

Cristina Maria da Silva Bento

Tratamento de águas para reutilização

Dissertação de Mestrado na área científica de Engenharia Química, orientada por Professora Doutora Rosa Maria de Oliveira Quinta-Ferreira e Engenheiro Miguel Rolinho Clemente apresentada ao Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Março, 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Cristina Maria da Silva Bento

Tratamento de águas para reutilização

Dissertação de Mestrado na área científica de Engenharia Química, orientada por Professora Doutora Rosa Maria de Oliveira Quinta-Ferreira e Engenheiro Miguel Clemente apresentada ao Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Supervisores:

Prof. Dr.^a Rosa Maria de Oliveira Quinta-Ferreira
Eng. Miguel Rolinho Clemente

Instituições:

Departamento de Engenharia Química
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

Rua Sílvio Lima, Pólo II
3030-790 Coimbra
Portugal

Coimbra, 2017



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Esta dissertação resultou de um estágio curricular realizado na BEJAR, Equipamentos Industriais Lda., durante um período de três meses. A autora agradece à BERJAR, Equipamentos Industriais Lda. toda a disponibilidade prestada durante a sua concretização.

*“Tu não podes mudar o vento,
mas pode ajustar as velas do barco para chegar onde queres.”*

Confúcio

*“Eu não falhei,
encontrei 10 mil soluções que não davam certo.”*

Thomas Edison

AGRADECIMENTOS

Esta fase é o culminar de um longo caminho até aqui, a dissertação. Sinto que devo de agradecer, não só a quem esteve ao meu lado no decorrer desta etapa final, mas principalmente a quem esteve comigo desde o início deste percurso.

À minha mãe e ao meu irmão, pois sem dúvida que sem eles não teria conseguido chegar a este ponto. Agradeço-lhes todo o apoio incondicional prestado nas horas da amargura, lembrando-me que tinha de acreditar mais em mim e no fim eu atingiria todos os meus objetivos. Sem vocês eu não estaria aqui hoje, muito obrigado por tudo mãezinha e “*naniko*”.

À minha restante família, que esteve sempre ao meu lado quando mais precisei.

Aos meus padrinhos de praxe, Isa Gomes e André Fernandes por todas as longas conversas que tivemos acerca da vida. Obrigado por todos os desabafos que ouviram e por todos os conselhos que me deram.

Às minhas caloiras, Ângela Cruz, Cátia Pedro e Inês Borges por todos os momentos vividos bons ou maus ajudaram-me a ser mais e melhor. Vocês marcaram-me de uma maneira inexplicável, cada uma à sua maneira. Obrigado caloirinhas.

Às minhas colegas de casa, Ângela Nunes e Sandra Almeida por todos os momentos que passámos, por todas as experiências que me permitiram fazer na varanda. Obrigado por terem cuidado de mim quando precisei.

Aos meus vizinhos, Leonel Gonçalves e Luís Alho por me ouvirem, por cuidarem de mim e por tudo o que me ajudaram, porque além de vizinhos, são grandes amigos.

Aos meus “amigos da terra” Catarina Gomes, Ana Rita Neto, Daniela Filipe, Iolanda Silva e ao Fábio Fonseca, por todas as aventuras nestes últimos anos. Sem dúvida que deram um gosto diferente às minhas idas a casa.

A todos os meus amigos de Coimbra, mas em especial à Daniela Freitas, Mariana Pires, Guida Carvalho, Denise Costa, Mariana Lopes, Carla Miranda, Luiza Lima, Sandra Silva e João Santos por estarem lá sempre para ouvirem alguma parvoíce minha, por me fazerem ver a vida noutra perspetiva, por ouvirem os meus desabafos sobre as amarguras da vida e por toda a força que me deram nesses momentos. Obrigada por nunca me terem permitido desistir de alguma coisa.

Ao meus colegas de laboratório, por todo o companheirismo e disponibilidade que demonstraram ao longo do curto mas intenso percurso no laboratório.

Aos meus orientadores: Professora Rosa Quinta-Ferreira e ao Engenheiro Miguel Clemente, por toda a orientação e força que me deram ao longo deste percurso.

Ao BEST Coimbra por todas as experiências e desafios que me proporcionou. A todos os BESTies que conviveram comigo durante o meu percurso, aos que confiaram em mim, aos que me desafiavam e àqueles que acreditaram em mim.

À BERJAR por todos os conhecimentos adquiridos ao longo percurso e por toda a confiança que depositaram em mim.

A todos vocês,
Muito obrigado por tudo

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo inicial o tratamento de águas residuais de uma indústria têxtil para reutilização. Posteriormente optou-se por uma vertente de aproveitamento genérico de águas para reutilização. Além das águas residuais, trataram-se águas pluviais e cinzentas.

O aproveitamento de águas pluviais é uma prática pouco comum na indústria. O tratamento de águas pluviais desenvolvido baseou-se num caso real conhecido e com sucesso. Após o tratamento obteve-se uma água com pH de 6,8, CQO de 23 mgO₂/L com uma remoção de 65%, SST de 106 mg/L, SDT de 150 mg/L e uma condutividade de 293 µS/cm.

A reutilização de águas cinzentas é uma prática que não existe na indústria em Portugal, tendo em conta que não existem casos conhecidos. O tratamento desenvolvido para esta tipologia de água foi gerado de raiz de modo a ser barato, eficaz e de fácil aplicabilidade. Foram executados quatro testes com diferentes concentrações de H₂O₂, 0, 80, 170 e 255 mg/L, e utilizou-se a mesma concentração de O₃. Foram avaliados os mesmos parâmetros que para as águas pluviais. No final do tratamento os melhores resultados foram obtidos para a concentração de 170 mg/L, com os seguintes valores: pH 5,7, CQO 285 mgO₂/L (remoção de 59%), SST 340 mg/L, SDT 530 mg/L e 581 µS/cm para a condutividade.

Genericamente as águas residuais das indústrias são tratadas de modo a atingir parâmetros válidos para descarga em coletor municipal ou diretamente em meios hídricos. A sua reutilização é uma prática rara. Como nos casos anteriores, o processo de tratamento aqui desenvolvido foi desenhado para conseguir o seu reaproveitamento. Foram realizados dois testes nos quais se manteve a concentração de O₃ e variou-se a concentração de H₂O₂ em 170 e 340 mg/L. O pH obtido no final do processo foi de 8,1 e 7,7. Em relação à CQO atingiu-se valores de 140 e 92 mgO₂/L traduzindo-se em remoções de 69% e 80%. Os SDT atingiram valores de 4993 e 4986 mg/L. Os SST alcançaram valores de 73 e 403 mg/L.

Em suma, os tratamentos desenvolvidos são eficientes tendo em conta os resultados finais apresentados. A água tratada pode ser reutilizada para o processo, mas, não para consumo humano.

Palavras-chave: aproveitamento, reutilização, águas pluviais, águas cinzentas, águas residuais

ABSTRACT

Residual water treatment for a textile industry was the initial purpose of this work. Which later developed into a more generic approach for water reuse. Residual water was treated, as well as pluvial and greywater.

The reuse of rainwater is an uncommon practice in the Portuguese industry. The rainwater treatment developed was based on a real and successful case. After treatment, water parameters were, pH 6.8, COD 23 mgO₂/L (65% of reduction), TSS 106 mg/L, TDS 150 mg/L, and conductivity 293 μS/cm.

The reuse of greywater is an unknown practice in the Portuguese industry, with no registered cases. The greywater treatment was developed to be cheap, effective, and easy to apply. Four tests were executed with different concentrations of H₂O₂, 0, 80, 170, and 255 mg/L, and the same concentration of O₃. Water parameters availed were the same as pluvial water. At the end of treatment, the best results were obtained for the concentration of 170 mg/L, with the following values: pH 5.7, COD 285 mgO₂/L (59% of reduction), TSS 340 mg/L, TDS 530 mg/L, and conductivity 581 μS/cm.

Generally industrial wastewater is treated to reach valid parameters for discharge in municipal collector or directly to water resources. Their reuse is uncommon. As in the cases presented before, treatment was designed to enable their reuse. Two tests were performed, with the same O₃ concentration and the concentration of H₂O₂ being 170 and 340 mg/L. Results were 8.1 and 7.7 for pH, 140 and 92 mgO₂/L for COD, meaning a 69% and an 80% reduction, TDS were 4993 and 4986 mg/L, and TSS were 73 and 403 mg/L.

Developed treatments are efficient, taking in consideration the presented results. Water can be reused for industrial processes but not for human consumption.

Keywords: reuse, rainwater, greywater, residual water, water treatment

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
ÍNDICE	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xvii
LISTA DE ACRÓNIMOS	xix
NOMENCLATURA	xx
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO	1
1.2. OBJECTIVOS	3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. TRATAMENTO DE ÁGUAS	5
2.2. PROCESSOS AVANÇADOS DE OXIDAÇÃO	5
2.2.1. Ozono	6
2.2.2. Peróxido de Hidrogénio	9
2.2.3. Radiação Ultravioleta	9
2.2.4. Processos combinados	9
2.3. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	10
2.4. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS	11
2.5. AROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	11
2.5.1. Indústria Têxtil	12
2.6. REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PARA O PROCESSO	12
3. ESTADO DA ARTE	13
3.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA	13
3.1.1. Águas Pluviais	13
3.1.2. Águas Cinzentas	17
3.2. PROCESSOS DE AVANÇOS DE OXIDAÇÃO	21
4. BERJAR	25
4.1. Normas de segurança e organização no laboratório	25
4.2. Materiais e equipamentos de laboratório	26
4.3. Produtos químicos	27
5. CASO DE ESTUDO - MALHAS SONIX S.A.	29
5.1. Captação de água	29
5.2. Efluente não tratado	30
5.2.1. Análise das Águas Residuais	30

5.3.	Propostas de melhoria.....	32
5.3.1.	Para a estrutura atual.....	32
5.3.2.	Renovação da estrutura atual	32
6.	METODOLOGIAS EXPERIMENTAIS	33
6.1.	Técnicas Analíticas.....	33
6.2.	Processos de tratamento.....	35
6.2.1.	Águas Pluviais	36
6.2.2.	Águas Cinzentas.....	36
6.2.3.	Águas Residuais	38
6.3.	Equipamento utilizado.....	38
7.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	39
7.1.	Águas Pluviais	39
7.1.1.	Calculo da pluviosidade média anual	39
7.1.2.	Cálculos de águas recolhidas	39
7.1.3.	Resultados do processo.....	42
7.2.	Águas Cinzentas.....	43
7.2.1.	Teste 1: O ₃ (3 mg/L).....	43
7.2.2.	Teste 2: O ₃ (3 mg/L) + H ₂ O ₂ (80 mg/L).....	44
7.2.3.	Teste 3: O ₃ (3 mg/L) + H ₂ O ₂ (170 mg/L).....	46
7.2.4.	Teste 4: O ₃ (3 mg/L) + H ₂ O ₂ (255 mg/L).....	47
7.2.5.	Testes: Biotoxicidade e Fitotoxicidade	47
7.3.	Aproveitamento de AP e reutilização de AC	48
7.4.	Águas Residuais	50
7.4.1.	Teste 1: O ₃ (3 mg/L) + H ₂ O ₂ (170 mg/L).....	50
7.4.2.	Teste 2: O ₃ (3 mg/L) + H ₂ O ₂ (340 mg/L).....	51
7.4.3.	Teste: Espectrofotometria UV-Vis	52
7.5.	Integração de águas para o processo.....	53
8.	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	55
9.	BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS.....		61
	ANEXO I – PROCEDIMENTO DE EXPERIÊNCIA.....	63
	ANEXO II – LISTA DE MATERIAIS PARA O LABORATORIO	67
	ANEXO III – FICHA TECNICA DE SEGURANÇA.....	71
	ANEXO IV – LEGISLAÇÃO	83
	ANEXO V - PREVISÕES: CENÁRIO OTIMISTA E CENÁRIO PESSIMISTA.....	85
	ANEXO VI – CÁLCULOS ECONÓMICOS.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONCLUSÃO DO ESTUDO EFECTUADO AO SETOR TÊXTIL (FONTE: ATV).....	2
FIGURA 2 - "BARRAGEM" DE SERRO VENTOSO - APROVEITAMENTO DE AP PARA CONSUMO HUMANO – 1: EIRA; 2: CALEIRA; 3: ENTRADA DE ÁGUA PARA O TANQUE DE CAPTAÇÃO	17
FIGURA 3 - TRATAMENTO DAS ÁGUAS CAPTADAS PELA "BARRAGEM"	17
FIGURA 4 - IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL LABORATORIAL NUM LABORATÓRIO	26
FIGURA 5 - PICTOGRAMAS DOS COMPONENTES QUÍMICOS (FONTE: <i>EUROPEAN CHEMICALS AGENCY</i>)	27
FIGURA 6 - EXPLICAÇÃO DA ROTULAGEM DE UM COMPONENTE QUÍMICO.....	28
FIGURA 7 - ESQUEMA ATUAL DO CIRCUITO DE ÁGUAS DAS MALHAS SONIX S.A.	29
FIGURA 8 - CIRCUITO DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DAS MALHAS SONIX S.A.....	29
FIGURA 9 - CIRCUITO DOS EFLUENTES (QUENTES E FRIOS) DAS MALHAS SONIX S.A.	30
FIGURA 10 - ANÁLISES AO EFLUENTE DAS MALHAS SONIX S.A.: A) TEMPERATURA; B) PH.....	31
FIGURA 11 - ANÁLISES AO EFLUENTE DAS MALHAS SONIX S.A.: A) CQO; B) CBO ₅	31
FIGURA 12 - ANÁLISES AOS SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS DO EFLUENTE DAS MALHAS SONIX, SA	31
FIGURA 13 - PROPOSTA DE MELHORIA: PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS DE TRATAMENTO DE AR, APROVEITAMENTO DE AP E REAPROVEITAMENTO DE AC	32
FIGURA 14 - PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	36
FIGURA 15 - PROCESSOS DE TRATAMENTO PARA AS AC: 1) PROCESSO UTILIZADO APENAS PARA O TESTE 1; 2) PROCESSO UTILIZADO PARA OS RESTANTES TESTES.....	37
FIGURA 16 - PROCESSO DE TRATAMENTO PARA AR	38
FIGURA 17 - PRECIPITAÇÃO REGISTADA NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BARCELOS	40
FIGURA 18 - BALANÇO ENTRE O APROVEITAMENTO DE AP E O GASTO DO SANEAMENTO	41
FIGURA 19 - PREVISÃO DO CENÁRIO OTIMISTA E PESSIMISTA PARA O APROVEITAMENTO DE AP DE MARÇO 2017 A FEVEREIRO DE 2019.....	41
FIGURA 20 - ÁGUAS PLUVIAIS: A) PH; B) CQO (À ESQUERDA) E REMOÇÃO DO CQO (À DIREITA).....	42
FIGURA 21 - ÁGUAS PLUVIAIS: SST E SDT	43
FIGURA 22 - ÁGUAS PLUVIAIS: A) TESTE DE FITOTOXICIDADE; B) TESTE DE BIOTOXICIDADE.....	43
FIGURA 23 - RESULTADOS DO TESTE 1, ÀS AC: A) PH; B) MEDIÇÃO DO CQO (À ESQUERDA) E REMOÇÃO DO CQO (À DIREITA)	44
FIGURA 24 - RESULTADOS DO TESTE 1, ÀS AC: A) SST E SDT; B) CONDUTIVIDADE	44
FIGURA 25 - RESULTADOS DO TESTE 2, ÀS AC: A) PH; B) MEDIÇÃO DO CQO (À ESQUERDA) E REMOÇÃO DO CQO (À DIREITA); C) SST E SDT; D) CONDUTIVIDADE.....	45
FIGURA 26 - RESULTADOS DO TESTE 3 ÀS AC: A) PH; B) MEDIÇÃO DO CQO (À ESQUERDA) E REMOÇÃO DO CQO (À DIREITA); C) SST E SDT; D) CONDUTIVIDADE	46
FIGURA 27 - RESULTADOS DO TESTE 4, ÀS AC: A) PH; B) MEDIÇÃO DO CQO (À ESQUERDA) E REMOÇÃO DO CQO (À DIREITA); C) SST E SDT; D) CONDUTIVIDADE.....	47
FIGURA 28 - COMPARAÇÃO ENTRE TODOS OS TESTES DAS AC: A) BIOTOXICIDADE; B) FITOTOXICIDADE.....	48
FIGURA 29 - PREVISÃO DO CENÁRIO OTIMISTA E PESSIMISTA PARA O APROVEITAMENTO DE AP E RECIRCULAÇÃO DE AC DE MARÇO 2017 A FEVEREIRO DE 2019	48
FIGURA 30 - GASTOS ECONÓMICOS COM TRÊS CENÁRIOS: 1) SEM APROVEITAMENTO AP, 2) COM APROVEITAMENTO AP, 3) COM APROVEITAMENTO DE AP E REUTILIZAÇÃO DE AC	49
FIGURA 31 - RESULTADOS DO TESTE 1, ÀS AR: A) PH; B) MEDIÇÃO DO CQO (À ESQUERDA) E REMOÇÃO DO CQO (À DIREITA); C) SST E SDT	50
FIGURA 32 - RESULTADOS DO TESTE 1, ÀS AR: A) BIOTOXICIDADE; B) FITOTOXICIDADE	50
FIGURA 33 - RESULTADOS DO TESTE 2, ÀS AR: A) PH; B) MEDIÇÃO DO CQO (À ESQUERDA) E REMOÇÃO DO CQO (À DIREITA); C) SST E SDT	51
FIGURA 34 - RESULTADOS DO TESTE 2, ÀS AR: A) BIOTOXICIDADE; B) FITOTOXICIDADE	51
FIGURA 35 - ABSORBÂNCIA AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DAS AR: A) TESTE 1; B) TESTE2.....	52
FIGURA 36 - AMOSTRA RECOLHIDAS DOS TRATAMENTOS ÀS AR TRATADAS.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ESPÉCIES MAIS OXIDATIVAS CONHECIDAS.....	6
TABELA 2 - PROPRIEDADES DO OZONO	6
TABELA 3 - INTERAÇÕES DOS MATERIAIS COM O OZONO	8
TABELA 4 - EFEITOS DAS CONCENTRAÇÕES DE OZONO PARA OS SERES VIVOS	9
TABELA 5 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DAS ÁGUAS CINZENTAS NUMA HABITAÇÃO POR HABITANTE.....	11
TABELA 6 - TAXA DE REJEIÇÃO CONSOANTE O TIPO DE CORANTE APLICADO.....	12
TABELA 7 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ÀS ÁGUAS PLUVIAIS (CHYS ET AL. 2013).....	15
TABELA 8 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA ÁGUAS PLUVIAIS (MOREIRA NETO ET AL. 2012).....	16
TABELA 9 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA ÁGUAS CINZENTAS (YU ET AL. 2015).....	19
TABELA 10 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA ÁGUAS CINZENTAS (HYUN ET AL. 2016).....	20
TABELA 11 - COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO DA LITERATURA RELATIVAMENTE A AOP's.....	22
TABELA 12 - COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO DA LITERATURA RELATIVAMENTE A AOP's (CONTINUAÇÃO).....	23
TABELA 13 - IDENTIFICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS NO LABORATÓRIO.....	26
TABELA 14 - DETERMINAÇÃO DOS RESULTADOS DA FITOTOXICIDADE.....	34
TABELA 15 - CONCENTRAÇÕES UTILIZADAS E PROCESSOS UTILIZADOS	36
TABELA 16 - TESTES REALIZADOS ÀS AR	38
TABELA 17 - CARACTERIZAÇÃO DO GERADOR DE OZONO	38
TABELA 18 - PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BARCELOS DE 2000 A 2010	39
TABELA 19 - CONSUMOS MÉDIOS DE ÁGUA PARA UTILIZAÇÃO DE SANITÁRIOS E UTILIZAÇÕES MÉDIAS DIÁRIAS POR TRABALHADOR	40
TABELA 20 - TARIFAS COBRADAS PELAS ÁGUAS DE BARCELOS, S.A.....	49
TABELA 21 - INTEGRAÇÃO DAS ÁGUAS UTILIZADAS NAS MALHAS SONIX S.A.	53
TABELA 22 - LISTA DE MATERIAL PARA O LABORATÓRIO.....	67

