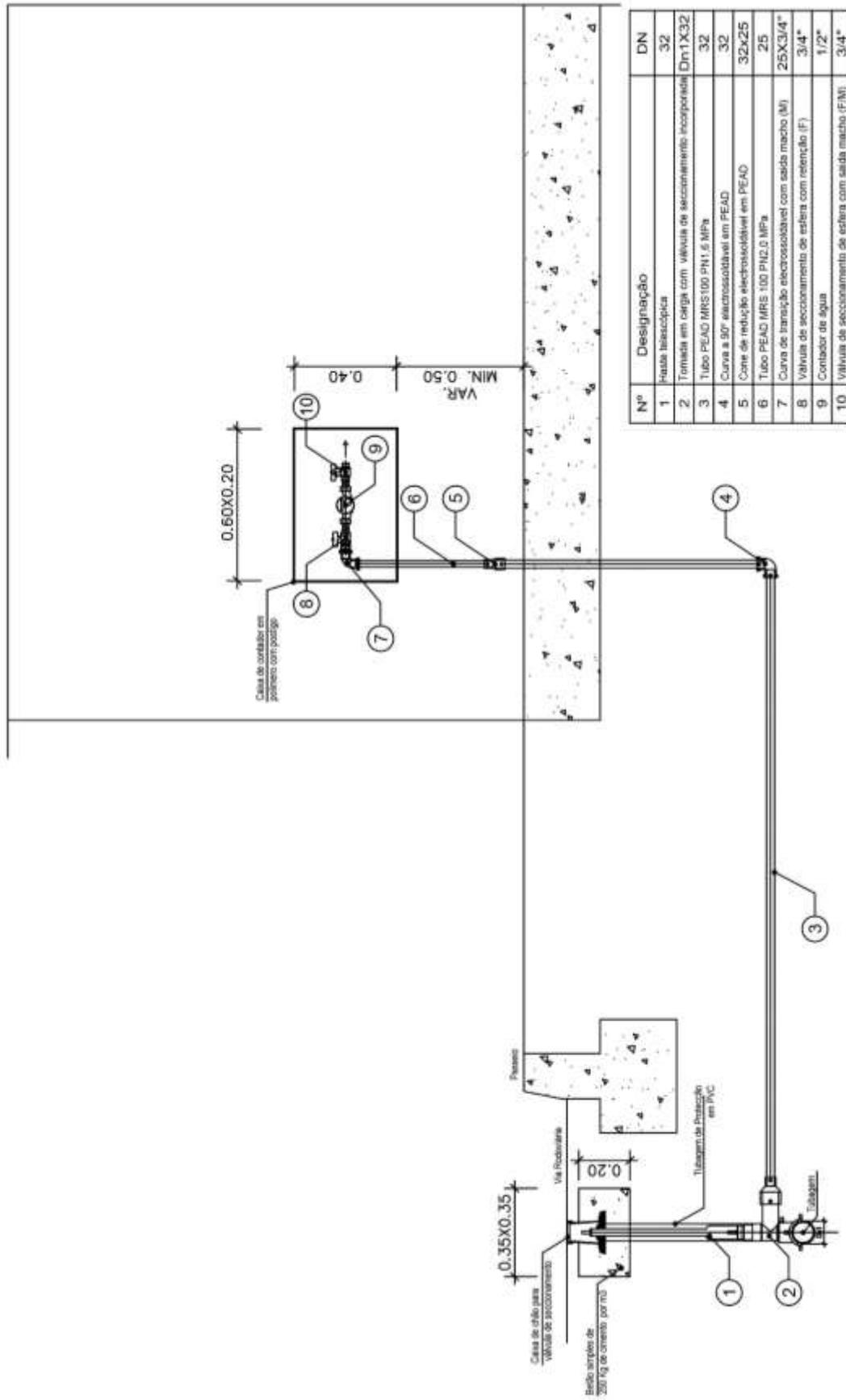
Anexo 1 – Diagrama de funcionamento da
ETAR da Ribeira Brava



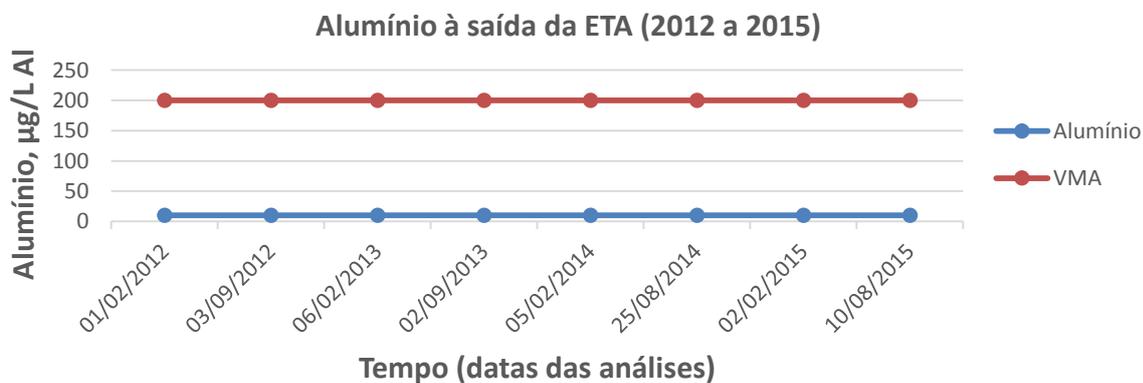
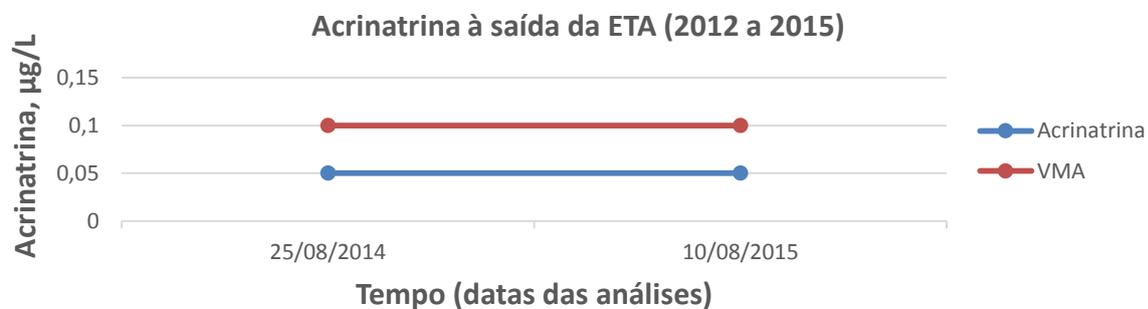
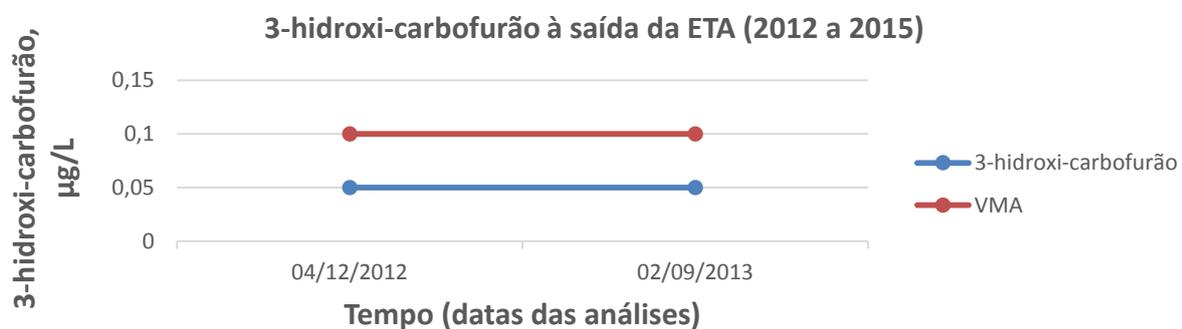
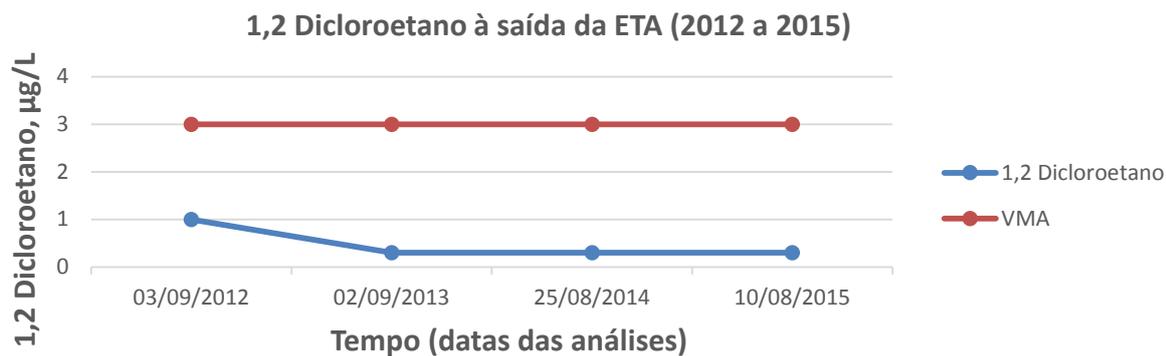
Anexo 2 – Diagrama de funcionamento da ETA da
Ribeira Brava

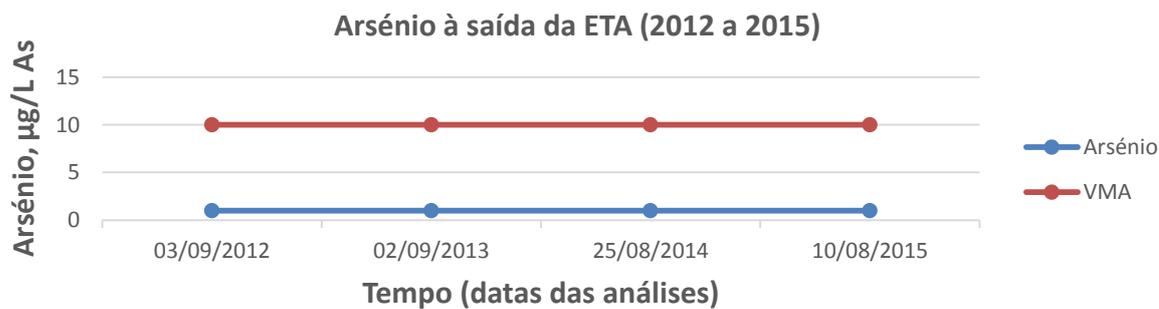
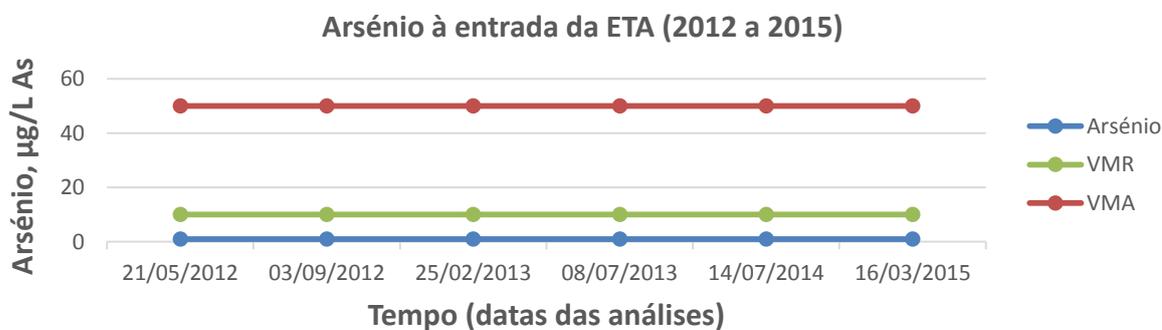
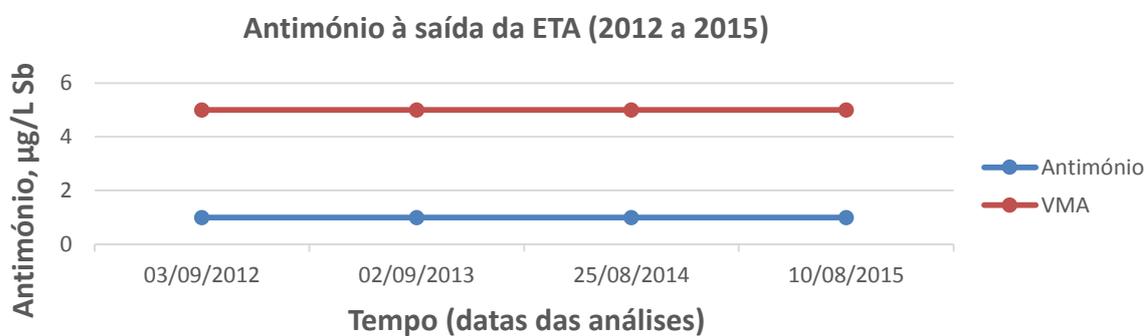
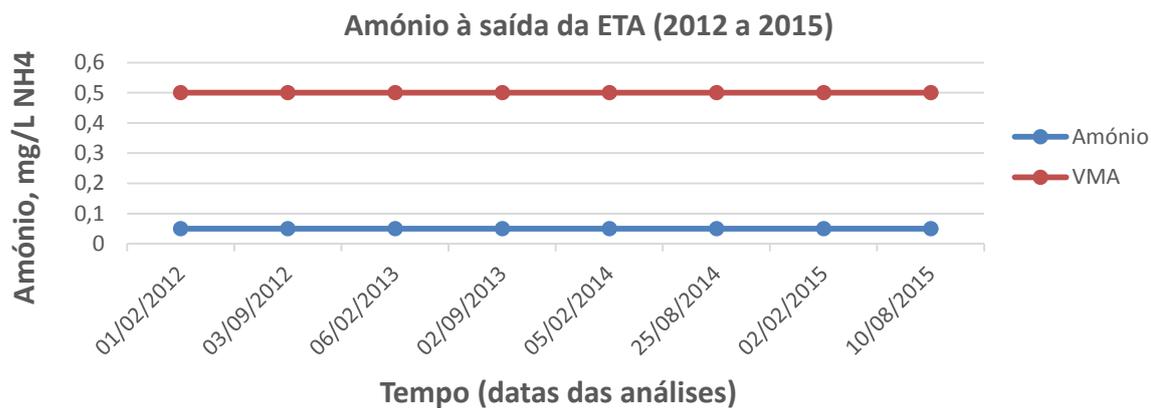
Anexo 3 – Diagrama de funcionamento da ETA da
Serra de Água

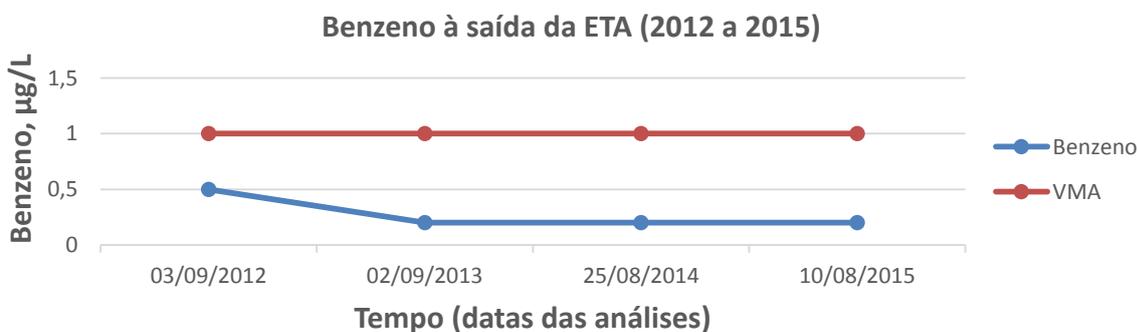
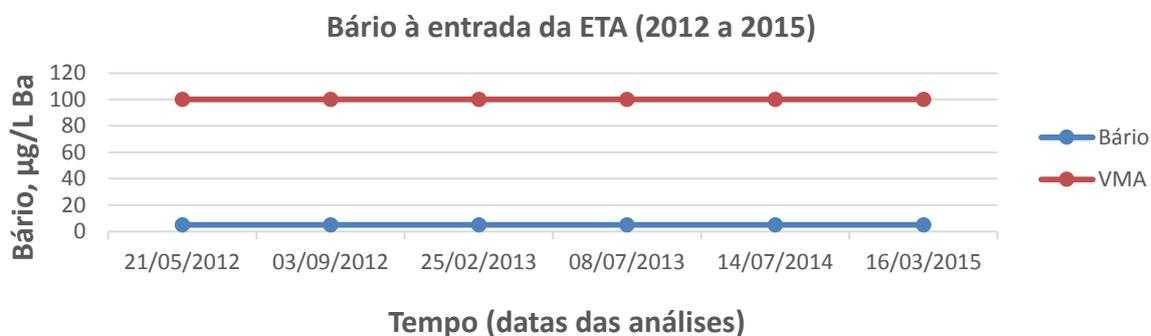
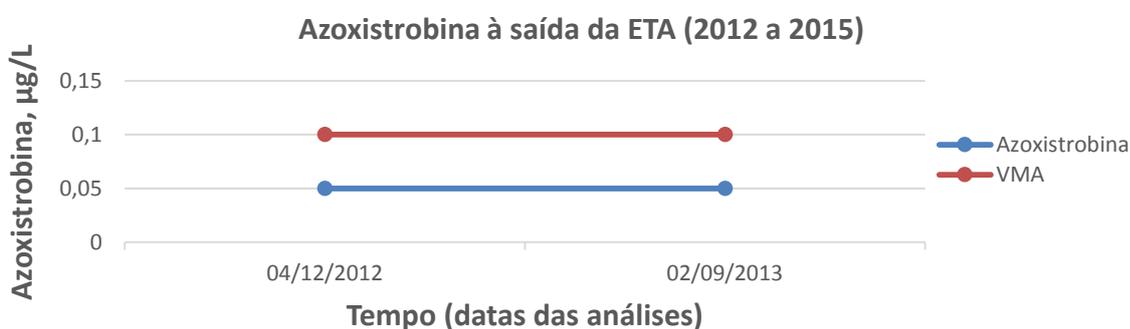
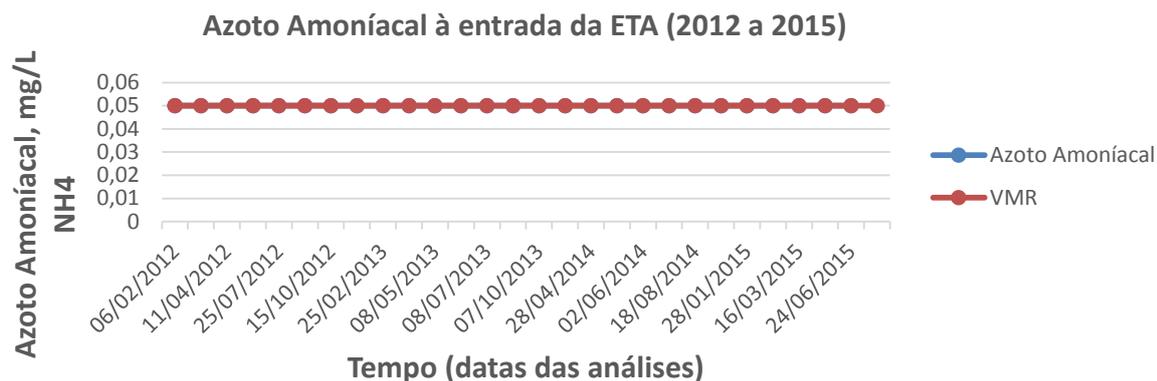
Anexo 4 – Exemplo de ramal de ligação tipo entre
a rede pública e um consumidor

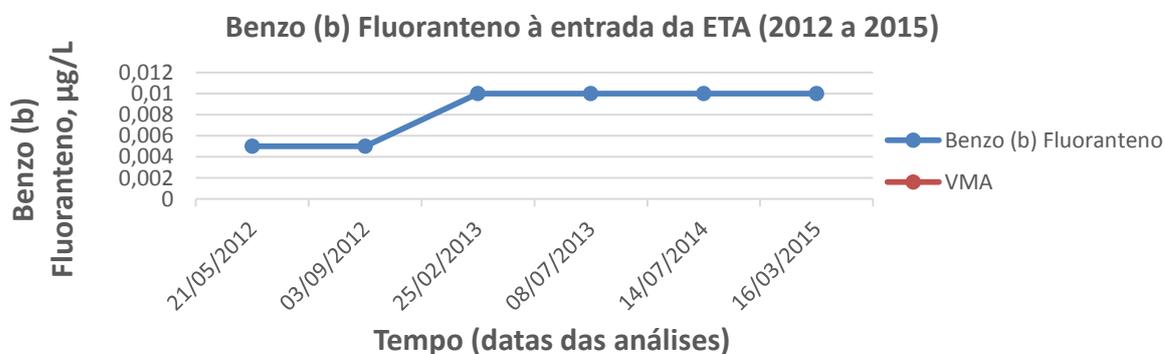
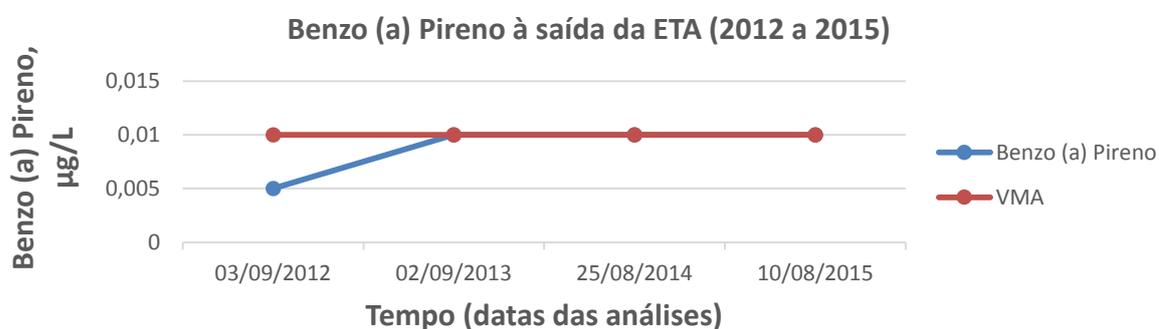
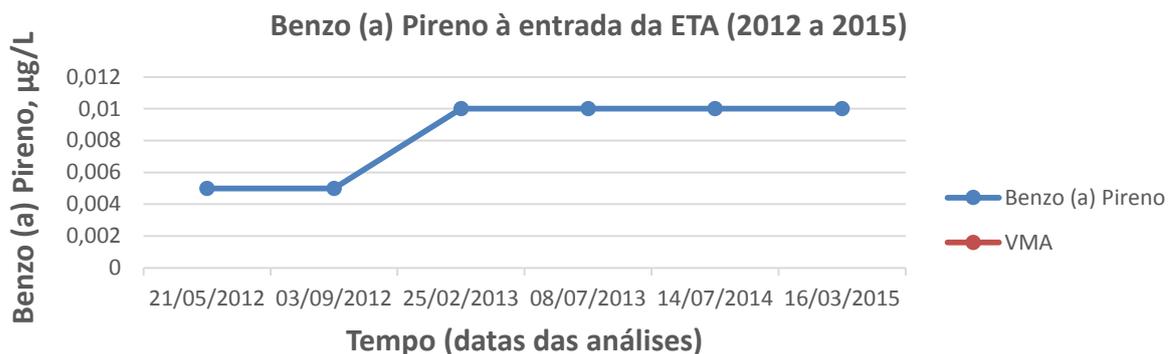


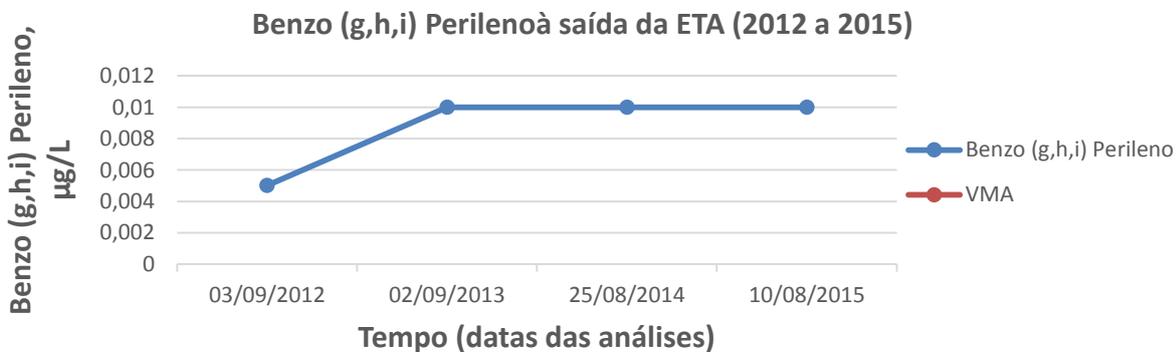
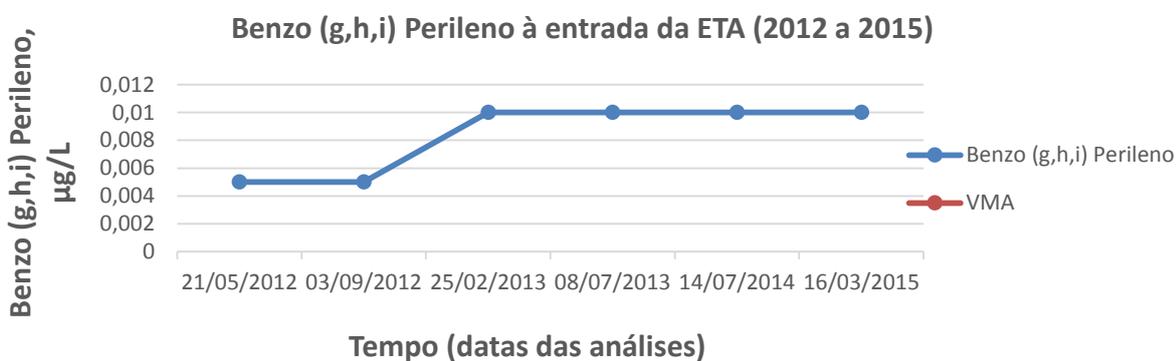
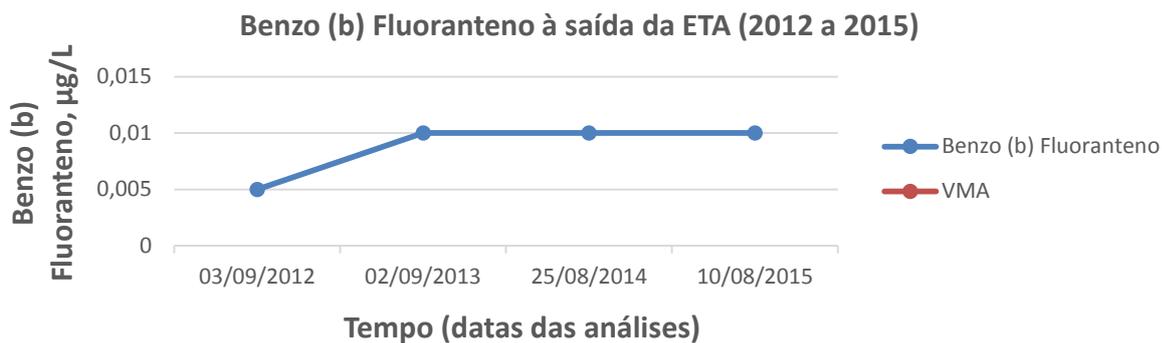
Anexo 5 – Análise paramétrica temporal às águas
da ETA da Serra de Água

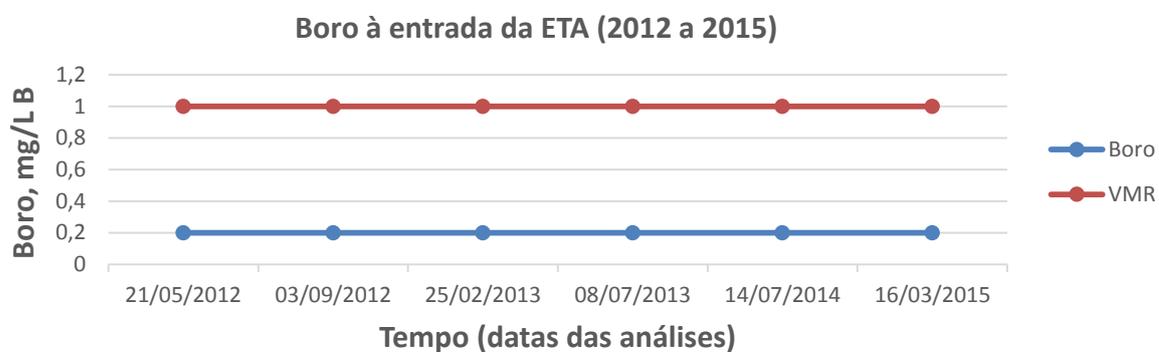
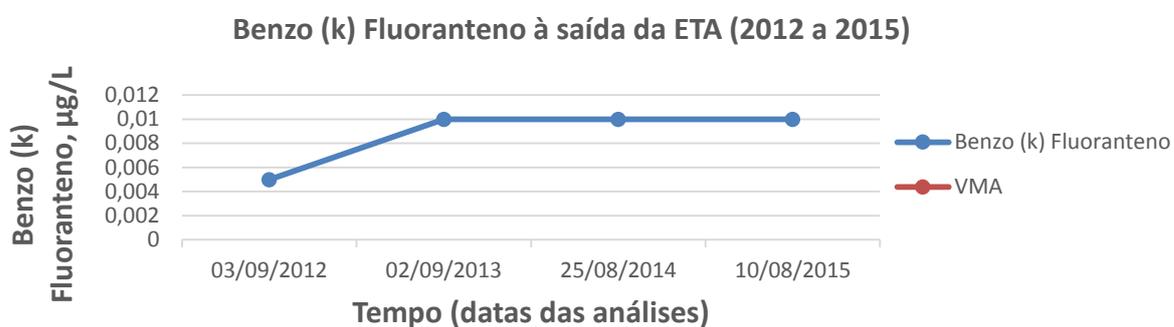
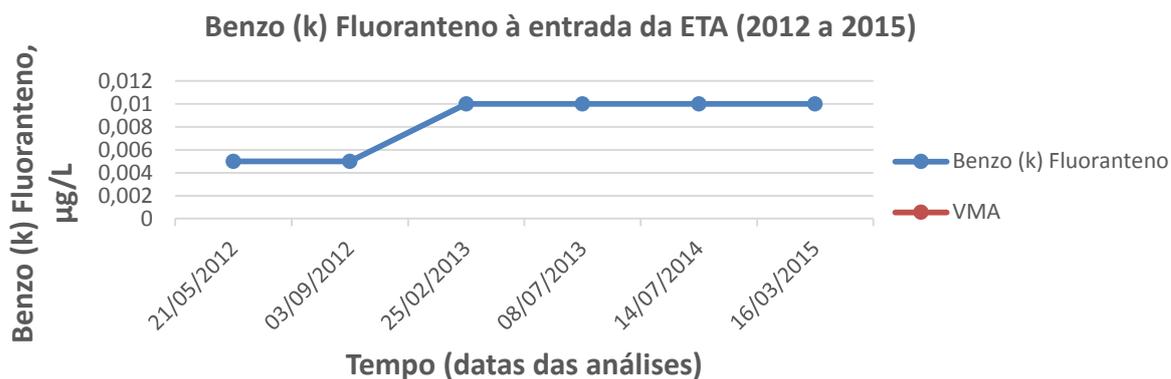


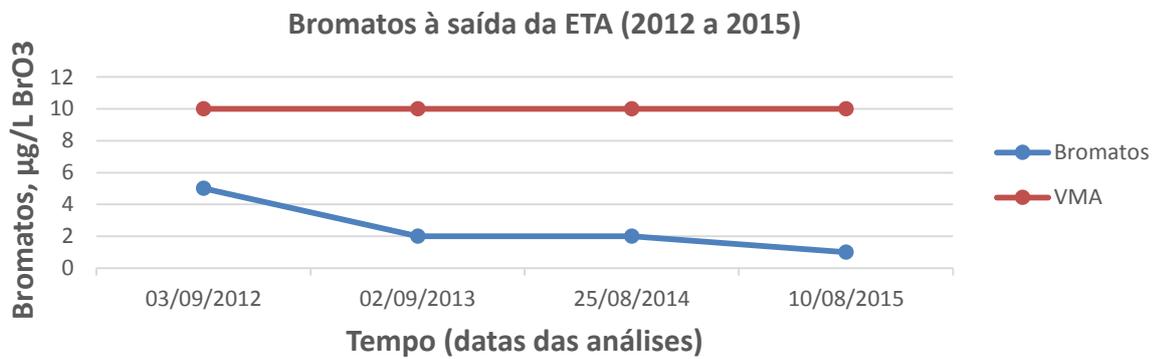
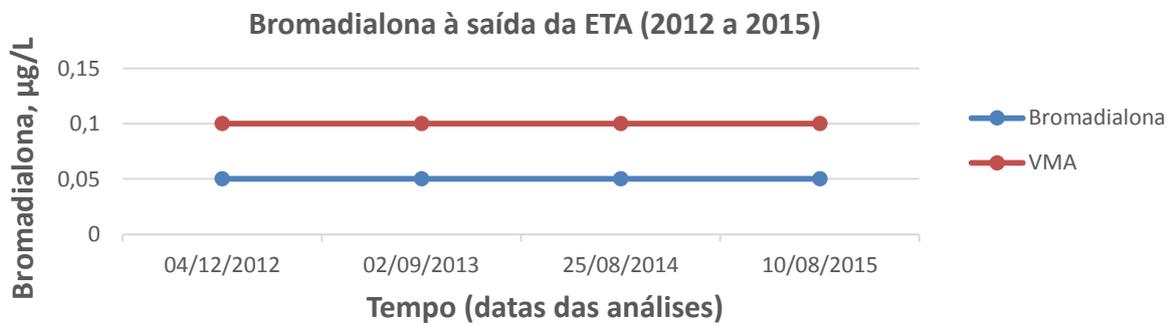
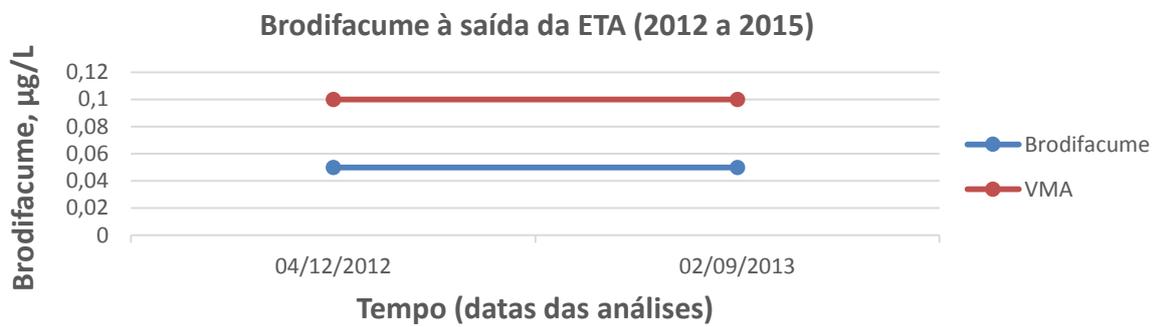
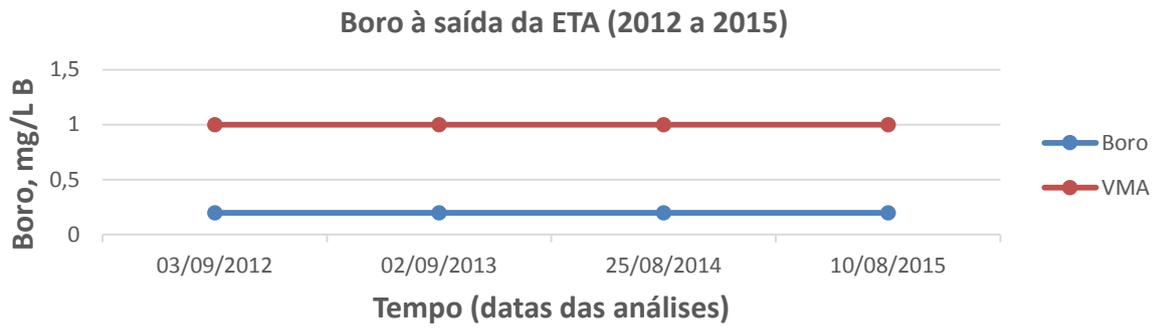