LISTA DE ACRÓNIMOS

AB – Águas de Barcelos S.A

AC – Águas Cinzentas

ADN – Ácido Desoxirribonucleico

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

AOP – *Advanced Oxidation Processes*, Processos Avançados de Oxidação

AP – Água Pluviais

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AR – Águas Residuais

BKBR – *Synozol blue KBR* (corante)

C – Coeficiente de Escoamento

CBO - Carência Bioquímica de Oxigénio

CM – Coletor Municipal

CO – Cenário Otimista

COT – Carbono Orgânico Total

CP – Cenário Pessimista

CQB – Carência Química de Oxigénio

GP – Governo Português

H₂O₂ – Peroxido de hidrogénio

IG – Índice de Germinação

m.o. – Microrganismos

MBBR – *Moving bed biofilm reactor*, Reator de biofilme com leito móvel

MS – Malhas Sonix S.A.

O₃ – Ozono

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

PGRH – Planos de Gestão da Região Hidrográfica

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

RB5 – *Setazol Black DP* (corante)

RK3BS – *Synozol Red K-3BS₁₅₀* (corante)

SAAP – Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SPRAC – Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas

SST – Sólidos Suspensos Totais

UV – Radiação Ultravioleta

VMA – Valores Máximos Admitidos

VMR – Valor Máximo Recomendado

YKHL – *Synozol Yellow KHL* (corante)

NOMENCLATURA

A – área de captação, m²

D – altura de pluviosidade a desviar, mm

D_d – volume desviado nas primeiras chuvas, L

P – altura da precipitação acumulada no período considerado, mm

ppm – partes por milhões

V_a – volume anual de água aproveitável, L

η_f – eficiência da filtragem

λ – Comprimento de onda, n

1. INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO

A superfície do Planeta Terra é coberta por 71% de água, desta água cerca de 96,54% são relativos a oceanos e mares, 1,74% a calotes polares e glaciares, 1,69% é água subterrânea e apenas 0,03% é própria para consumo humano (U.S. Geological Survey 2014). Atendendo ao crescimento da população mundial, a água disponível para consumo humano vai-se tornar cada vez mais escassa. Torna-se cada vez mais importante e imperativo tratar e reutilizar a água que é usada pela atividade humana.

Portugal apresenta, no geral, escassez reduzida de água (Agência Portuguesa do Ambiente 2015), por isso é necessário pensar a médio e longo prazo na poupança e na sua reutilização. O Governo Português (GP) em conjunto com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) desenvolveu e aprovou um conjunto de medidas que resultaram em dois planos nacionais e um plano estratégico. O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) que começou a ser implementado em 2012 (Agência Portuguesa do Ambiente 2001) e o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) que começou em 2000, foi dividido em três fases encontrando-se atualmente na última (Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos 2016). Ambos irão terminar em 2020 e têm como objetivo melhorar a qualidade da água e otimizar a sua utilização. Por último, Planos de Gestão da Região Hidrográfica (PGRH) (Agência Portuguesa do Ambiente 2016), estes planos estão divididos por regiões que contêm uma ou mais bacias hidrográficas. Têm como objetivos proteger as águas (superficiais, subterrâneas e das zonas protegidas) evitando a decadência da sua qualidade devido à emissão/descarga de poluentes para os meios hídricos, pelos diversos sectores.

O PNEUA 2020 tem como uma das metas reduzir os gastos de água no sector agrícola, urbano e industrial, para 35%, 20% e 15%, respetivamente. O sector da indústria apresenta a meta mais ambiciosa considerando que, em 2009 o gasto de água apresentou-se em 22,5%, representando uma redução em 7,5%. Enquanto que o sector urbano aponta para uma redução de 5% e o sector da agricultura de 2,5%. O PNEUA apresenta as medidas que devem ser adotadas em situação normal e em situação de seca. As medidas aqui descritas devem ser adotadas até 2020 a fim de atingir os seus objetivos. Além das medidas apresentadas pelo PNEUA devem ser aplicadas outras estratégias como o aproveitamento de água pluviais (AP) e o reaproveitamento de águas cinzentas (AC) e águas residuais (AR) dentro da própria indústria.

A indústria em Portugal está distribuída nos mais diversos sectores. A indústria transformadora representa cerca de 6% das empresas em Portugal. Dentro deste sector, a indústria têxtil representa 5%. A indústria têxtil está subdividida em vários setores como ficção, tecelagem, tricotagem, tinturaria, estamparia, acabamentos e texturização. Consoante o sector, para a produção de um quilograma de produto pode-se gastar entre 18 a 314 litros de água consoante o processo em que o produto está

INTRODUÇÃO

inserido (MATOS J. 2011). Estes níveis de consumo de água atualmente não são aceitáveis, por isso é necessário arranjar estratégias como as acima referidas para conseguir atenuar os gastos e os impactos ambientais como aproveitamento de AP e aproveitamento de AC e AR.

Segundo um estudo feito pela Associações Têxtil e Vestuário de Portugal (ATV), dentro das indústrias têxteis cerca de 58% têm captação de água do poço, 32% do rio e 10% da água da rede municipal, como demonstra a **Figura I**. Da água captada cerca de 77% efetuam tratamentos à água. Cerca de 46% das empresas revelam que têm problemas de abastecimento devido à seca. Apenas 46% revelaram ter projetos para diminuir o consumo de água. O reaproveitamento de água para reduzir o consumo de água é efetuado por 69% das empresas inquiridas e 77% dizem ter estação de tratamento de água dentro da própria indústria. Quando questionadas sobre quais as recomendações, 31% revelaram que era importante ter equipamentos com melhores eficiências nos consumos, 29% dizem que é importante desenvolver processos de redução de consumo e de reaproveitamento de águas e 25% admitem que é necessário os colaboradores terem consciência da racionalização da água (Eduardo Pereira; Carlos Pontes Bento; Júlia Brito; Tiago Santos 2012).

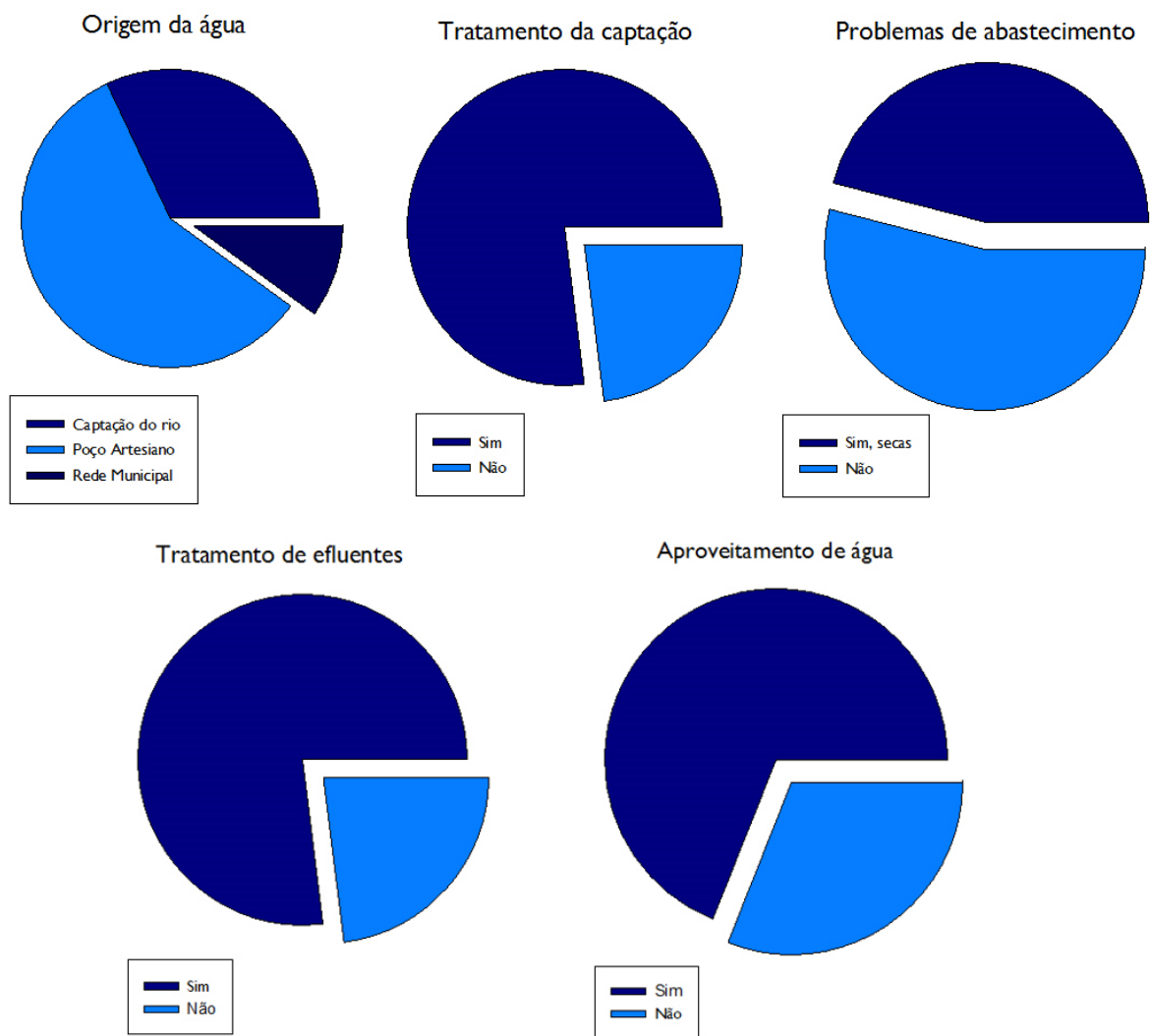


Figura I - Conclusão do estudo efectuado ao setor têxtil (fonte: ATV)

Este estudo, no geral, revelou e reforça que é necessário reduzir os consumos de água. Soluções que passam por arranjar estratégias para evitar os problemas no abastecimento de água, e reaproveitar a água já utilizada em processos. Como anteriormente referido as estratégias podem passar por: aproveitar as AP e reaproveitar as AC e AR.

As AP podem conter algum tipo de resíduos sólidos (folhas secas, ramos de árvores, entre outros) e microrganismos, devido ao arrastamento até ao depósito, e como tal devem ter tratamento antes de serem utilizadas.

As AC são provenientes dos lavatórios, máquinas de lavar (roupa e louça) e banheiras. Estas águas necessitam de tratamentos, uma vez que possuem surfactantes, sais, tensoativos, resíduos sólidos, microrganismos, entre outros. Devem, portanto, ser tratadas a fim de estarem em condições de utilização.

As AR na indústria têxtil apresentam uma elevada toxicidade e baixa biodegradabilidade devido aos corantes não fixados, agentes ativos de superfície, agentes fixadores de cor e detergentes que são utilizados durante todo o processo de fabrico do tecido. Como tal as AR devem ser tratadas de modo a conseguir uma qualidade que se adegue para reposição no processo.

Os processos de tratamento de água dividem-se em quatro categorias: pré-tratamento, tratamento primário, secundário e terciário. Consoante as características do tipo de água a tratar será aplicado um sistema de tratamento diferente, no entanto, todos os sistemas de tratamento terão uma etapa de Processos Avançados de Oxidação (PAO ou AOP).

Os AOP's são uma tecnologia emergente no tratamento de águas e AR. A tecnologia AOP consegue degradar poluentes orgânicos persistentes e refratários a tratamento convencionais. Dentro desta categoria inserem-se tratamentos com ozono (O_3), peróxido de hidrogénio (H_2O_2), luz ultravioleta (UV), *Fenton*, dióxido de titânio e ultrassons. Este trabalho incidirá em AOP's de O_3 e H_2O_2 no tratamento de águas.

1.2. OBJECTIVOS

Este trabalho pretende desenvolver estratégias de aproveitamento e reutilização de águas, com fim à redução do consumo de água potável em unidades industriais, por via da reintrodução no processo fabril de águas tratadas, redução de custos de operação relacionados com o consumo de água e redução dos impactos ambientais provocados pelo consumo excessivo de água. Serão desenvolvidos tratamentos específicos de acordo com a tipologia das águas. A água irá ser caracterizada entre as etapas de tratamento a que irá ser sujeita. Os processos de tratamentos desenvolvidos passarão por uma fase de AOP's como foi referido na secção 1.1 deste trabalho. Serão testadas várias concentrações H_2O_2 para os vários tipos de água tratadas.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho encontra-se dividido em oito capítulos. No primeiro capítulo são definidos a motivação e os objetivos do trabalho. No segundo capítulo são referidos alguns processos de tratamento de águas, assim como alguns processos de oxidação avançados. É também abordada a temática do aproveitamento de águas pluviais, cinzentas e residuais. É discutido o tema do reaproveitamento das mesmas para o processo. No terceiro capítulo é abordado o estado de arte onde são referidos estudos feitos relativamente à utilização de processos avançados de oxidação, tratamento de águas pluviais, cinzentas e residuais. No quarto capítulo deste trabalho serão abordadas normas de segurança e organização de um laboratório que irá ser criado nas instalações da BERJAR. No quinto capítulo é descrito o caso que está em estudo neste trabalho. No sexto capítulo são descritas as técnicas analíticas, bem como processos de tratamento desenvolvidos para as diferentes tipologias de água. No sétimo capítulo, os resultados são analisados e discutidos. Por último, no oitavo capítulo são tiradas as conclusões inerentes a todo o trabalho, assim como, propostas de trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. TRATAMENTO DE ÁGUAS

Os tratamentos de água, como referido anteriormente, (na secção 1.1) têm quatro categorias: pré-tratamento, tratamento primário, secundário e terciário.

O pré-tratamento serve para retirar os elementos mais grosseiros do efluente como a gradagem, equalização e separação de óleos.

O tratamento primário ajuda a reduzir os sólidos suspensos e parte da matéria orgânica em suspensão. O tratamento primário pode ser dividido em duas partes: físico e químico. O tratamento primário físico tem tratamentos como sedimentação e flotação. O tratamento primário químico inclui processos como neutralização, precipitação química, coagulação e floculação.

O tratamento secundário ou tratamento biológico tem como objetivo a remoção de matéria orgânica (dissolvida e em suspensão). Este tipo de tratamento apresenta os seguintes processos: lamas ativadas, lagoas arejadas, filtros de percolação, lagoas anaeróbias e lagoas de estabilização.

O tratamento terciário serve para remover poluentes específicos ou matéria orgânica resistente. Os processos que estão envolvidos nesta etapa são: processos baseados em membranas, adsorção em carvão ativado, permuta iónica, nitrificação e desnitrificação, desinfecção e processos avançados de oxidação (AOP).

2.2. PROCESSOS AVANÇADOS DE OXIDAÇÃO

Os processos avançados de oxidação têm como objetivo ser tratamento em condições ambiente, envolve a geração de espécies radicalares altamente reativas e com alta capacidade oxidante, como radicais hidroxilo ($\text{HO}\cdot$). A **Tabela I** apresenta os valores oxidativos de várias espécies (Legrini, Oliveros, e Braun 1993).

Os radicais hidroxilo são gerados através da decomposição de ozono (O_3), peróxido de hidrogénio (H_2O_2) e oxidação foto catalítica através de luz ultravioleta (UV). O grande poder oxidativo e a baixa seletividade dos radicais hidroxilo promove a degradação de matéria orgânica, compostos aromáticos, composto refratários, composto calcinantes, detergentes e pesticidas.

Tabela 1 - Espécies mais oxidativas conhecidas

Espécie	E° (V 25°C)
Fluor	3,03
Radical de hidroxilo	2,80
Oxigénio (molecular)	2,42
Ozono	2,07
Peróxido de hidrogénio	1,78
Radical hidroperóxido	1,70
Dióxido de cloro	1,57
Ácido hipocloroso	1,49
Ácido hipoiódoso	1,45
Cloro	1,36
Bromo	1,09
Iodo	0,54

2.2.1. Ozono

O ozono foi identificado pela primeira vez, em 1839, pelo químico Christian Friedrich Schönbein, tendo este dedicando toda a sua vida ao estudo do ozono (Rubin 2001).

Ozono é uma molécula triatómica de oxigénio, triangular tendo o ângulo da ligação 116,8° e o seu comprimento de 0,1287nm, altera entre uma ligação dupla e simples, possuindo assim uma estrutura híbrida. Sendo o primeiro oxidante comercial mais forte conhecido, sendo conhecido também, como um poderoso desinfetante (Guzel-Seydim, Greene, e Seydim 2004). A **Tabela 2** apresenta outras características do ozono.

Tabela 2 - Propriedades do ozono

Propriedades	Valores
Peso molecular	48,00 g.mol ⁻¹
Ponto de ebulição	-251 °C
Ponto de fusão	-112 °C
Pressão crítica	54.62 atm
Densidade crítica	436 kg.m ⁻³
Temperatura crítica	-12,1 °C
Calor de vaporização ^{a)}	2,980 cal.mol ⁻¹
Energia livre de vaporização ^{b)}	38,860 cal.mol ⁻¹
Calor de formação ^{b)}	33,880 cal.mol ⁻¹

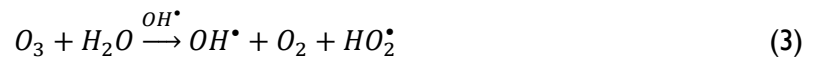
a) à temperatura de ebulição; b) 1atm e 25°C

O ozono pode ser produzido de três formas: oxigênio molecular exposto a luz ultravioleta, eletrólise de HClO₄ (ácido perclórico) e descarga eletroquímica. Esta última é a mais eficiente e a mais utilizada nos ozonizadores comerciais.

No método da descarga eletroquímica, mais conhecido por descarga de corona, o ar ou oxigênio puro passa por dois elétrodos com uma diferença de potencial e o ozono é formado. O rendimento é maior quando o oxigênio puro é utilizado, apresentando um rendimento de 6-14% [m/m], contra os 1-4% [m/m] quando utilizado ar.



O ozono é gerado *in situ* uma vez que não pode ser armazenado devido à sua instabilidade e reatividade. Quando inicia a sua decomposição em água, o ozono transforma-se em radicais de hidroxilo e oxigênio molecular.



Os compostos orgânicos e inorgânicos podem ser oxidados durante a ozonização por duas vias: direta ou indireta. A via direta ocorre predominantemente em pH ácido com oxigênio molecular. A via indireta ocorre predominantemente em pH básico com os radicais de hidroxilo. A reação que ocorre pela via direta é seletiva porque reage com determinados grupos funcionais específicos (OH, CH₃, OCH₃), com compostos que possuam ligações duplas (grupos cromóforos), e átomos que apresentem cargas negativas (P, N, O e S). A reação que ocorre por via indireta, não é seletiva e promove uma reação mais rápida que a via indireta. (Almeida, Regina, e Aparecida 2004; Kusic, Koprivanac, e Bozic 2006).

O ozono, devido ao seu poder oxidante, é um poderoso desinfetante uma vez que tem a capacidade de destruir a parede celular dos microrganismos, decompondo-se em oxigênio. Este melhora os processos de floculação e coagulação acabando por melhorar a filtração. Por outro lado, como tem um grande poder oxidante, facilmente oxida e degrada material e metais. Deste modo, é necessário ter em atenção quais os materiais que têm resistência ao ozono para não serem degradados (Postma 2013). A **Tabela 3** apresenta a interação (excelente, boa, fraca e muito fraca) entre o ozono e outros materiais.

Tabela 3 - Interações dos materiais com o ozono

Excelente	Boa	Fraca	Muito fraca
Flurosilicone	Bronze	Acetal	Borracha natural
Policloreto de vinilo clorado	Cobre	Aço galvanizado	Magnésio
Tetrafluoroetileno	Poliacrilato	Ferro fundido	Nylon
Titânio	Poliétileno de baixa densidade	Monel	Plásticos reforçados com fibra
Vidro	Polissulfeto	Poliamida	Zinco

O tratamento de águas residuais é uma das áreas em que o ozono começa a ganhar bastante destaque. Além de todas as propriedades referidas anteriormente, a sua utilização promove a redução do CQO (Carência Química de Oxigénio), CBO (Carência Bioquímica de Oxigénio), SST (Sólidos Suspensos Totais), odor e cor. (Bilinska, Gmurek, e Ledakowicz 2015; Castro, Bassin, e Dezotti 2016; Lee et al. 2008; Wu et al. 2016). Estes parâmetros, geralmente, estão fora da gama dos Valores Máximos Admitidos (VMA) pela legislação.

Com estas características, o ozono torna-se uma molécula de apelativa utilização e enorme aplicabilidade. A sua utilização tem vindo a crescer e as áreas de aplicação são cada vez mais variadas.

Na indústria alimentar (Varga e Szigeti 2016) é aplicado desde a recolha (Sohaib et al. 2016), processamento (Tiwari et al. 2010), desinfeção (Alexopoulos et al. 2013; Perry e Yousef 2011), conservação (Yüceer, Aday, e Caner 2016) e armazenamento (Isikber e Athanassiou 2015), nos mais variados produtos alimentares frutícolas e hortícolas. A sua utilização tem vindo a crescer na indústria vinícola, na aquacultura e na pecuária. É também utilizado na indústria dos biocombustíveis, produção de semicondutores, produção e transformação de pasta e papel, principalmente como desinfetante. Além disso, é utilizado na indústria farmacêutica para eliminação de compostos que possam causar danos à saúde humana. Na medicina é usado para desinfetar e tratar doenças com as mais diversas patologias (Berjar Equipamentos Industriais Lda).

Apesar de todas as vantagens aqui apresentadas relativas à utilização do ozono, é necessário ter em consideração a sua interação para com os seres vivos e o ser humano. O ozono é um gás à temperatura ambiente. Devido ao seu poder oxidativo a baixas concentrações torna-se irritante e a concentrações mais elevadas pode levar à morte. A **Tabela 4** apresenta os limites e as consequências (Postma 2013).

Tabela 4 - Efeitos das concentrações de ozono para os seres vivos

Concentrações (ppm)	Efeitos
0,005 – 0,02	Limiar de odor para pessoa normal
0,1	No máximo de 8 horas de exposição
> 0,1	Irritação nos olhos, nariz e garganta, dor de cabeça, falta de ar
0,5-1,0	Distúrbios respiratórios, consumo reduzido de oxigênio, irritação pulmonar, fadiga severa, dor torácica, tosse seca
1-10	Possibilidade de pneumonia grave
10	Imediatamente perigoso para a vida e a saúde
15-20	Letal em animais de pequeno porte (em duas horas)

2.2.2. Peróxido de Hidrogénio

O peróxido de hidrogénio (H_2O_2) é dos precursores para a formação de radicais de hidroxilo quando exposto a radiação ultravioleta.



2.2.3. Radiação Ultravioleta

A radiação ultravioleta (UV) são ondas eletromagnéticas de baixo comprimento de onda mas, de grande intensidade. Esta radiação compreende várias subdivisões das quais se destacam UV-A (400-315 nm), UV-B (315-280 nm), UV-C (280-100 nm) e VUV (200-10 nm) (AquaAmbiente 2004).

A radiação UV-C emite o comprimento de onda que tem a capacidade de promover uma reação fotoquímica com o ácido desoxirribonucleico (ADN) dos microrganismos (m.o.). Esta reação fotoquímica, destrói a capacidade dos m.o. de se multiplicarem e é desencadeada entre os 240 a 280 nm. A dose de UV-C que os m.o. necessitam para morrerem varia consoante a espécie e a sua concentração.

Na indústria são utilizados dois tipos de lâmpadas UV: baixa e média pressão. As lâmpadas de baixa pressão são monocromadas (apenas emitem 254 nm) enquanto que as lâmpadas de média pressão são policromadas (emitem de 185 nm a 480 nm de comprimento de onda). Consoante o tipo de aplicação, a lâmpada deve ser adaptada para o meio onde será aplicada (ProMinent).

2.2.4. Processos combinados

Os processos combinados pressupõem a junção de dois ou três dos AOP aqui apresentados e consoante a sequência em que atuam obtém-se diferentes resultados.

Na indústria são várias as combinações em que se encontram, como por exemplo: O_3/UV , O_3/H_2O_2 , $O_3/UV/H_2O_2$ e $O_3/H_2O_2/UV$.

2.3. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O aproveitamento de AP é uma prática um pouco abandonada em Portugal. No entanto, nos últimos anos tem ganho força.

A Legislação Portuguesa não prevê qualquer regulamentação relativamente às AP. A implementação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) deve ser certificado como previsto no Decreto Regulamentar n.º 23/95 por uma entidade gestora, a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), sendo esta a entidade que rege as certificações. A ANQIP criou para o efeito as Especificações Técnicas ANQIP (ETA) relacionadas com as águas pluviais: ETA0701 e a ETA0702 (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais 2012, 2014c). A ETA0701 estabelece os critérios técnicos para a instalação. A ETA0702 estabelece critérios para a certificação dos mesmos.

De acordo com, os procedimentos descritos na ETA0701, é necessário fazer uma contabilização da pluviosidade local de pelo menos 10 anos na região onde vai ser implementado o SAAP. Este prevê que a utilização das águas aproveitadas não seja destinada a consumo humano, mas para utilização em descargas de sanitários, máquinas de lavar roupa, rega de zonas verdes, torres de arrefecimento entre outras.

De acordo com a ETA 0701, após períodos prolongados sem precipitação, as primeiras águas devem ser desviadas, pois não devem ser aproveitadas devido ao arrastamento de folhas e eventuais dejetos de animais provenientes dos telhados. O volume a ser desviado depende das condições onde o SAAP se encontra, os intervalos entre precipitações, assim como o tipo de utilizações que são necessárias. Deste modo, são recomendados desvios entre 2 a 8 mm, sendo apontados valores inferiores a 2 mm se assim justificado. Para efeitos de cálculos para o volume que deve ser desviado nas primeiras chuvas (V_d) é necessário considerar a altura de pluviosidade que se pretende desviar (D) e a área de captação (A).

$$V_d = D \times A \quad (5)$$

Dependendo do tipo de cobertura que a área de recolha possui, tem um determinado coeficiente de escoamento (C) que se deve ter em conta. Além disso, é necessário ter em consideração a eficiência da filtragem (η_f) que é considerada, 0,9 (a menos que as características do filtro recomendem outro valor). O dimensionamento da cisterna deve ter em conta o volume anual de água que é possível aproveitar (V_a), de acordo com a altura da precipitação acumulada (A) no período de tempo considerado (P).

$$V_a = C \times P \times A \times \eta_f \quad (6)$$

O volume da cisterna deve ser dimensionado, para que a água possa ser retida entre 20 a 30 dias, e no máximo estendida até 90 dias. A ANQIP aconselha que as linhas de águas que sejam da

recolha de águas pluviais estejam identificadas devidamente com um rótulo de cor púrpura ou fita adesiva, com identificação do tipo de água que circula nas condutas. O sistema deve ter inspeções periódicas assim como manutenção e limpeza de acordo com o estabelecido na ETA0701 (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais 2014c).

2.4. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS

As AC são provenientes do banho, lavatórios, das máquinas de lavar roupa e das máquinas de lavar louça. De acordo com o ANQIP uma habitação familiar produz por habitante e por dia cerca de 70L de AC. Os tipos de uso que existem para a água em edifícios residenciais em valores médios de litros por habitante e por dia estão registados na **Tabela 5**. Tendo em conta a sua origem, as AC são fontes promissoras ao aparecimento de microrganismos patogénicos. Apresentam também uma grande quantidade de detergentes e outros resíduos orgânicos. Sendo bastante biodegradáveis se o tratamento não for muito retardado à sua emissão.

Tabela 5 - Composição média das águas cinzentas numa habitação por habitante

Uso da água	Águas residuais produzidas
40L litros para duche, banheira e lavatórios	
12L para a cozinha	70 L de águas cinzentas
5L para limpeza	
13 L para a máquina de lavar a roupa	
25L para descarga de autoclismo	25 L de águas negras
5L para a rega	5L para infiltração no solo

A ETA0905 traduz os critérios técnicos para a realização de um Sistema Predial de Reutilização e Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC), enquanto que a ETA0906 contém os critérios para a sua certificação (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais 2014a, 2014b).

2.5. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

As AR, em termos genéricos, são enviadas para coletores municipais (CM) e, em alguns casos, sofrem um pré-tratamento antes da descarga. O pré-tratamento que é efetuado nem sempre permite cumprir com os VMA admitidos por lei. O não cumprimento destes VMA acarreta uma sanção económica para a entidade que descarrega as AR.

Uma prática ainda não comum pelas indústrias é a utilização das AR para reutilização no processo, após um tratamento adequado. A vantagem desta reutilização seria um aproveitamento hídrico e uma redução de custos de captação de água e no envio das AR para a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Deste modo, a indústria conseguiria tornar-se mais sustentável ambiental e economicamente.

2.5.1. Indústria Têxtil

A indústria têxtil é conhecida pela utilização de corantes. Os corantes têm como função dar cor aos tecidos, sendo substâncias tóxicas para o meio ambiente. Os corantes dividem-se em várias categorias: reativos, diretos, naftol, indigno, ácidos, *lanaset*, dispersos e básicos. Consoante o tipo de corante, obtemos uma taxa de fixação diferente como mostra a **Tabela 6**.

Tabela 6 - Taxa de rejeição consoante o tipo de corante aplicado

Classe de corante	Rejeição (%)
	5 – 20
Ácidos	7 - 15 (corantes mono-sulfonados) 2 - 15 (corantes di e tri-sulfonados)
Básicos	1 – 3
	1 – 25
Dispersos	1 - 12 (tingimento contínuo) 1 - 9 (estampagem)
Reativos para lã	3 – 10
Pré-metalizados	2 – 15
Ao crómio	5 – 10
Pigmentos	(utilização muito reduzida nos lanifícios)

Dependendo do tipo de corantes, a temperatura de aplicação é diferente, existindo alguns que são aplicados a temperaturas baixas.

Além dos corantes, a indústria têxtil utiliza outros compostos que ajudam ao longo de todo o processo de fabrico, desde as fibras até ao produto final. Assim, o processo passa pelas seguintes etapas: preparação de fibras, fiação de fios, urdidura, tecelagem, tricotagem, descolagem, *desing*, lavagem, branqueamento, mercerização, ajuste de calor, tingimento, impressão e acabamento. Nestas etapas são adicionados outros produtos como: dispersantes (condensação de naftalenos sulfonados), sais (NaCl, Na₂SO₄), anticongelantes (glicerina e glicóis), antiespumas (sais de acetato e fosfato), oxidantes (dricromatos), transportadores (fenóis e derivados de benzoatos), equalizantes, retardadores, dispersantes e complexantes (aminas etoxiladas, alquifóis, ácido acrílico, ácido maleico, EDTA entre outros). Todas estas substâncias são utilizadas em menor quantidade que os corantes, no entanto e tal como os corantes, existe sempre alguma que não reage ou é colocada em excesso que irá para o efluente final.