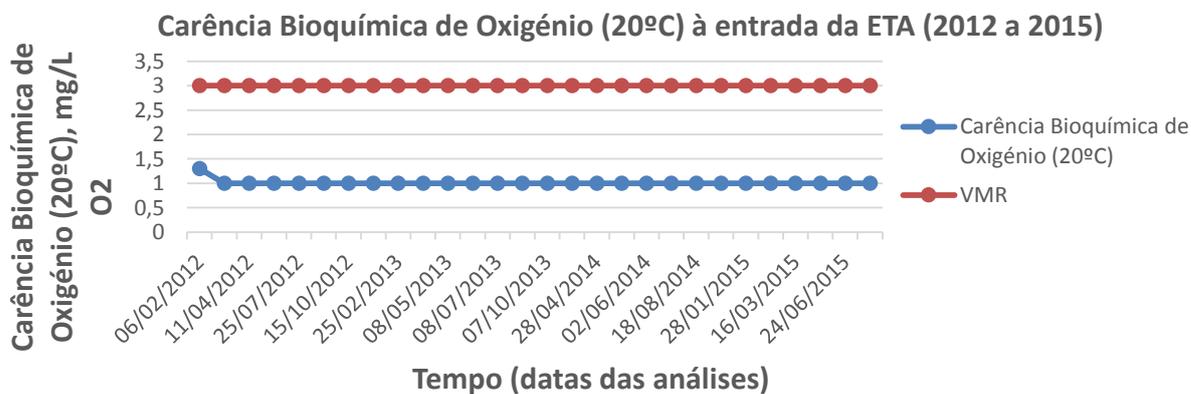
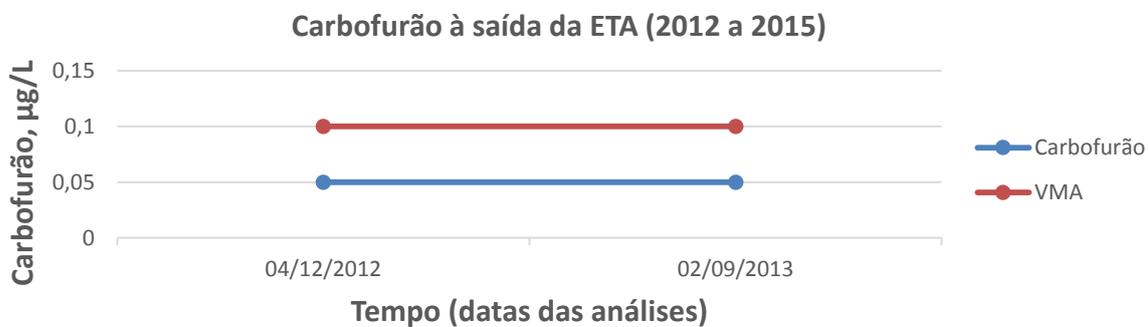
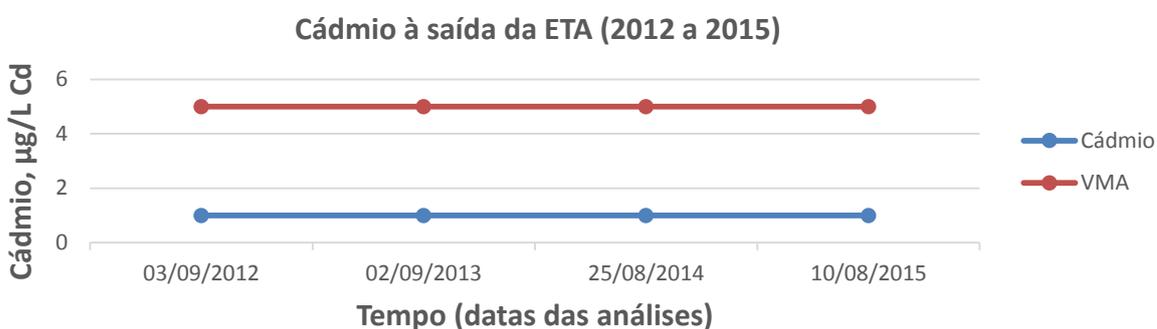
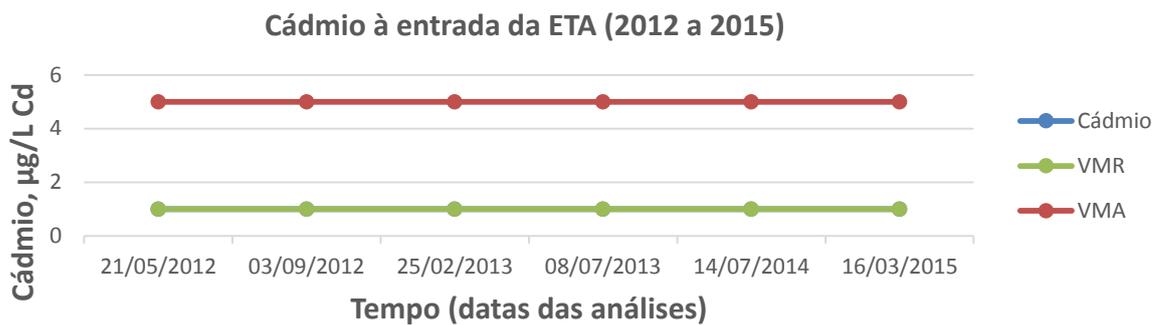


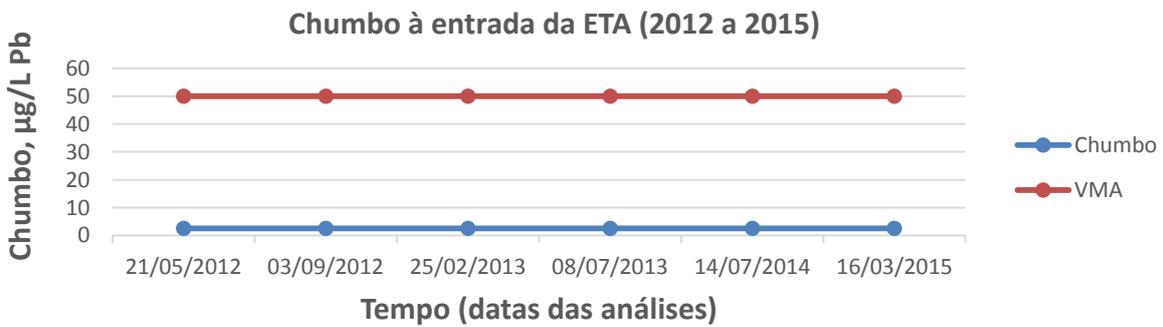
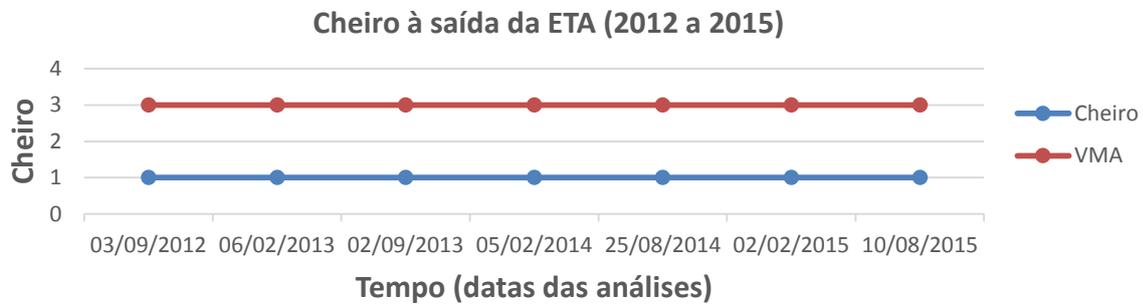
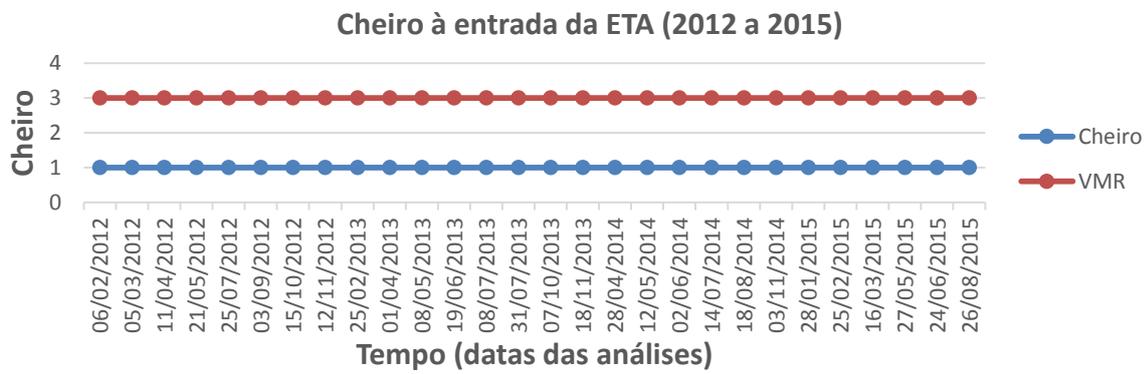
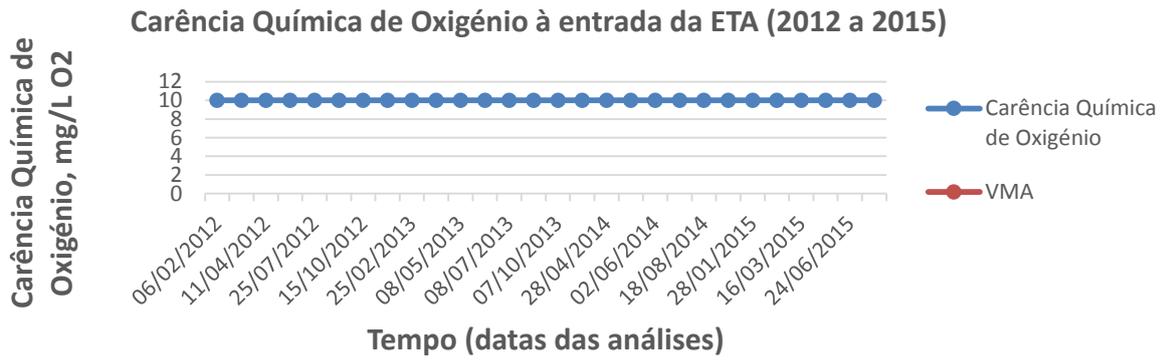


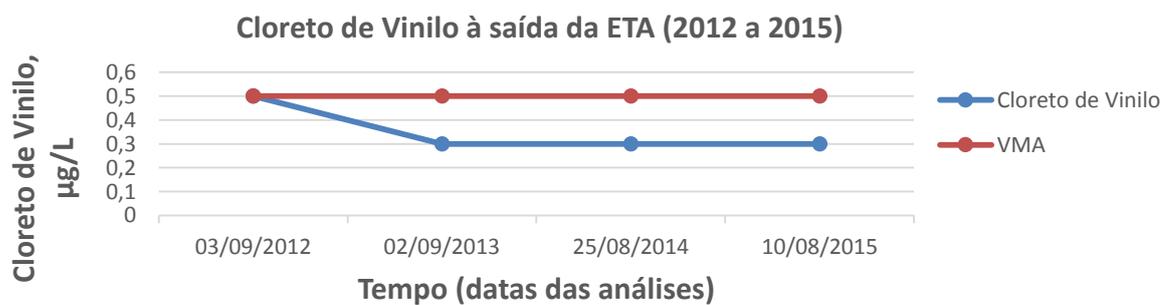
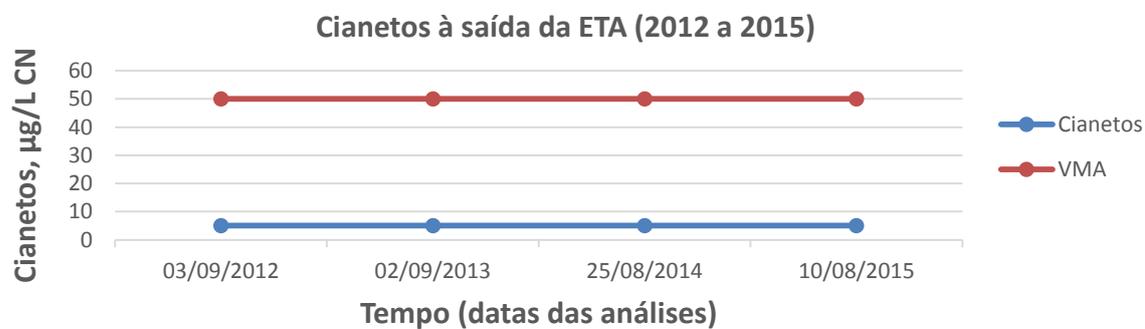
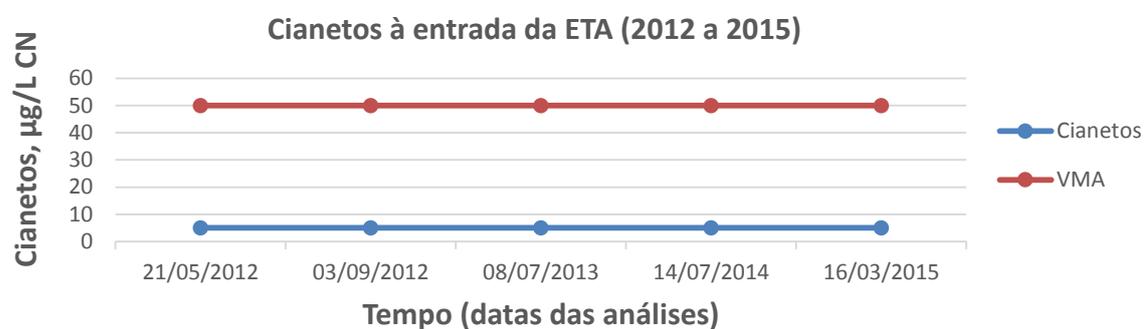
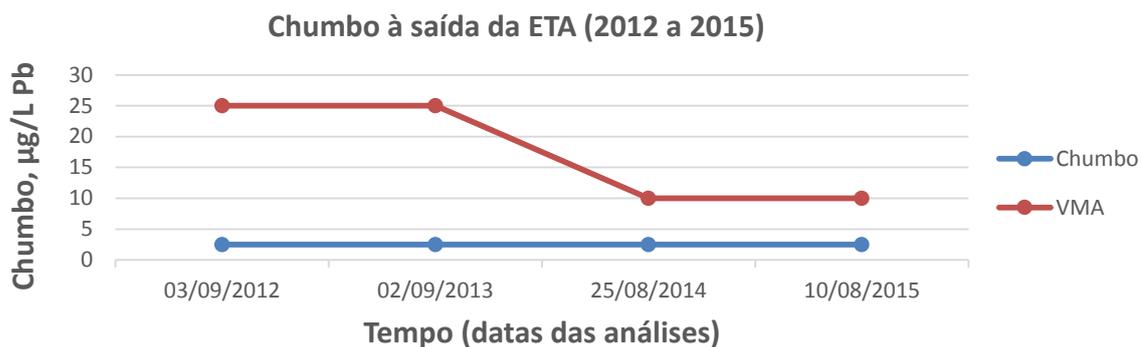


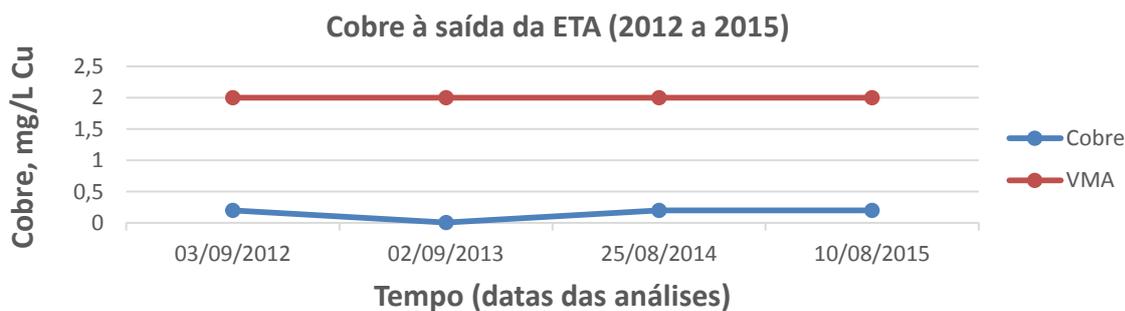
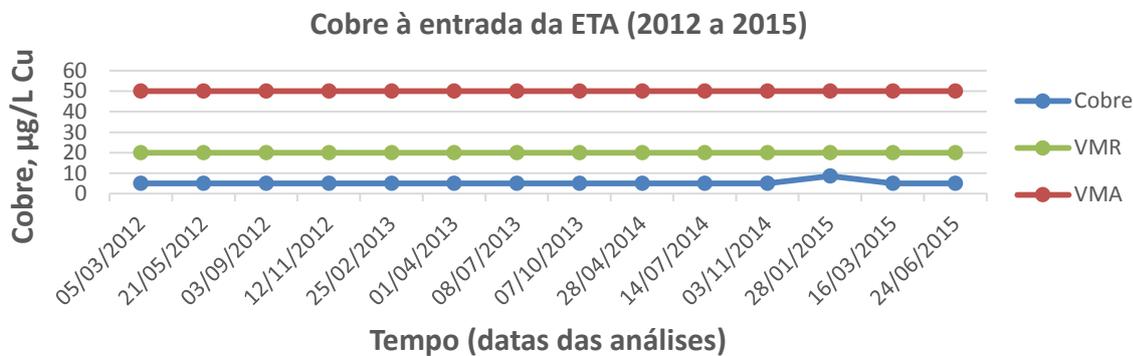
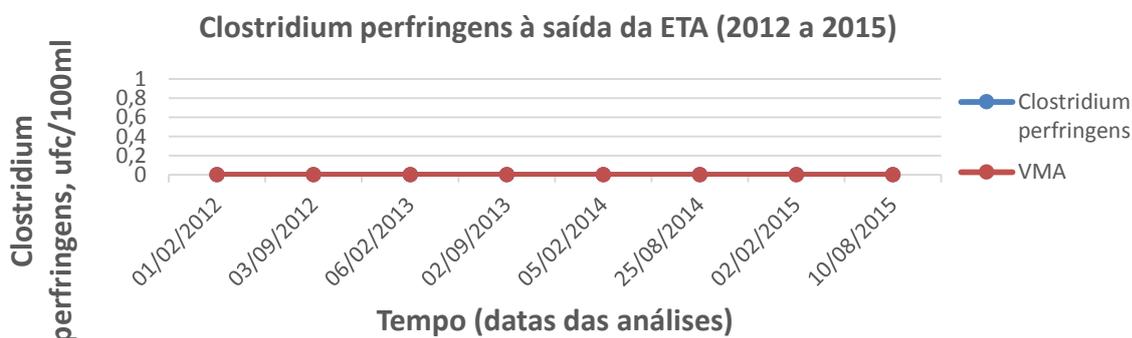
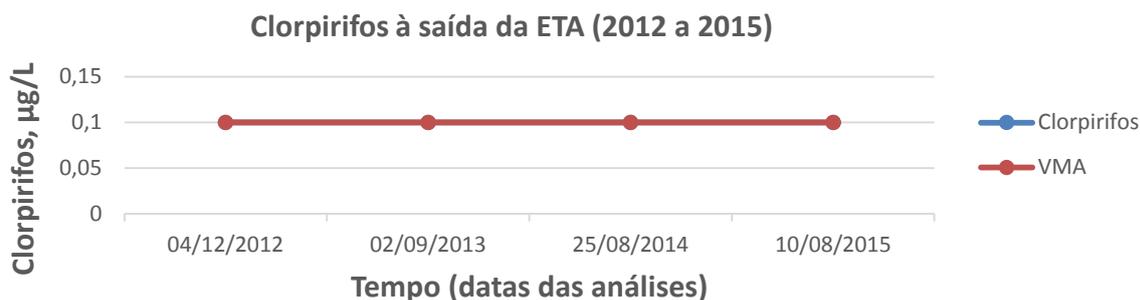


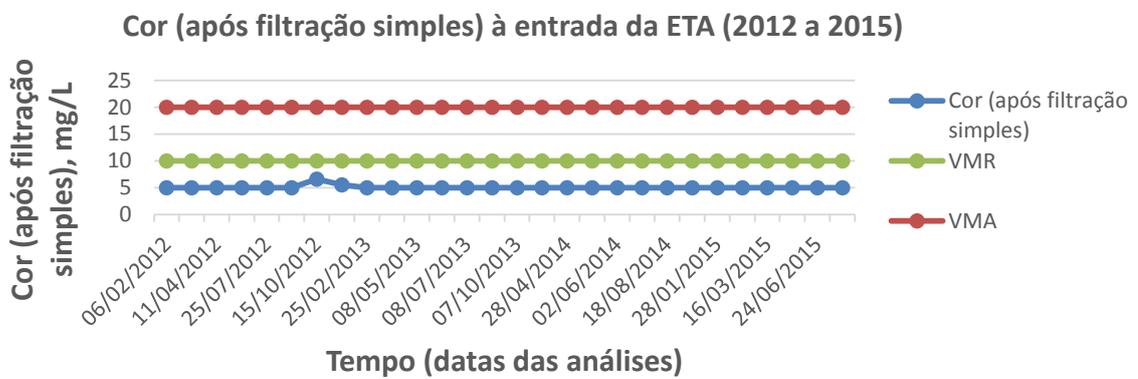
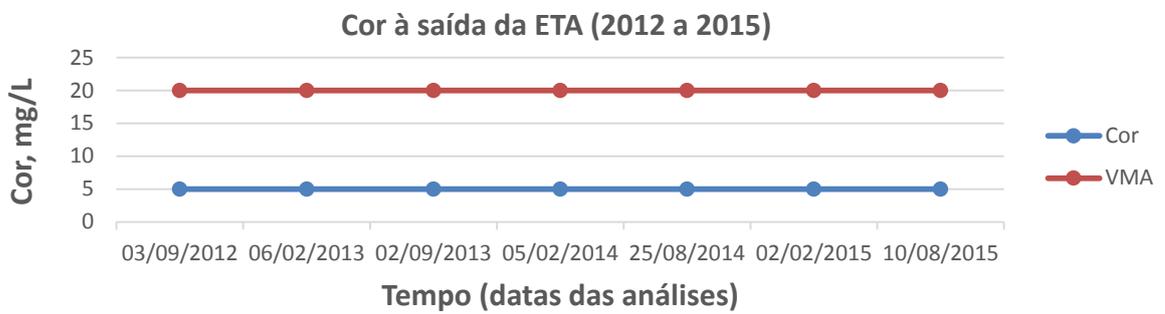
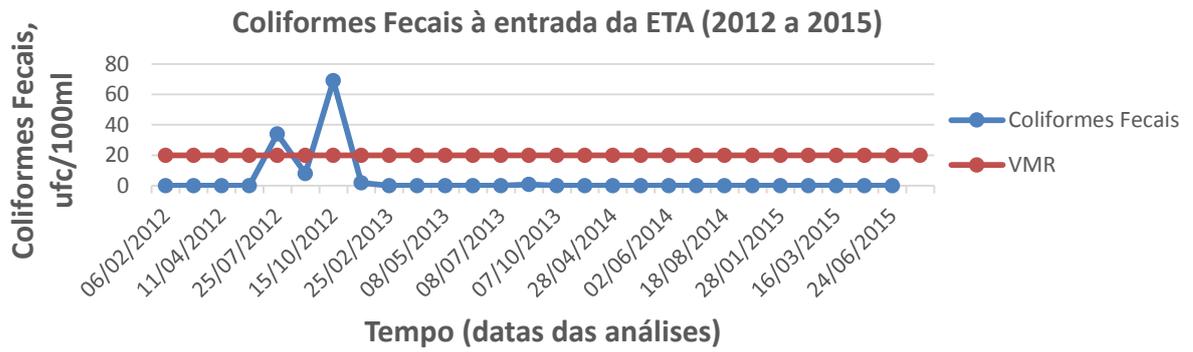


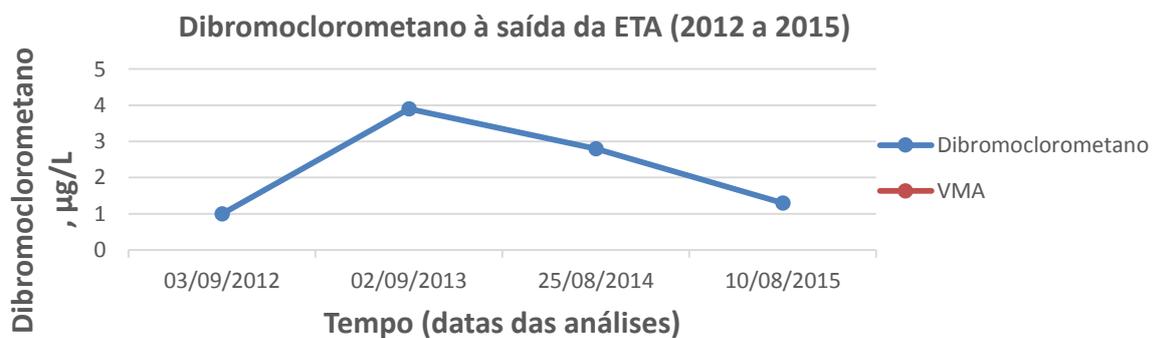
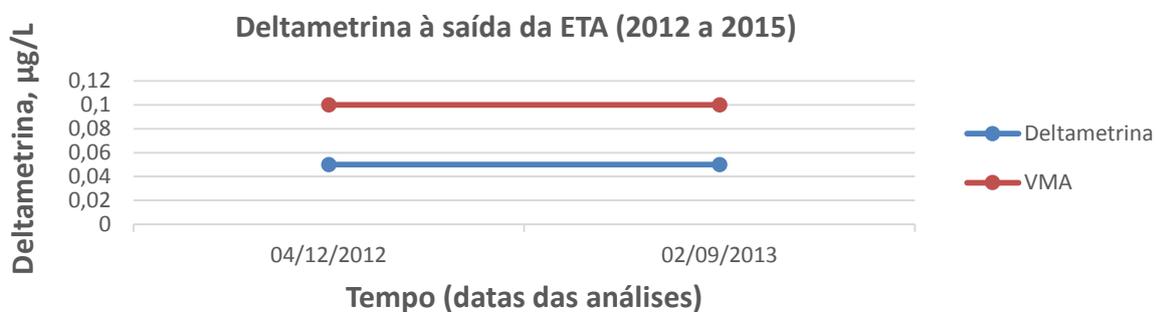
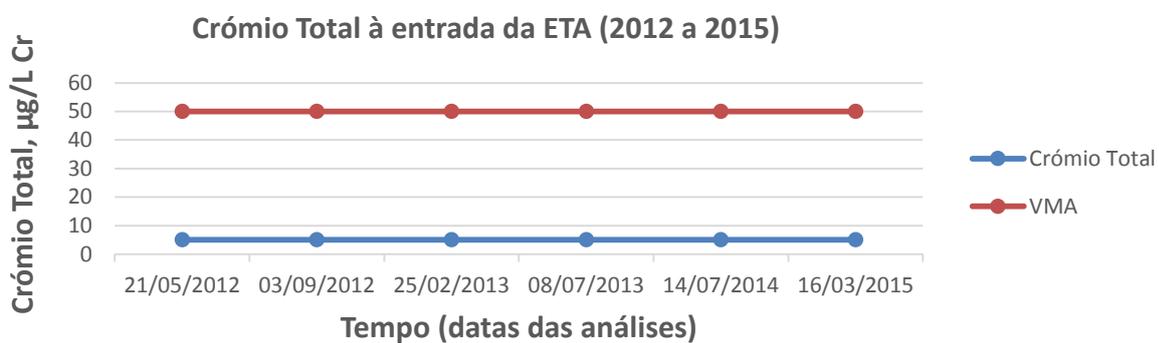
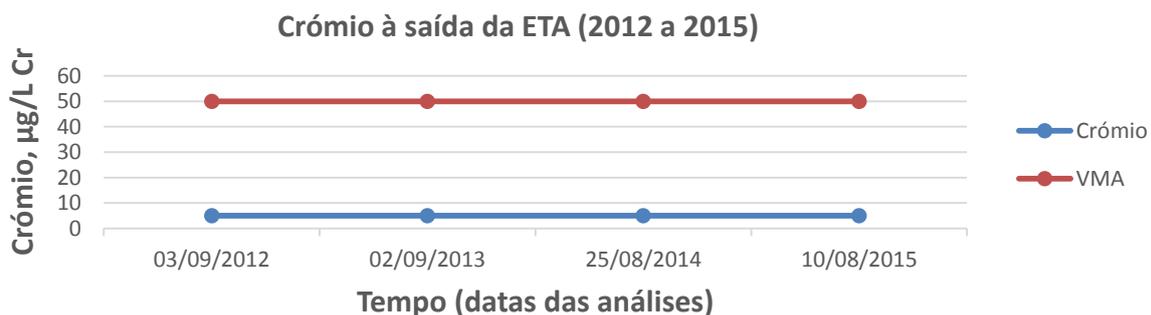


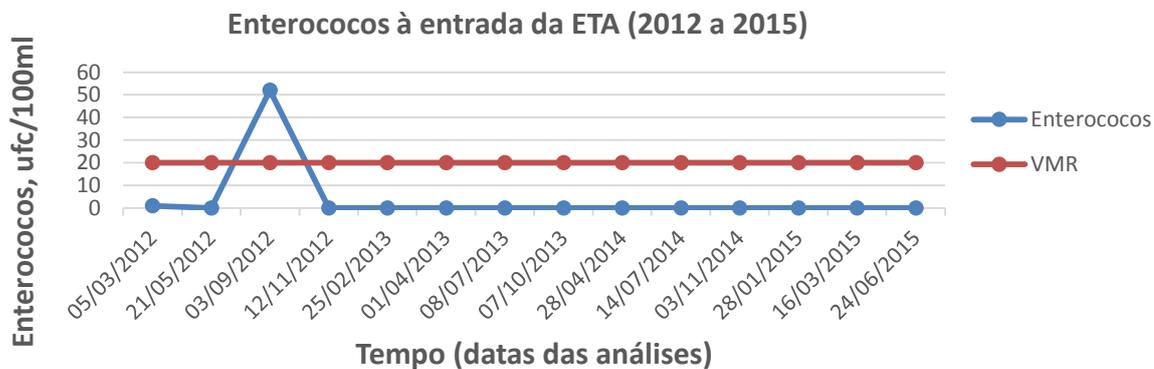
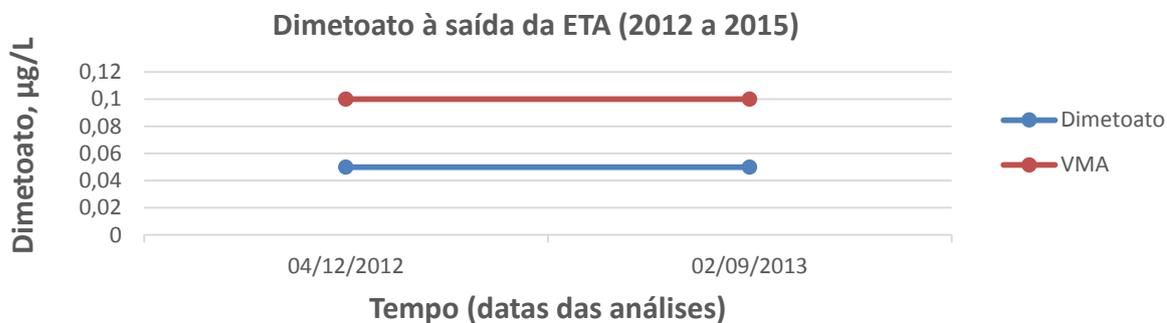
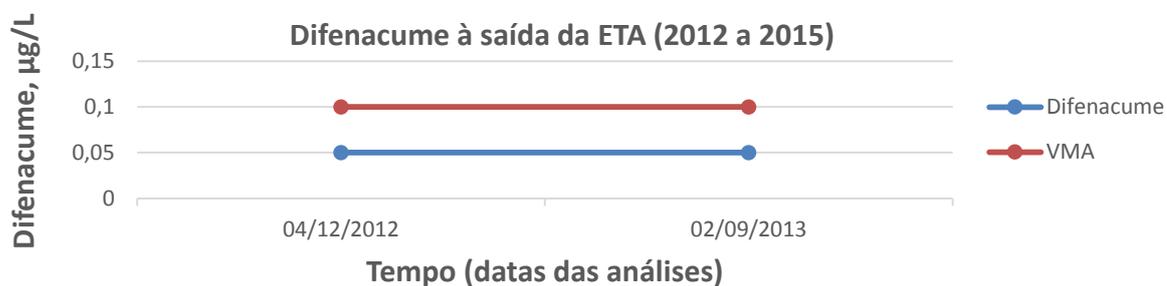
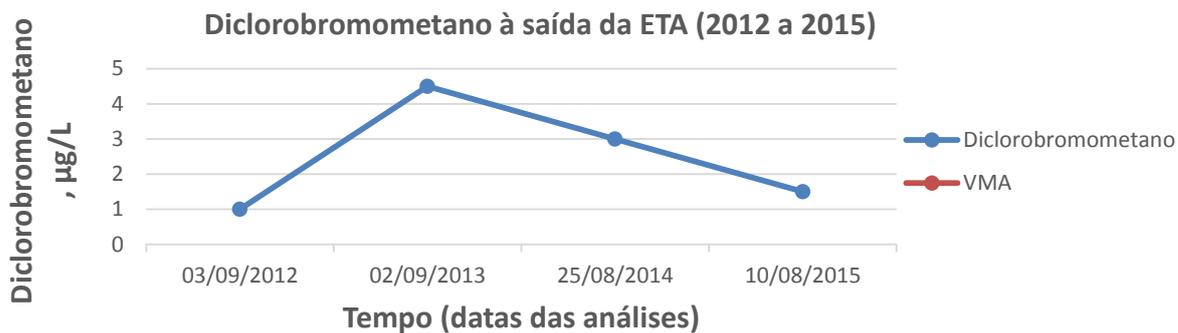


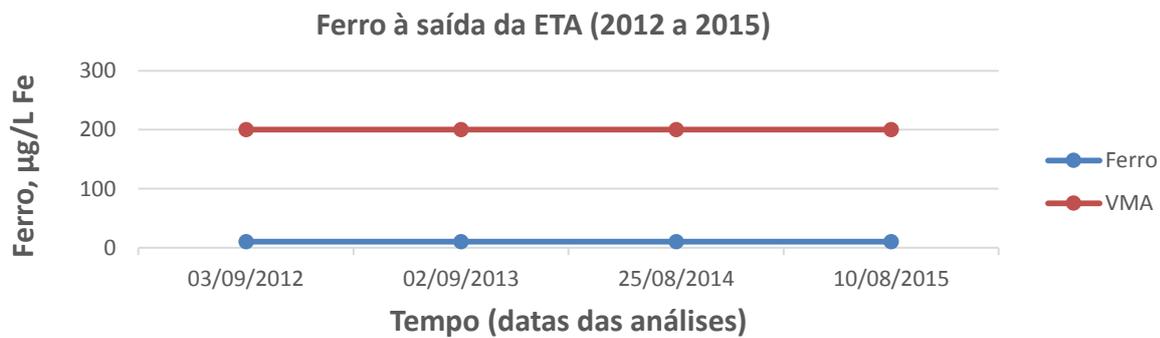
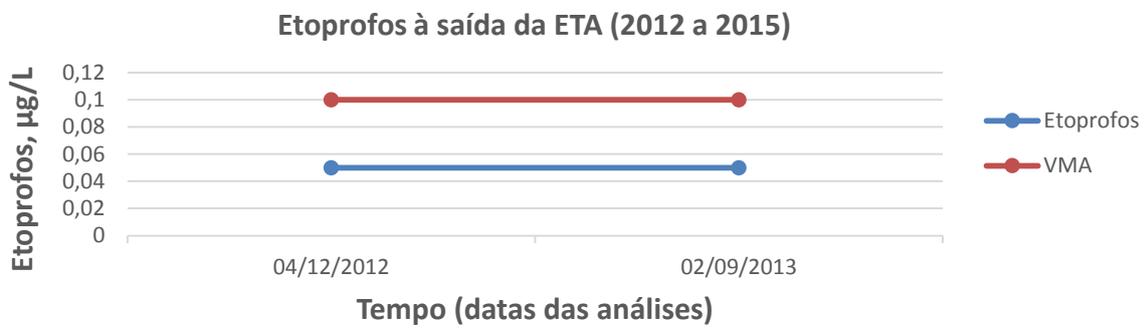
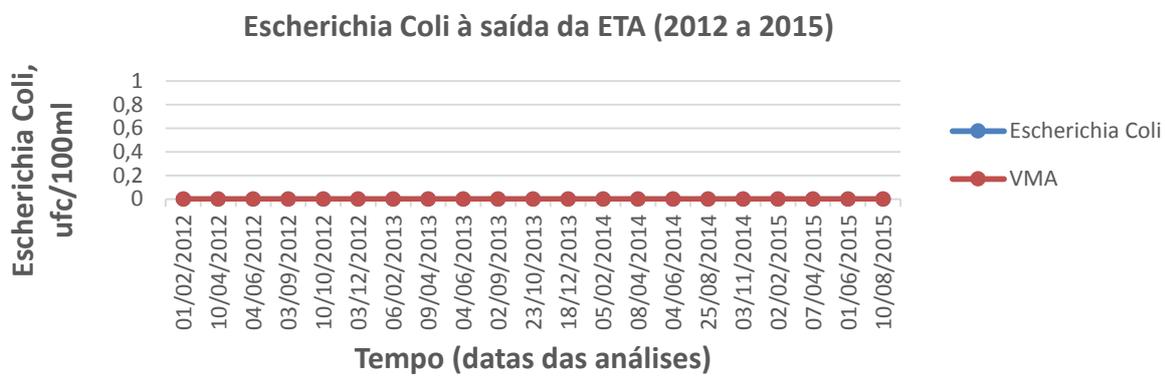
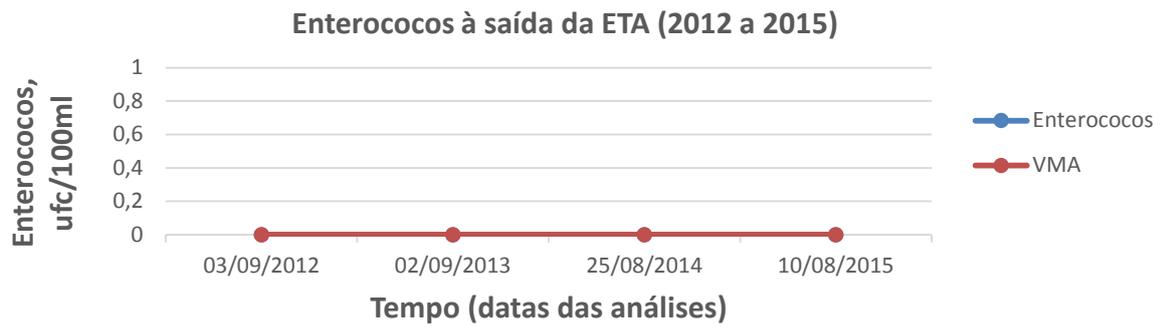


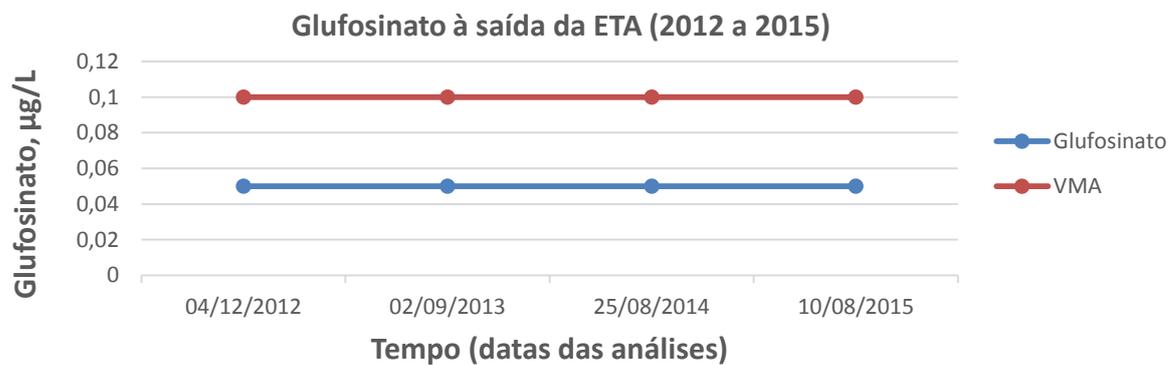
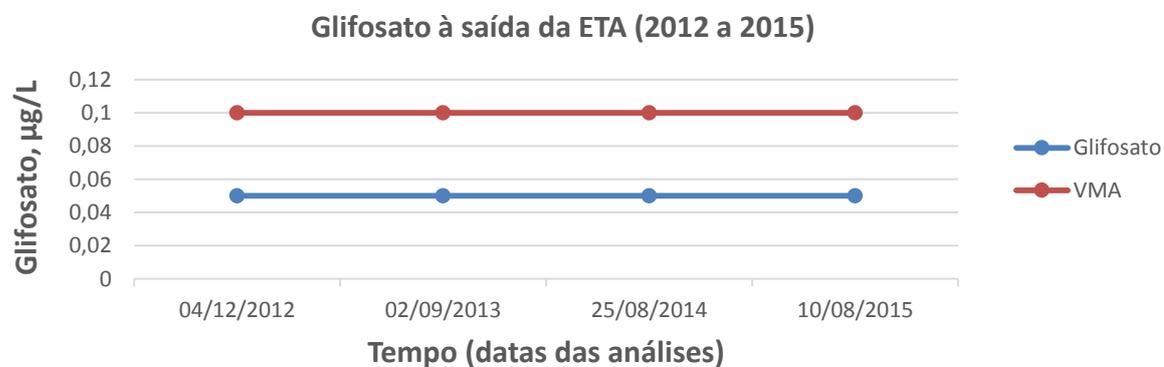
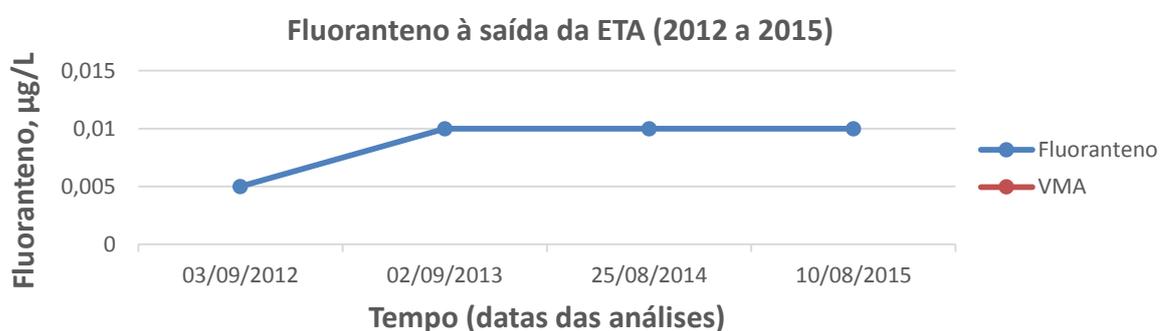




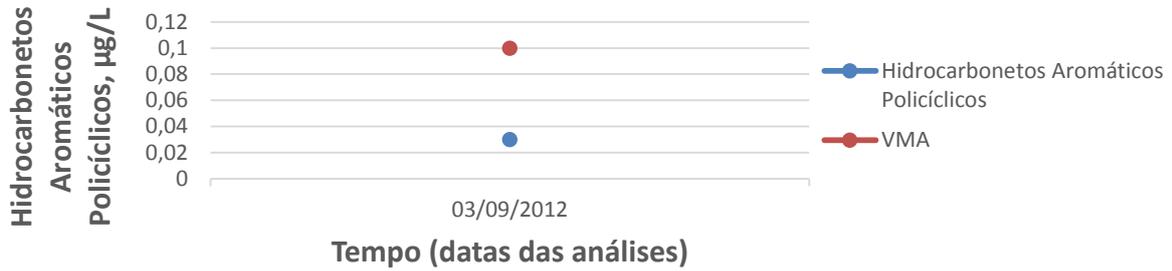




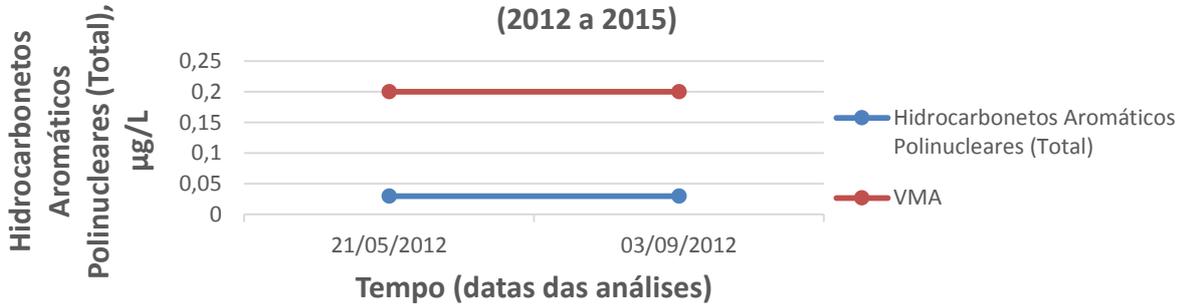




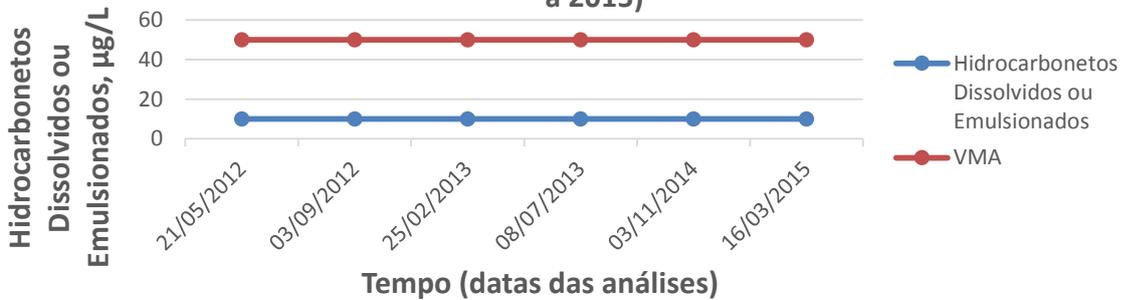
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos à saída da ETA (2012 a 2015)



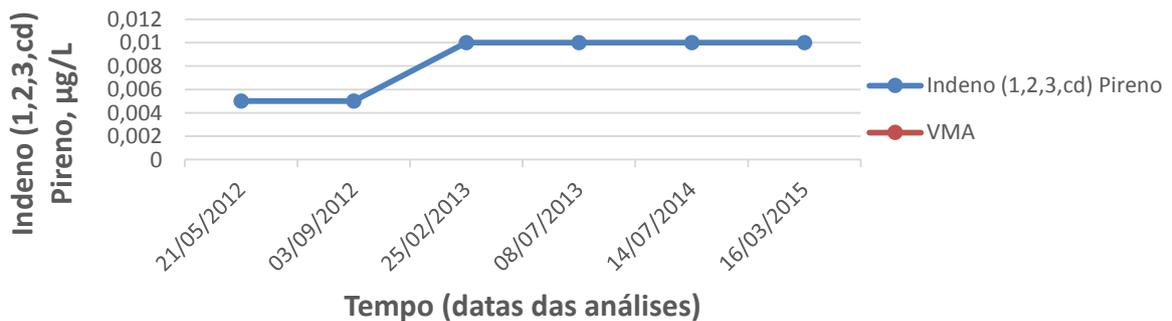
Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (Total) à entrada da ETA (2012 a 2015)

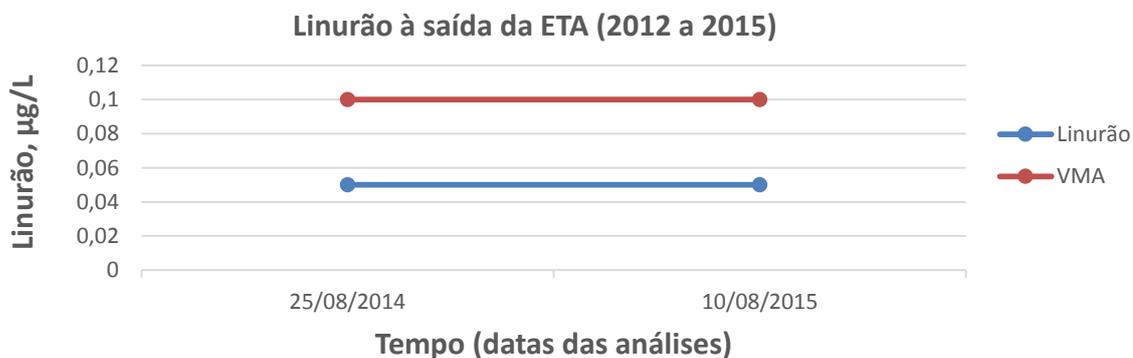
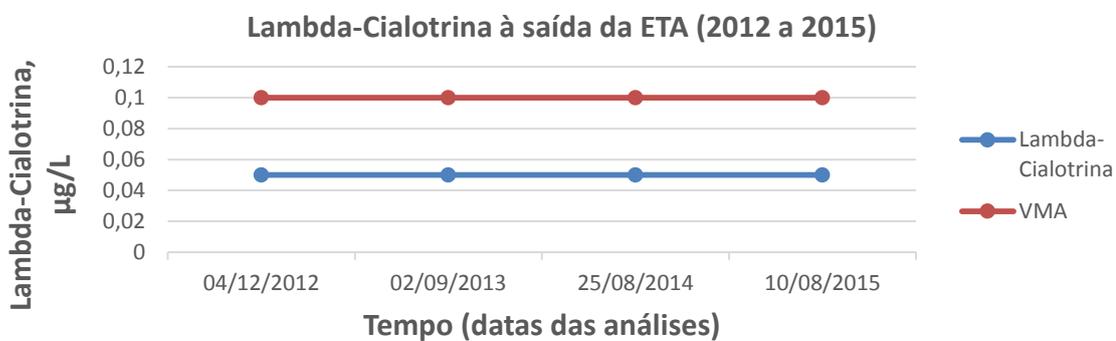
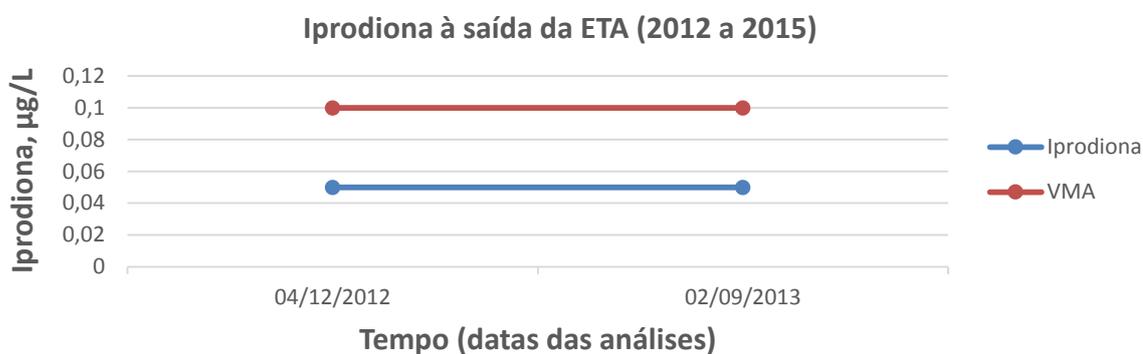
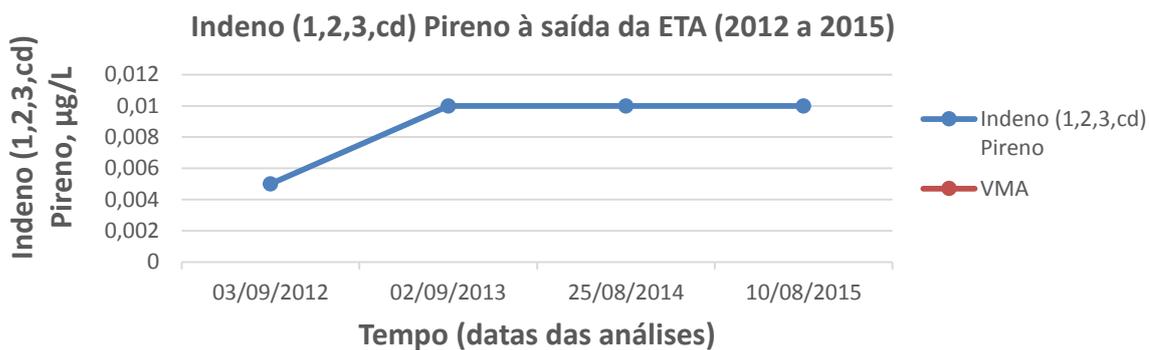


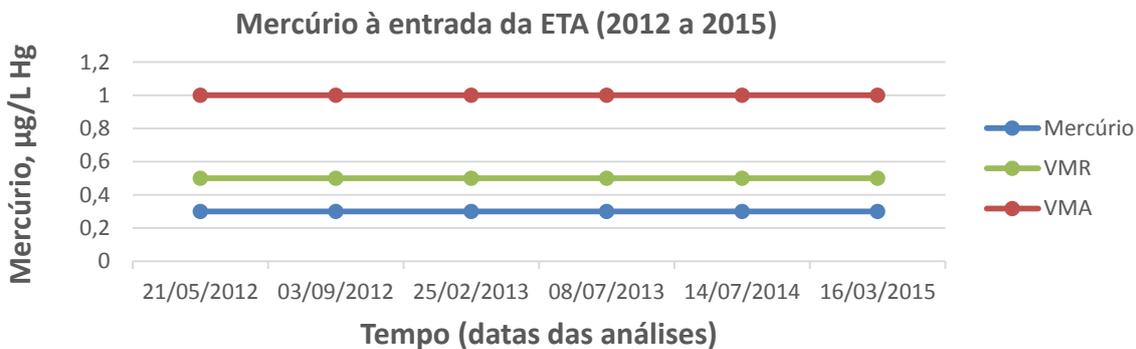
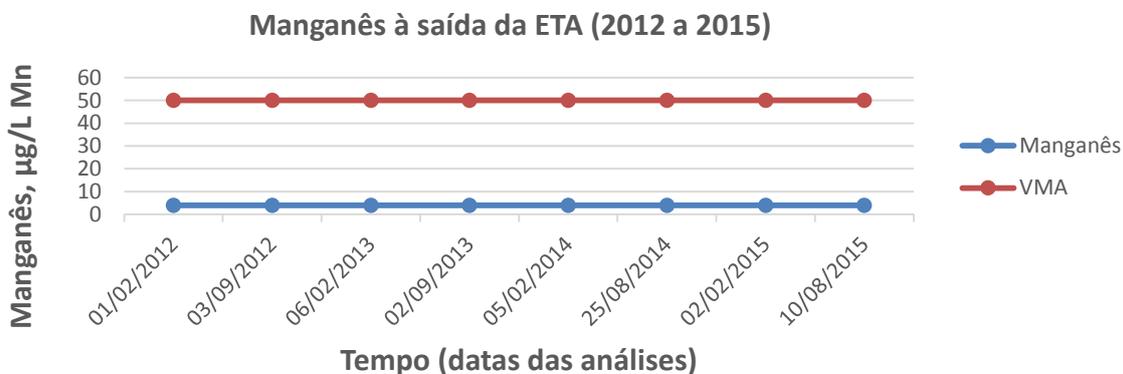
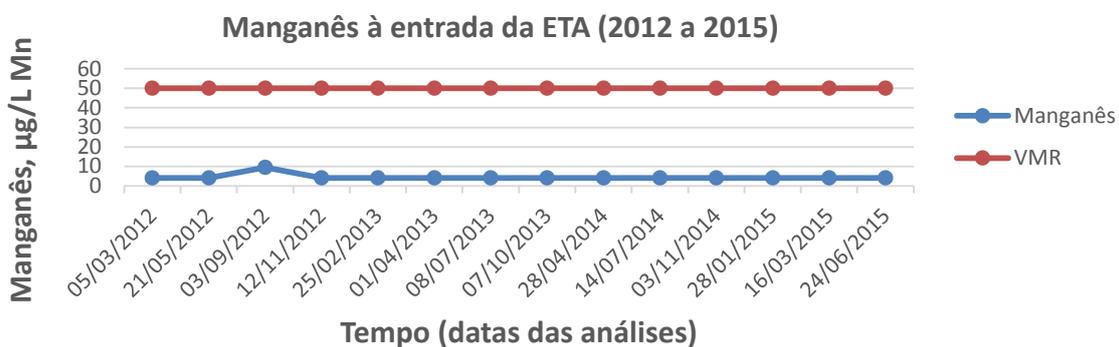
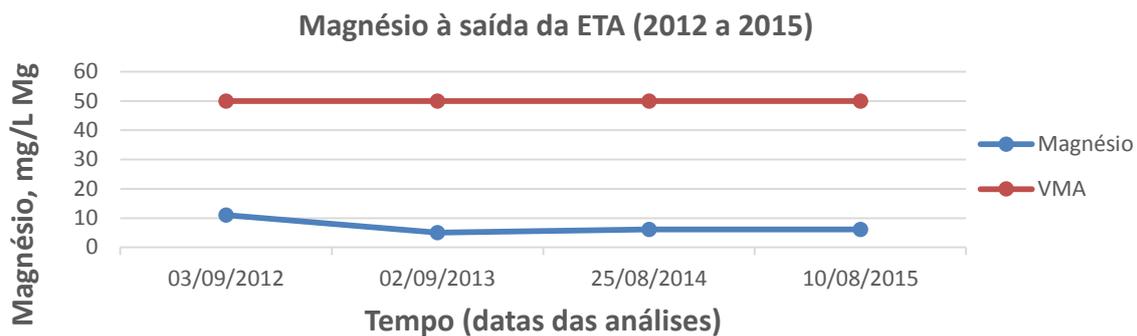
Hidrocarbonetos Dissolvidos ou Emulsionados à entrada da ETA (2012 a 2015)

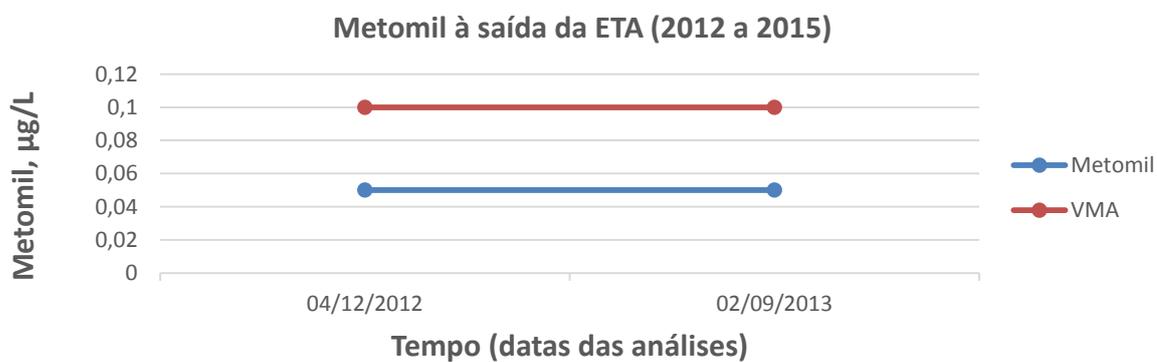
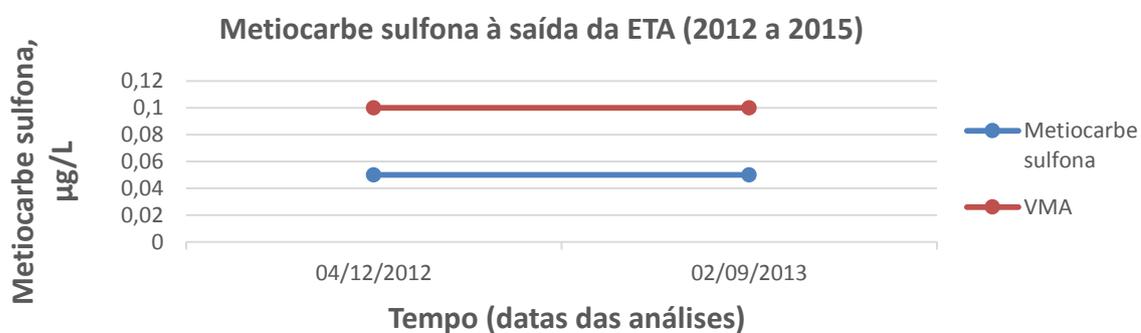
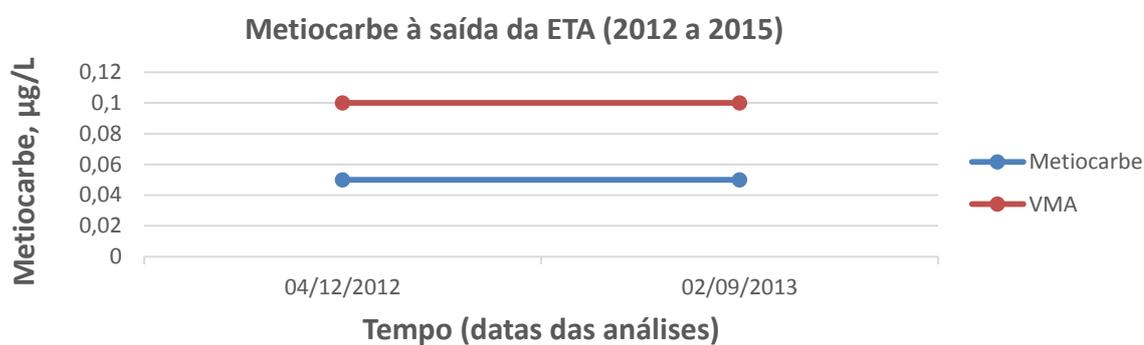
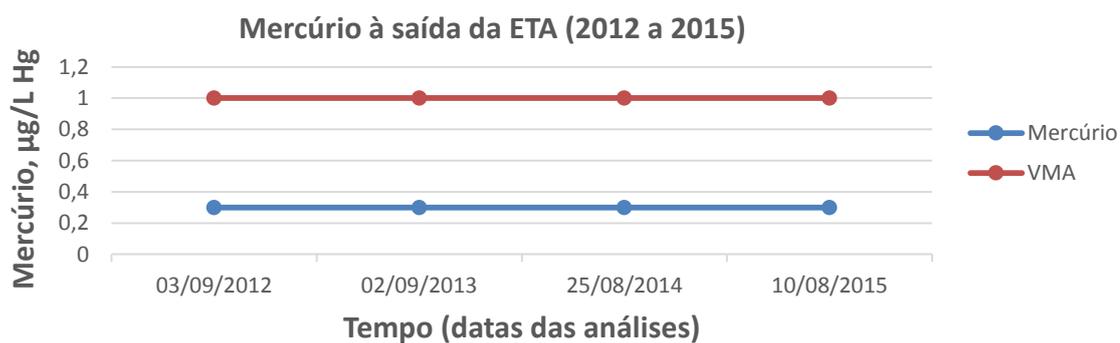


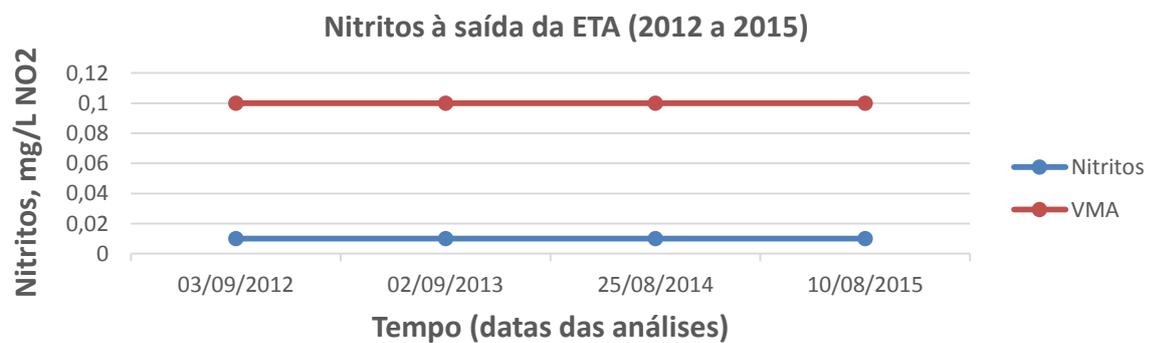
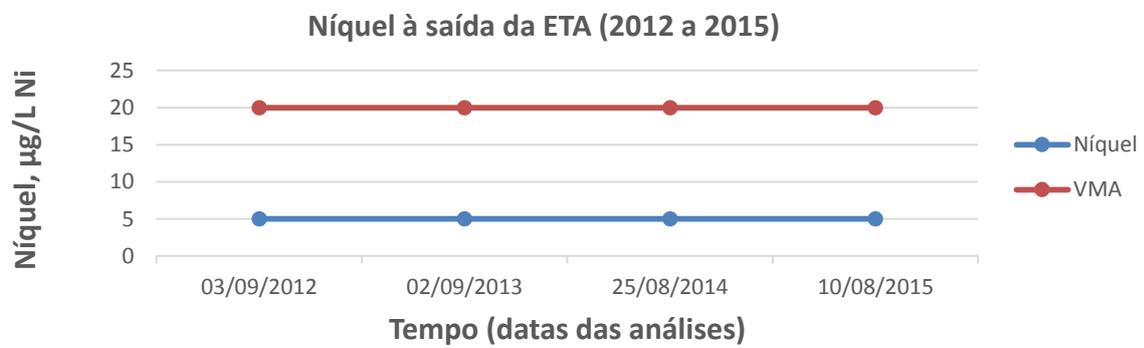
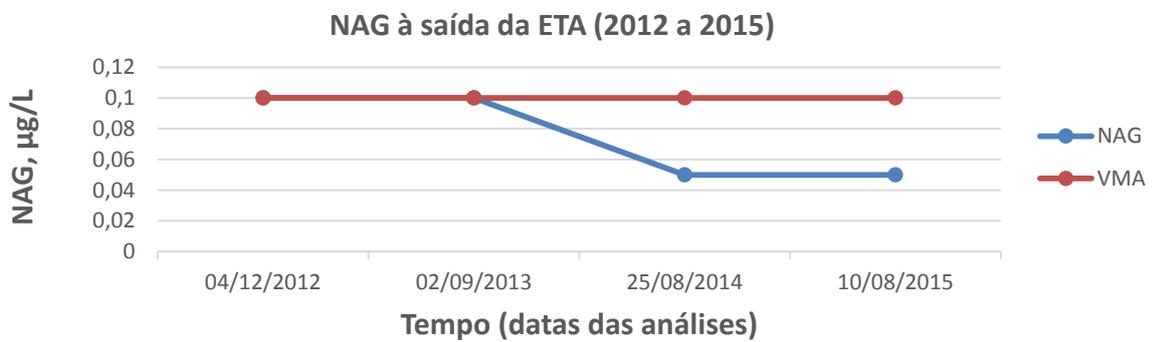
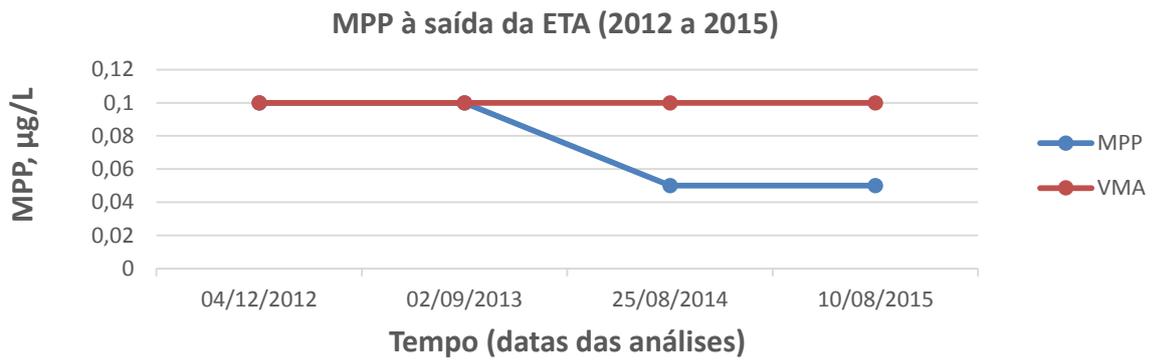
Indeno (1,2,3,cd) Pireno à entrada da ETA (2012 a 2015)

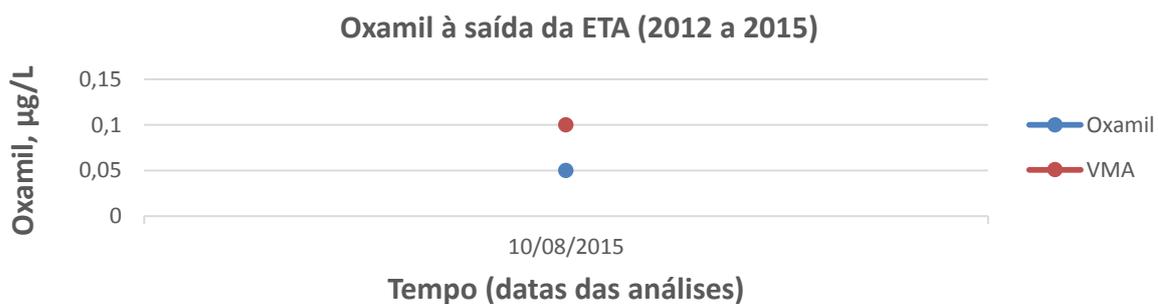
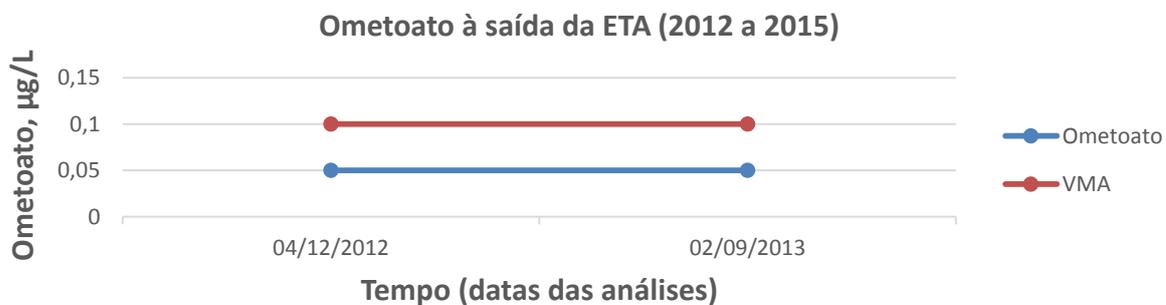
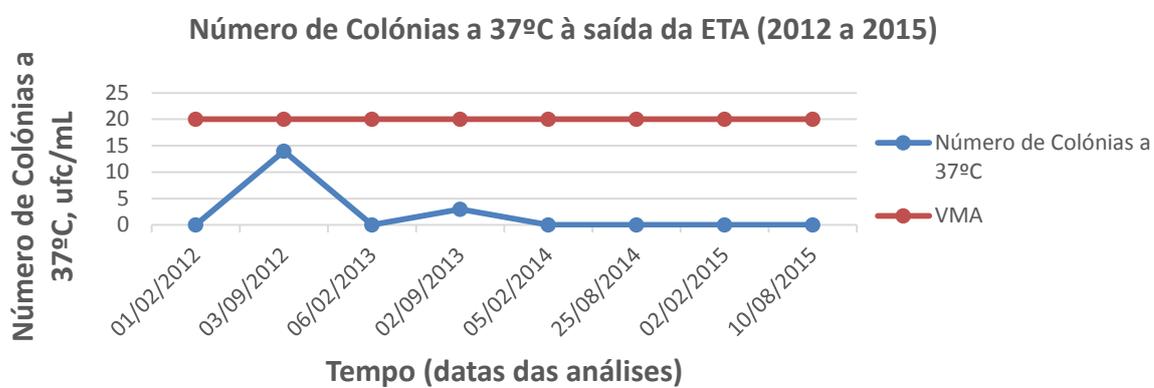
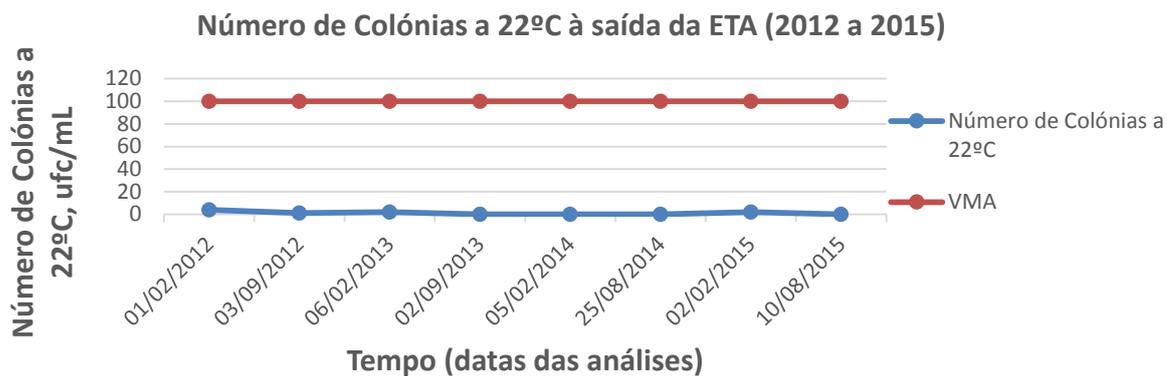