2.6. REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA PARA O PROCESSO

Atualmente, não é uma prática muito comum na indústria fazer o aproveitamento de águas pluviais, nem de águas cinzentas, para utilização no processo ou para outra aplicação. As águas residuais, por norma, não são tratadas com o objetivo de serem reaproveitadas para colocar no processo ou outra aplicação.

3. ESTADO DA ARTE

3.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUA

O aproveitamento de águas é uma prática que remota aos tempos das Antigas Civilizações. Na Mesopotâmia e no Egito surgem os primeiros sistemas de irrigação e canais de drenagem a 5000 a.C. Os Sumérios construíram sistemas de irrigação, cisternas, poços e reservatórios entre 5000 a.C. e 4000 a.C.. Na Índia, por volta de 3200 a.C., algumas cidades possuíam sistemas de drenagem e redes de esgotos. Os Egípcios aprenderam que quando a água não está nas devidas condições é causadora de doenças. Para evitar esse problema adicionavam sulfato de alumínio na clarificação de água em 2000 a.C. e colocavam a água potável em vasos de cobre e filtravam-na com carvão. Alguns escritos descrevem como a água era tratada para ser bebível, utilizando formas de a aquecer ao ponto de fervura e passando-a por uma filtração em areia e cascalho grosso (Pinto-Coelho e Havens 2015).

3.1.1. Águas Pluviais

Chys et al., (2013), estudaram dois casos de recolha de AP. O primeiro foi numa sucateira na qual a água foi recolhida dos telhados e dos pavimentos. A água dos pavimentos arrastava consigo óleos que deviam de ser removidos no processo de tratamento, como descrito na **Tabela 7**. O tratamento passava por um pré-tratamento com o objetivo de retirar os óleos e uma etapa de coagulação/floculação com cloreto de ferro (FeCl_3). Posteriormente, as águas foram para um tanque tampão e seguiram para uma etapa de coagulação/floculação com o mesmo coagulante, prosseguindo de seguida para um separador de lamelas. O efluente deste foi enviado diretamente para o filtro rápido de areia, onde foi realizada a experiência. O modo operativo deste sistema pode de ser encontrado na **Tabela 7**. Aspetos de realçar nesta experiência são: a diminuição da concentração de sólidos suspensos (SS), em cerca de 93%, de óleos e gorduras, em cerca de 78%, e o CQO 68%.

No segundo estudo, desenvolvido por Chys et al., (2013), foi recolhida água de uma fábrica de reciclagem de madeiras. A água recolhida vai para um tanque de assentamento, passa por um separador de água/óleo. As AP, juntamente com águas negras, vão ser testadas na unidade experimental antes de serem enviadas para o esgoto. O aspeto a realçar neste teste experimental foi a turbidez, que após passar pela unidade experimental (um filtro de areia rápido e um filtro de carvão ativado), foi reduzida a 86%.

Na **Tabela 8**, Moreira Neto et al., (2012) estudam o tratamento de AP recolhidas num aeroporto no Brasil. As águas foram recolhidas na pista, áreas pavimentadas e dos telhados, sendo estas sujeitadas a um tratamento com filtros de areias e cloro. Os parâmetros avaliados, como o CQO, SST, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), alcalinidade, dureza total e turbidez são baixos, no entanto, o zinco revela valores altos, uma vez que a área de recolha tem revestimento a zinco.

Moreira Neto et al., (2012) afirmam que a qualidade das AP recolhidas é muito influenciada pelo ambiente inerente. Se o ambiente envolvente fora muito poluído é natural que as AP recolhidas sejam mais contaminadas.

Tabela 7 - Revisão bibliográfica às águas pluviais (Chys et al. 2013)

Caso estudados	Pré-tratamento	Modo operatório	Tratamento	Modo operatório	Condições de operação	Parâmetros avaliados (mg/L)							Turbidade (NTU)
						CQO	SS	CBO	Óleos e gorduras	Óleo mineral	N-T	P	
Caso I: recolha de água numa sucateira	Separação óleo/água	-	Bacia tampão	Equipamentos que operam em série. Águas residuais provenientes do separador de lamelas são enviadas para o filtro de areia rápido	-	275	204	63	9,4	6,2	5,5	0,7	Não foi medida, no entanto, no final do tratamento a água encontra-se transparente
			Coagulação/floculação (FeCl ₃)			90	30	29	3,5	2,4	5,0	0,2	
	Separador de lamelas	-	-			-	-	-	-	-			
	Separador de óleo	-	-			-	-	-	-	-			
	Filtro de areia rápido	87	14			25	2,0	0,8	4,6	0,2			
Coagulante/floculação FeCl ₃	40%; 0,07L/m ³ ; pH 7,5	Unidade experimental: 58 cm de areia de filtro (0,4-0,8 mm); 18 cm de cascalho (1,7-2,5 mm)	Fluxo de filtração: 129 L/h										
						Metais avaliados (mg/L)							
						Al	Cd	Fe	Mn	Zn			
Caso II: recolha de água numa empresa de reciclagem de madeiras	-	-	Tanques de assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Separador óleo/água	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Poço de controle	Águas residuais sanitárias e água de chuva não contaminada é recolhida e será tratada pela unidade experimental antes de ir para o sistema de esgoto	-	0,23	2,45	7,73	0,32	0,24	-	-	851
			Filtro de areia rápido	Unidade experimental: 9 cm de antracite; 75 cm de areia de filtro (0,4-0,8 mm); 9 cm de cascalho (1,7-2,5 mm); volume de 2,2 dm ³	-	0,17	2,77	7,67	0,23	0,2	-	-	290
			Filtro de carvão ativado	0,32 dm ³	-	0,14	2,72	6,9	0,2	0,03	-	-	116
			Sistema de esgoto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

ESTADO DA ARTE

Tabela 8 - Revisão bibliográfica para águas pluviais (Moreira Neto et al. 2012)

Características do local			Área da recolha	Tratamento	Modo operatório	Parâmetros avaliados							
Localização	Área abrangida	Consumo de água				CQO (mgO ₂ /L)	SST (mg/L)	SDT (mg/L)	Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	Dureza total (mgCaCO ₃ /L)	Turbidade (NTU)	Zn (mg/L)	E. Coli (MPN /100mL)
Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins, no Estado de Minas Gerais, Brasil	85.000 m ² de telhados, 80.000 m ² de pistas e áreas pavimentadas	média de 17.000 m ³ / mês	Das pistas	Filtros de areia	Dois tanques em fibra de vidro em série, 1,4m de altura, D ₁ =45cm, D ₂ =62cm	10	32,6	45,2	9	11	2,25	1,16	1,12 x 10 ⁴
			Áreas pavimentadas										

Caso real: aproveitamento de AP para consumo humano

O caso conhecido de aproveitamento de AP para consumo humano situa-se na localidade de Serro Ventoso, distrito de Leiria. É chamado pelos habitantes da localidade de “Barragem”. Encontra-se em funcionamento desde 1965, altura do fim da construção. Prendeu-se da necessidade de ter água para dar de beber aos animais na década de 60.

Na **Figura 2-1** visualiza-se a área de captação de águas pluviais. Depois de ser captada, a água escorre até à caleira, **Figura 2-2**, e quando atinge altura suficiente entra pelos orifícios retratados na **Figura 2-3**.



Figura 2 - "Barragem" de Serro Ventoso - Aproveitamento de AP para consumo humano – 1: eira; 2: caleira; 3: entrada de água para o tanque de captação

Os orifícios dirigem a água ao tanque de captação, como apresentado na **Figura 3**. A água irá seguir para um tanque de sedimentação e quando atinge um determinado nível entra para o tanque de filtração. Neste tanque de filtração a água irá passar por uma camada de areia e de cascalho. No fim desta etapa, a água passa para um tanque de armazenamento e é desinfetada com lixívia. Após este tratamento está em condições para ser consumida pelo ser humano.

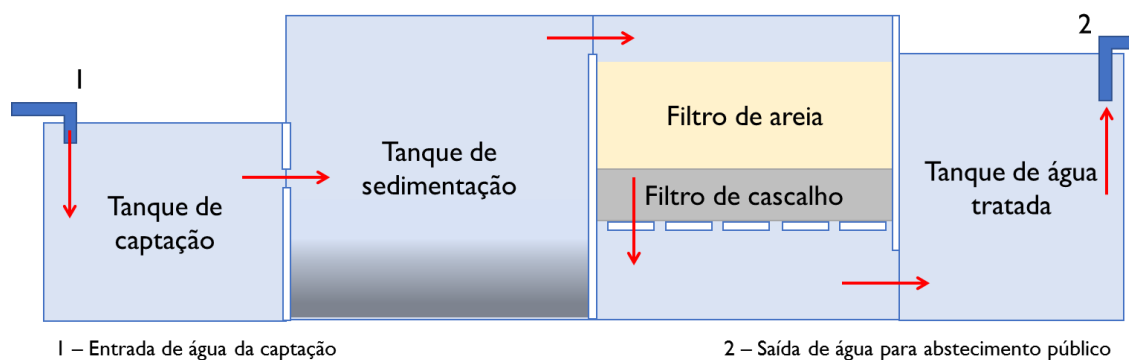


Figura 3 - Tratamento das águas captadas pela "Barragem"

São realizadas análises microbiológicas periodicamente à água que sai da “Barragem”, a fim de garantir a sua qualidade para o consumo humano.

3.1.2. Águas Cinzentas

Yu et al., (2015) testaram uma unidade pantanosa vertical em regime de *semi-bach*. Esta unidade tem um pântano no topo e um reservatório no fundo. O pântano está num recipiente de plástico, e no fundo tem grandes orifícios. Foi colocada uma camada de solo, esta está compartimentada usando recipientes de tecido como meio de cultura para m.o., assim como, para o crescimento de plantas. O reservatório que se encontra no fundo, serve para acumular a água que irá voltar à unidade de pântano.

Esta estrutura tem 1,1m de comprimento, 0,7m de largura e altura. No solo foram plantadas várias plantas de jardim para zonas húmidas. A água é colocada na zona de pântano e, ao passar pela terra, vai gotejar para dentro do reservatório. A água do reservatório será recirculada para dentro da zona de pântano novamente.

Foram testados dois tipos de detergentes: um bio-baseado e outro não bio-baseado. O detergente bio-baseado contém 16 compostos dos quais 7 são orgânicos e 9 não orgânicos, dando a este detergente aproximadamente 72 mg COT (Carbono Orgânico Total) /g detergente. O detergente que é não bio-baseado contém 22 compostos orgânicos, o que lhe confere cerca de 150 mg COT/g detergente. Observando a **Tabela 9**, podemos concluir que este tipo de tratamento não tem capacidade para remover SDT, no entanto, é altamente eficiente para remover SST, o CQO, o COT e a turbidez, adquirindo estes uma remoção entre 95% a 99%. Por outro lado, o oxigénio dissolvido também aumenta em ambos os casos.

Hyun et al., (2016), por sua vez, testaram unidades de pântano horizontais para três modos de funcionamento, como podemos ver na **Tabela 10**, dos quais passam por: Caso I: com plantas e arejamento; Caso II: sem plantas e arejamento; Caso III: com plantas e sem arejamento. As unidades tinham como dimensões 0,8 m de largura, 1,7 m de comprimento e 0,45 m de altura.

Em relação aos parâmetros avaliados, tais como: o oxigénio dissolvido, potencial de oxidação/redução, sulfatos, azoto e à utilização de arejamento e plantas, encontram-se algumas conclusões dos autores na **Tabela 10**. Conclui-se ainda, que a relação entre os m.o. e as plantas pode ser complementar ou competitiva, mas as bactérias competem com os m.o. por nutrição. Esta unidade é uma maneira económica para tratar pequenas quantidades de águas residuais com baixo custo de construção e operação. No entanto, tem como desvantagem requerer uma grande área e um longo tempo de retenção para garantir a qualidade da água, entre 5 a 6 dias.

ESTADO DA ARTE

Tabela 9 - Revisão bibliográfica para águas cinzentas (Yu et al. 2015)

Instalação e funcionamento	Caso	Tempo de tratamento	Parâmetros avaliados							
			T (°C)	pH	TOC (mg/L)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	CQO (mgO ₂ /L)	turbidez (NTU)	O ₂ dissol. (mg/L)
Unidade de pântano vertical: pântano (topo); reservatório (fundo); dimensões 1,1x0,7x0,7 m; Semi-batch	Detergente bio-baseado (≈72mg TOC/g detergente)	Início	21,4±1,2	6,8	31,5±8,9	337±28	23,5±9,3	128±46	21,6±12,7	1,6±0,4
		após 3h	22,0±1,0	6,6	6,2±1,0	347±26	<1	6,0±4,7	0,3±0,3	4,9±1,3
	Detergente não bio-baseado (≈150 mg TOC/ g detergente)	início	20,1±2,6	6,8	101,2± 22,0	295±7	35,3±1,3	490±112	29,8±13,1	2,5±1,8
		após 24h	17,4±2,6	6,6	8,0 ± 1,1	313±12	<1	17,4±5,7	0,5±0,1	7,0±1,3

ESTADO DA ARTE

Tabela 10 - Revisão bibliográfica para águas cinzentas (Hyun et al. 2016)

Orig.	Condições de operação	Instalação e funcionamento	Oxigênio dissolvido	Potencial de Oxidação/Redução	Sulfato	Azoto	Arejamento e plantas	CQOcr
Casa de banho	Caso I: Arejamento com plantas	Numa cave foram instaladas luzes de halogeneto metálico 250W, luz branca ligadas 10h/dia, HRT 5-6 dias, o cascalho(5-8 mm; ~36% porosidade) colocado à entrada e saída com altura de 3-4 cm para proceder à filtração; A utilização de plantas torna o ambiente mais verde	Máxima á entrada e depois diminui	A água de entrada da fonte é de -50 mV. À medida que entra dentro da zona húmida passa para a gama de 118-175 mV, devido ao arejamento na entrada.	Não têm função de remoção de sulfato; Este aumenta devido ao arejamento na área de entrada e reduzido na área de saída, até atingir o mesmo nível da entrada	O arejamento na seção de entrada provoca a formação de nitrato e a redução da amônia. O nitrato gerado é reduzido pela desnitrificação, à medida que a água vai para o fim da zona húmida.	O arejamento na entrada tem uma grande influência sobre a eliminação de matérias orgânicas na seção de entrada. As plantas também parecem ter alguns efeitos na outra seção, no entanto, a diferença entre o Caso II e o Caso III não é muito grande. O azoto de nitratos aumenta ligeiramente à medida que vai para a secção final das zonas húmidas nos casos II e III, fazendo-o especialmente no caso III, que é operado sob a condição de plantação. As plantas têm um efeito positivo no ambiente do pântano. As vantagens do arejamento na entrada são: a eliminação eficaz de matérias orgânicas, a prevenção da obstrução, a nitrificação e o arejamento dianteiro para impedir o entupimento.	A taxa de remoção de CQOcr é a mais alta pelo arejamento na entrada no caso I. A taxa de remoção é a mesma para os casos II e III, na zona húmida, exceto a seção de entrada
	Caso II: Sem arejamento e sem plantas		Praticamente igual em ambos os casos	A água de entrada tem cerca de -125 mV e dentro da zona húmida está na gama de -219 a 102 mV.	Nos casos II e III com a condição anóxica, SO_4^{2-} foi reduzido. O Caso III apresenta sulfato inferior ao do Caso II. O sulfato é reduzido e forma uma grande quantidade de ião sulfureto sob pH 7. Pode assim formar sulfureto de hidrogênio, sulfato, estando o pH para as áreas húmidas nos intervalos de 20-40 mg/L e 7-8, respectivamente	O nitrato-de nitrogénio é muito baixo nos casos II e III, pois o nitrato é consumido como um aceitador de eletrões em condição anóxica ou anaeróbia		
	Caso III: Sem arejamento e com plantas		A água de entrada é de -43 mV e dentro da zona húmida está na gama de -134 a 67 mV.	A eficiência de remoção de TN é menor que a do Caso I, o amoníaco-nitrogênio diminui gradualmente.				

3.2. PROCESSOS DE AVANÇOS DE OXIDAÇÃO

As **Tabelas 11** e **12** apresentam o tratamento de AOP's pelos quais são submetidos os efluentes da indústria têxtil e efluentes municipais.

Bilinska, Gmurek, e Ledakowicz, (2016), testaram três tipos de efluentes (RB5 diluído, efluente industrial diluído e efluente industrial) com O_3 e processos combinados de AOP's: O_3/H_2O_2 , O_3/UV e $O_3/UV/H_2O_2$, como apresentado na **Tabela 11**. Estes estudos revelaram que, de todos os processos, aquele que apresenta melhores resultados em termos de remoção de CQO e COT é o processo combinado com $O_3 + H_2O_2$, com uma concentração de 10 mM (≈ 340 mg/L) e 5 mM (≈ 170 mg/L), sendo que este apresenta eficiências mais altas. Estes dois processos acabam por ter um custo de 1,50 €/m³ e 1,37 €/m³.