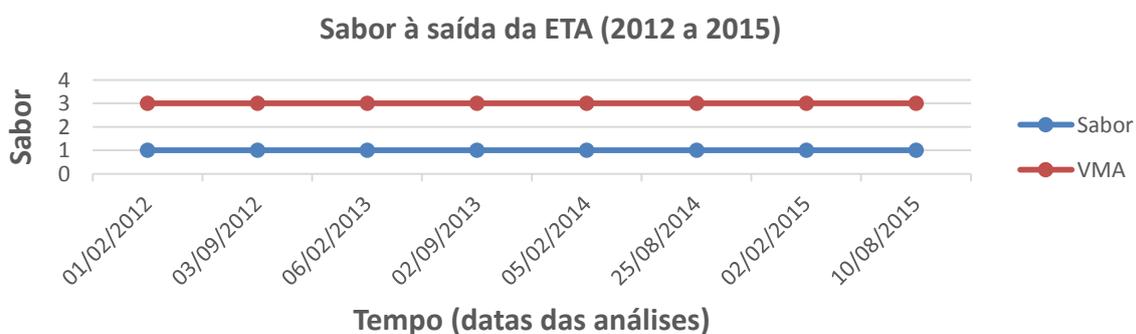
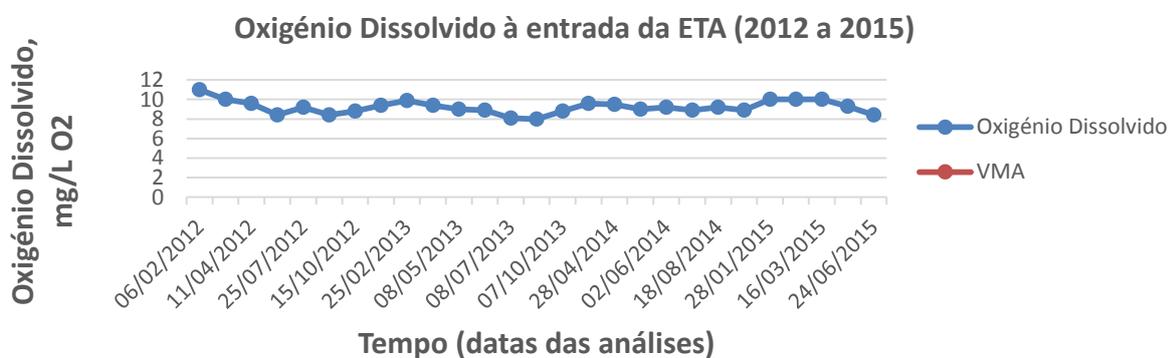
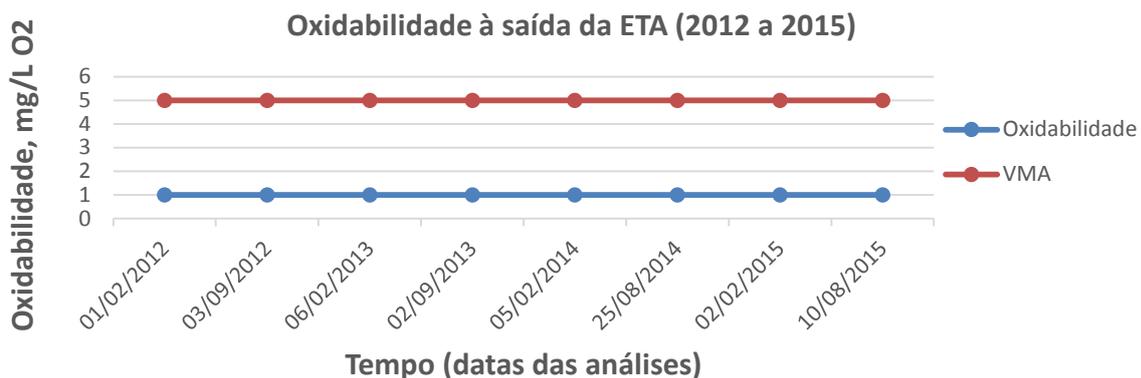




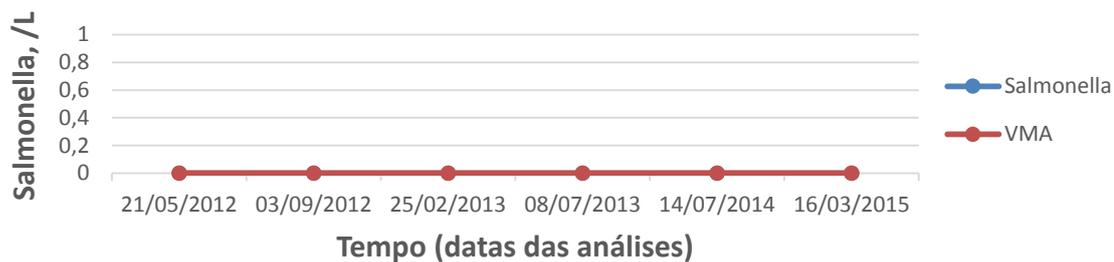




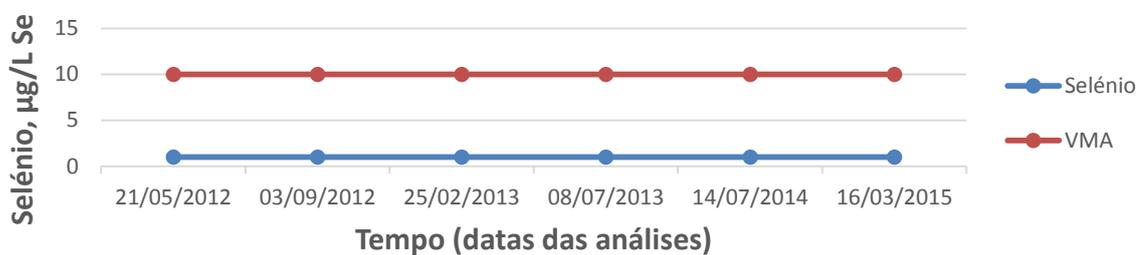




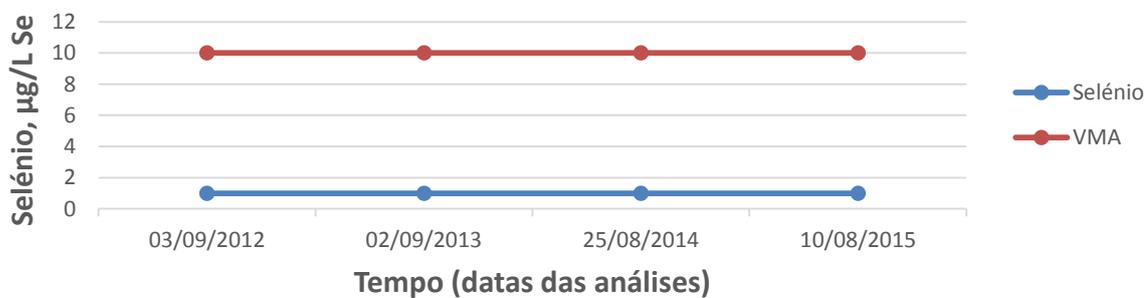
Salmonella à entrada da ETA (2012 a 2015)



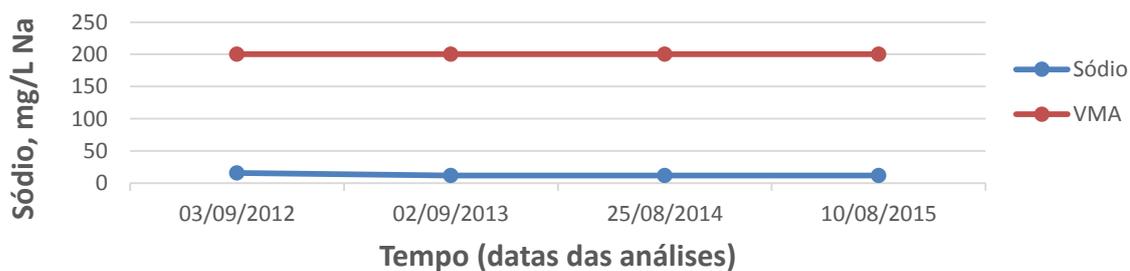
Selénio à entrada da ETA (2012 a 2015)

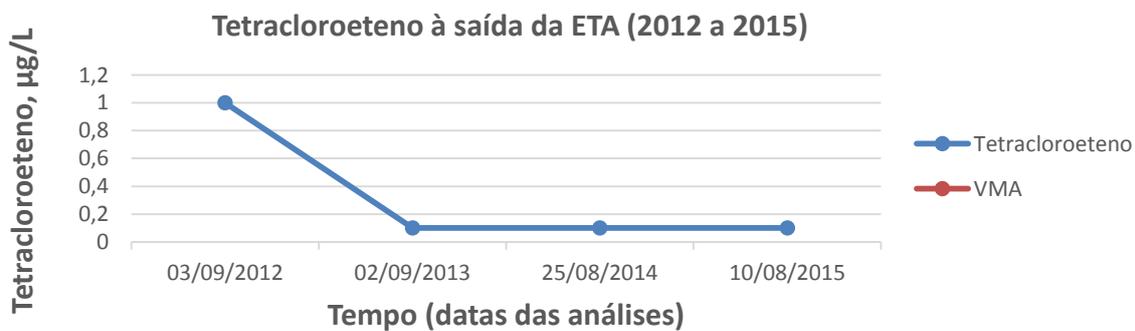
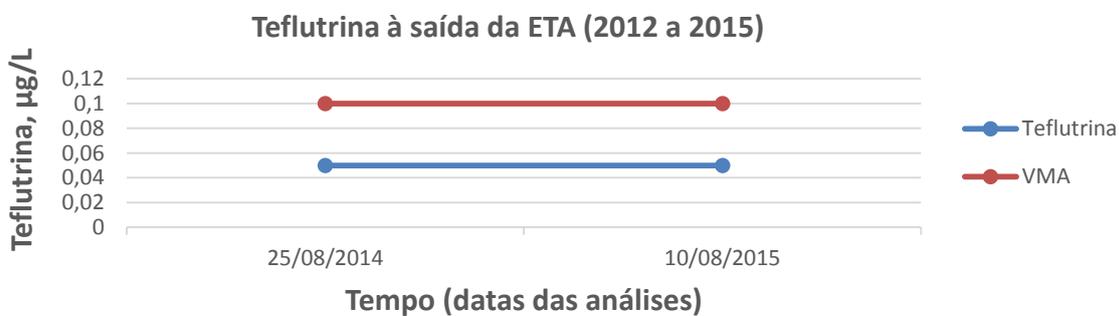
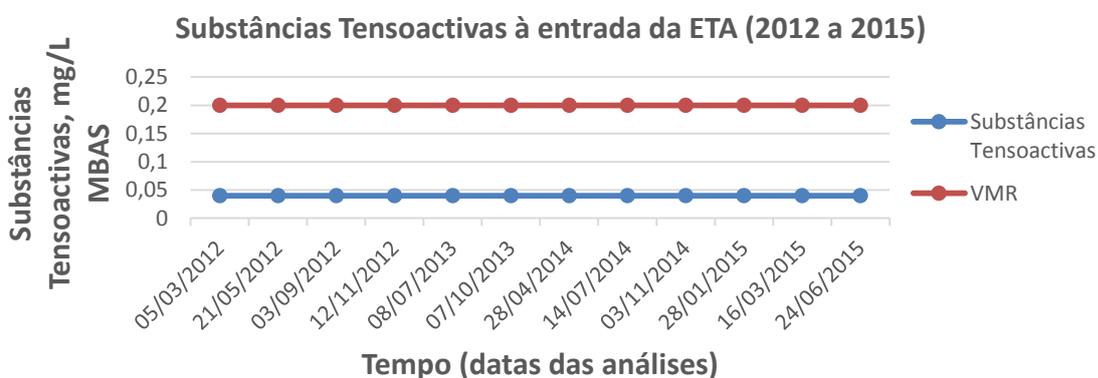
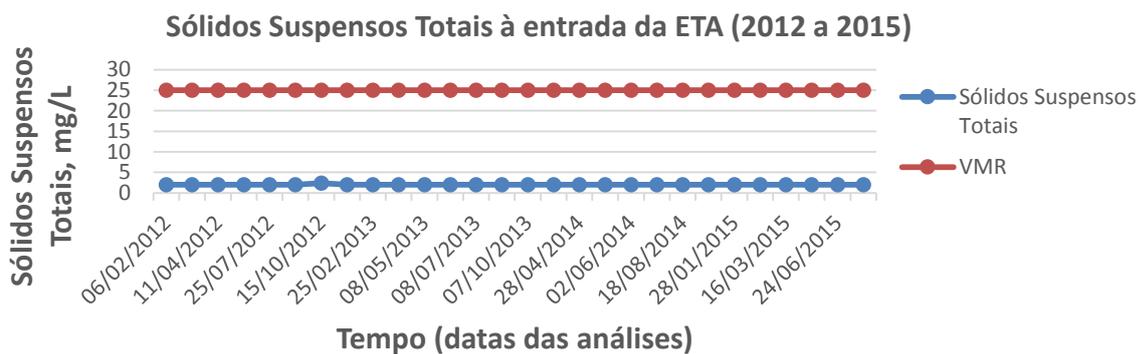


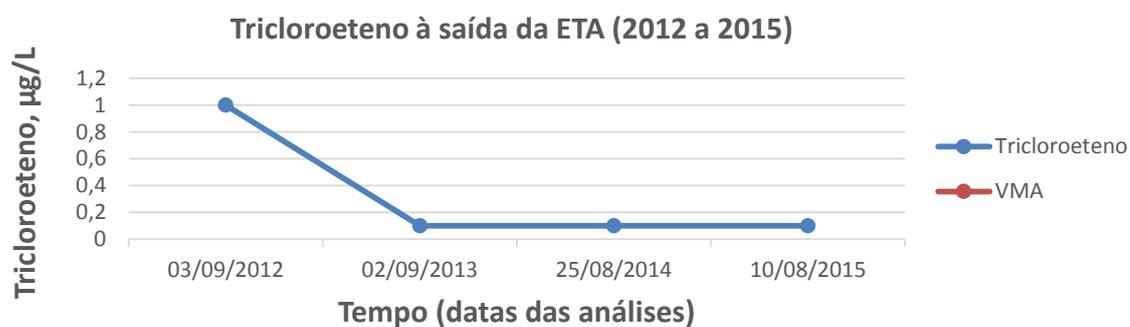
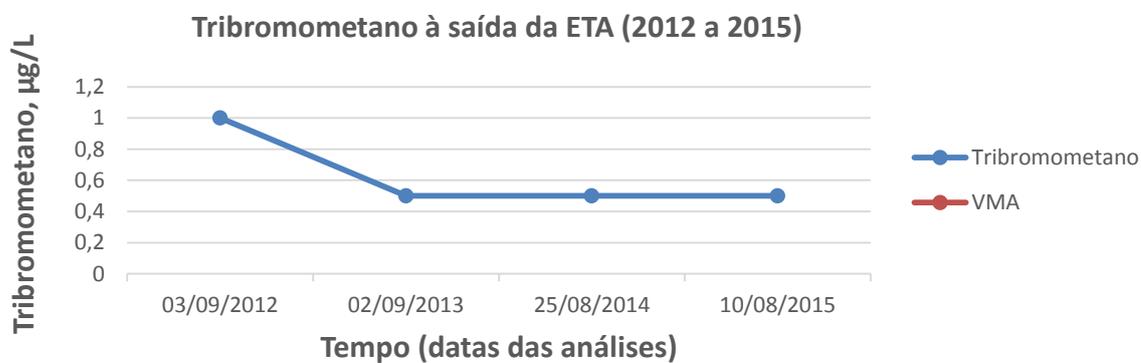
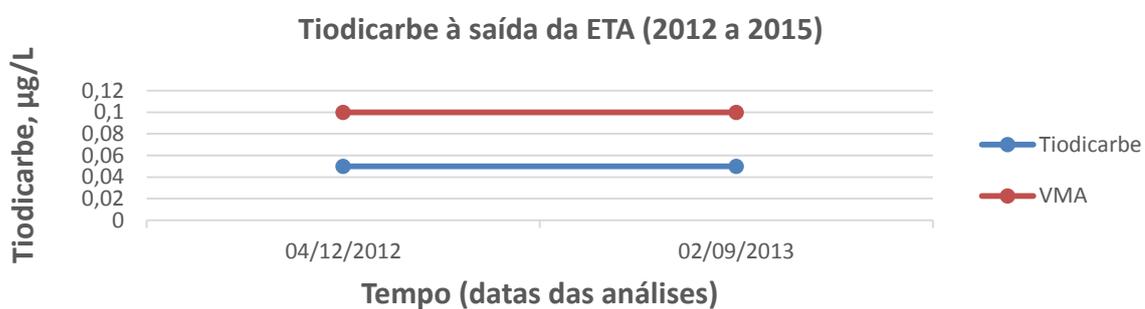
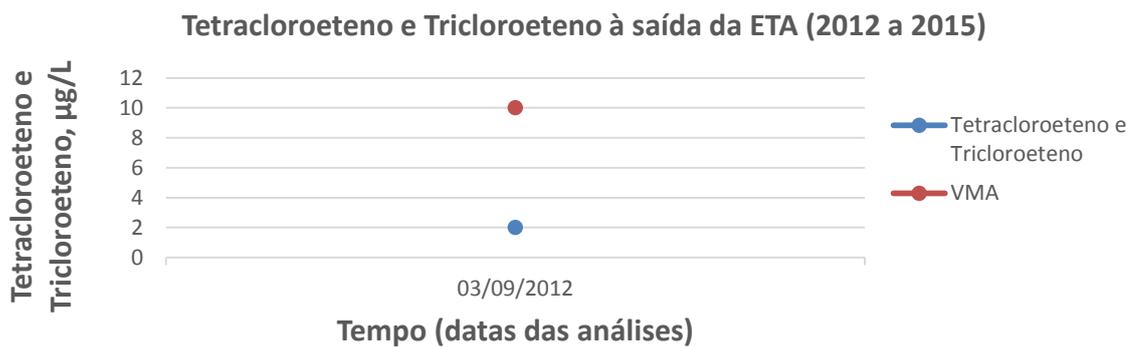
Selénio à saída da ETA (2012 a 2015)

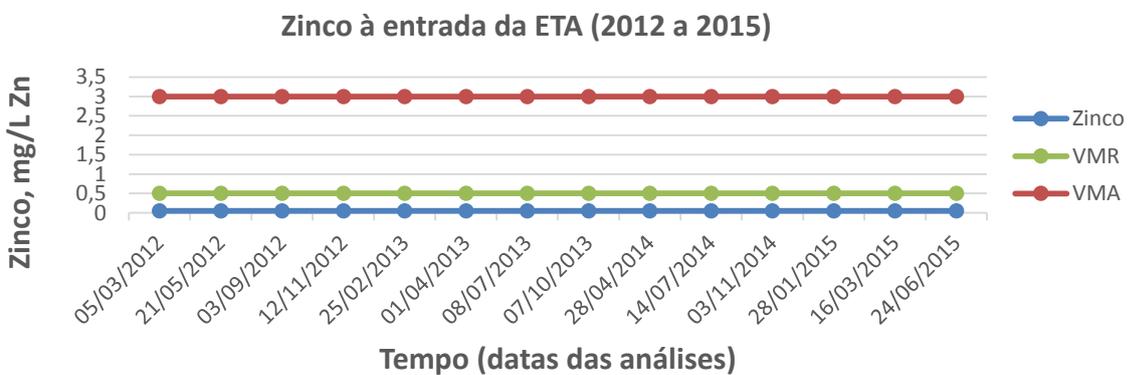
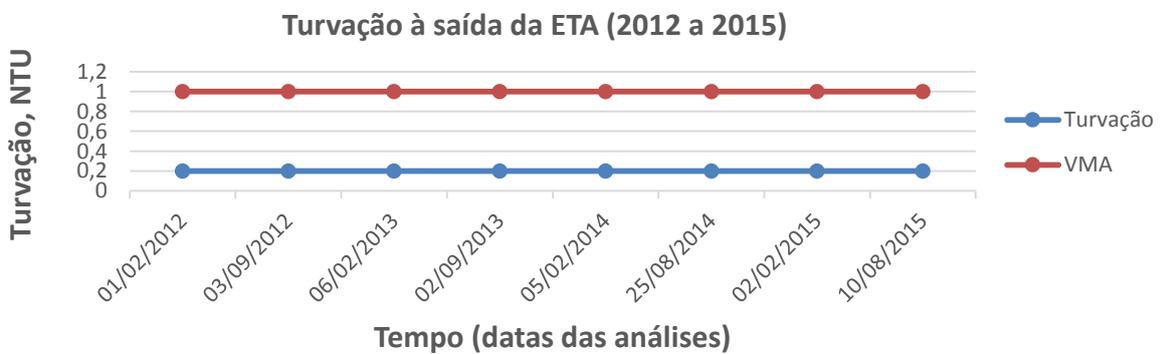
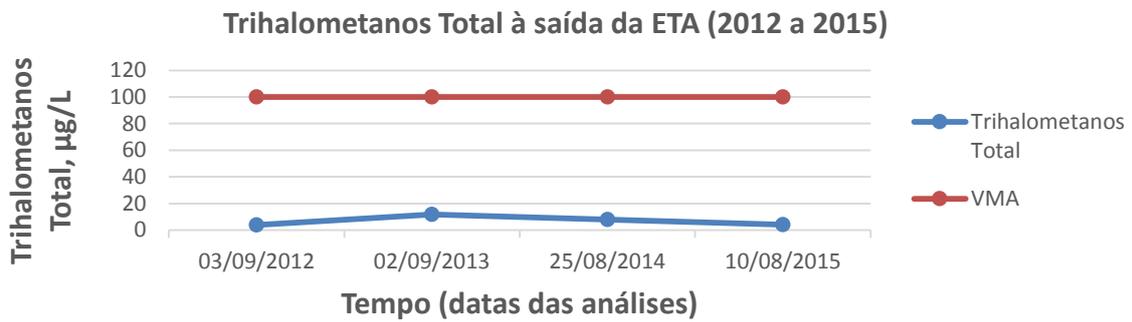
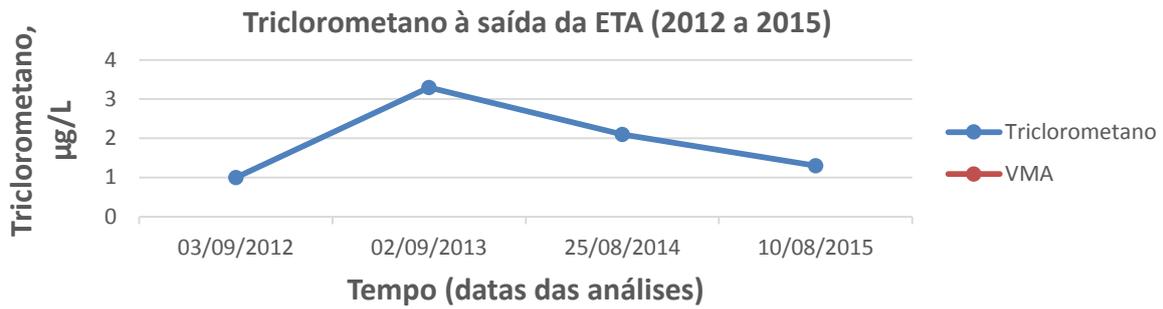


Sódio à saída da ETA (2012 a 2015)

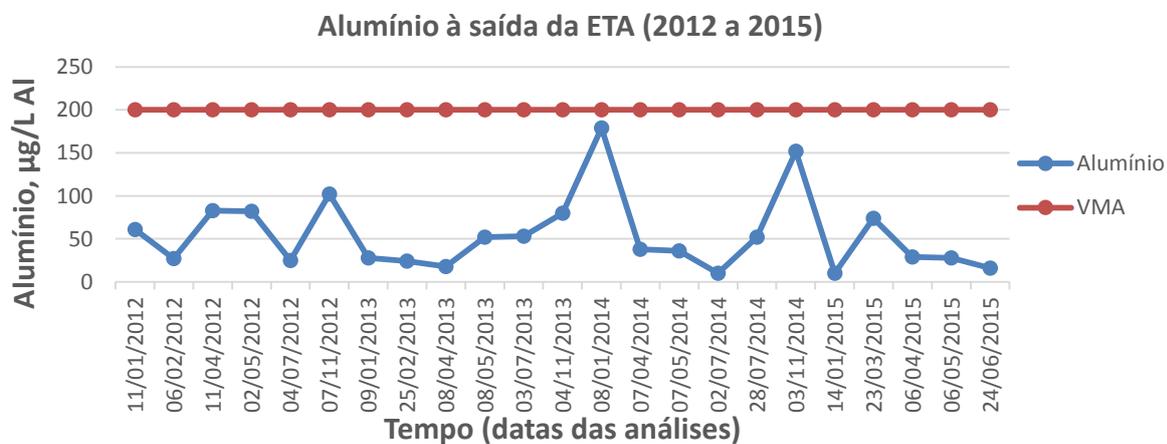
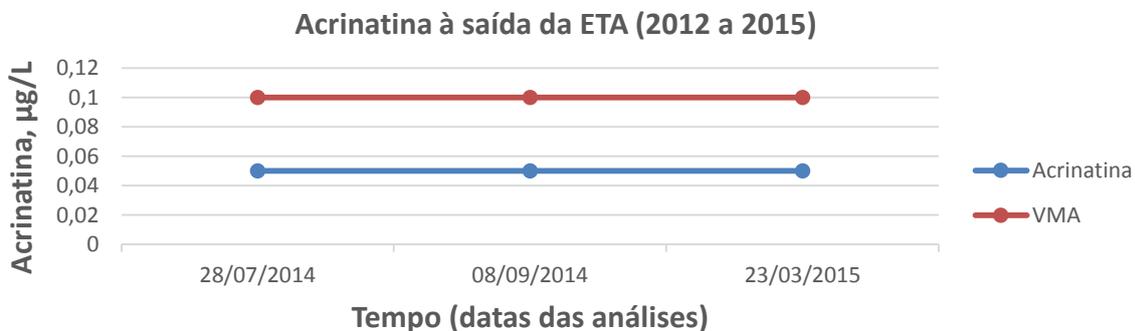
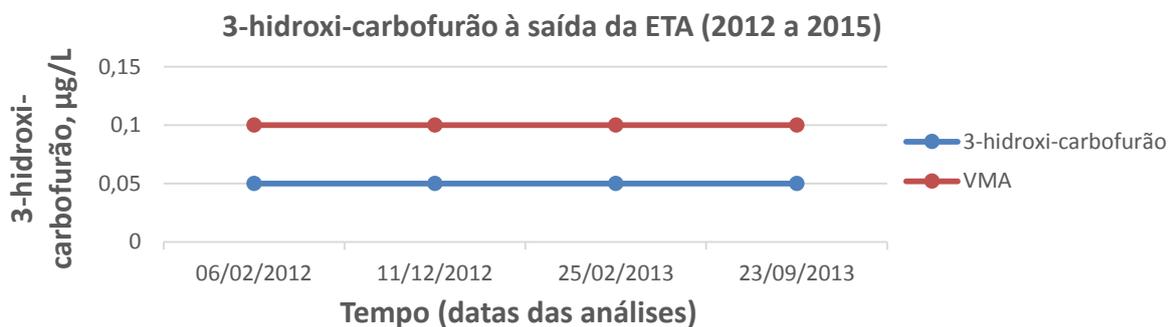
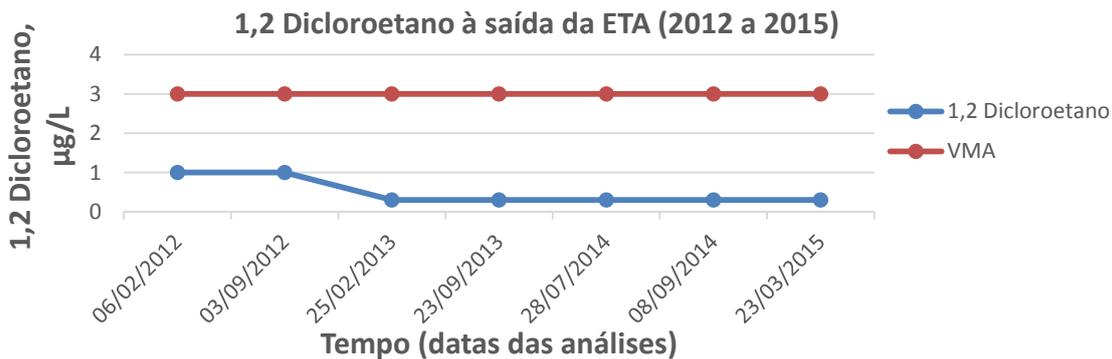


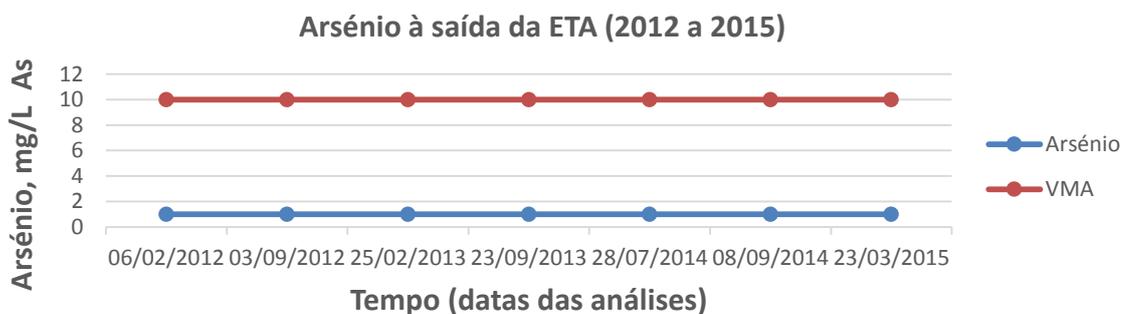
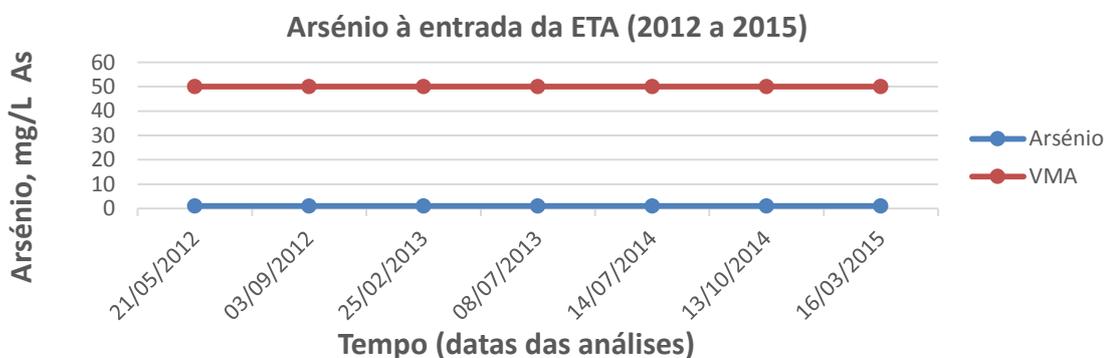
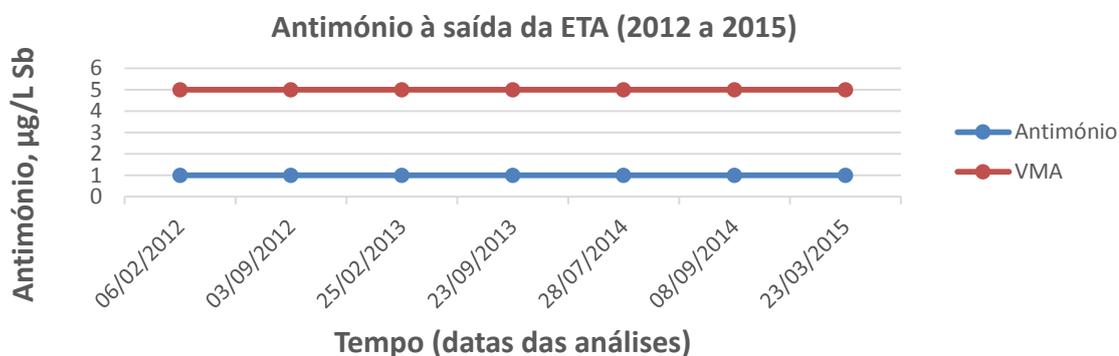
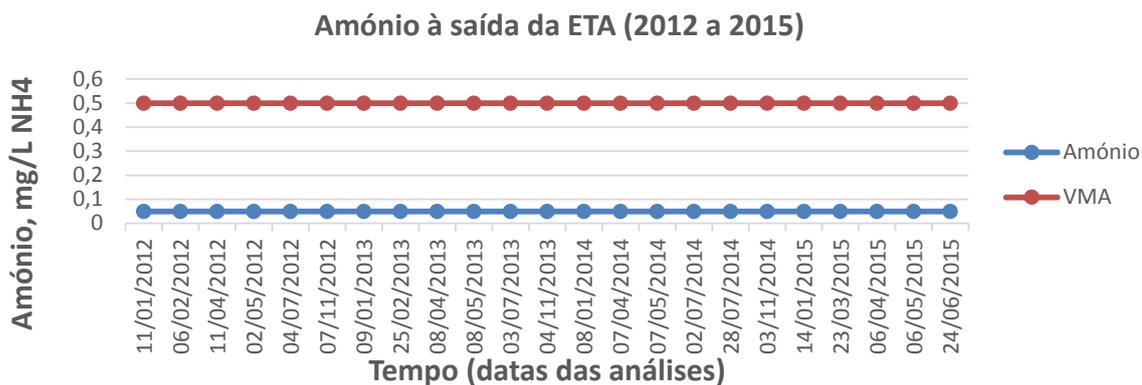


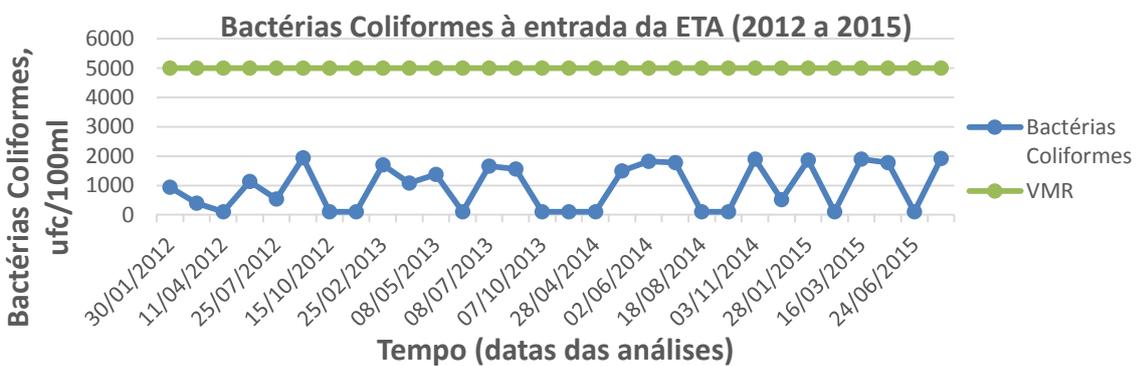
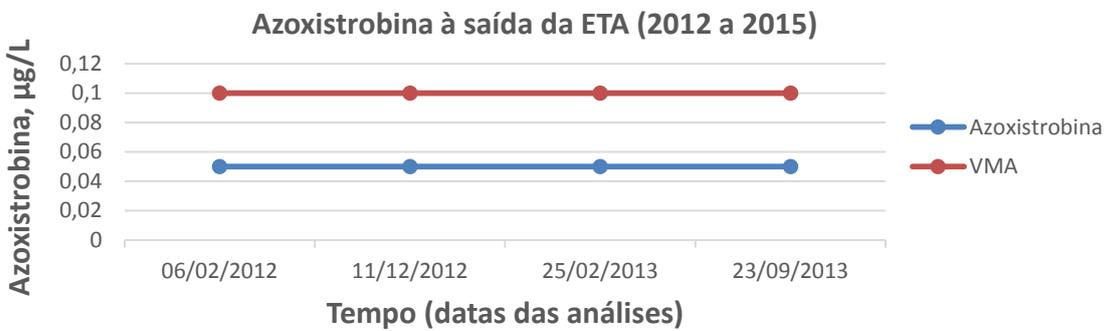
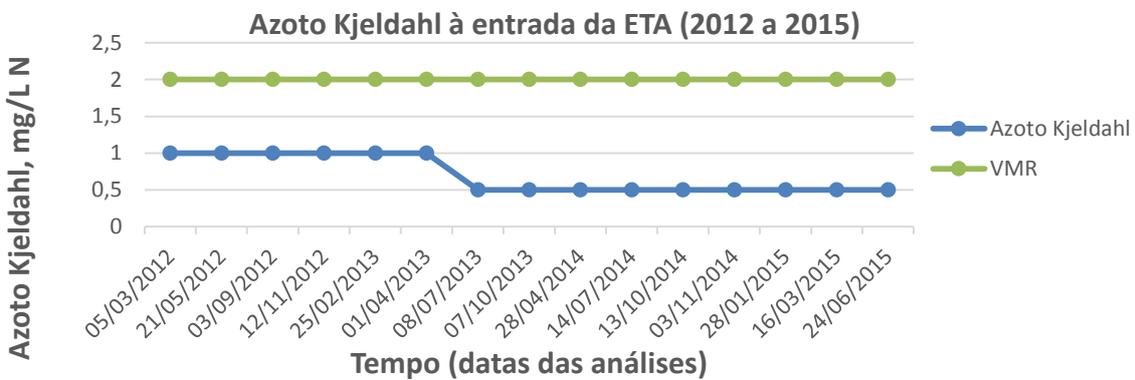
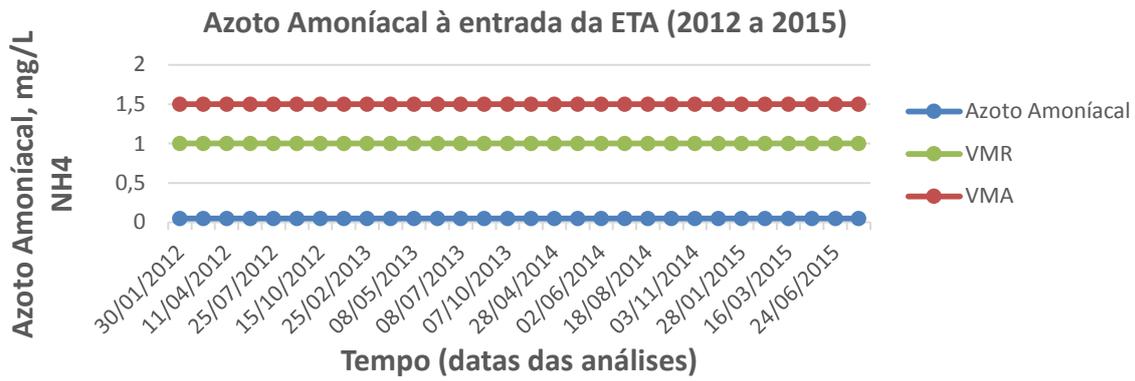