Bilinska, Gmurek, e Ledakowicz, (2015) testaram quatro tipos de corante (RB5 – *Setazol Black DPT*; BKBR – *Synozol blue KBR*; RK3BS – *Synozol Red K-3BS₁₅₀*; YKHL – *Synozol Yellow KHL*) para avaliaram qual era a remoção de cor, CQO e COT, utilizando apenas O_3 . Dos corantes avaliados, o que mostrou melhores resultados foi YKHL. Este apresentou uma remoção de cor de 90%, CQO de 40% e COT de 15%. Relativamente aos restantes corantes, os resultados podem ser observados na **Tabela 11**.

Ciardelli e Ranieri, (2001), utilizaram além de O_3 , electrofloculação, não sendo este um AOP. Os resultados destes testes revelaram que houve uma remoção entre 88% a 98% de SST, entre 60% a 78% do CQO e 100% da cor. Atendendo a que estamos a tratar de um efluente têxtil, estes são resultados bastante favoráveis, no entanto, o caudal de entrada do O_3 é 250 L/h com uma concentração de 40 g/m³, como podemos observar na **Tabela 12**.

Castro, Bassin, e Dezotti, (2016), utilizaram, além do ozono, um tratamento biológico MBBR (Moving bed biofilm reactor – Reator de biofilme com leito móvel). Com esta metodologia, conseguiram uma remoção de cor de 97%, CQO de 93% e o COT de 48%, como podemos visualizar na **Tabela 12**. No entanto, como esta metodologia que trabalha com m.o., é necessário condicionar bem a passagem do ozono para o MBBR, caso contrário eles morreriam, devido ao excesso de O_3 ou à toxicidade do efluente.

Kusic, Koprivanac, e Bozic, (2006) e trabalharam com efluente orgânico sintético com fenol a 100mg/L e testaram as várias configurações de AOP's, como podemos observar na **Tabela 12**. A configuração que obteve melhores resultados foi a de $UV+H_2O_2$ (10 mM) + O_3 , com uma remoção de 58% de COT e com um valor de 1,41 €/m³, sendo esta mais vantajosa por ser a mais barata.

Lee et al., (2008), utilizaram flotação de ozono dissolvido num efluente municipal. Este método consegue uma remoção de cor de 72,6%, SST de 71%, CQO de 43% e CBO de 70%, através de 6,7 mg/L de O_3 , como observado na **Tabela 12**.

Tabela II - Compilação de informação da literatura relativamente a AOP's

Tecnologia de tratamento	Tipo de efluente	Conc. do corante (mg/L)	CQO ₀ (mgO ₂ /L)	Lâmpada de UV	[H ₂ O ₂] _{in}	Q _{in} O ₃ (L/h)	[O ₃] _{in}	pH	custo (€/m ³)	Capacidade de remoção (%)					Ref.
										SST (mg/L)	Cor (CU)	CQO (mg/L)	CBO (mg/L)	COT (mg/L)	
O ₃ + H ₂ O ₂	RB5	125	-	-				12		≈ 100	90		32	(Bilinska, Gmurtek, e Ledakowicz 2016)	
	industrial diluído	125	-	-	5 mM			12	1,37	≈ 100	48		25		
	industrial	730	2677	-				11,23		90	15		22		
	RB5	125	-	-				12			90		50		
	industrial diluído	125	-	-	10 mM			12	1,5		-		-		
	industrial	730	2677	-				11,23			25		28		
O ₃	RB5	125	-	-	-	40	42,3 g/Nm ³	12			85		48		
	industrial diluído	125	-	-	-			12	1,25		32		25		
	industrial	730	2677	-	-			11,23			2		10		
O ₃ + UV + H ₂ O ₂	RB5	125	-					12			85		50		
	industrial diluído	125	-		10mM			12	2		48		40		
	industrial	730	2677					11,23			8		22		
O ₃ + UV	RB5	125	-	15W	-			12			82		32		
	industrial diluído	125	-		-			12	1,9		30		32		
	industrial	730	2677		-			11,23			12		32		
O ₃	RB5		-	-	-				-		95	50	0	(Bilinska, Gmurtek, e Ledakowicz 2015)	
	RKBR	125	-	-	-	40	42,3 g/Nm ³	12	-		95	37	10		
	RK3BS		-	-	-				-		90	35	0		
	YKHL		-	-	-				-		90	40	15		

Tabela 12 - Compilação de informação da literatura relativamente a AOP's (continuação)

Tecnologia de tratamento	Tipo de efluente	Conc. do corante (mg/L)	CQO ₀ (mgO ₂ /L)	Lâmpada de UV	[H ₂ O ₂] _{in}	Q _{in} O ₃ (L/h)	[O ₃] _{in}	pH	Custo (€/m ³)	Capacidade de remoção (%)					Ref.
										SST (mg/L)	Cor (CU)	CQO (mg/L)	CBO (mg/L)	COT (mg/L)	
O ₃			-	-	-			11 a 9	1,34	-	-	-	-	36,1	(Kusic, Koprivanac, e Bozic 2006)
O ₃ +H ₂ O ₂	poluente orgânico - fenol	100	-	-	30 mM	9	471,6 mg/L	6 a 11	4,27	-	-	-	-	23	
UV+O ₃			-	-	-			7 a 11	1,48	-	-	-	-	44,3	
UV+H ₂ O ₂ +O ₃			-	125W	10 mM			6 a 7	1,41	-	-	-	-	58	
O ₃ + Electroflocação			têxtil	-	-			-	-	250	40 g/m ³	7,3-7,5	0,63	88,2 a 98,1	100
Flotação de ozono dissolvido	municipal	-	-	-	-	-	6,1 mg/L	6,7±0,2	0,0293	71	72,6	43	70	-	(Lee et al. 2008)
O ₃ + MBBR	têxtil	25 a 100	-	-	-	-	51,09±0,76 mg/L	6,2-7,8	-	-	97	93±1	-	48	(Castro, Bassin, e Dezotti 2016)

4. BERJAR

A BERJAR foi criada a 20 de fevereiro de 2015. Está sediada no MiraCenter, no piso nº1, sala III. A BERJAR tem como objetivo criar soluções para os clientes baseadas em ozono. Os clientes são das mais diversas áreas, como tal, os problemas para o qual a BERJAR é requisitada são dos mais variados e diversos. Nem sempre os problemas que são apresentados têm solução na literatura porque ainda não foram estudados. Deste modo, a BERJAR precisa de construir um laboratório na qual seja possível estudar os problemas para arranjar uma solução que se adeque aos clientes.

A sala que está destinada a ser o futuro laboratório da BERJAR está provida de uma *hotte*, bancadas e um chuveiro e lava-olhos de segurança.

4.1. Normas de segurança e organização no laboratório

Os laboratórios têm normas de segurança que devem ser seguidas pelos operadores como a própria organização do laboratório.

Normas de segurança para operador

O operador do laboratório para sua proteção pessoal deve vestir uma bata até aos joelhos e que seja 100% de algodão, o calçado deve ser fechado, usar óculos de proteção, caso o operador tenha cabelo comprido deve ser atado, deve usar luvas e deve tirá-las sempre que sair do laboratório. O operador não deve comer nem beber no laboratório.

Normas de segurança do laboratório

Em primeiro lugar, as saídas de emergência devem estar bem identificadas, assim como, a mala de primeiros socorros e a manta de incêndio. O laboratório deve ter um plano de emergência e os seus operadores devem saber como operar em caso de acidente.

O laboratório deve ter um ambiente controlado, para que as experiências que nele se realizem sejam o mais estáveis possíveis.

Um dos principais reagentes utilizados irá ser o ozono. Considerando a perigosidade que este apresenta, o laboratório deve ser provido de um sensor de ozono, que deve de alertar para concentrações consideradas perigosas para o operador.

Todos os reagentes que apresentem perigo para o operador devem ser manuseados dentro da *hotte*, para evitar que haja vapores que sejam respirados ou salpicos que saltem para o operador.

O laboratório dever estar limpo e organizado, antes, durante e após a realização das experiências.

Normas de organização do laboratório

O laboratório deve ter a identificação de todos os materiais e onde se encontram situados, tanto dentro dos armários como sobre as bancadas, como sugere a **Figura 4**.

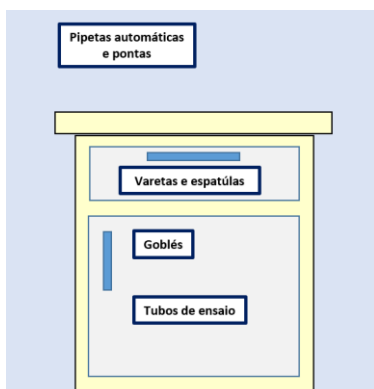


Figura 4 - Identificação do material laboratorial num laboratório

No caso dos reagentes, estes devem estar identificados numa tabela na qual conste toda a informação, como pode ser observado na **Tabela 13** e, além disso, devem estar num armário fechado. Consoante as suas propriedades, os reagentes devem ser armazenados em armários trancados ou em frigorífico. O laboratório deve conter uma pasta com fichas técnicas de todos os reagentes que estejam presentes no laboratório.

Tabela 13 - Identificação da localização dos produtos químicos no laboratório.

Nº Armário	Nº Prateleira	Código	CAS	Nome do Reagente	Quantidade	Fórmula química	Peso molar (g/mol)	Pureza (%)	Validade

Qualquer frasco que esteja dentro do laboratório deve estar devidamente identificado.

Todas as experiências efetuadas dentro do laboratório devem ser registadas e arquivadas, tanto em formato digital como em papel (ANEXO I – Procedimento de experiência). Devem também ser testas, no mínimo três vezes, a fim de ter resultados mais fiáveis.

Os resíduos das experiências efetuadas em laboratório devem ir para recipientes apropriados, para posteriormente seguirem para tratamento de entidades próprias.

4.2. Materiais e equipamentos de laboratório

Os materiais e equipamentos escolhidos foram pensados para um laboratório onde se possam fazer as experiências e realizar as análises necessárias para obter resultados e chegar a conclusões. As experiências serão em fase laboratorial e em fase piloto.

Escolha dos materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos escolhidos foram pensados com base nas operações de laboratório mais simples até às mais elaboradas, com base no que tem sido pedido à BERJAR. No Anexo II – Lista dos materiais de laboratório, podemos encontrar a lista de materiais que irão fazer parte do laboratório.

Cuidados a ter com os materiais e equipamentos

Para o adequado uso dos materiais de laboratório é necessário que o operador tenha noções básicas de trabalho em laboratório.

O material de laboratório utilizado no decorrer da experiência deve ser devidamente limpo e seco. A limpeza deve ter em conta se houve ou não contaminação. No caso de haver contaminação é necessário que o material seja submerso numa solução com ácido clorídrico (5-10% w/w), sendo de seguida lavado com água e posteriormente com água destilada. Deve ser seco numa estufa a 105°C, após estar seco deve ser colocado no local certo. No caso de não haver contaminação, basta lavar o material com detergente e passar por água até o detergente sair completamente. Seguidamente deve-se lavá-lo com água destilada e colocá-lo a secar nas condições anteriormente descritas. Após estar seco, o material deve ser colocado no seu devido lugar.

Para manusear os equipamentos, o operador deve saber como o equipamento funciona, para o poder manusear nas devidas condições e para que este não avarie. Quanto mais sensíveis forem os equipamentos, maior deverá ser o cuidado do operador.

4.3. Produtos químicos

Como referido anteriormente, todos os reagentes devem estar devidamente identificados e o laboratório deve ter as fichas técnicas de todos os reagentes, assim como apresentado no Anexo XX - Ficha técnica de Segurança está apresentado o genérico de uma ficha técnica de segurança.

O operador de laboratório deve saber o que significa cada pictograma (Regulamento CE N.º 1272/2008) presente na **Figura 5** (European Chemicals Agency 2012) e saber ler o rótulo dos reagentes a manusear, como apresentado na **Figura 6**.

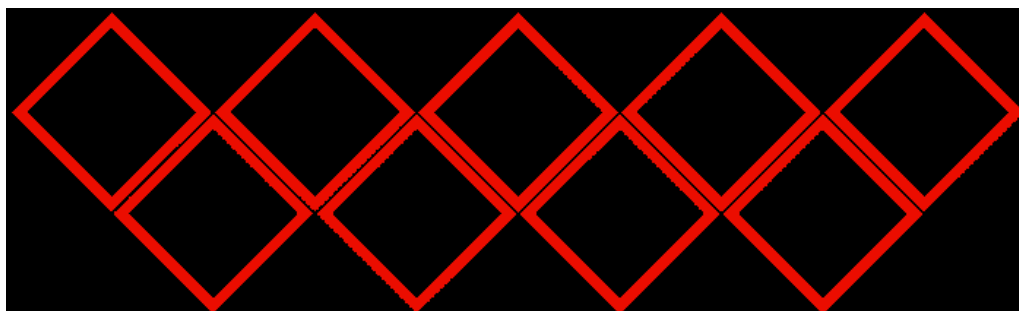


Figura 5 - Pictogramas dos componentes químicos (fonte: *European Chemicals Agency*)



Figura 6 - Explicação da rotulagem de um componente químico

No caso de emergência, o operador deve contactar o Centro de Informação Anti-Venenos ou ligar para serviço de urgência nacional.

5. CASO DE ESTUDO - MALHAS SONIX S.A.

Este capítulo descreve o caso de estudo que foi abordado neste trabalho e apresenta soluções possíveis de ser implementadas para melhorar a gestão dos recursos hídricos.

A empresa Malhas Sonix S.A. (MS) está localizada no conselho de Barcelos, Braga. Desenvolve o seu trabalho no setor da indústria têxtil, no segmento da tinturaria e acabamentos. A água utilizada no seu processo é captada no rio Cávado, e o processo de captação está explicado na secção 5.1 deste trabalho. Após a sua utilização, o efluente passa por uma série de processos até ser recolhido em coletor municipal, como se explica na secção 5.2 deste trabalho. A **Figura 7** apresenta, em esquema, uma maneira genérica o decurso atual das águas na empresa MS.

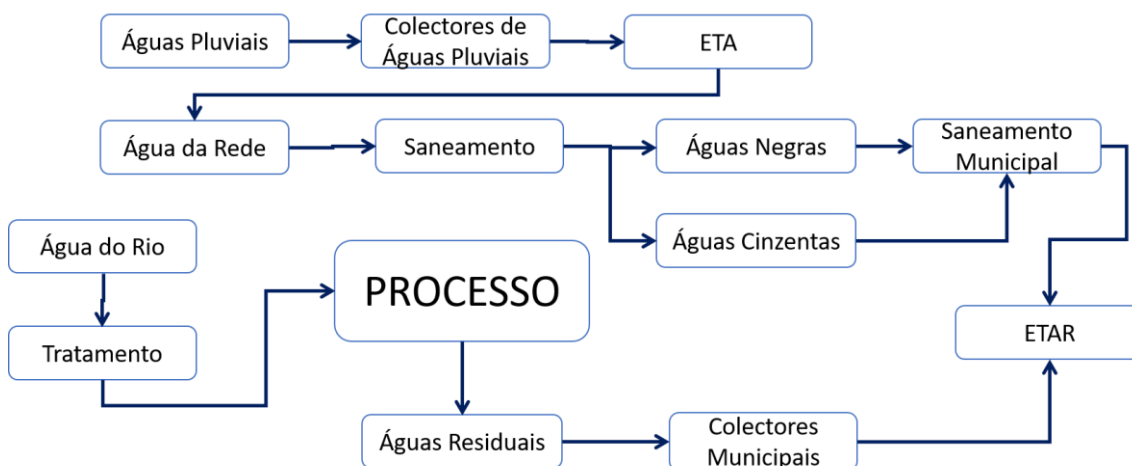


Figura 7 - Esquema atual do circuito de águas das Malhas Sonix S.A.

5.1. Captação de água

A água captada do rio é dirigida para um depósito com 1000 m³, seguindo para três tanques de decantação. Após a decantação, a água passa por um filtro de areia e é descarregada para um tanque de 200 m³, tanque este que depois irá ser colocado no processo, como é descrito na **Figura 8**.

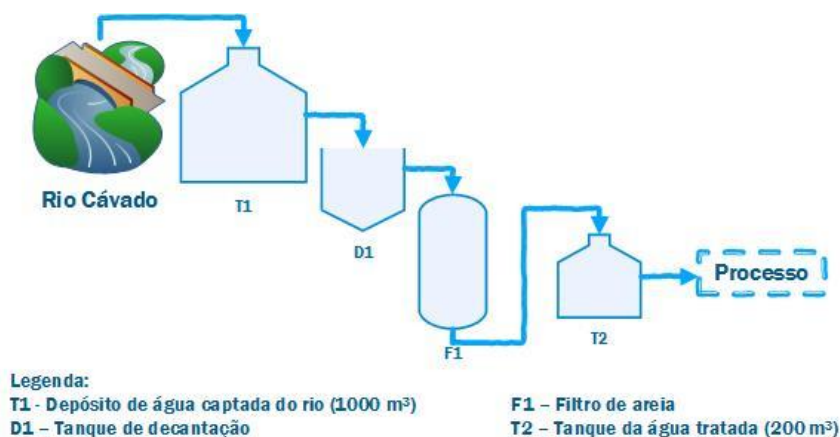


Figura 8 - Circuito da captação de água das Malhas Sonix S.A.