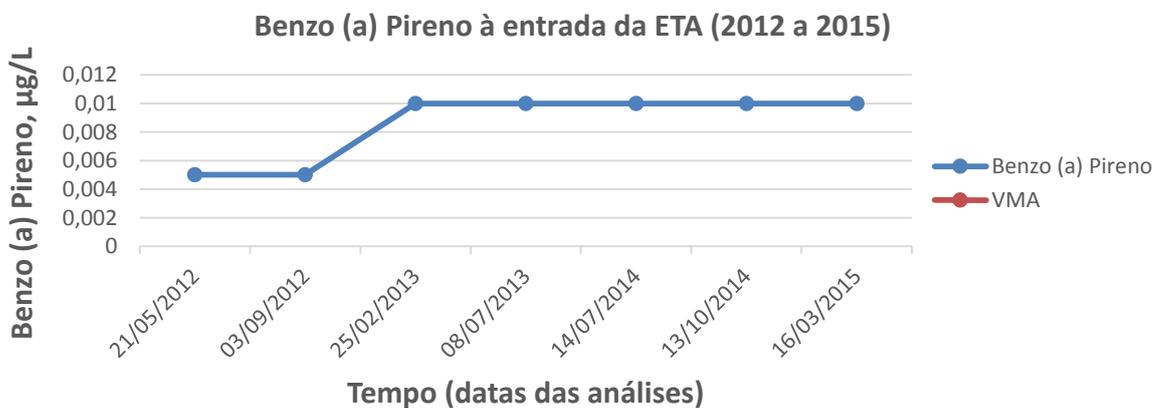
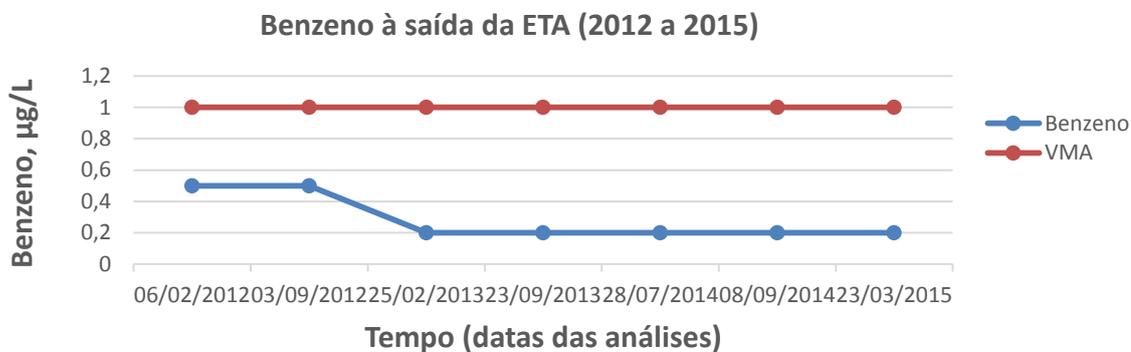
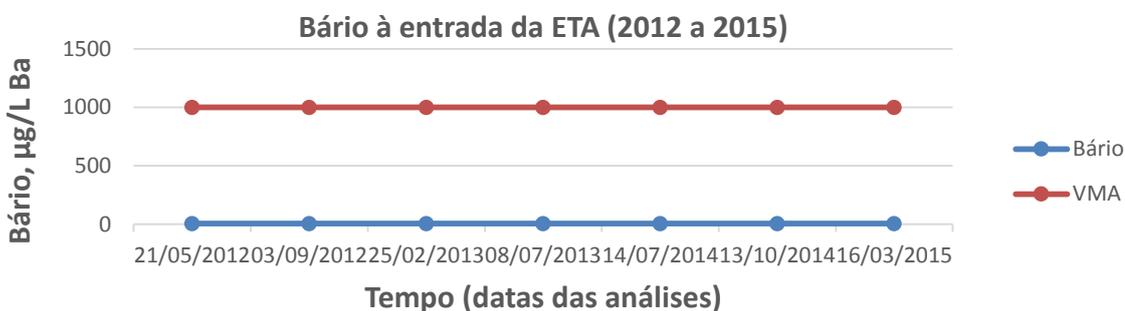
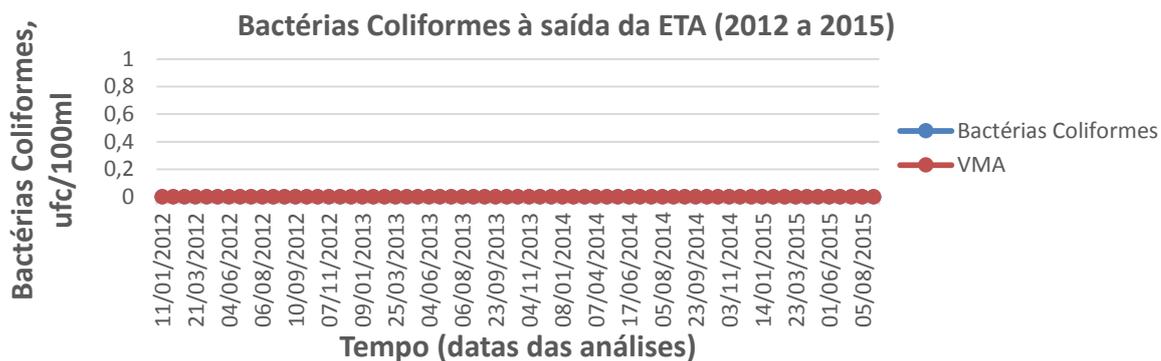


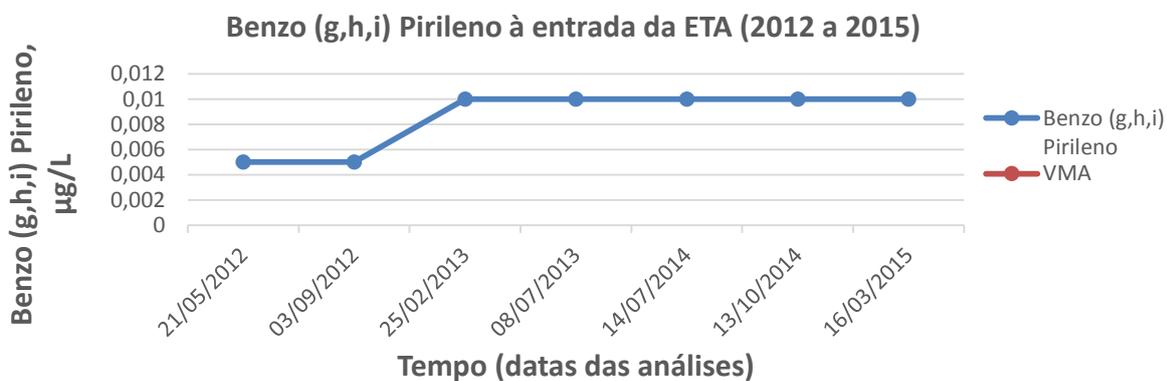
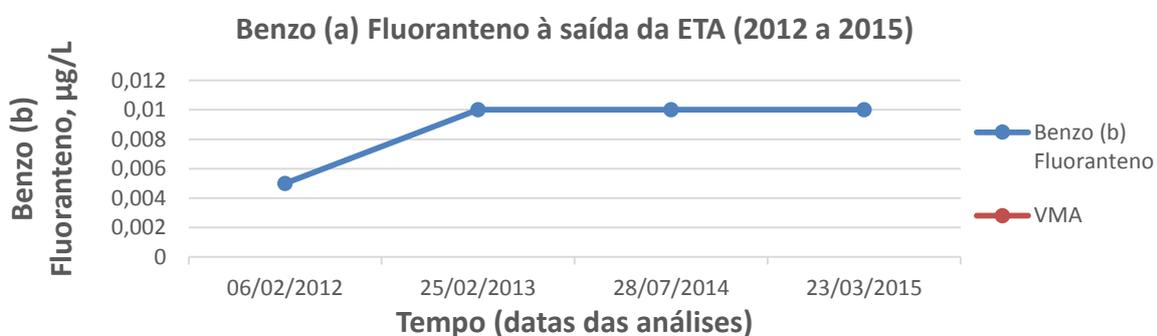
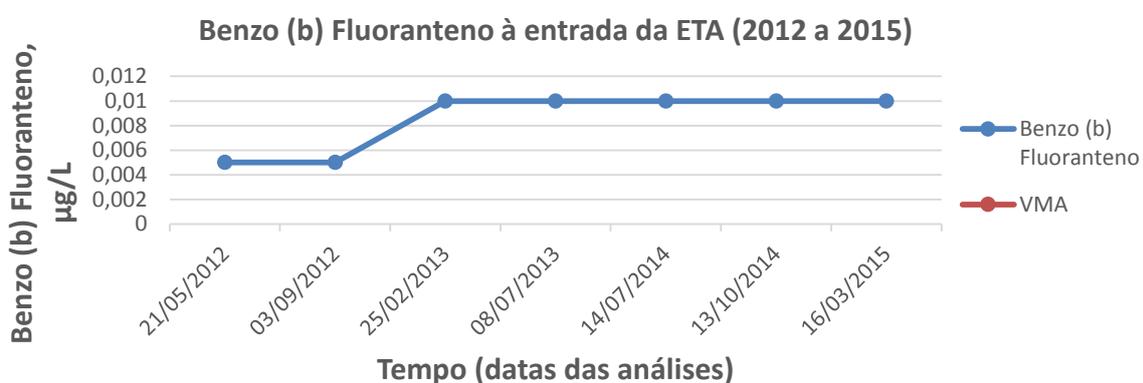
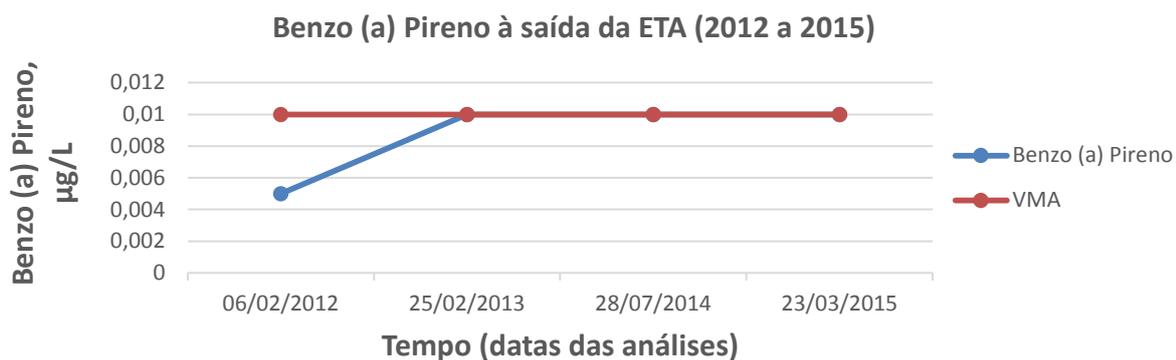
Anexo 6 – Análise paramétrica temporal às águas
da ETA da Ribeira Brava

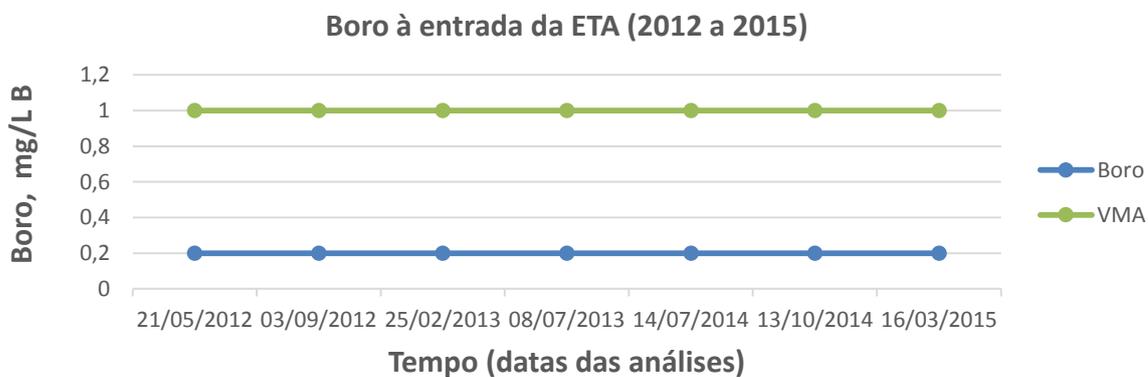
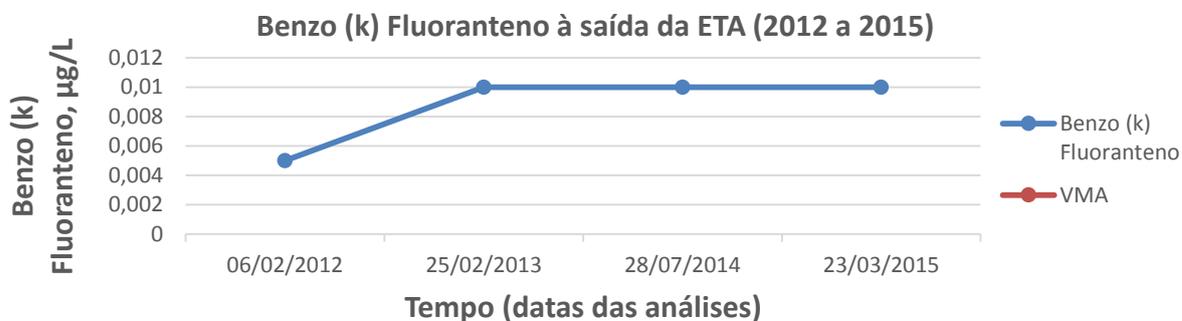
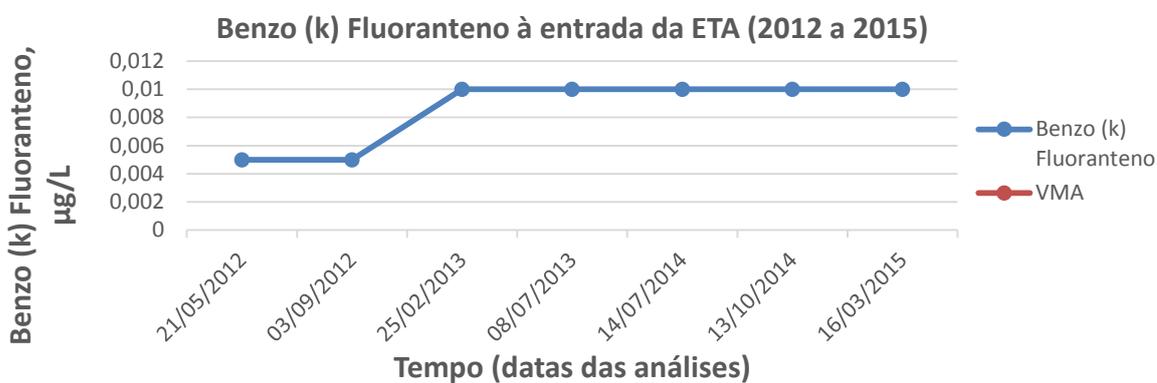
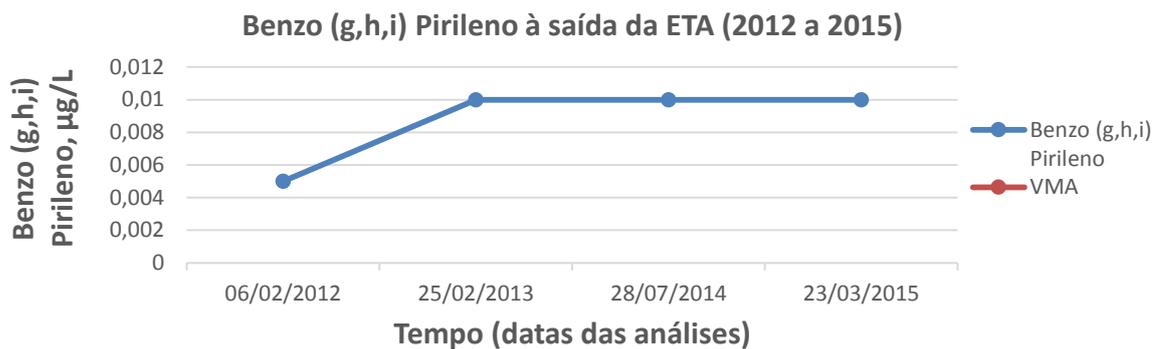


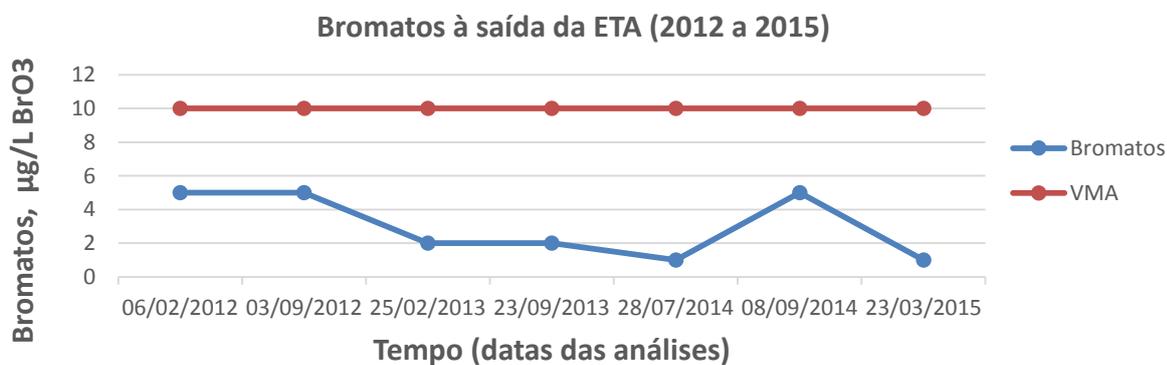
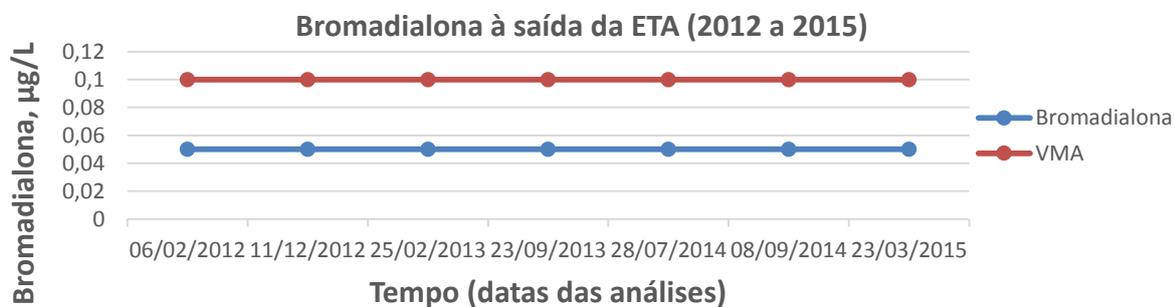
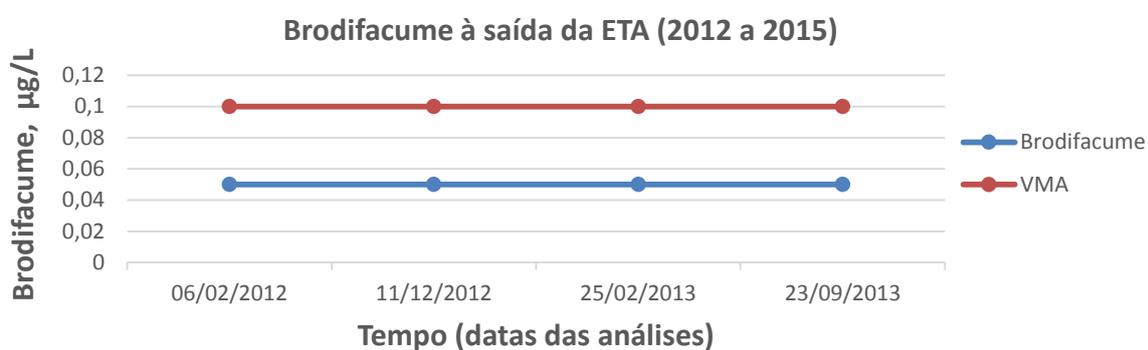
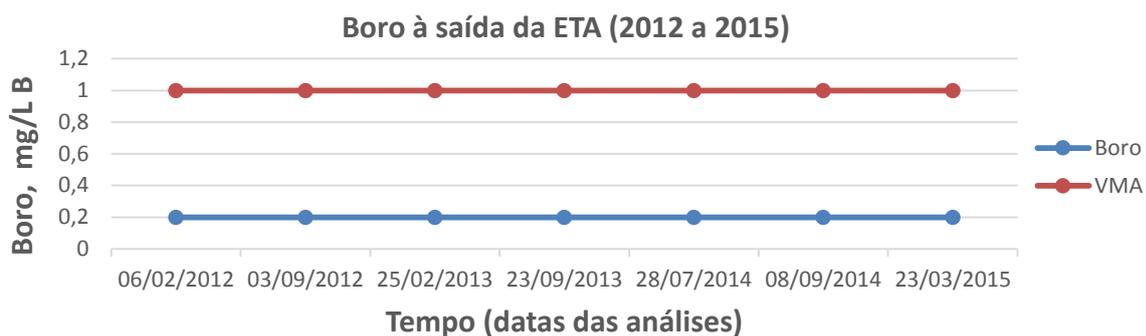


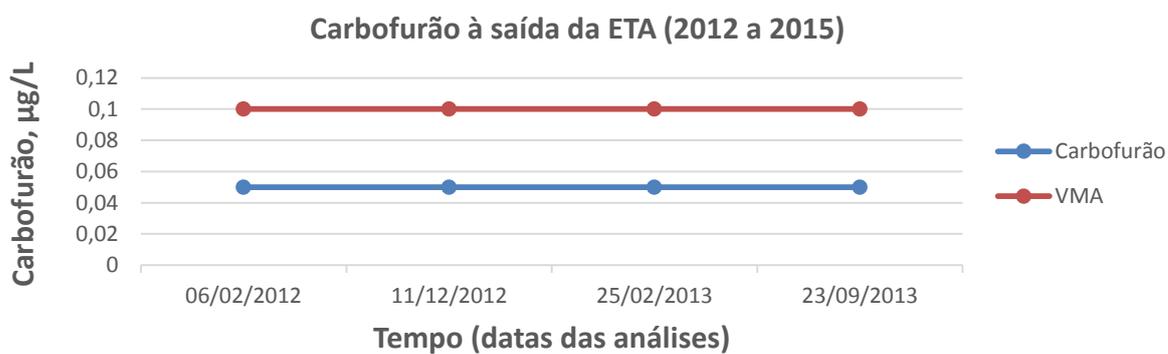
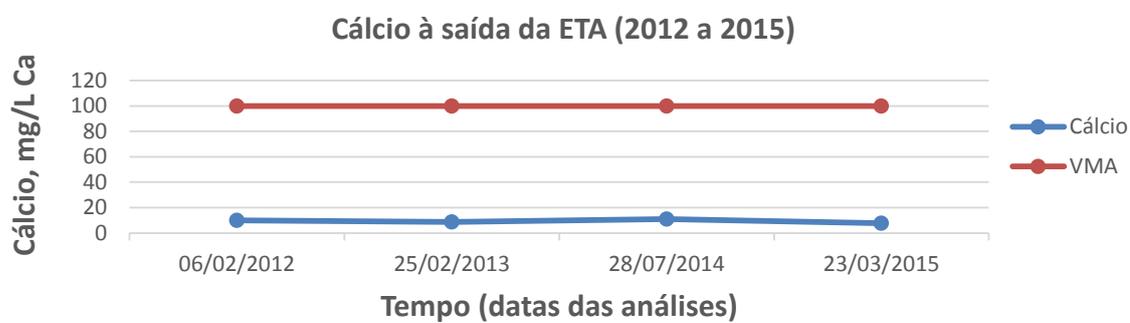
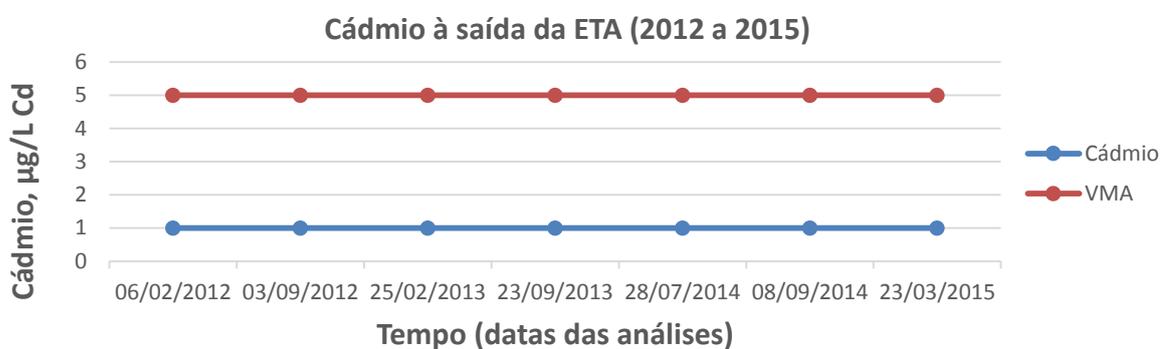
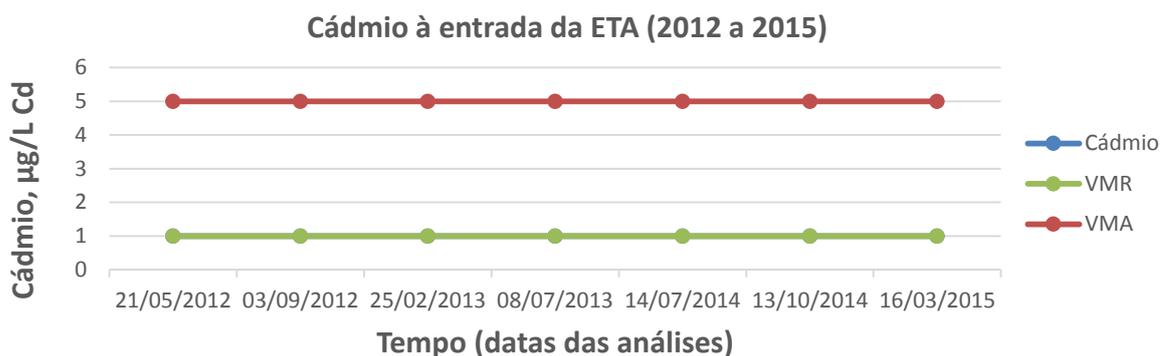


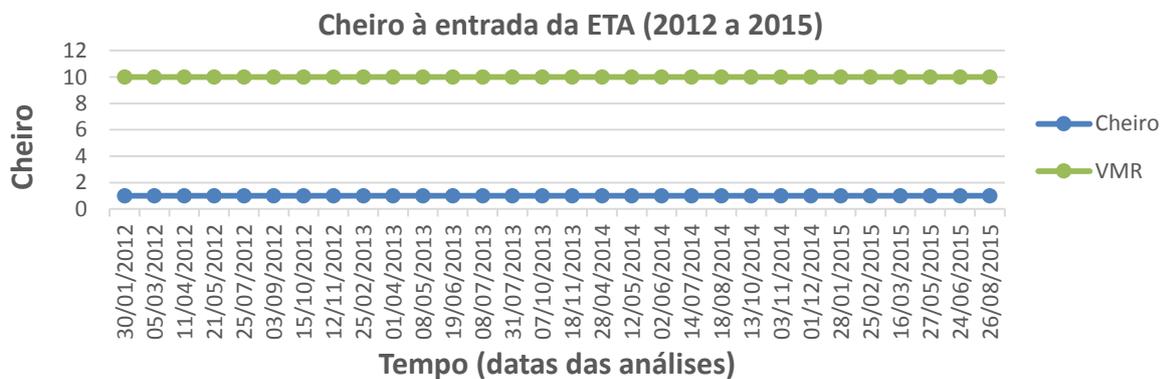
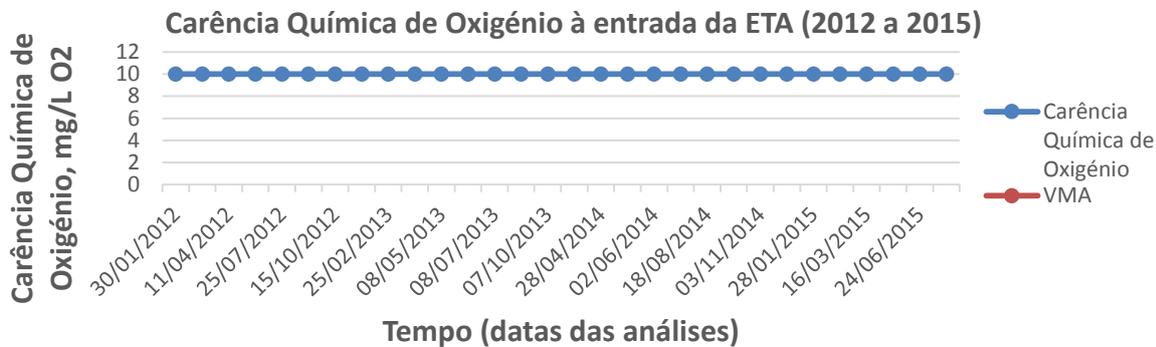
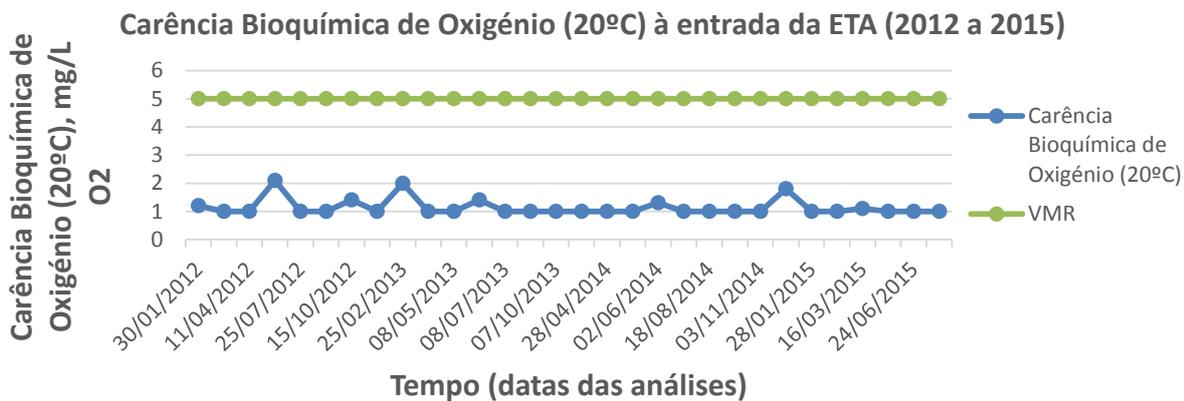
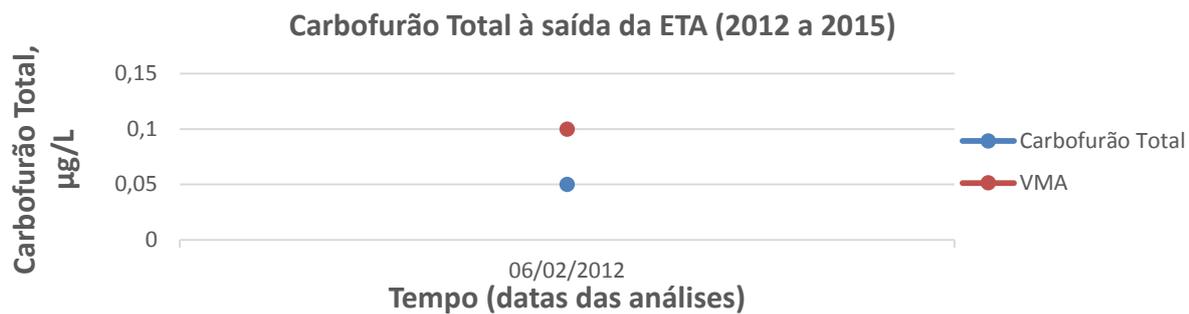


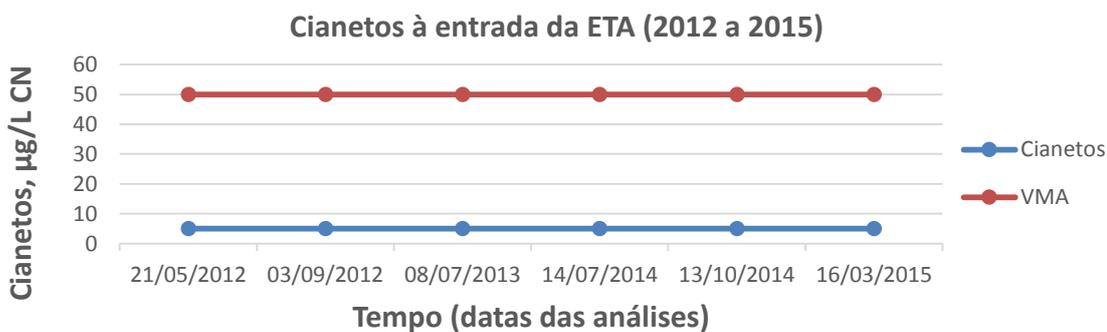
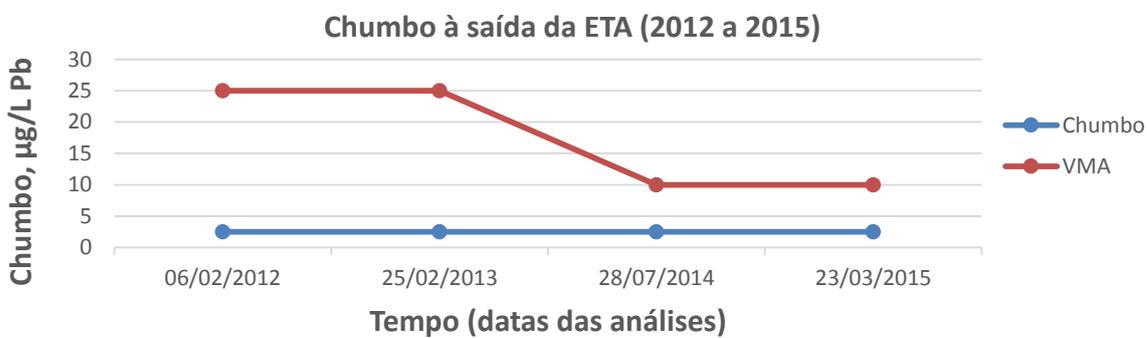
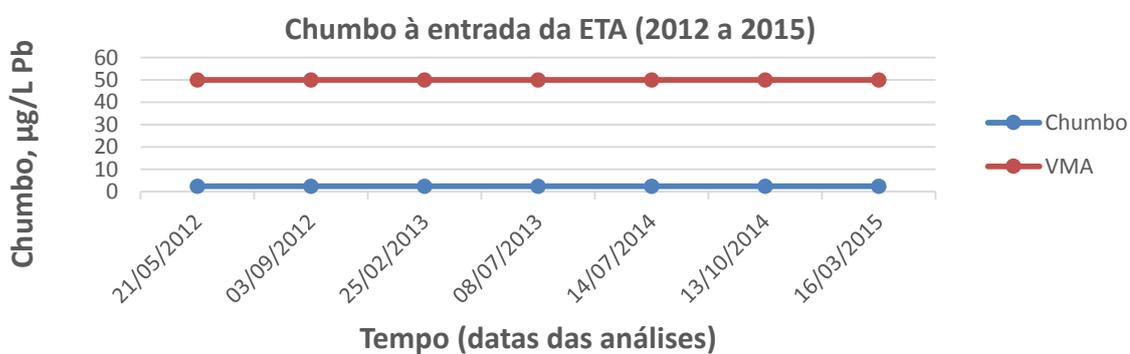
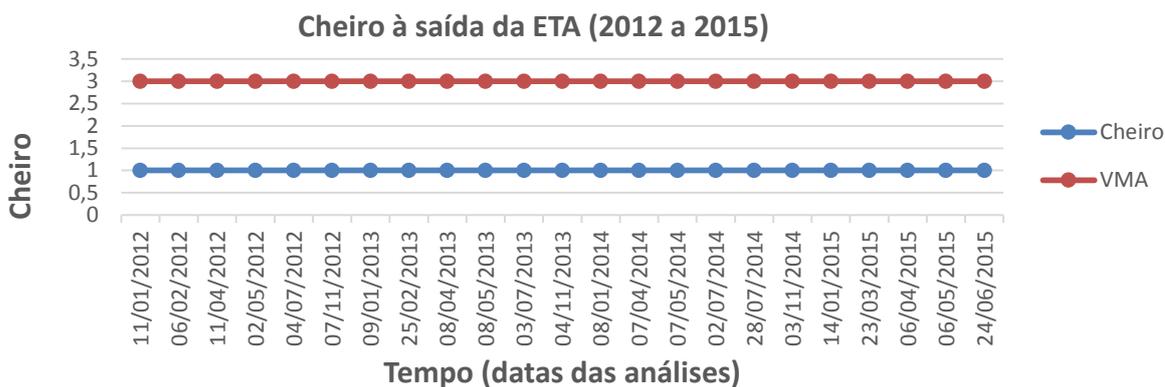


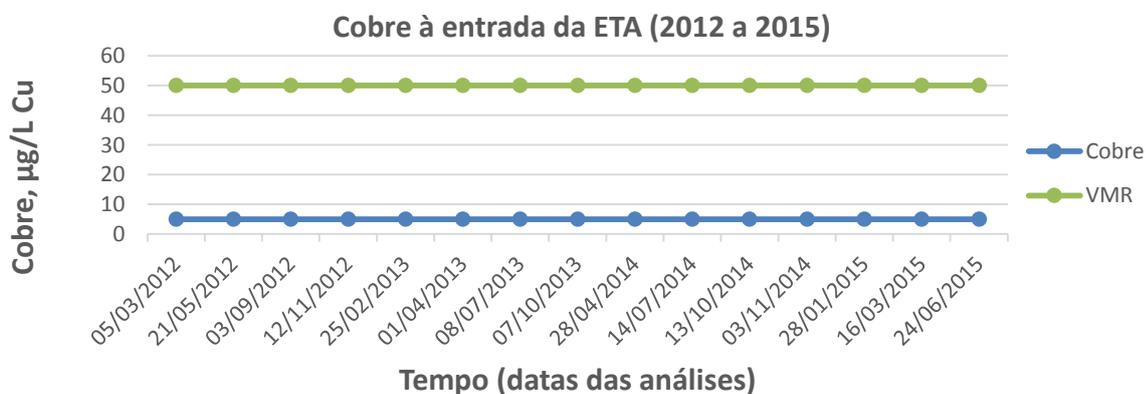
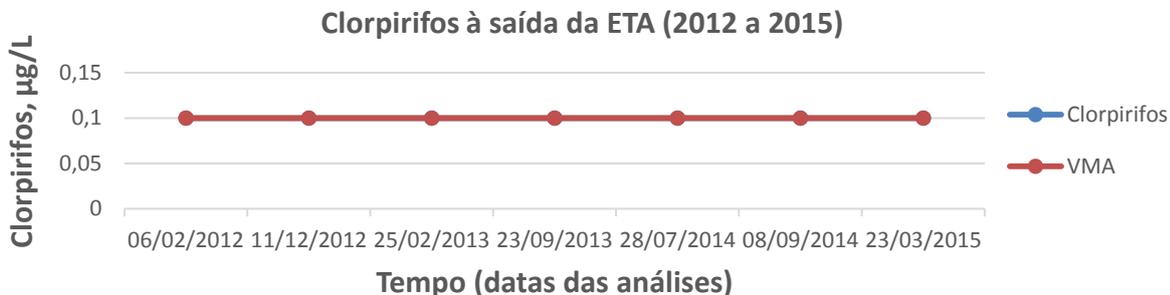
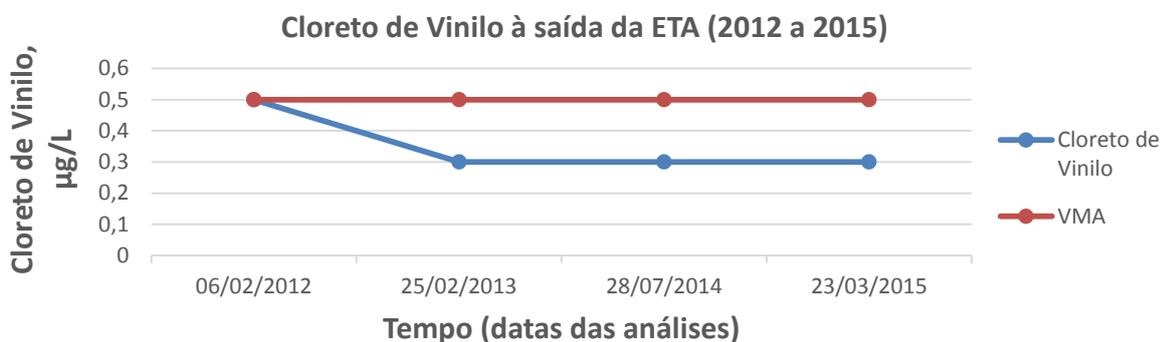
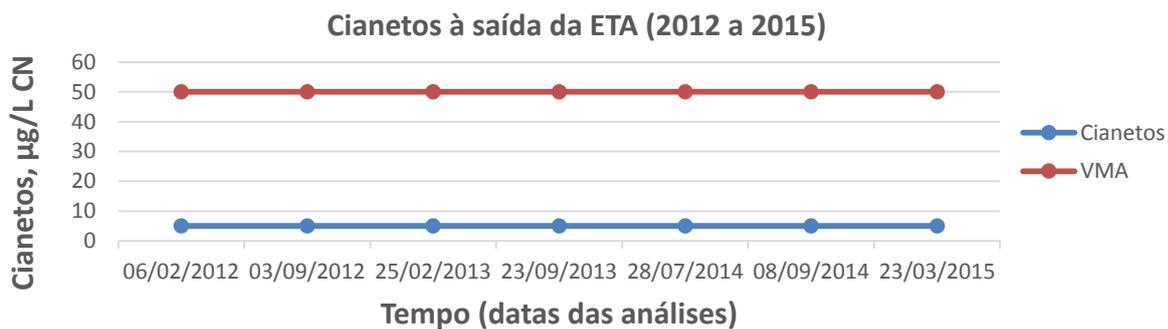


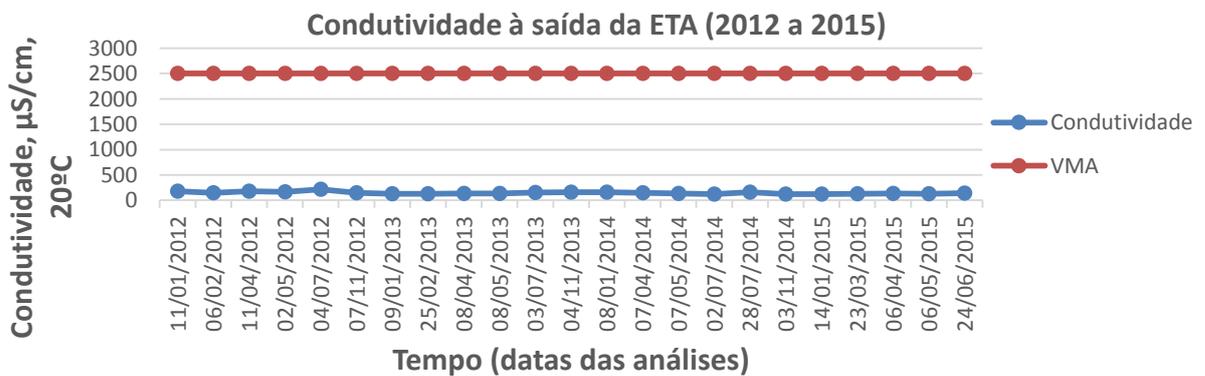
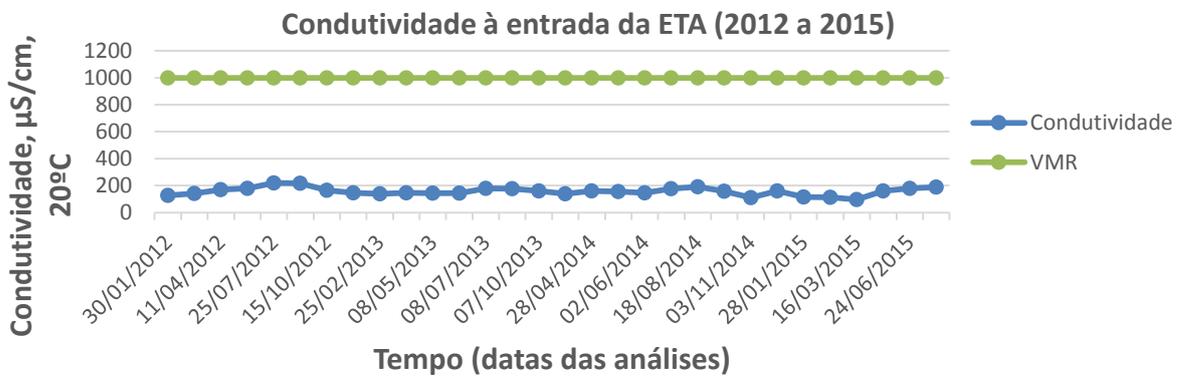
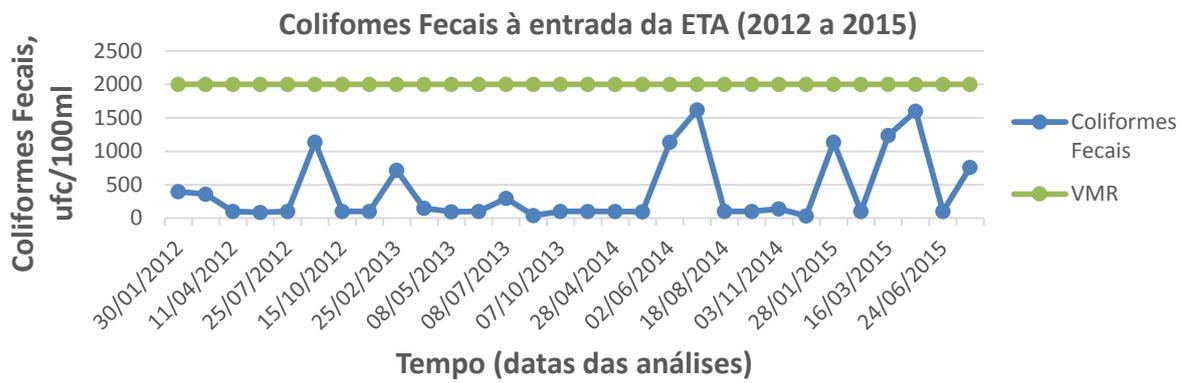
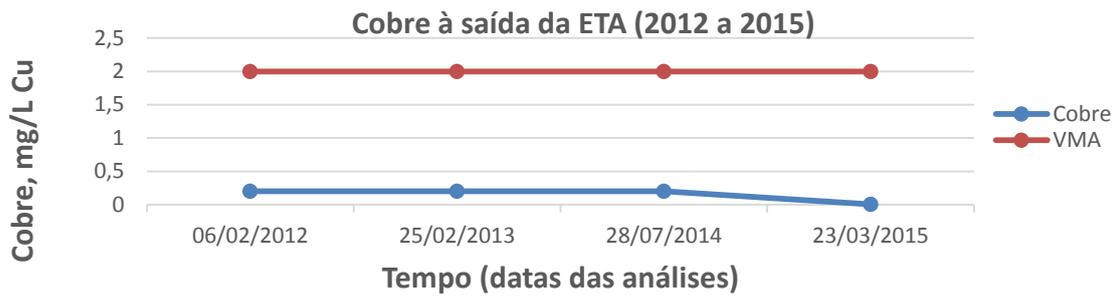


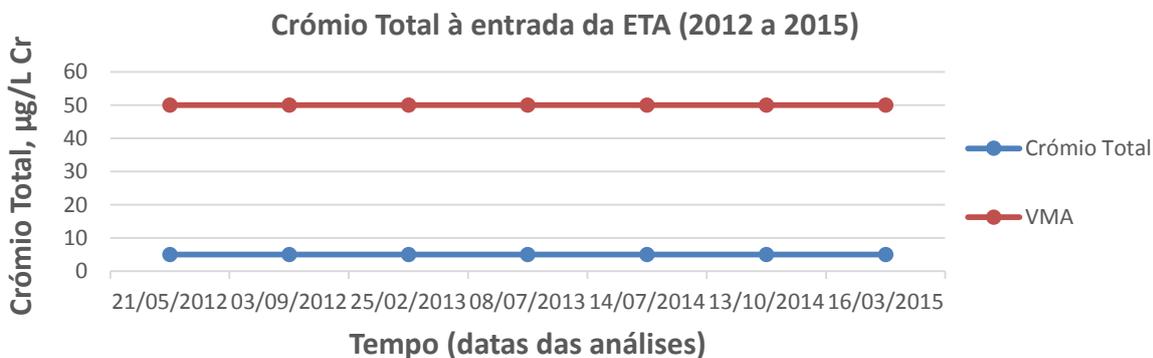
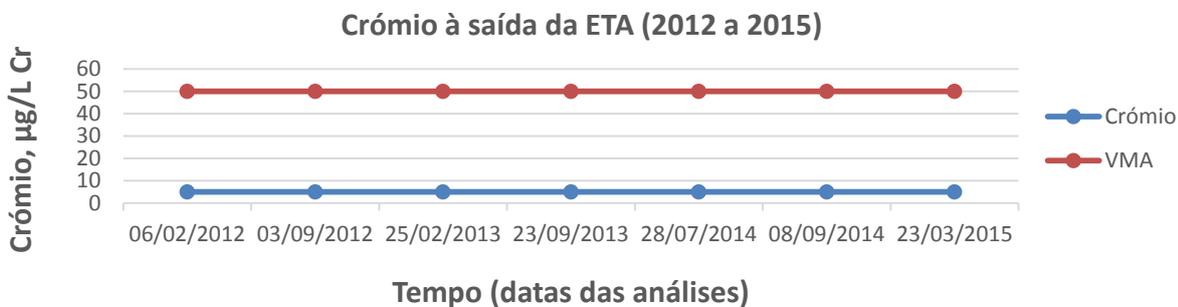
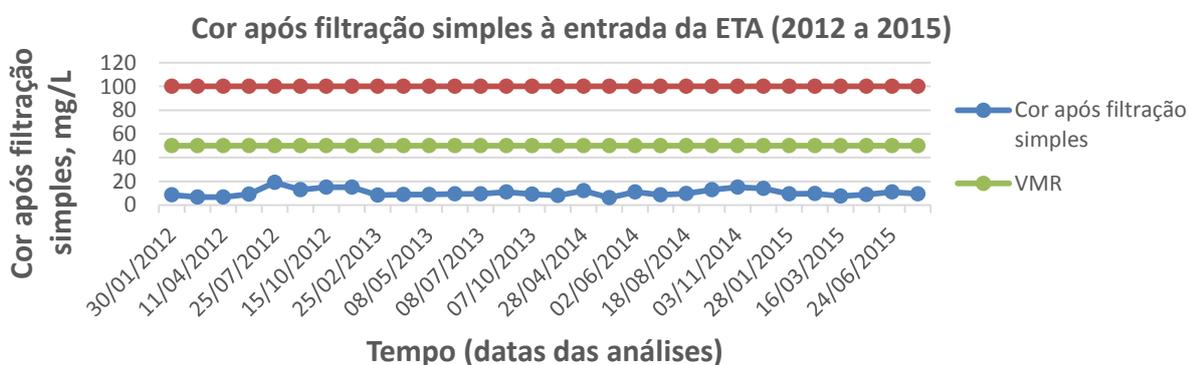
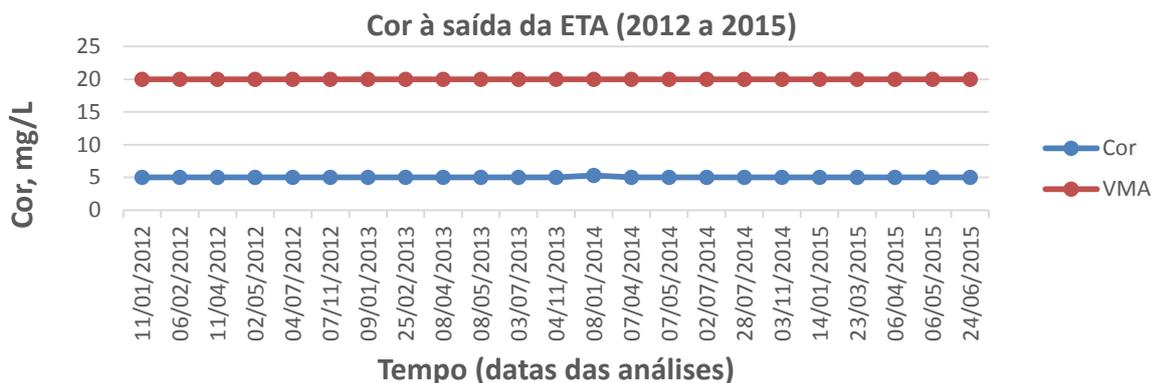


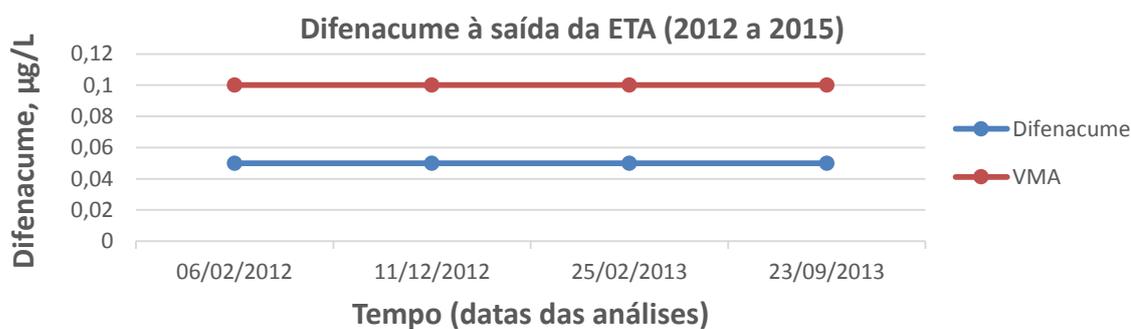
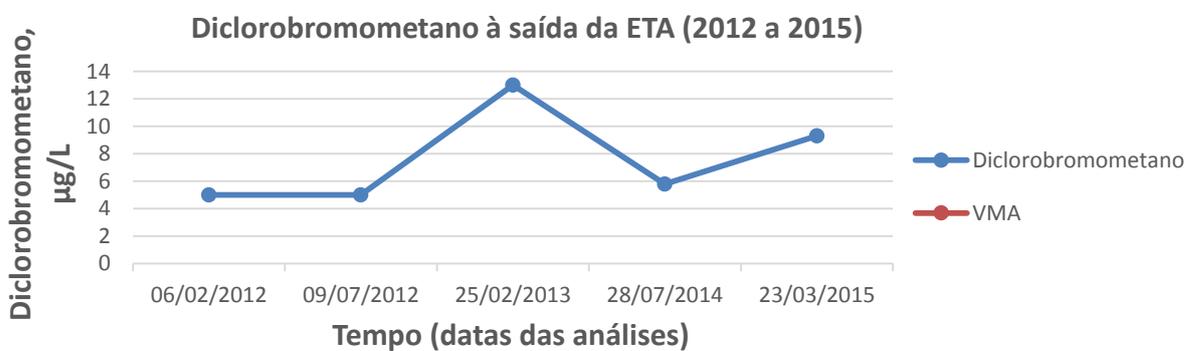
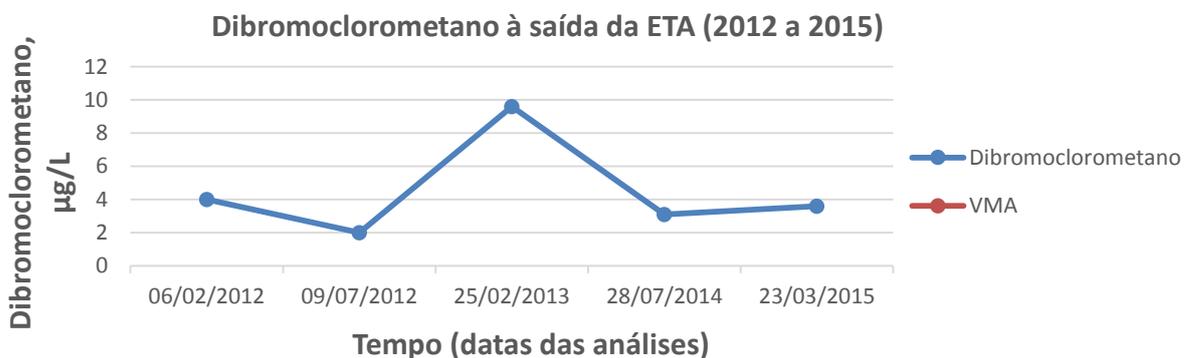
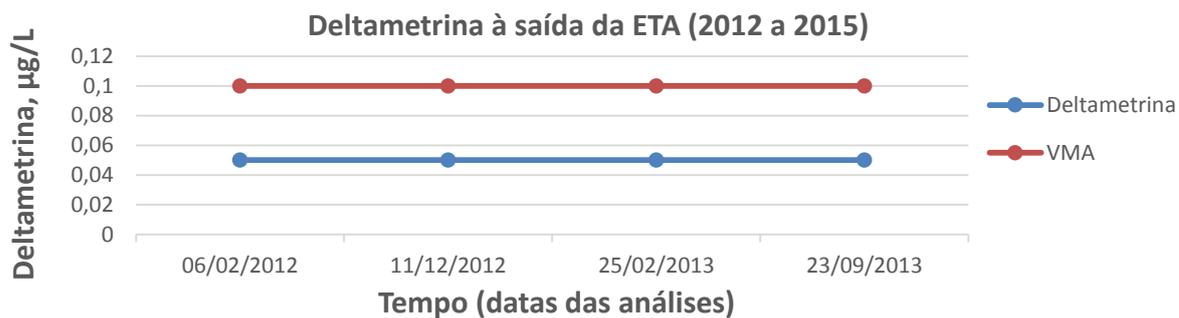


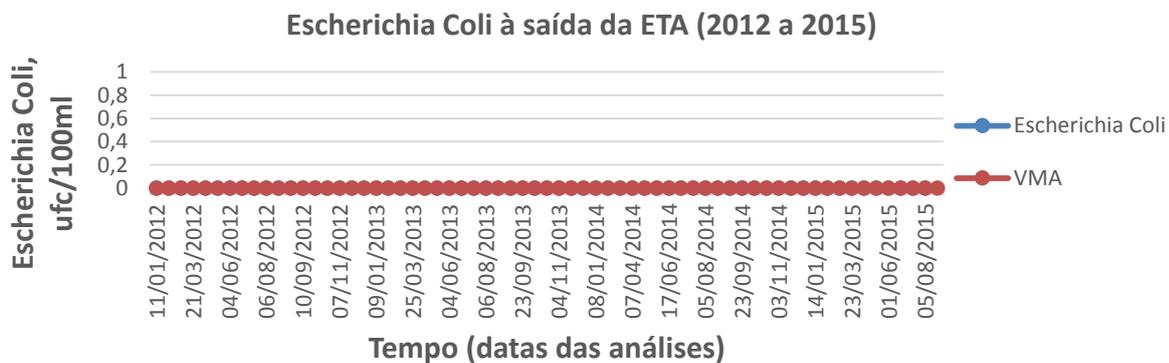
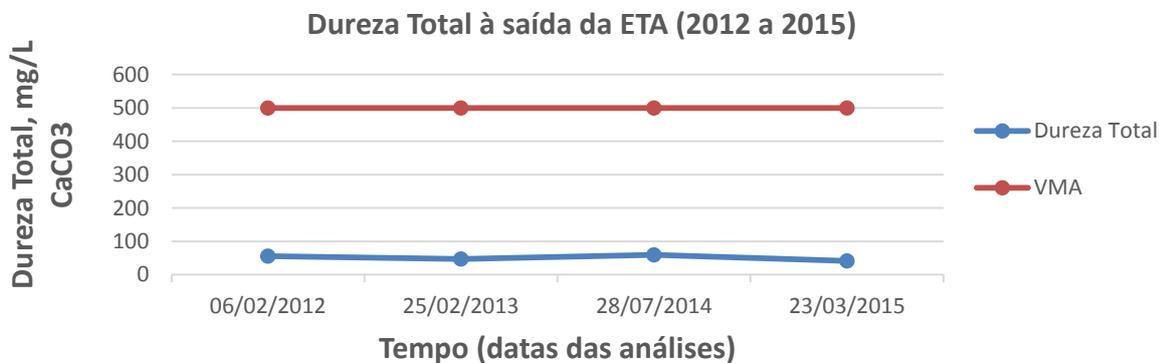
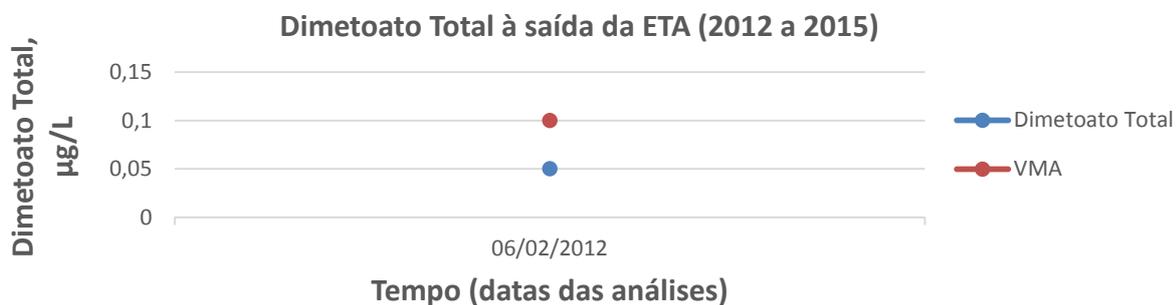
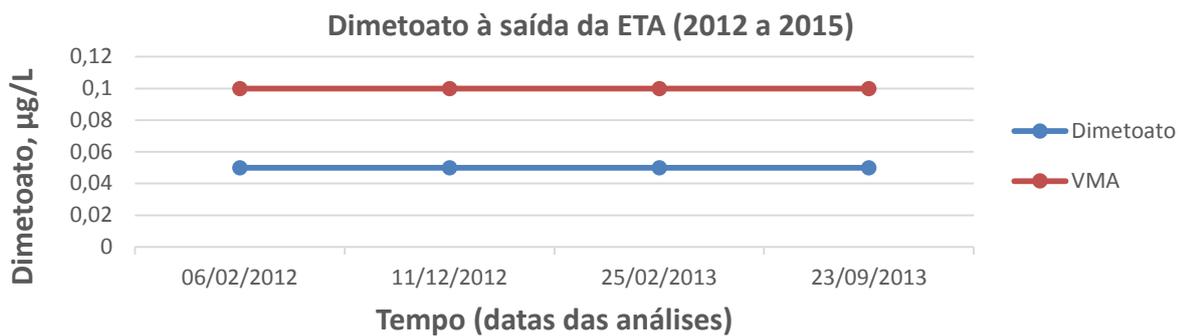


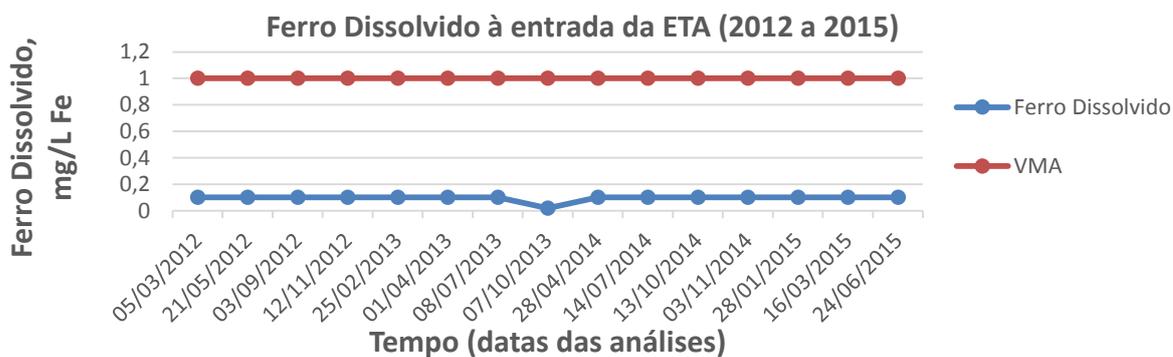
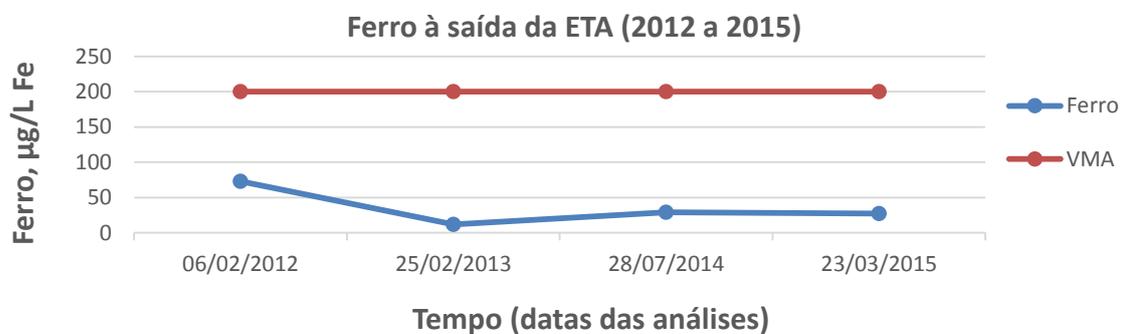
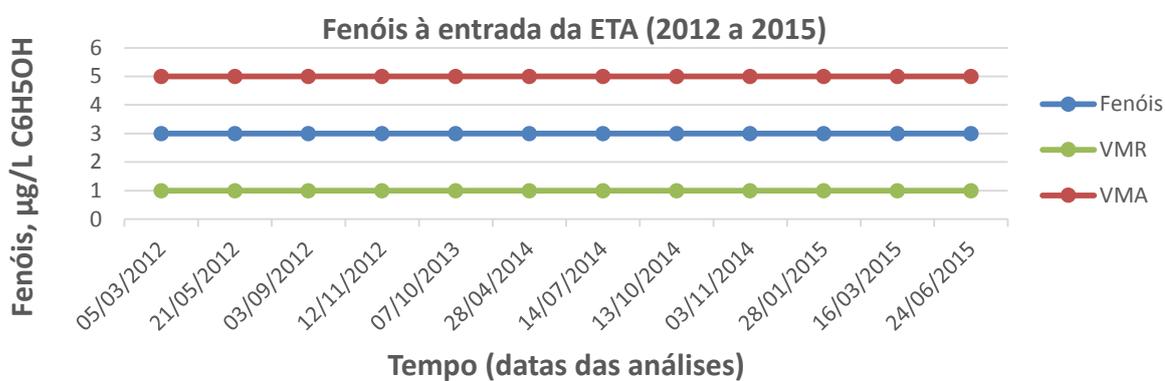
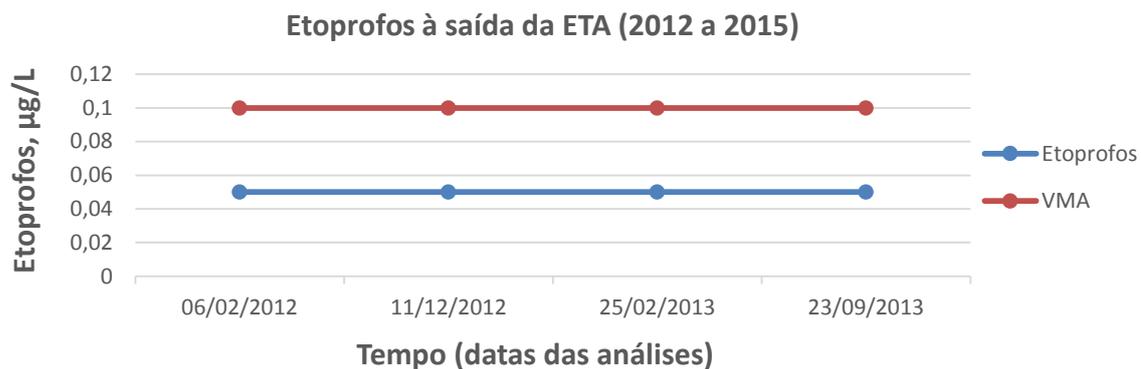


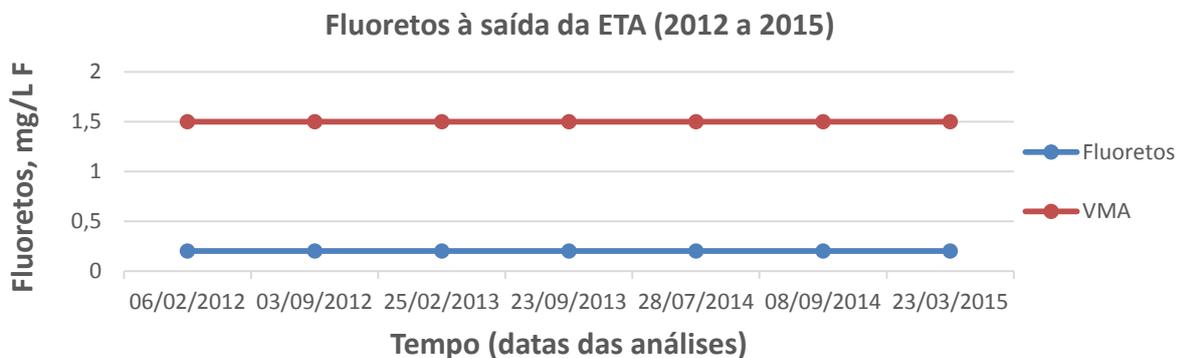
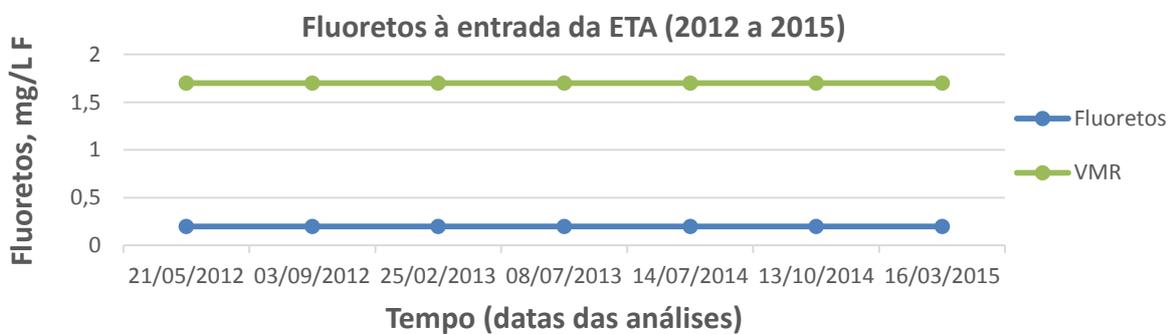
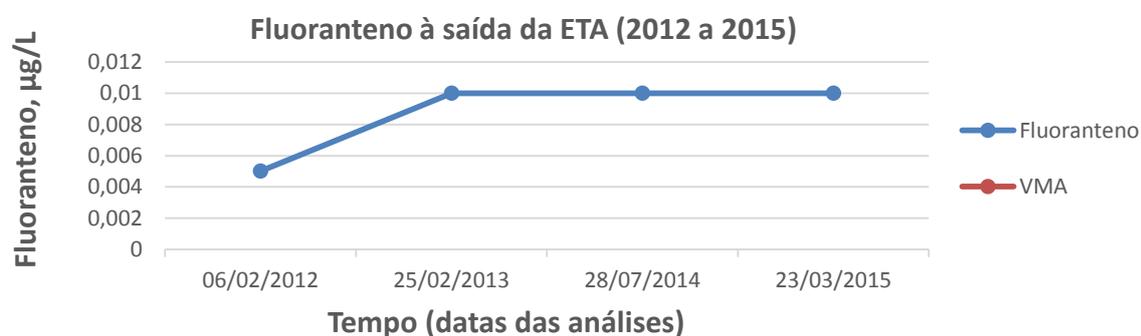
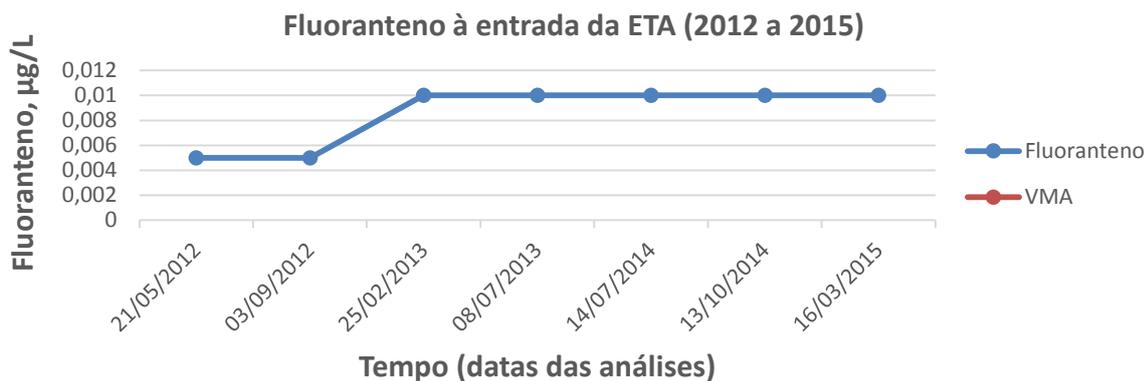