Com o aproveitamento das águas pluviais e uma reutilização de águas cinzentas, pretende-se suprimir a quantidade de água captada do rio.

5.2. Efluente não tratado

A Malhas Sonix, S.A. tem dois tipos de efluentes: um quente e um frio. O efluente quente passa por uma serpentina de aproveitamento energético, permitindo uma redução na sua temperatura e um aproveitamento energético para aquecimento de águas de consumo, sendo depois descarregado no filtro rotativo no qual se junta com efluente frio. Os efluentes são filtrados por um filtro rotativo que retira os resíduos sólidos suspensos mais grosseiros. Seguem para um tanque de arejamento, que se encontra aberto e em contacto com o ar ambiente. Desse tanque os efluentes são enviados para o coletor municipal (CM), como se pode observar no esquema da **Figura 9**.

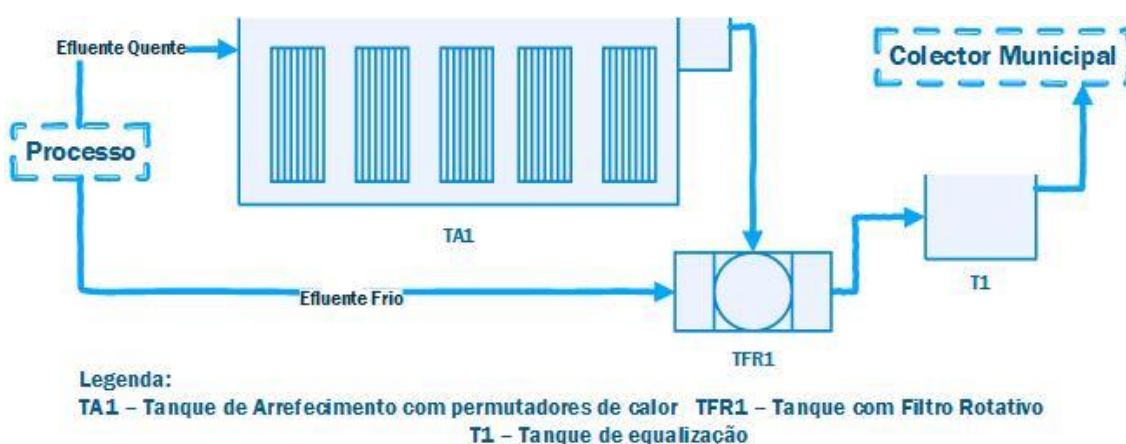


Figura 9 - Circuito dos efluentes (quentes e frios) das Malhas Sonix S.A.

O objetivo principal da Malhas Sonix, S.A. é diminuir a quantidade de efluente enviado para o CM para conseguir diminuir os custos de tratamento de efluente pela ETAR da Águas de Barcelos S.A (AB). Após o tratamento do efluente, essa água teria como fim ser reposta no sistema.

5.2.1. Análise das Águas Residuais

Para o efluente poder ser descarregado no CM tem que ter determinadas características, de acordo com o previsto no anexo XXII, do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto (ANEXO IV). Caso não se encontrem dentro dos parâmetros deste decreto-lei, é aplicada um sansão conforme alínea d) do n.º 2 do artigo n.º 60 do mesmo decreto-lei.

A AB é a entidade responsável pelas análise efetuadas a este efluente. Caso os parâmetros não estejam dentro dos valores máximos admitidos (VMA), as Malhas Sonix, S.A. recebem um aviso para colmatar o problema.

Nos anos de 2013 e 2014, o efluente das Malhas Sonix, S.A. não estava conforme os valores da legislação. Neste contexto, a MS teve que adaptar medidas para que os valores do efluente estivessem abaixo dos VMA, como pode ser visualizado nas seguintes **Figuras 10, 11 e 12**.

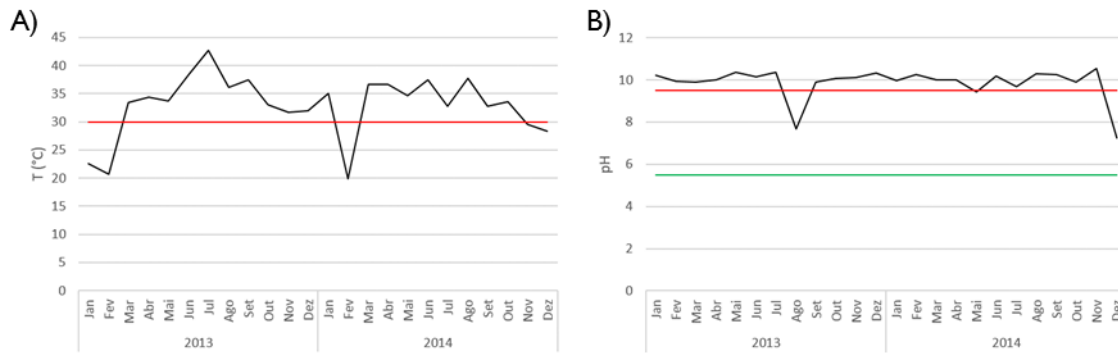


Figura 10 - Análises ao efluente da Malhas Sonix S.A.: A) Temperatura; B) pH

Na **Figura 10-A**, pode observar-se que a temperatura no geral está acima do VMA, portanto, o sistema de arrefecimento deve tornar-se mais eficiente. Em **B**, observa-se que o pH tal como na temperatura está acima do VMA, portanto dever ser acidificado para que este se mantenha abaixo do VMA.

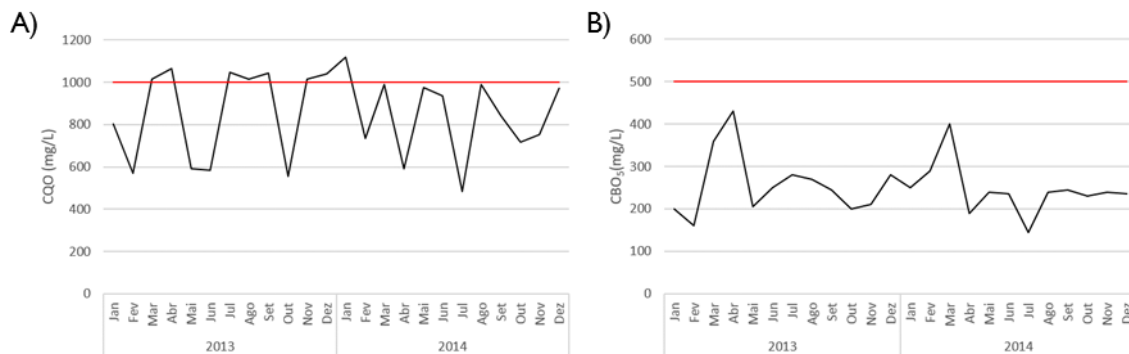


Figura 11 - Análises ao efluente da Malhas Sonix S.A.: A) CQO; B) CBO₅

Na **Figura 11-A**, pode observar-se os resultados de CQO que variam bastante ao longo do tempo, assim como acontece para valores de CBO₅, em **B**. Assim sendo, será necessário ter um arejamento mais eficiente.

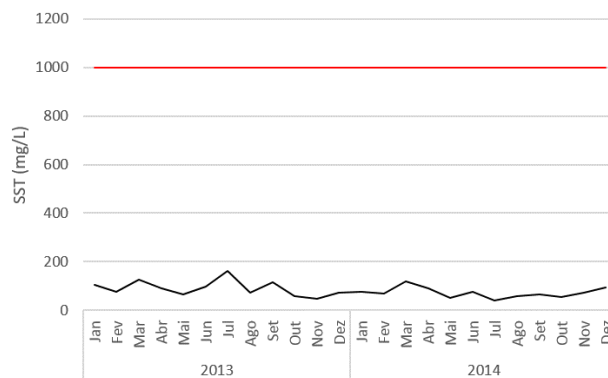


Figura 12 - Análises aos sólidos suspensos totais do efluente da Malhas Sonix, SA

Na **Figura 12**, observa-se que os SST que não ultrapassam os 200 mg/L, valor muito abaixo do VMA.

5.3. Propostas de melhoria

5.3.1. Para a estrutura atual

Atendendo às figuras apresentadas na secção 5.2.1 existem algumas alterações que poderiam melhorar as condições do efluente até ao tanque final, assim como um melhor aproveitamento energético.

A colocação de um filtro rotativo, antes da entrada no tanque de arrefecimento, seria uma das propostas, pois assim conseguiria-se reduzir a quantidade de sólidos suspensos totais (restos de fibras). Com isto levaria à redução das incrustações nos permutadores, aumentando assim a transferência de calor. Caso esta situação continue fora dos parâmetros legais, será necessário a introdução de mais permutadores de calor, de modo a conseguir reduzir a temperatura de modo mais eficaz. Atendendo aos valores de pH, uma das formas de colmatar esta situação seria adicionar ácido clorídrico, de modo a baixar o pH até a um valor abaixo do VMA.

5.3.2. Renovação da estrutura atual

Para se conseguir uma redução nos custos de tratamento de águas residuais podem ser adotadas várias hipóteses, tais como: aproveitamento de AP, tratamento e reutilização de AC, tratamento e reutilização de AR, aproveitamento e reutilização de AP e AC, aproveitamento de AP e tratamento e reutilização de AR., e por fim, aproveitamento de AP e tratamento e reutilização de AC e AR. Considerando todas estas hipóteses, a Malhas Sonix S.A. teriam de fazer um investimento inicial que seria recuperado a longo prazo. A aplicação destas hipóteses deveria ser feita faseadamente, iniciando-se pelas AR, passando pelas AP e por fim pelas AC. Deste modo, e no fim de todo o processo implementado, seria obtido um esquema como o representado na **Figura 13**.

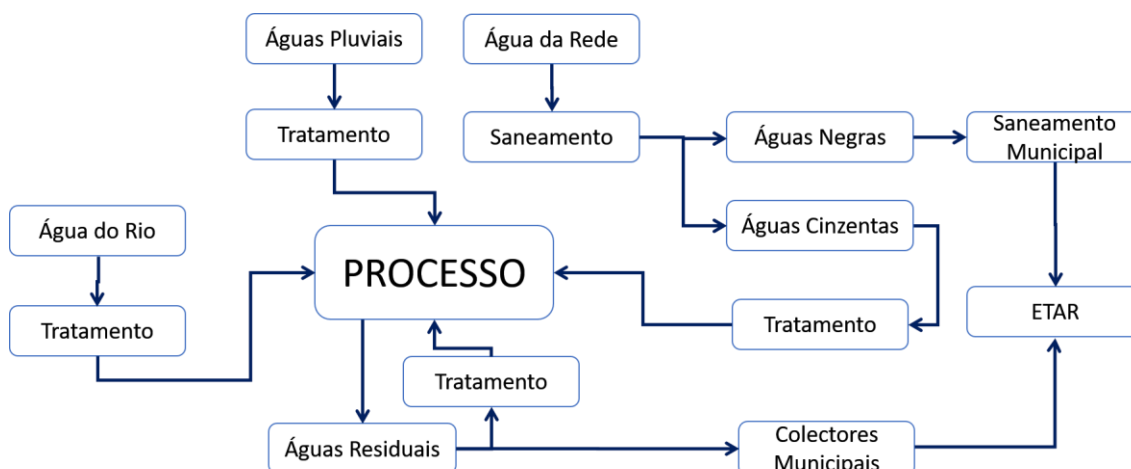


Figura 13 - Proposta de melhoria: para a redução de custos de tratamento de AR, aproveitamento de AP e reaproveitamento de AC

6. METODOLOGIAS EXPERIMENTAIS

Este capítulo irá descrever todas as metodologias que foram efetuadas para analisar os resultados obtidos, assim como, todos os processos de tratamento das diferentes tipologias de água.

6.1. Técnicas Analíticas

Carência Química de Oxigênio (CQO)

A Carência Química de Oxigênio é um método analítico que permite medir a concentração de substâncias orgânicas oxidáveis em soluções aquosas. A determinação deste parâmetro foi feita pelo método do dicromato de potássio. Este método utiliza um forte oxidante de matéria orgânica em condições ácidas (ácido sulfúrico – H_2SO_4), na presença de um catalisador (sulfato de prata – $AgSO_4$).

Para cada amostra analisada foram preparados dois tubos, em cada um deles foram colocados 1,5 mL de solução digestão, 3,5 mL de solução ácida e 2,5 mL de amostra. De acordo com procedimento foi preparado o branco, que possui a mesma composição das amostras, no entanto, este substitui os 2,5 mL de amostra por água destilada. Após a preparação das soluções, os tubos foram tapados e suavemente agitados para misturar todas as componentes da solução. Foram colocados no termoreactor (ECO25 da VELP Scientifica) a $150^\circ C$ durante duas horas. Em seguida, foram retirados do termoreactor, sendo novamente agitados suavemente e colocados no escuro durante uma hora. Posteriormente, foi medida a absorbância das amostras no fotómetro (Photolab S6 WTW), sendo a para a gama de 0 – 100 mgO_2/L , uma absorbância de comprimento de onda de 445 nm, e para a gama de 100 – 1000 mgO_2/L um comprimento de onda de 605 nm.

Para a utilização desta técnica foi necessário a construção de uma curva de calibração. Utilizaram-se soluções padrão de KHP de CQO e determinou-se a absorbância.

Eco-toxicidade

Este método tem como objetivo medir a biotoxicidade de um determinado meio e utiliza bactérias marinhas luminescentes *Vibrio fischeri*. Estas bactérias, em contacto com meio tóxicos, perdem a sua capacidade de emitir luz.

O procedimento experimental é descrito pela norma ISO 11348 – Parte 2, uma vez que se tratam de bactérias liofilizadas. Este procedimento consiste em colocar 1,5 mL de amostra, com pH $7 \pm 0,2$, em cada cuvete. Em seguida, as bactérias (kit LCK 480) passaram por um processo de reativação que passa pela sua descongelação, num banho à temperatura ambiente durante dois minutos. Posteriormente são colocadas numa solução comercial de glucose, a $15^\circ C$, durante 15 minutos, no LUNISTherm. Em cada cuvete de medição, colocou-se 0,5 mL da suspensão em contato com as bactérias, e adicionou-se 0,5 mL de amostra. Após 15 e 30 minutos de contacto entre as bactérias e as amostras mediu-se a percentagem de inibição no LUMISTox (Dr. Lange, Germany) com o software LUMISTox 300 (versão 4.00). A percentagem de inibição de luminescência nas amostras é medida em

relação ao seu próprio meio de cultura (solução de NaCl 2% (w/v), e preparada a partir da diluição da solução padrão 7,5% (LUMIStox).

Fitotoxicidade

O nível de toxicidade das águas foi medido através do método da germinação de sementes de agrião de jardim (*Lepidium sativum*). Para cada amostra foram utilizadas duas caixas de Petri, na qual foi colocada papel de filtro à medida e este foi humedecido com 5 mL de amostra líquida. Para o branco procedeu-se da mesma forma, mas a amostra foi substituída por água destilada.

Em cada caixa de Petri foram colocadas 10 sementes de *Lepidium sativum* uniformemente distribuídas, foram fechadas e colocadas numa estufa a 27°C, em ambiente escuro, durante 48 horas. Após serem retiradas da estufa, registou-se o número de sementes germinadas em cada uma das caixas (N_{SG}) e o seu comprimento (L_R).

O IG, Índice de Germinação, é determinado por dois parâmetros: RSG (percentagem relativa de germinação de sementes) e RRG (percentagem relativa de comprimento de sementes). Estes parâmetros são calculados de acordo com as equações apresentadas de seguida.

$$GI (\%) = \frac{RSG(\%) \times RRG(\%)}{100} \quad (7)$$

$$RSG (\%) = \frac{N_{SG,T}}{N_{SG,B}} \times 100 \quad (8)$$

$$RRS(\%) = \frac{L_{R,T}}{L_{R,B}} \times 100 \quad (9)$$

Após a contabilização do número de sementes germinadas e o tamanho das respectivas raízes, pode-se efectuar o cálculo ao Índice de Germinação (IG) e com base na **Tabela 14** observar o grau de fitotoxicidade do efluente em questão.

Tabela 14 - Determinação dos resultados da fitotoxicidade

IG (%)	Classificação do material
> 100	O extrato potencia a germinação
80 – 100	Não fitotóxico
60 – 80	Fitotoxicidade moderada
30 – 60	Fitotóxico
< 30	Extremamente fitotóxico

pH

A medição do pH, nas diversas amostras das recolhidas ao longo dos tratamentos, foi efetuada com recurso ao medidor *Crison micro pH 2002* em conjunto com o sensor de pH *Crison n° 52-21*, cuja gama de operação de temperatura é entre 0°C e 60°C. A calibração do sensor é feita tendo por base duas soluções padrão de pH 4 (Scharlau SO2040) e pH7 (Scharlau SO2070). No final de cada leitura,

o elétrodo foi lavado com água destilada e seco com papel adsorvente, a fim de remover alguma impureza.