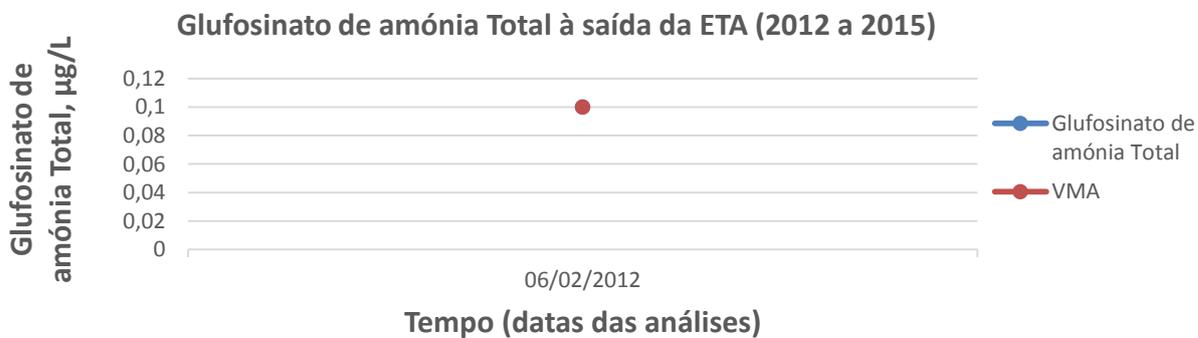
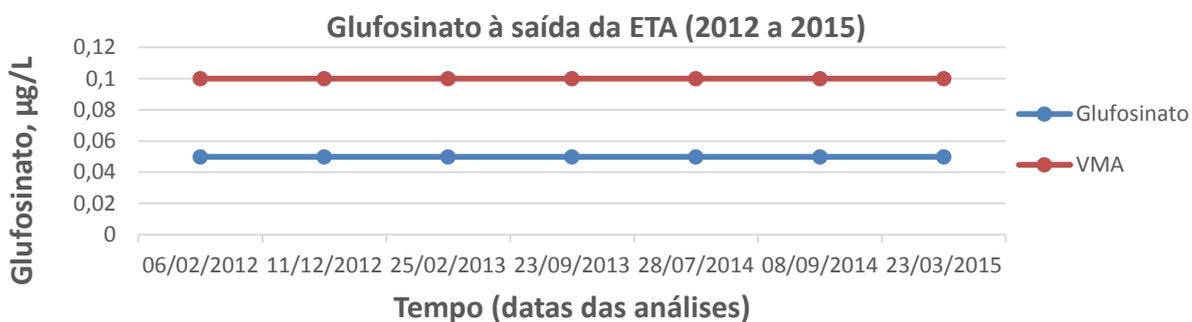
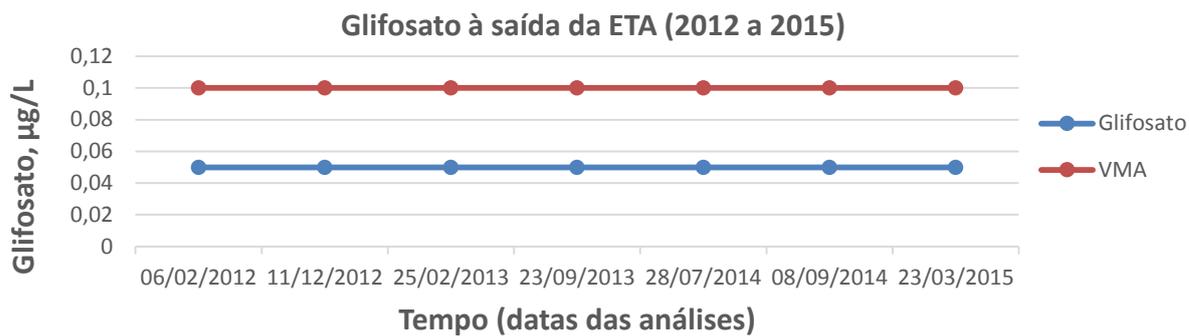


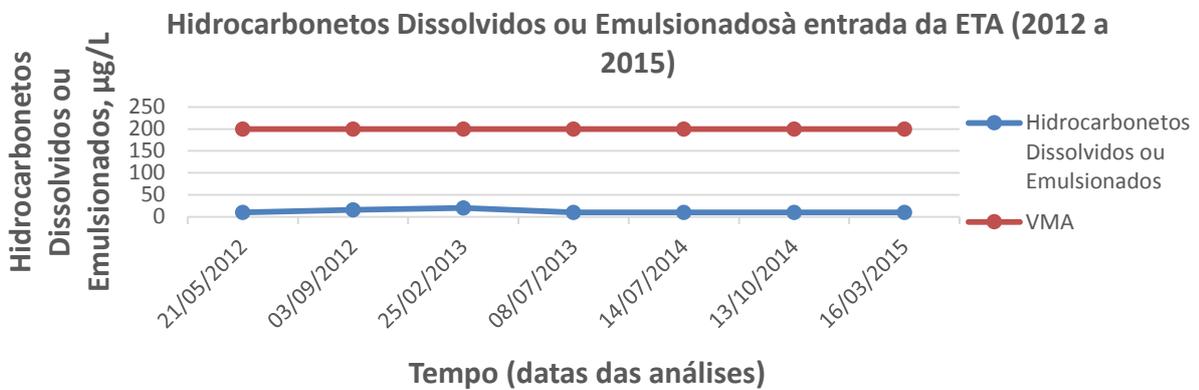
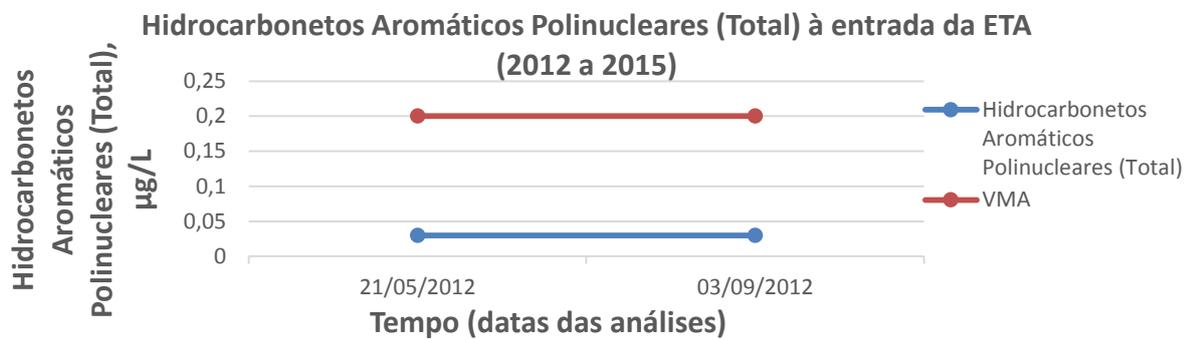
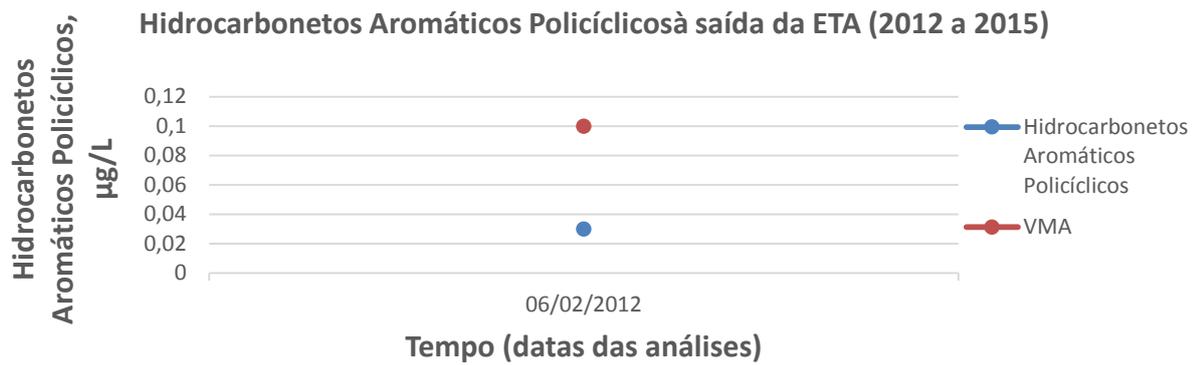


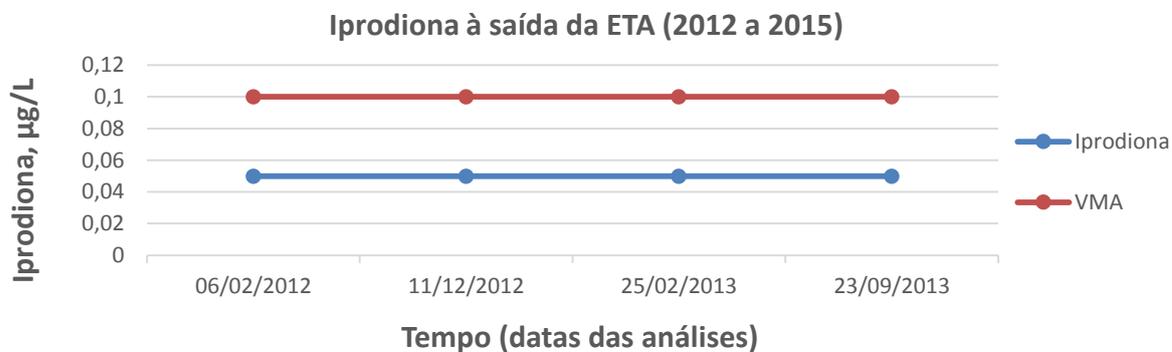
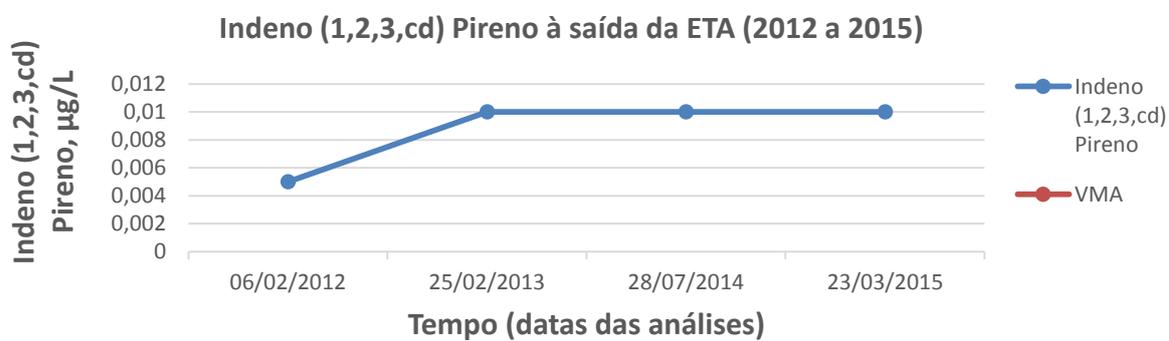
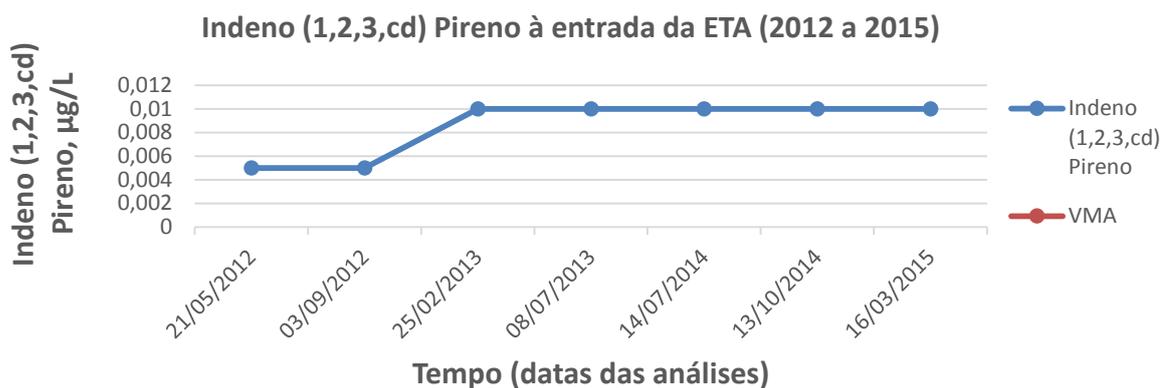


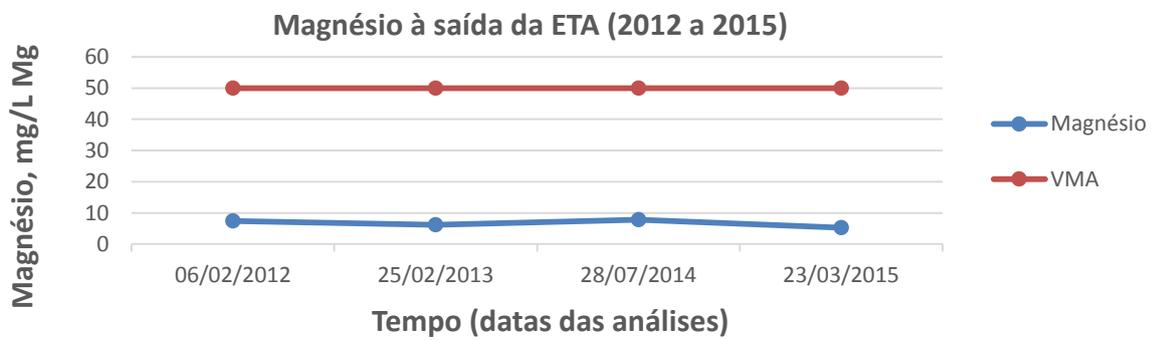
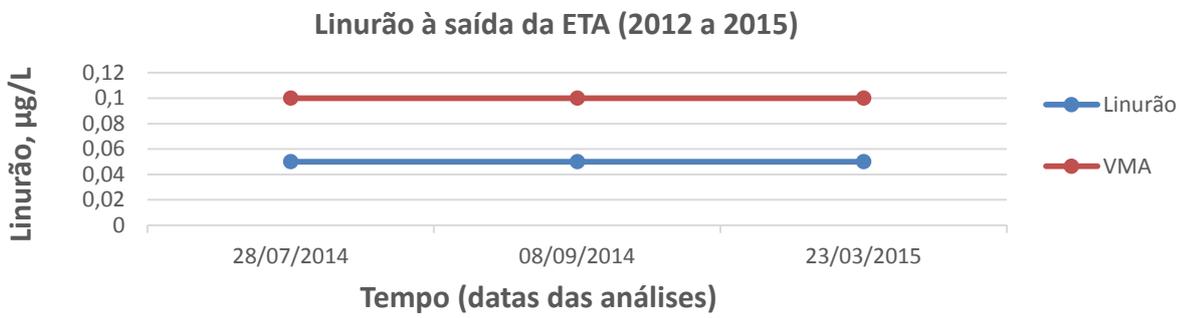
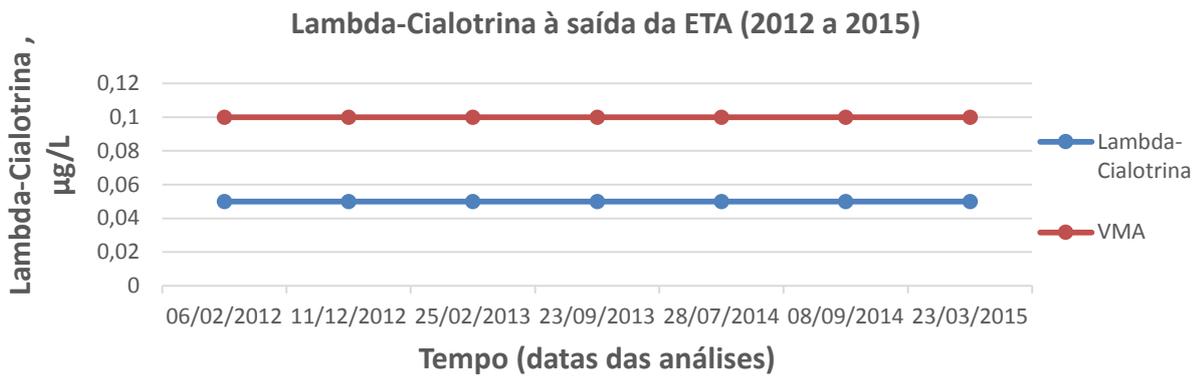


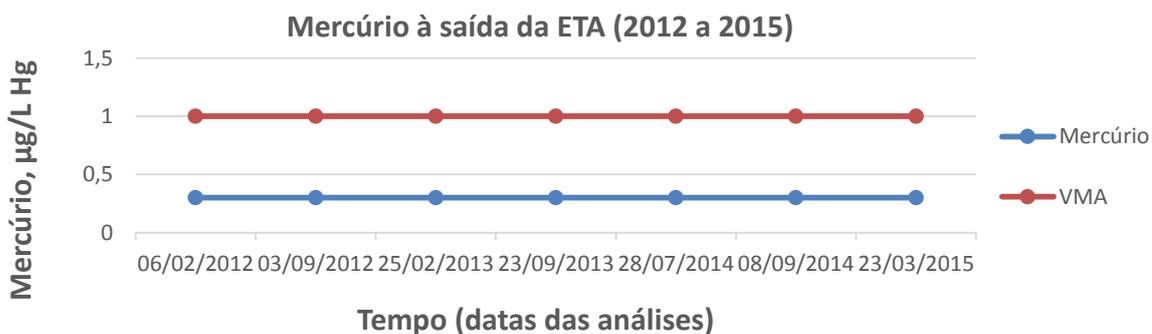
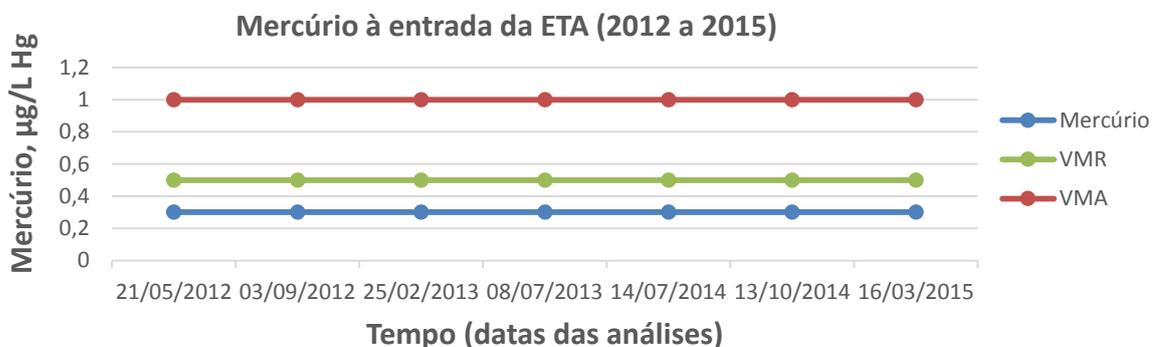
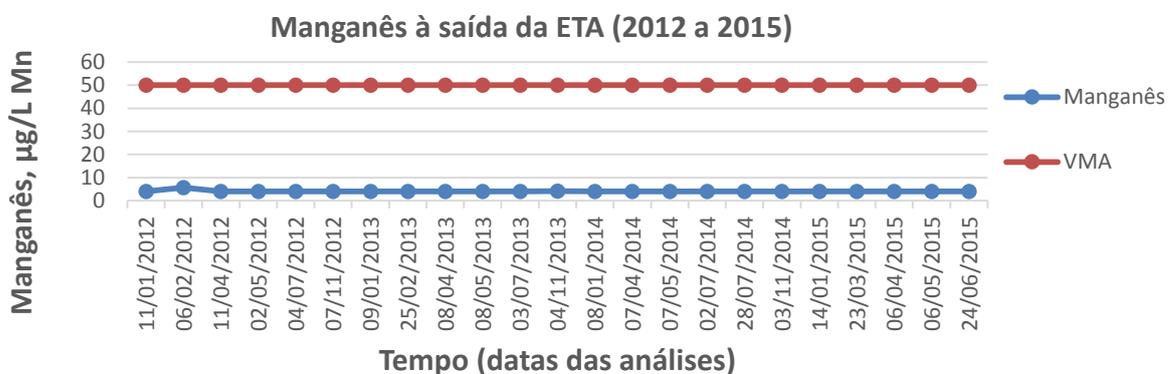
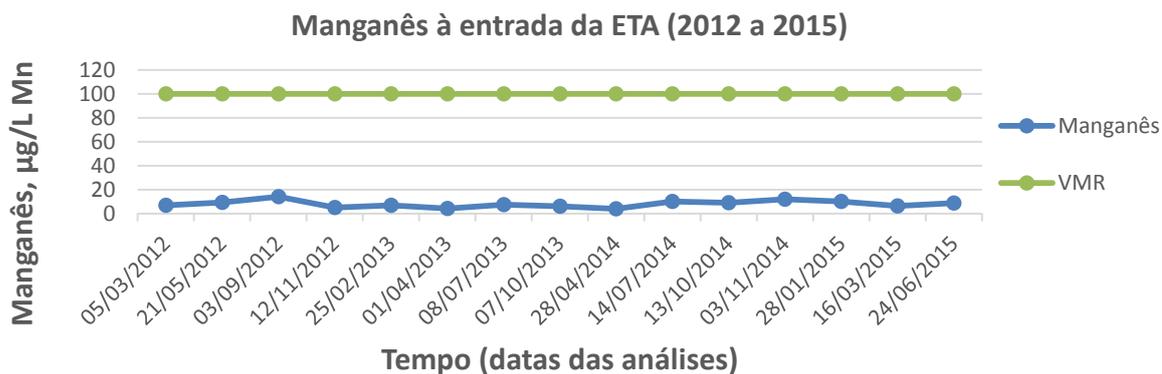


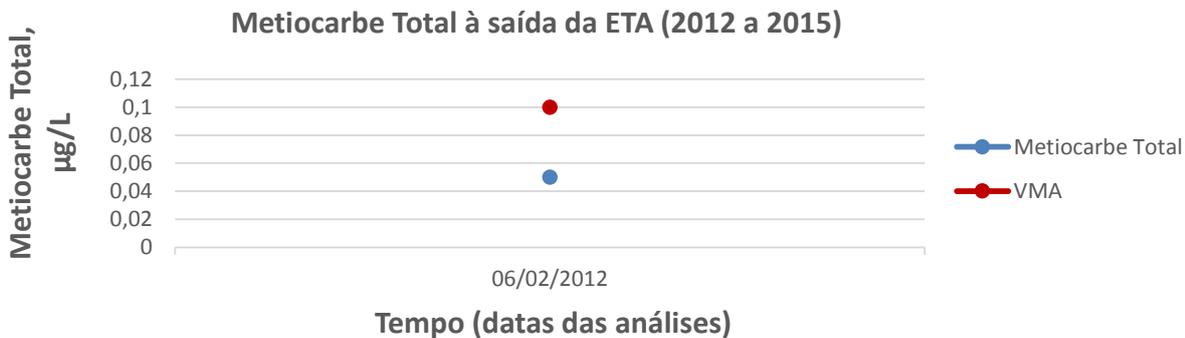
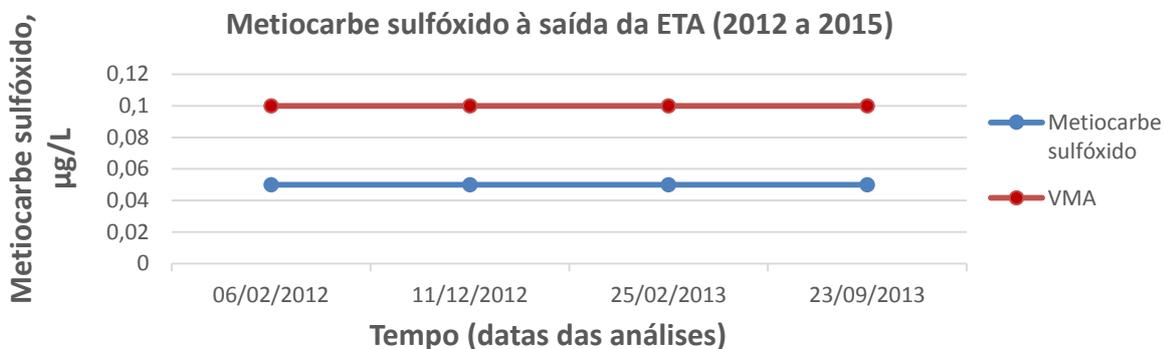
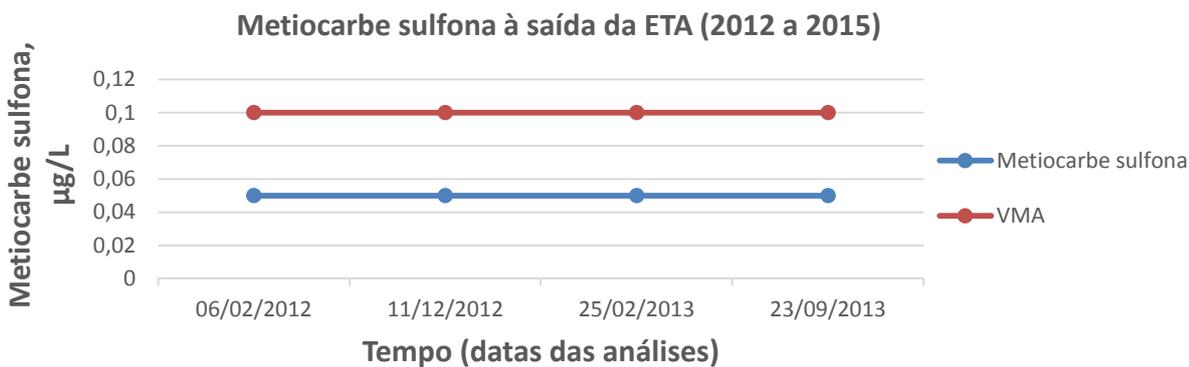
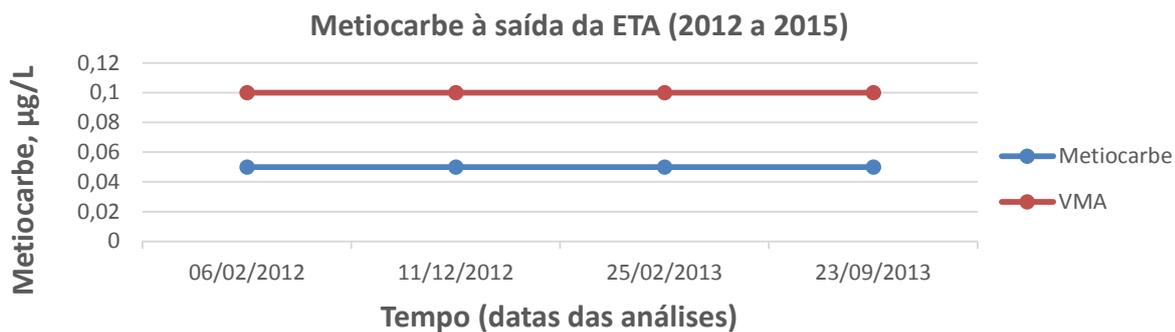


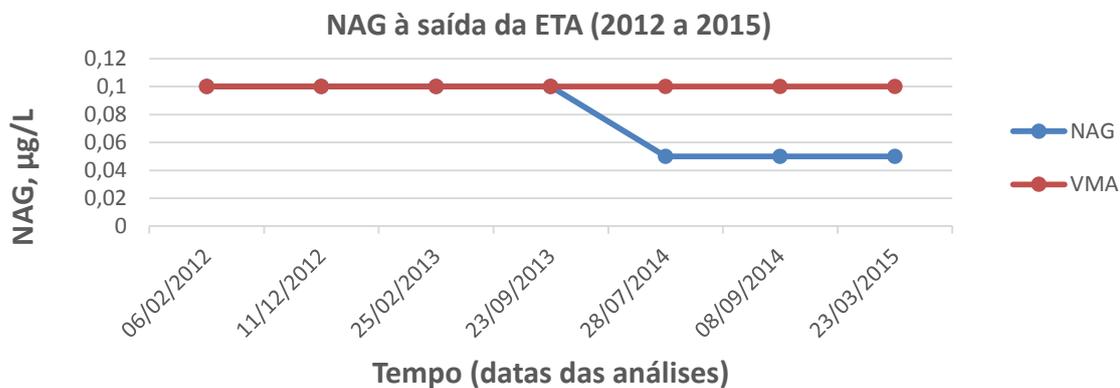
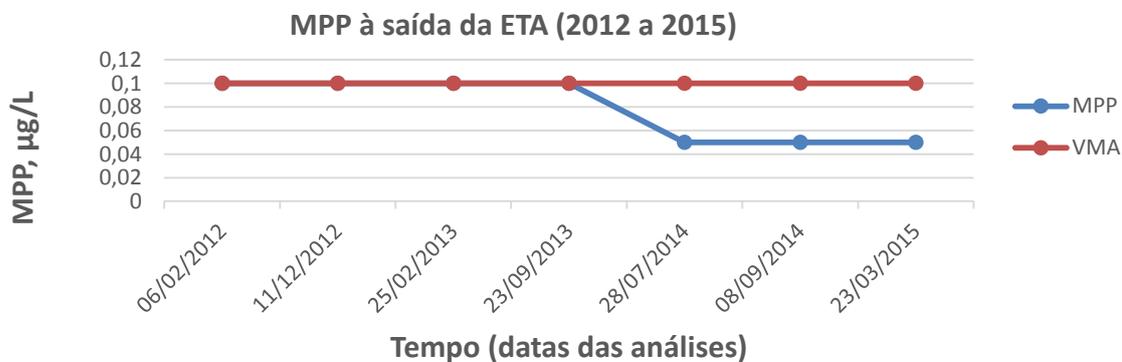
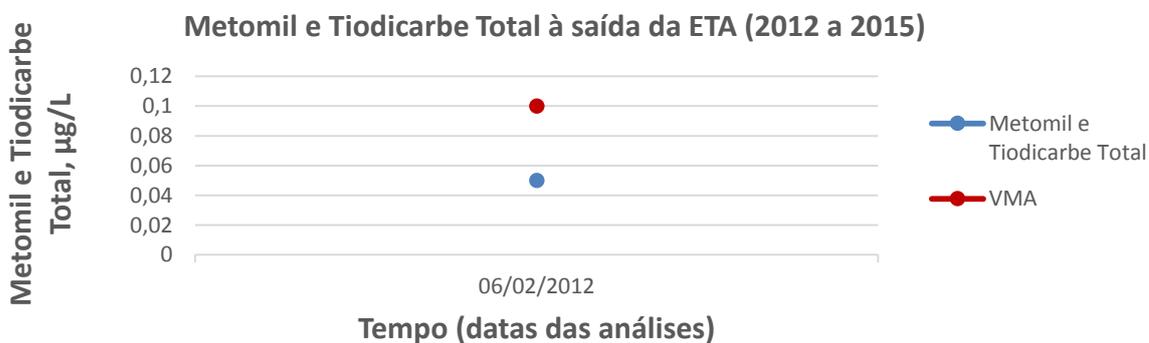
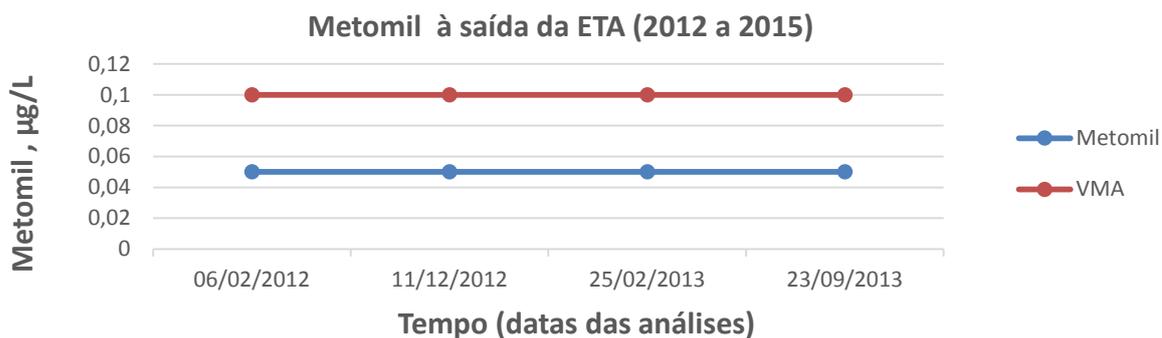


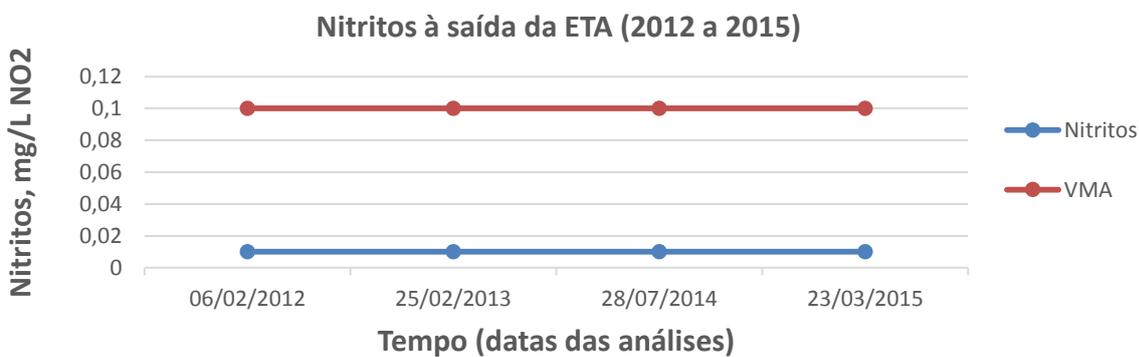
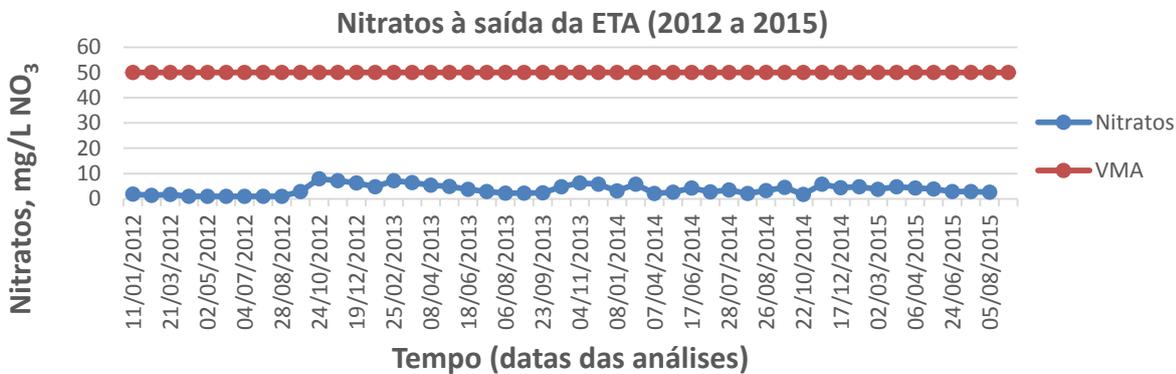
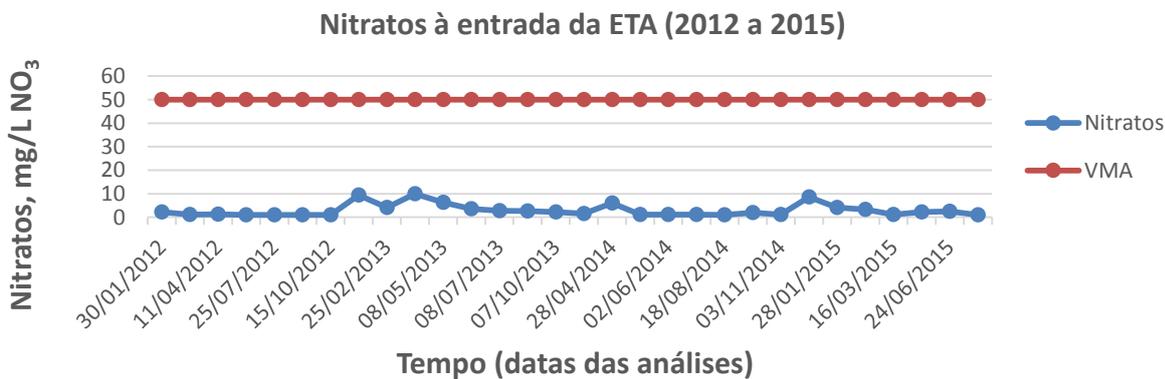
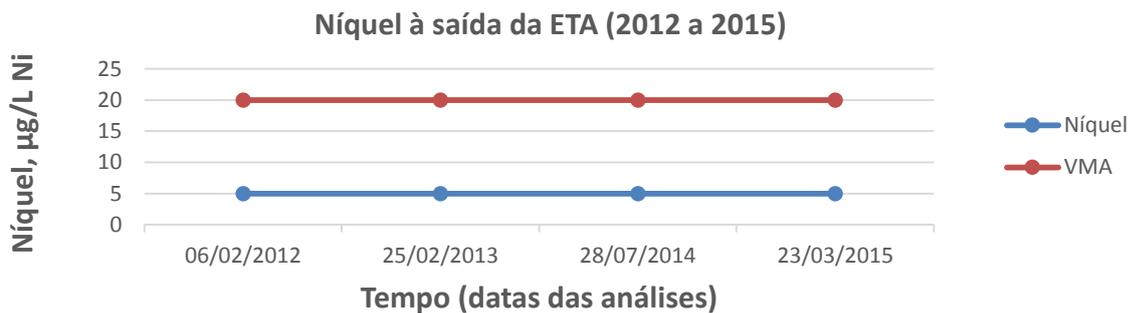


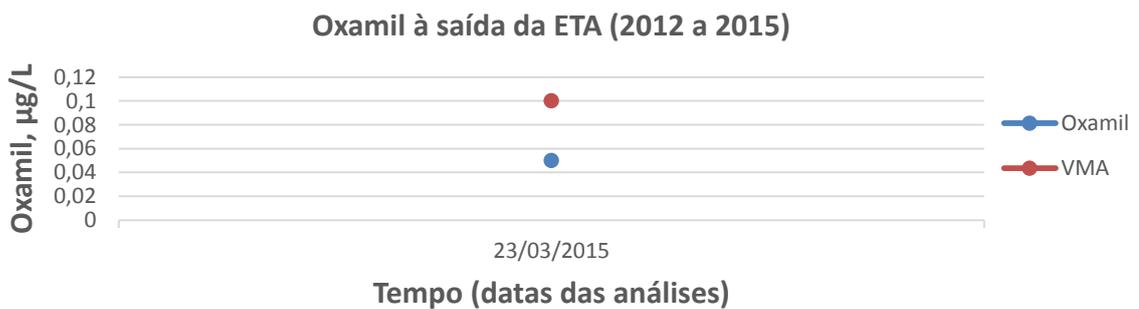
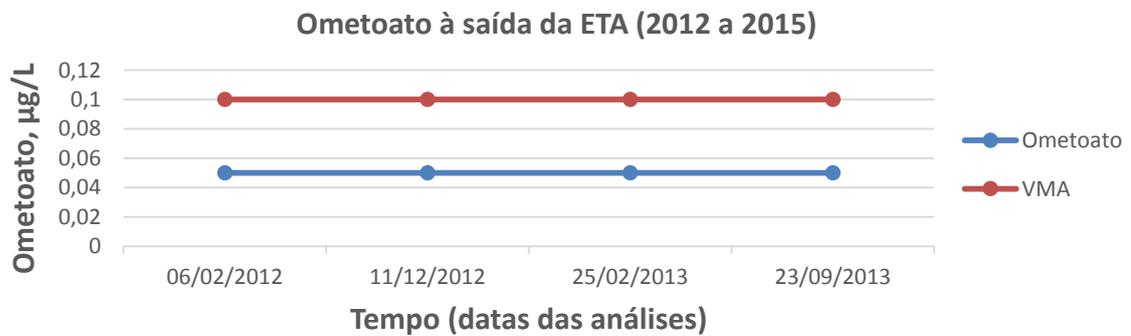
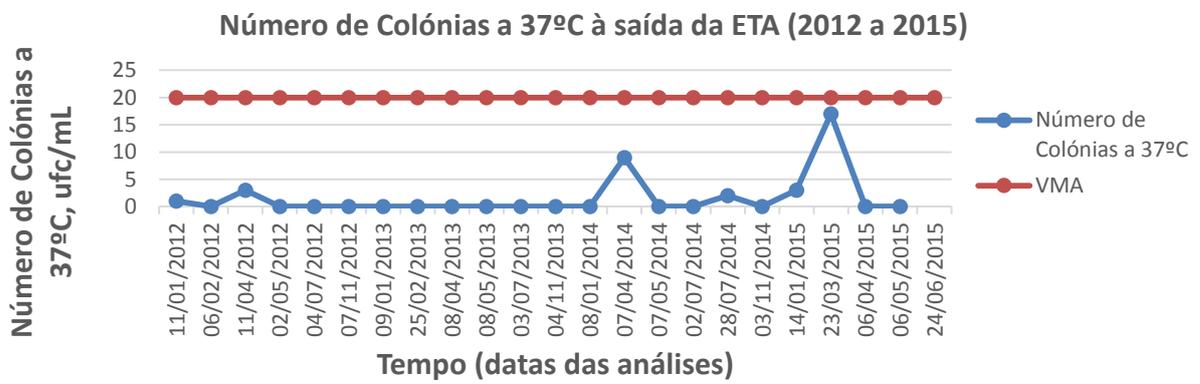
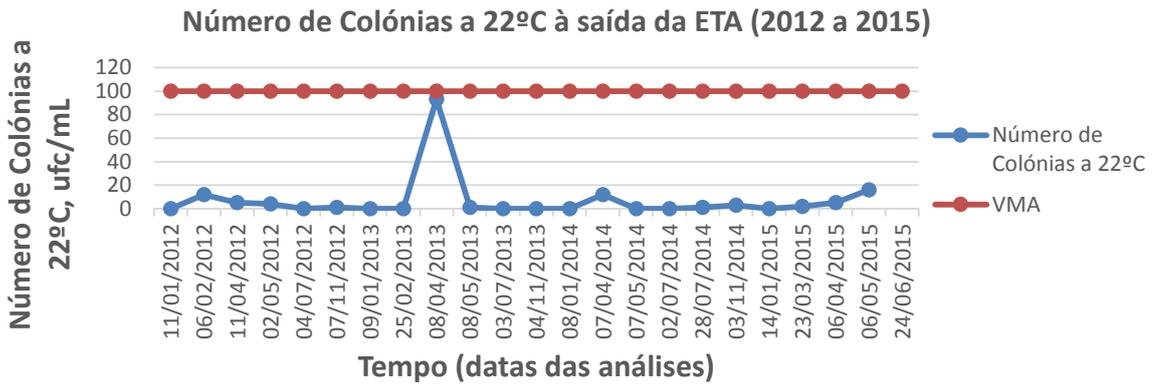


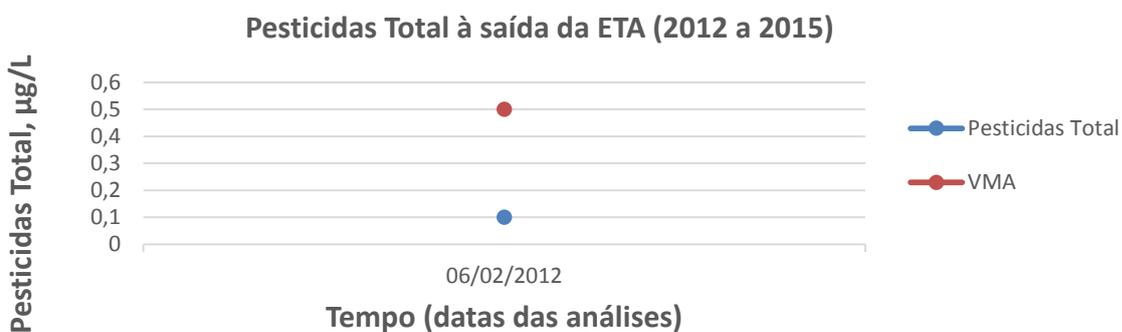
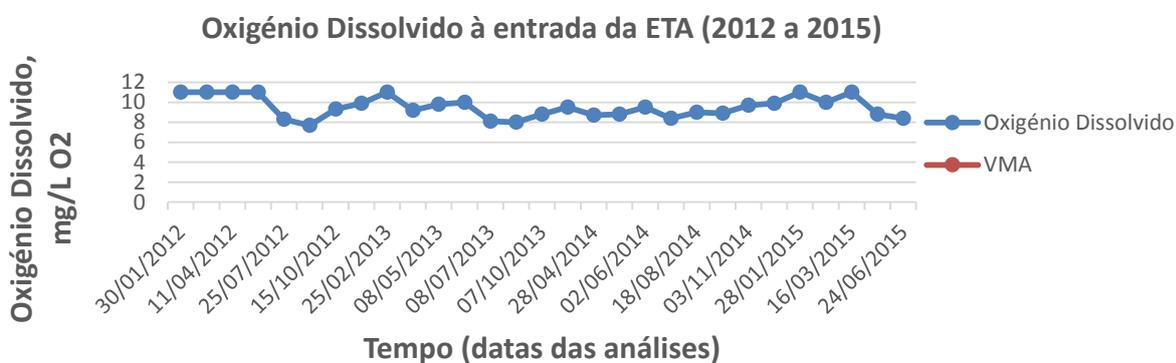
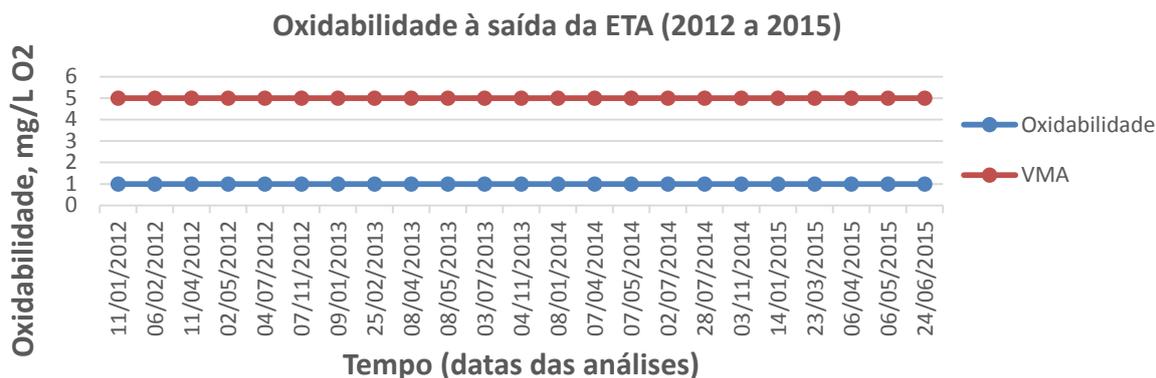


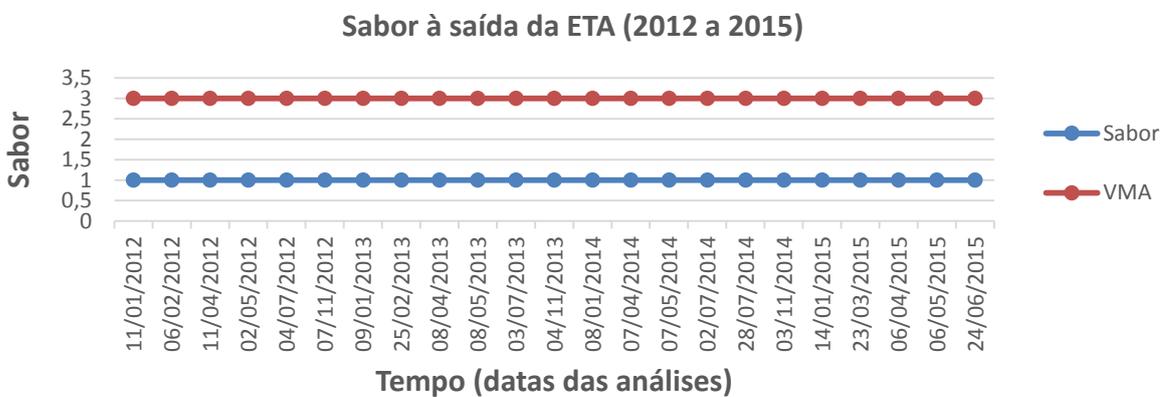
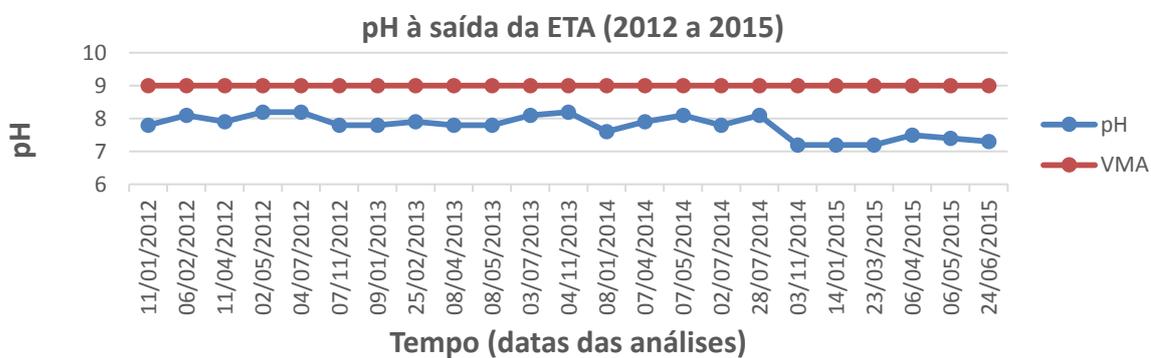
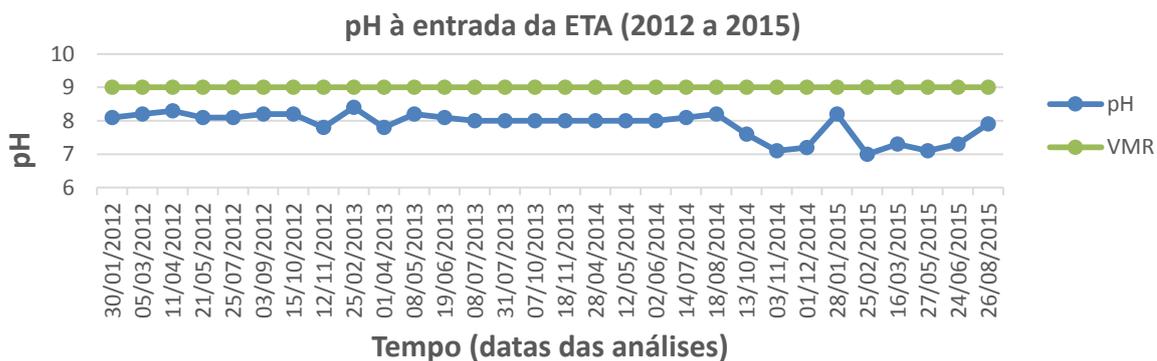


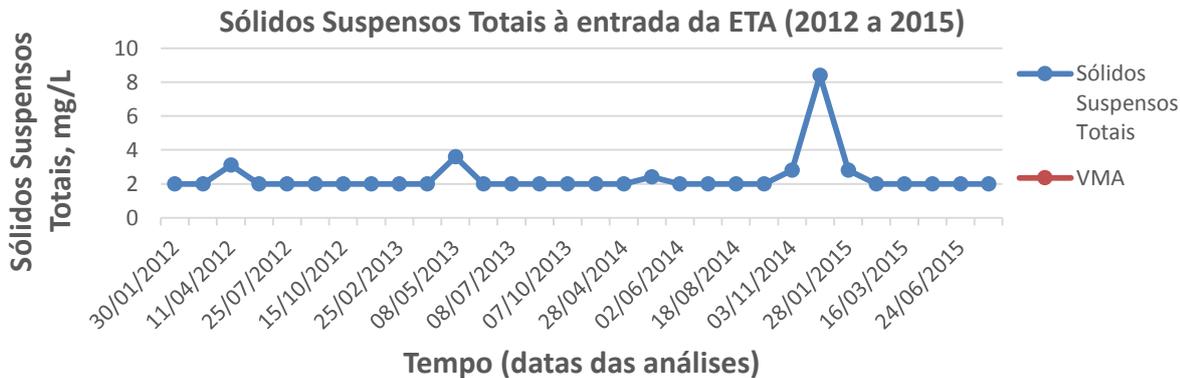
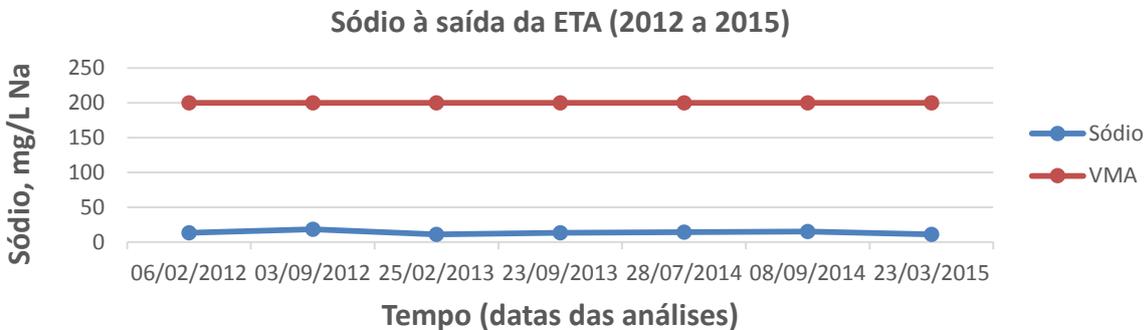
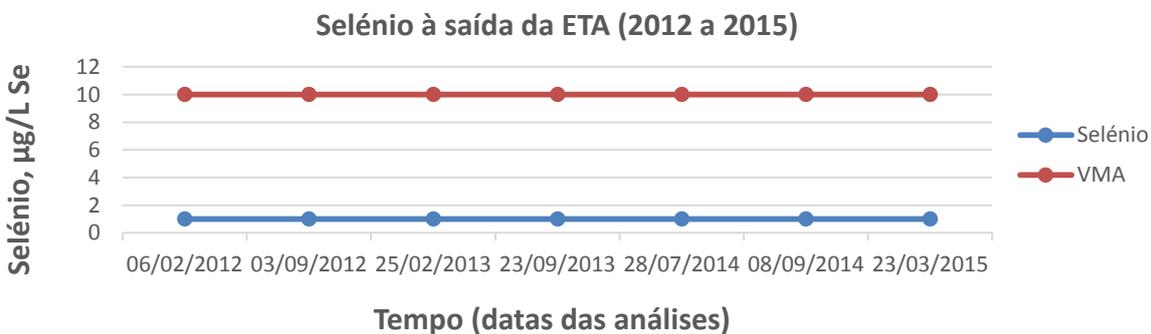
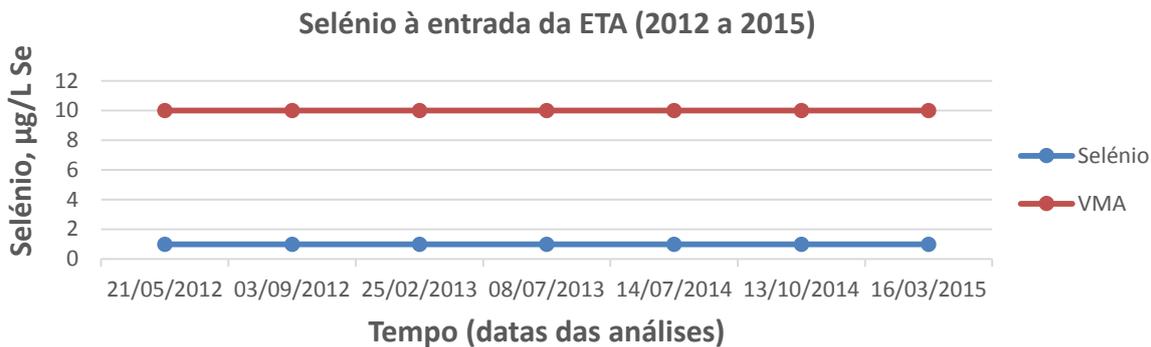


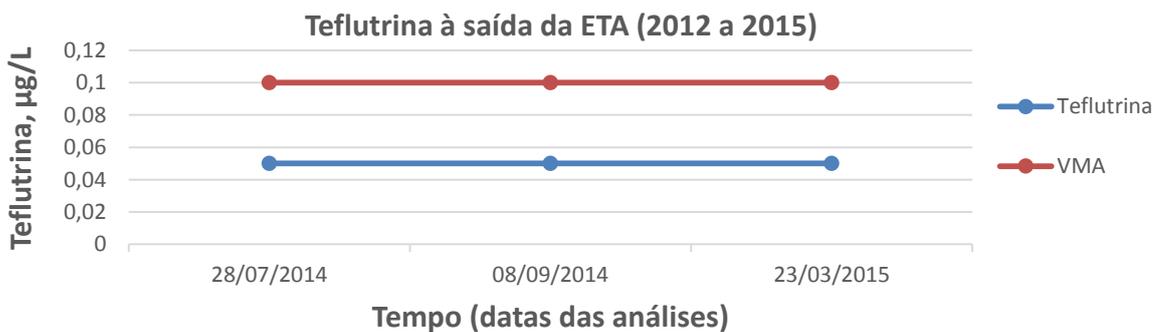
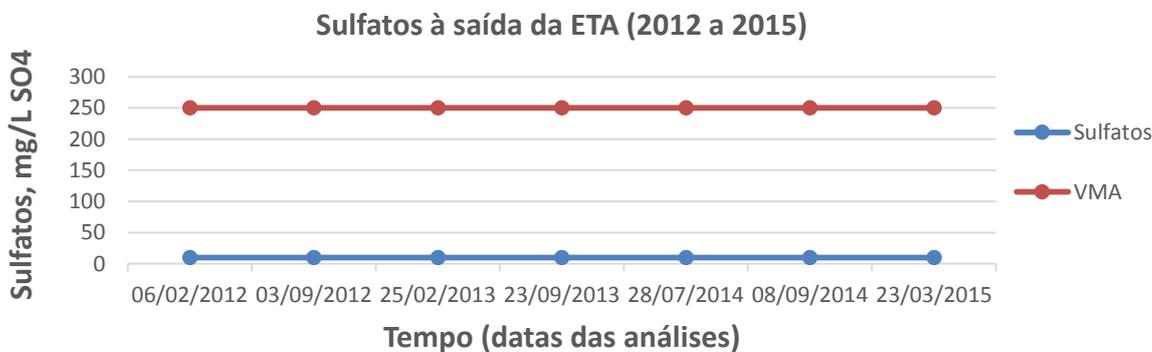
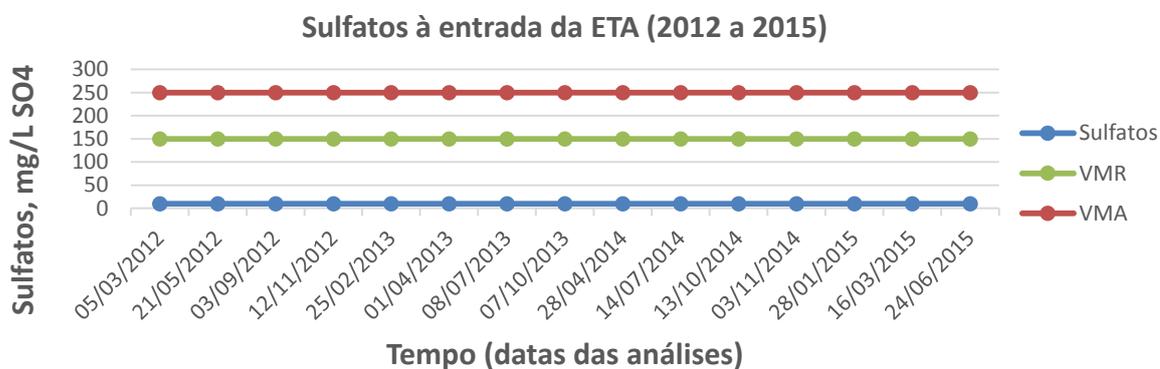
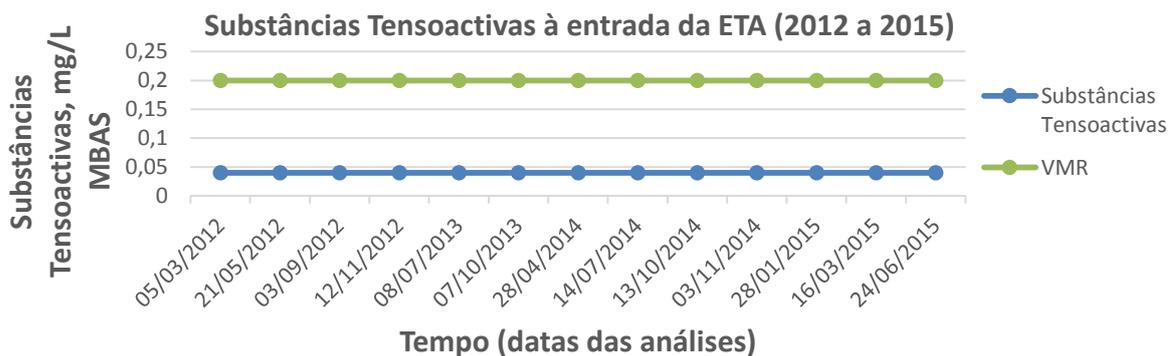


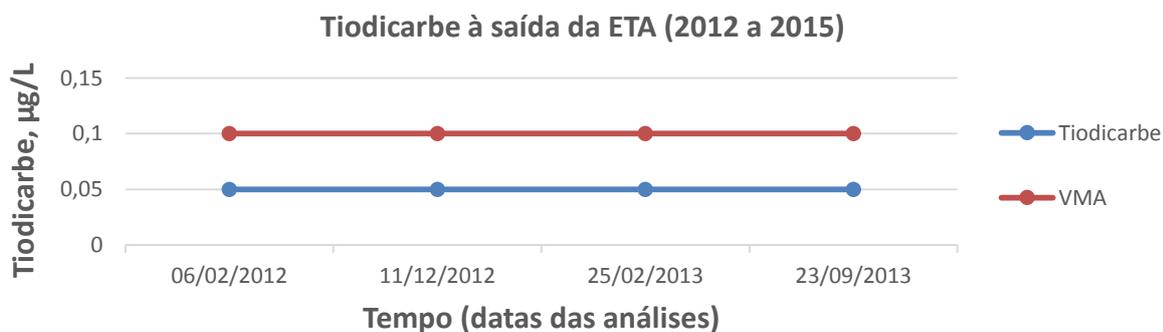
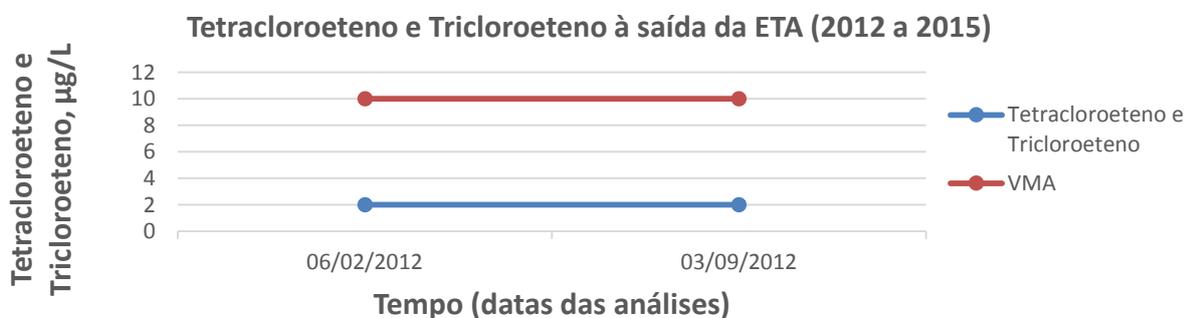
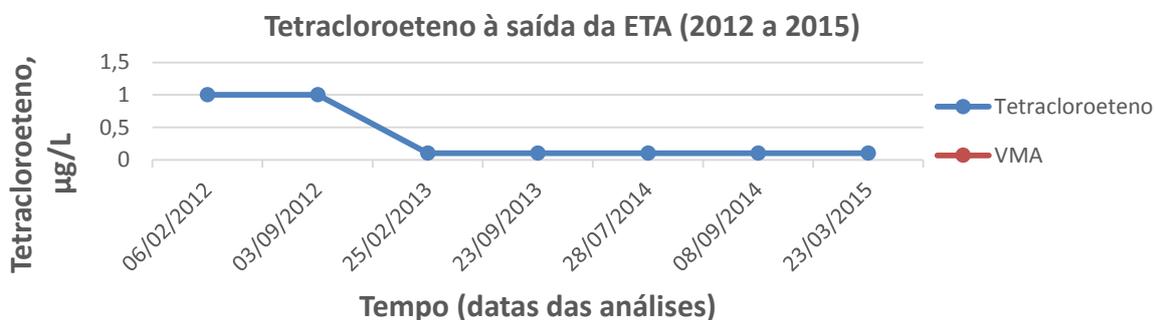
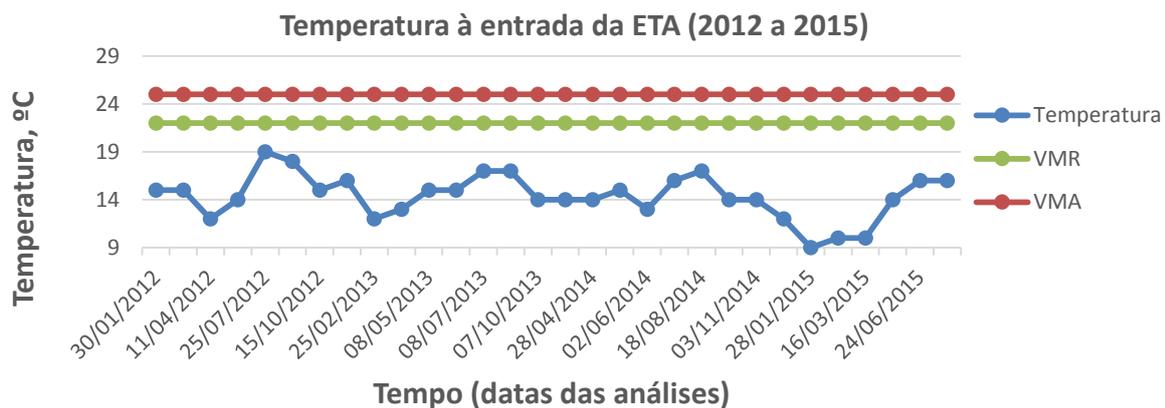


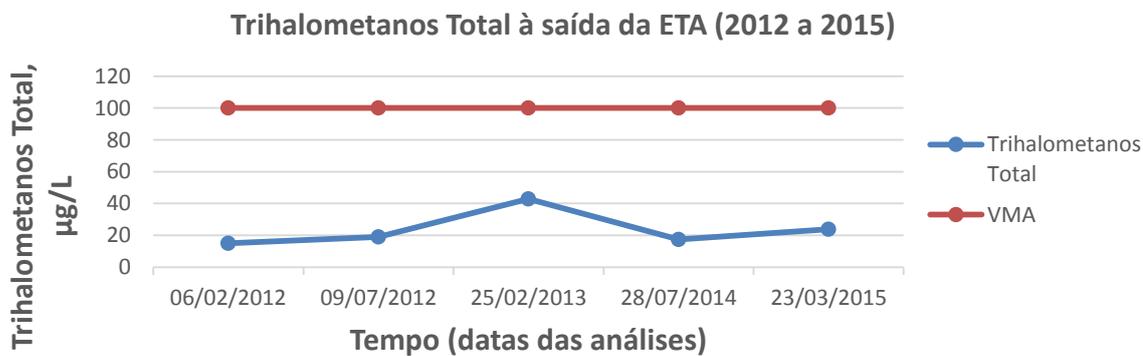
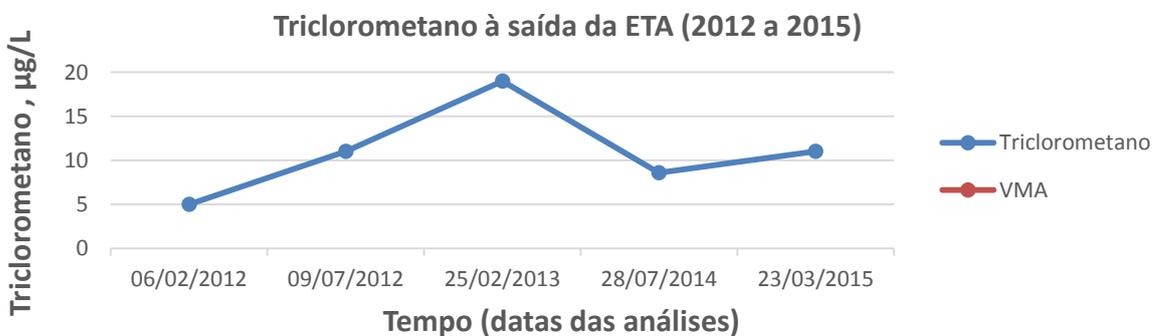
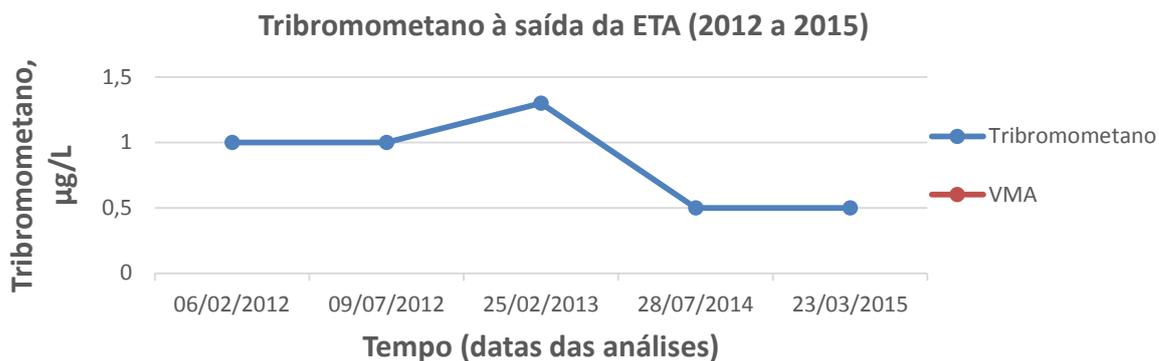




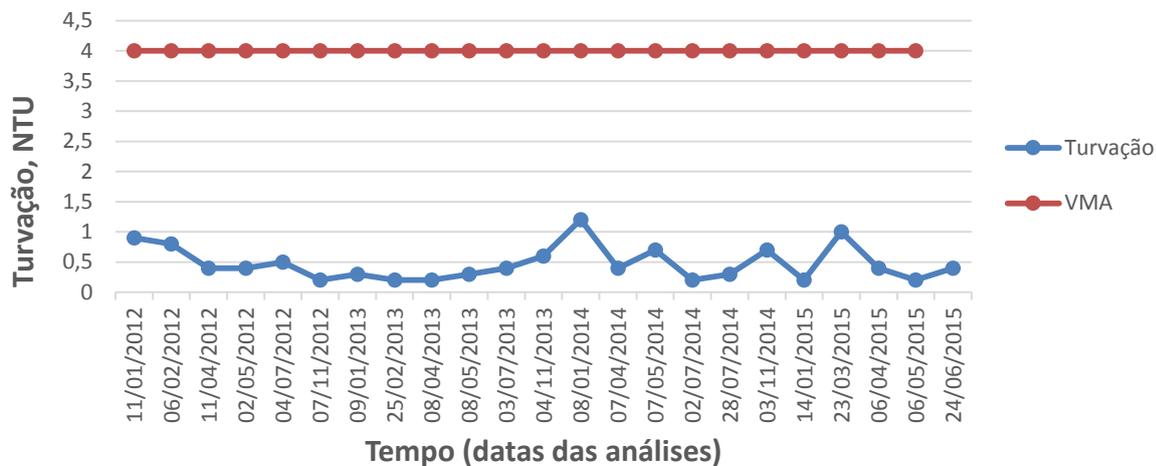








Turvação à saída da ETA (2012 a 2015)



Zinco à entrada da ETA (2012 a 2015)