Condutividade

A condutividade das amostras foi medida pelo condutivímetro *Consort C863*. Após cada medição, foi limpo com água destilada e seco com papel adsorvente. O condutivímetro foi calibrado com soluções padrão (Cloreto de Potássio - KCl de 1 e 0,1M), com condutividades pré-definidas pelo fornecedor do equipamento.

Sólidos Suspensos Totais (SST)

As amostras são filtradas a vácuo por um filtro cujo o tamanho do poro está entre 7 a 9 μm . Este filtro foi previamente lavado com água destilada, levado à estufa (a 105°C, durante 1 hora) e pesado. O volume filtrado variou entre 20 a 50 mL, consoante o volume de amostra disponível. Após a filtração, o filtro com os sólidos que ficaram retido é levado à estufa, a 105°C, durante uma hora. Em seguida, são retirados da estufa, colocados num exsiccador para arrefecer e posteriormente pesados. Os SST são determinados pela seguinte equação:

$$SST(mg/L) = \frac{m_f - m_i}{V_{ml}} \times 10^6 \quad (10)$$

Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Os SDT são determinados com base no filtrado, sendo este colocado num cadinho que vai á estufa, a 105°C, durante 24 horas. O cadinho é previamente lavado e seco numa estufa, a 105°C, durante 1 hora e posteriormente pesado. Em seguida, o cadinho é retirado da estufa e colocado num exsiccador, durante 1 hora, para arrefecer e seguidamente é pesado. Os SDT são determinados pela seguinte equação:

$$SDT(mg/L) = \frac{m_f - m_i}{V_{ml}} \times 10^6 \quad (11)$$

Espetrofotometria UV-Vis

Este teste foi utilizado para avaliar a remoção da cor, ao longo do processo de tratamento das águas residuais em que se usou um efluente real. Este teste requer a utilização de cuvetes na qual se colocam 3 mL de amostra. Em seguida constrói-se um espectro para cada amostra, isto é, mede-se a absorbância numa determinada gama de comprimento de onda. Neste caso, foram utilizados os valores limites (mínimo: $\lambda=190\text{ nm}$; máximo: $\lambda=900\text{ nm}$) e escolhidos os comprimentos de onda onde existem picos mais relevantes.

6.2. Processos de tratamento

Os processos de tratamento para cada tipo de água foram elaborados de acordo com a literatura e com conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

6.2.1. Águas Pluviais

O tratamento efetuado para as AP foi de encontro à literatura e ao caso real aqui apresentado. A **Figura 14** apresenta o processo de tratamento aqui desenvolvido.

O processo inicia-se pela recolha das AP coletadas para um tanque de sedimentação, e tem como objetivo deixar sedimentar partículas que foram capturas do escoamento da água nas áreas de recolha. O clarificado do tanque de sedimentação é enviado para um filtro de areia e cascalho a fim de filtrar qualquer partícula que ainda esteja em suspensão. Após passar pelo filtro de areia e cascalho, o líquido filtrado será escoado para um tanque onde a água vai ser ozonizada, com o objetivo de desinfecção. Posteriormente, o líquido segue para um tanque de armazenamento, onde ficará armazenada até ser utilizada para o seu destino final.

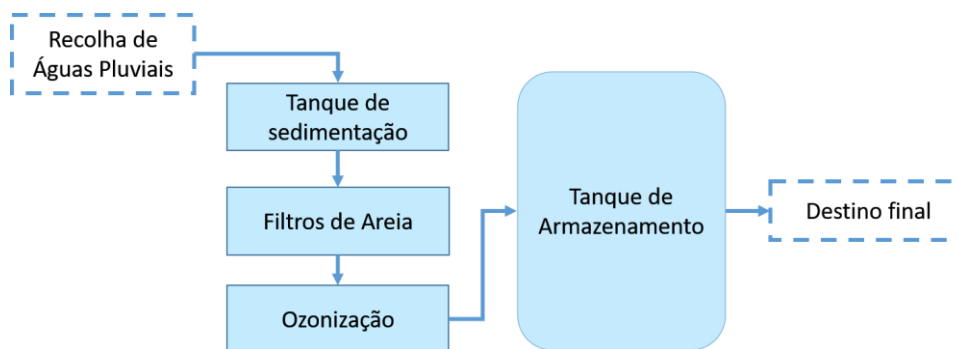


Figura 14 - Processo de tratamento de águas pluviais

6.2.2. Águas Cinzentas

No âmbito dos águas cinzentas foram realizados quatro testes, com diferente concentrações de peróxido de hidrogénio, mantendo a mesma concentração de coagulante (Amaral-Silva et al. 2016) como representado na **Tabela 15**.

Tabela 15 - Concentrações utilizadas e processos utilizados

Nº do teste	Concentração de O ₃	Concentração de H ₂ O ₂	Concentração de PAX 18	Processo usado
1	3 mg/L	0 mg/L	750 mg/L	1
2	3 mg/L	80 mg/L	750 mg/L	2
3	3 mg/L	170 mg/L	750 mg/L	2
4	3 mg/L	255 mg/L	750 mg/L	2

O processo de tratamento AC para o primeiro teste diferiu relativamente aos restantes, tendo sido feita uma melhoria do processo para aumentar a eficiência do mesmo. O processo de tratamento para o primeiro teste, está representado na **Figura 15-I**.

Após a recolha de águas cinzentas (que consistiu numa mistura de águas recolhidas do banho, lavagem de louça e lavagem de roupa), as mesmas foram colocadas num tanque de sedimentação para

os sólidos presentes nas AC sedimentassem. O clarificado do sedimentador foi retirado para um decantador, para que este pudesse reter alguns sólidos que ainda pudessem estar em suspensão. Na saída do decantador, as AC passam por um filtro, na qual, o tamanho do poro aumenta gradualmente com a profundidade do filtro.

O filtrado seguiu para um recipiente onde foi sujeito à ozonização durante 120 minutos. Após esta etapa, o líquido passou por um filtro de areia. O filtrado passou para um tanque onde foi sujeito a uma etapa de coagulação, utilizando PAX 18, com o objetivo de retirar os sólidos dissolvidos na sua grande maioria. Por fim, o subnadante é recolhido para um tanque de armazenamento.

Como referido anteriormente, para os testes seguintes foi utilizado o processo representado pela **Figura 15-2**. Em relação ao processo anterior foram modificados dois aspetos: o filtro de placas foi retirado e substituído pelo filtro de areia, e após a ozonização, o líquido passa diretamente para o tanque de coagulação. Com estas duas modificações o processo tornou-se mais eficiente, porque o filtro de areia retira a maioria dos sólidos suspensos e alguma parte dos dissolvidos, tornando a ozonização mais eficiente.

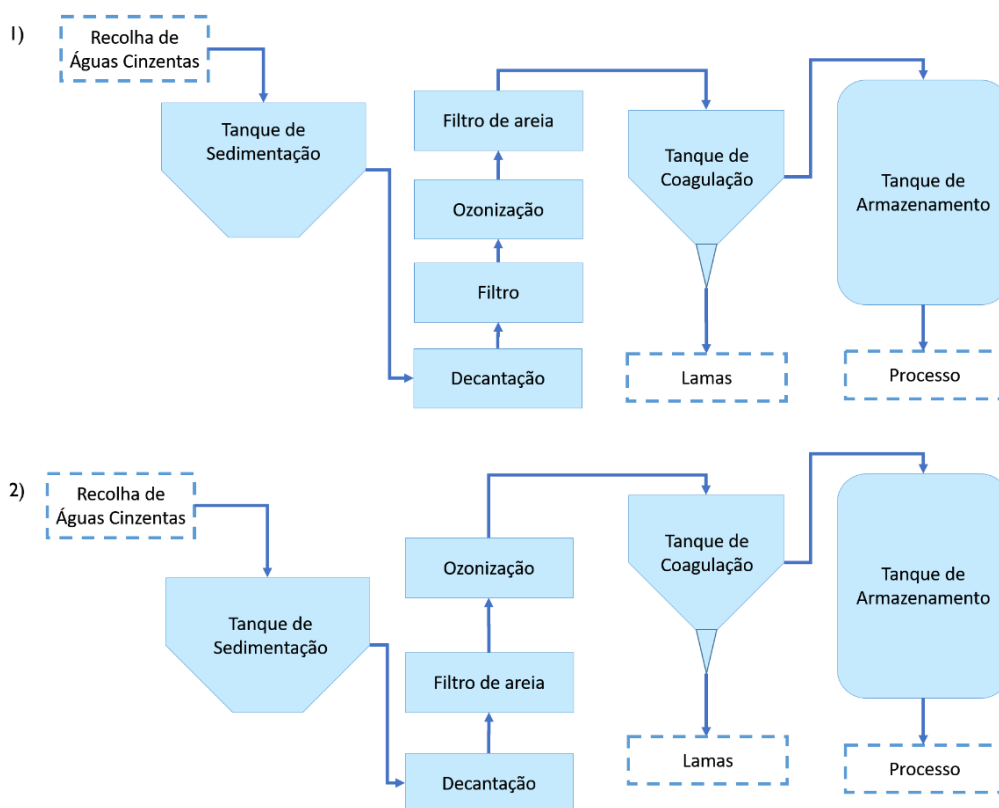


Figura 15 - Processos de tratamento para as AC: 1) Processo utilizado apenas para o teste 1; 2) processo utilizado para os restantes testes

6.2.3. Águas Residuais

O processo para o tratamento das águas residuais está representado na **Figura 16**.

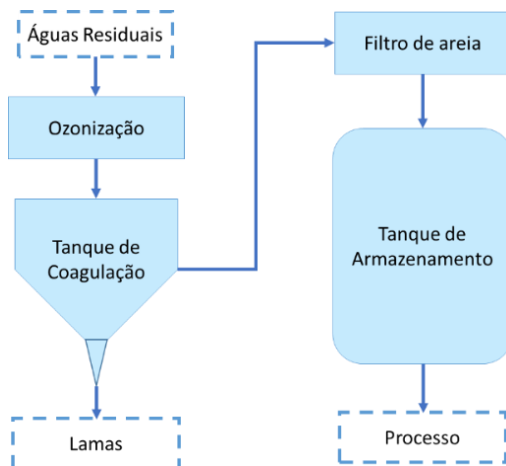


Figura 16 - Processo de tratamento para AR

As águas residuais passam, em primeiro lugar, uma etapa de ozonização a fim de reduzir a cor ao efluente. Em seguida, por uma etapa de coagulação para agregar sólidos em suspensão e/ou dissolvidos no efluente e fazê-los depositar. O subnadante será enviado para um filtro de areia e cascalho para remover sólidos que ainda tenham ficado por agregar na etapa de coagulação.

As águas residuais foram sujeitas a dois testes com diferentes concentrações de H₂O₂ como a **Tabela 16** apresenta.

Tabela 16 - Testes realizados às AR

Nº Teste	Concentração de O ₃	Concentração de H ₂ O ₂	Concentração de PAX 18
1	3 mg/L	170 mg/L	750 mg/L
2	3 mg/L	340 mg/L	750 mg/L

6.3. Equipamento utilizado

Gerador de ozono – COM

Este gerador de ozono foi cedido pela BERJAR para os testes laboratoriais. A **Tabela 17** demonstra as características do gerador de ozono utilizado.

Tabela 17 - Caracterização do gerador de ozono

Alimentação	230 V / 50Hz
Potência	50 W
Saída de O ₃	1 g/h
Concentração de O ₃	3 g/m ³

Caudal	2 L/min
Peso	3,5 kg

7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Este capítulo irá destinar-se à demonstração de resultados, assim como à sua discussão. Estará dividido em quatro partes: águas pluviais, águas cinzentas, águas residuais e a integração das águas com base nos três tipos de água.

7.1. Águas Pluviais

7.1.1. Cálculo da pluviosidade média anual

De acordo com a ETA 0701, é necessário recolher dados no mínimo de 10 anos para se poder calcular o tamanho do depósito necessário para a recolha de água. Os dados representados na **Tabela 18** foram retirados dos Boletim de Precipitação nos Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Agência Portuguesa do Ambiente 2017).

Tabela 18 - Precipitação da estação meteorológica de Barcelos de 2000 a 2010

Mês /Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	19	68,8	32,3	408,8	110	22,2	105,4	15,8	76,6	136,7	407,2	592
2001	472	183,2	722,6	142	137,2	16,7	35,6	24,9	37,3	240,3	2,8	181
2002	180,4	80,6	134,5	41,3	92,3	49,7	36,6	5	95,8	177,2	223,4	193,2
2003	218,6	101,8	135,9	149,4	20,9	56,6	40,7	35,6	14,9	231,3	216,6	90,7
2004	142,8	16,8	88	86	70,8	40,4	8,4	110,7	11,9	244	21	71,6
2005	29,7	46,5	187,3	69,5	59,1	23,7	34,3	2,2	48,3	21,2	73,2	120,9
2006	47,6	86,2	213,3	108,3	14,2	113,2	202,3	150,4	64,7	262,6	223	189,3
2007	41	250,1	105	28,2	89,2	106,7	50,7	9,7	13,2	8,4	54,2	53,1
2008	175,9	37,9	87,7	194,7	142,7	25,4	49,1	14,9	11,1	3,6	3,2	107,8
2009	190,5	68,9	42,9	115,4	46,7	118,5	62,1	13,2	9,2	153,8	212,8	269,2
2010	177,3	188,9	179,6	74,1	17,7	14,5	1,8	0	0,1	145,1	255,6	195,5
2011	226,6	174,8	70,7	23,7	69,4	5,6	30,7	21	26,9	212,2	234,6	107,9

A média da precipitação dos dados recolhidos a 11 anos na estação meteorológica de Barcelos (04F/01C) foi obtida uma média de 107,9 mm de altura de água por mês.

7.1.2. Cálculos de águas recolhidas

Após a recolha dos dados relativos à precipitação da estação meteorológica de Barcelos (04F/01C) no espaço temporal de 11 anos, procedeu-se à recolha de dados mais recentes relativos à precipitação referentes ao período de novembro de 2014 até fevereiro de 2017, sendo representados na **Figura 17**.

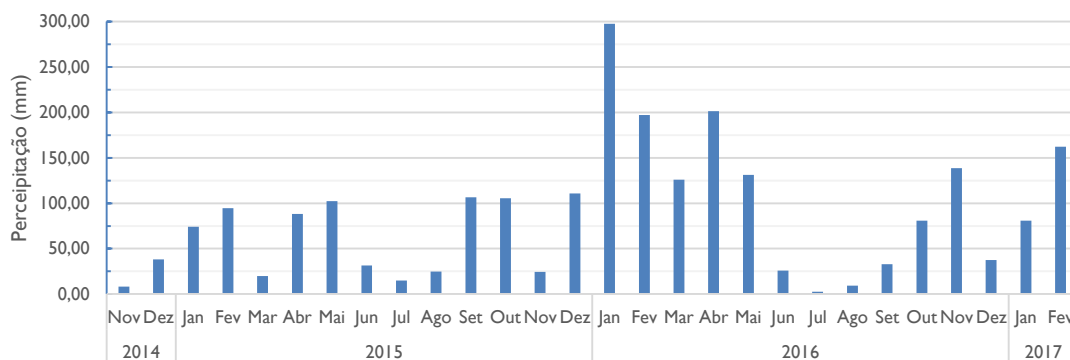


Figura 17 - Precipitação registada na estação meteorológica de Barcelos

A Malhas Sonix, S.A. forneceram à BERJAR as plantas da cobertura da fábrica, a partir das quais foi possível calcular a área coberta total (área de recolha de AP), aproximadamente cerca de 10500m².

De acordo com Associação Empresarial de Portugal (AEP) a Malhas Sonix, S.A. tem 186 empregados, admitindo que 30% são do sexo feminino, 70% são do sexo masculino e trabalham em turnos de 8 horas. Atendendo que, a Malhas Sonix, S. A. dispõem de: casa de banho e balneários foram admitidos os seguintes consumos de água, apresentados na **Tabela 19**, para os diversos equipamentos (Bertolo 2006; Santos 2011; P. Silva 2013; T. Silva 2012). Assim como a sua utilização diária representadas na **Tabela 19**.

Tabela 19 - Consumos médios de água para utilização de sanitários e utilizações médias diárias por trabalhador

Consumos médios de água por utilização				Utilizações médias diárias		
Equipamento	Consumo de água		Duração (min)	Equipamento	Sexo Masculino	Sexo Feminino
Sanita	6	L/descarga	-	Sanita	1	3
Urinol	2	L/descarga	-	Urinol	2	0
Torneira	12	L/min	1	Lavatório	5	5
Chuveiro	14	L/min	10	Chuveiro	1	1

Para efeitos de cálculo foi ainda considerado que, 10% dos trabalhadores de do sexo feminino e 40% dos trabalhadores do sexo masculino utilizavam o chuveiro. Após estas considerações, obteve-se um valor de consumo de águas mensal de 646,98 m³ de água, considerou-se este valor constante ao longo dos meses do ano.

Partindo destas considerações e do pressuposto que: para consumos de água para saneamento apenas será utilizada as AP, pretende-se com isto saber em quanto tempo é que a aplicabilidade do aproveitamento de AP passa a ser rentável. Como tal, efetuou-se o saldo entre a água gasta e as águas pluviais aproveitadas. A **Figura 18** representa o cálculo efetuado entre o aproveitamento de AP e o gasto de água para saneamento.

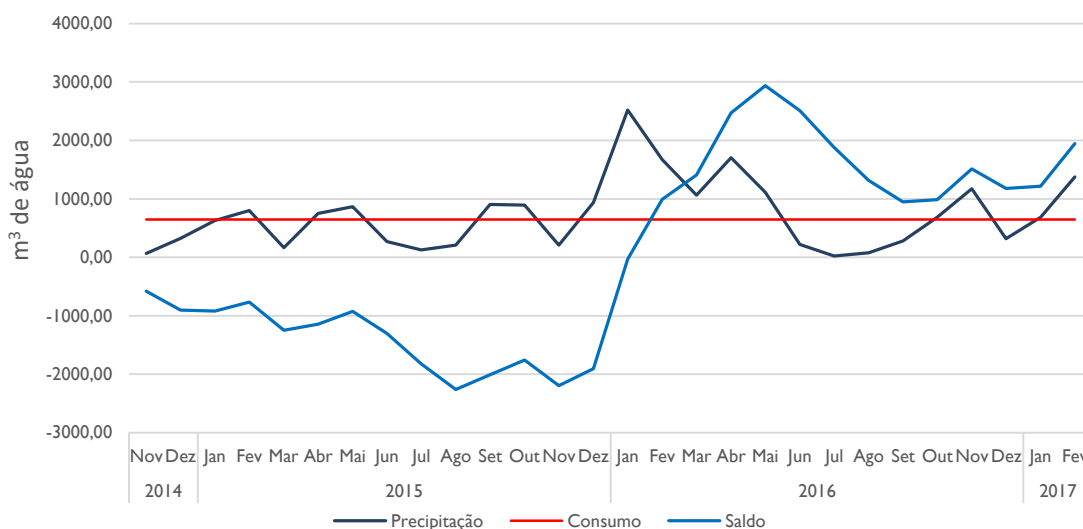


Figura 18 - Balanço entre o aproveitamento de AP e o gasto do saneamento

O período de retorno está entre 15 a 16 meses. Este período pode ser mais curto ou mais alargado consoante a intensidade de precipitação sentida no local onde será aplicada.

Previsões futuras

Após reunir os dados, efetuaram-se duas previsões: cenário otimista (CO) e um cenário pessimista (CP). Estes dados foram baseados nos dados recolhidos admitindo que para o CO a precipitação aumenta em 20% e para o CP a precipitação diminui em 20%. Estas conclusões podem ser demonstradas na **Figura 19**, e os cálculos efetuados encontram-se no ANEXO V – Previsões: CO e CP.

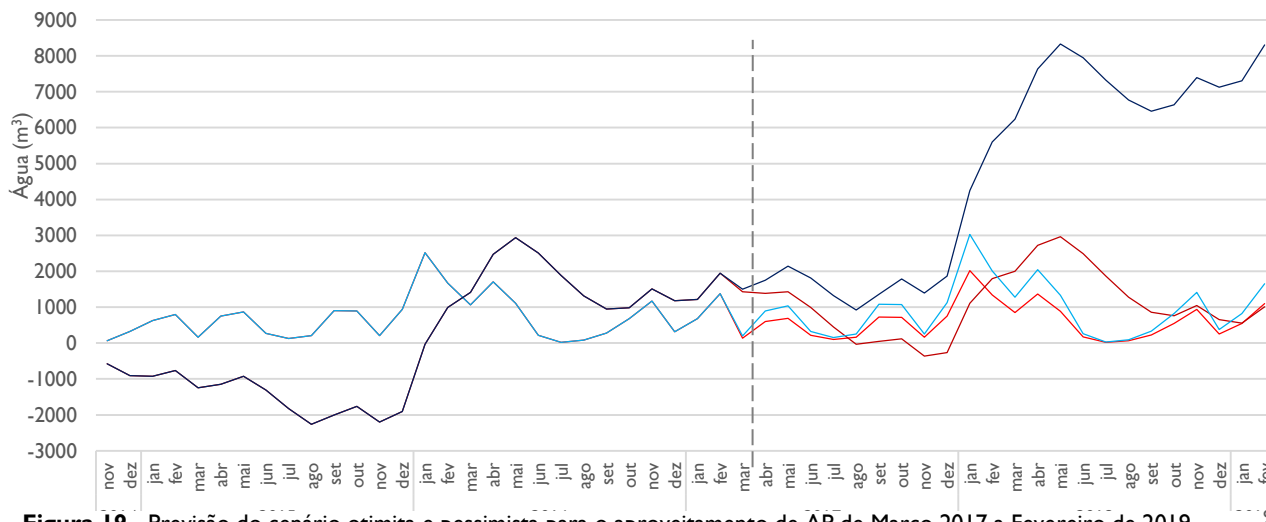


Figura 19 - Previsão do cenário otimista e pessimista para o aproveitamento de AP de Março 2017 a Fevereiro de 2019

Após a observação da **Figura 19** conclui-se que com o aumento da precipitação, a quantidade de AP captada compensa todos os gastos de água efetuados e ainda é possível acumular água para outros destinos. Quanto ao CP a diminuição da precipitação mantendo os gastos constantes, irá ter oscilações em que há um período de meses que se consegue acumular, e outro período de tempo em que a água acumulada serve para atenuar os gastos da rede da água municipal.

7.1.3. Resultados do processo

Para avaliar a eficiência do tratamento desenvolvido para este tipo de águas foram efetuados análises para medir o pH, o CQO, os SST e SDT, a biotoxicidade e a fitotoxicidade.

A **Figura 20 em A** demonstra a variação do pH ao longo do processo. O pH aumenta 6,2 para 6,8 no final do processo de tratamento, estando dentro dos VMA no Decreto-Lei 306/2007 de 27 de agosto. Em **B**, no gráfico de barras, pode-se observar a quantidade de CQO envolvida no tratamento, enquanto que, no gráfico de dispersão, podemos observar a sua remoção ao longo do tratamento. Assim, no final do tratamento, é obtida uma remoção de 66,8% o que traduz um CQO de 23,2 mg O₂/L.

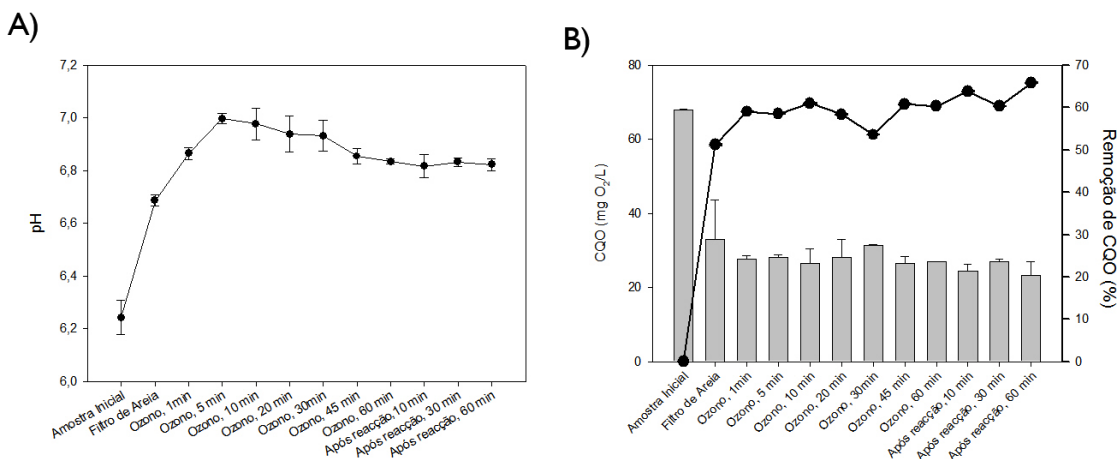


Figura 20 - Águas Pluviais: A) pH; B) CQO (à esquerda) e Remoção do CQO (à direita)

A **Figura 21** apresenta os resultados dos testes de SST e SDT. No início do tratamento, os SST situavam-se em 52 mg/L, enquanto que, no final encontram-se com um valor de 106 mg/L. Este aumento é também visível para o SDT, que estavam em 110 mg/L no início do processo, aumentado para 158 mg/L no final do tratamento. Este aumento poderá dever-se ao facto de o filtro de areias não estar bem limpo, passando alguns sólidos para a água. No entanto, para os SST, pelo Decreto-Lei 236/1998 de 1 de agosto, a água para consumo humano tem um valor máximo recomendado (VMR) de 25 mg/L. Esta água não serve para ser consumida pelos seres humanos, mas pode ser utilizada para fins não potáveis.

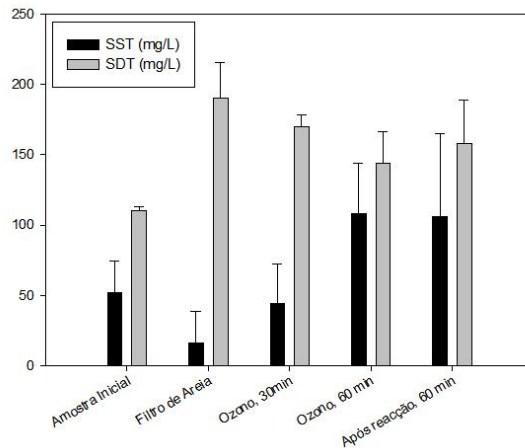


Figura 21 - Águas Pluviais: SST e SDT

Na **Figura 22-A** encontram-se representados os testes de sementes, que servem para determinar o índice de germinação, a fim de determinar a fitotoxicidade das águas. Atendendo aos resultados obtidos relativamente ao branco (efetuado com água destilada), as águas pluviais são águas que promovem o crescimento de plantas. Relativamente à **Figura 22-B**, esta apresenta os valores de biotoxicidade, ou seja, a inibição de crescimento bacteriano de *vibro fshiers*, o que significa que é tanto mais tóxico, quanto mais elevado for o valor. No caso das águas pluviais, o grau de inibição não ultrapassa os 20%, o que significa que as águas pluviais não são muito biotóxicas.

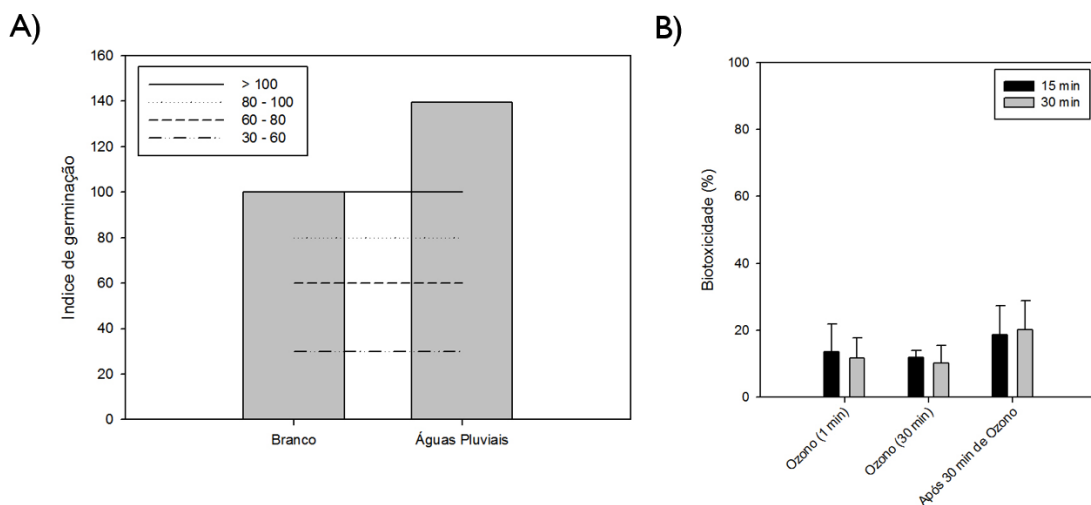


Figura 22 - Águas Pluviais: A) Teste de fitotoxicidade; B) Teste de biotoxicidade

7.2. Águas Cinzentas

As águas cinzentas utilizadas para os testes elaborados foram reais.

7.2.1. Teste 1: O₃ (3 mg/L)

A **Figura 23-A** apresenta os resultados da medição do pH ao longo do processo. O pH inicia-se com um valor de 6,65, atinge o seu ponto máximo quando decorridos 60 minutos de ozonização, e termina com um pH de 6,75, no final do processo, podendo considerar-se neutro nesta situação. Na **Figura 23-B**, observam-se os resultados do teste de CQO, na qual, após a sedimentação ocorre uma

remoção de 30%, mantendo-se constante entre 38% e 40%, até ao final do filtro de areia. Após a coagulação é então atingida uma remoção de 83% de CQO.

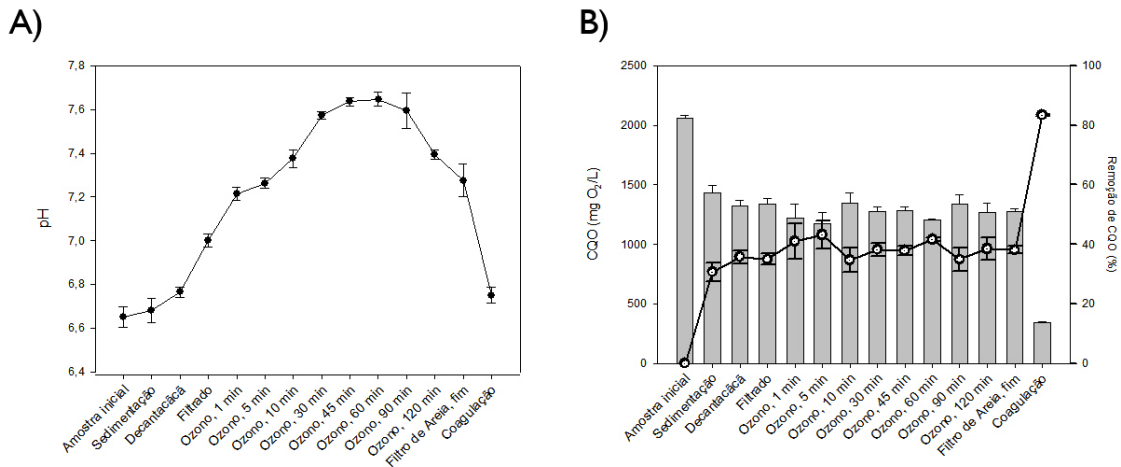


Figura 23 - Resultados do teste I, às AC: A) pH; B) Medição do CQO (à esquerda) e remoção do CQO (à direita)

Na **Figura 24-A**, tem-se os resultados dos testes de SST e SDT. Pode verificar-se que existe uma diminuição da concentração dos SST e SDT da amostra inicial para a decantação, e a partir da filtração aumenta ligeiramente e vão oscilando, podendo ocorrer a formação de SS em SD ou a desintegração de SS em SD devido à reação dos compostos com o ozono. Após a coagulação existe uma redução visível dos SDT e um aumento do SST, o que pode dever-se ao fato de existir matéria suspensa agregada no fluido final. Em relação à **Figura 24-B**, a condutividade sofre uma diminuição até aos 5 minutos de ozonização, 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que a partir desse ponto passa a aumentar até à etapa final, 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

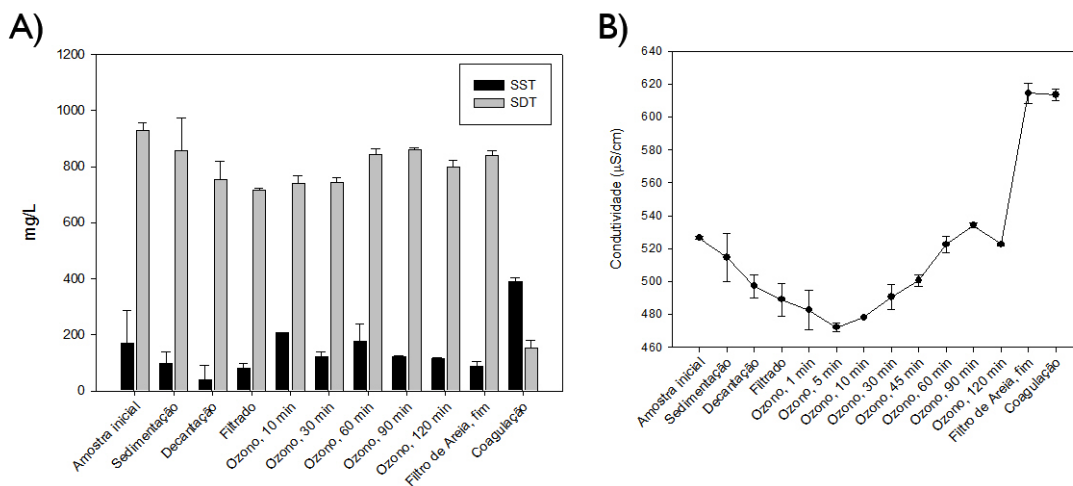


Figura 24 - Resultados do teste I, às AC: A) SST e SDT; B) Condutividade

7.2.2. Teste 2: O₃ (3 mg/L) + H₂O₂ (80 mg/L)

Para este teste foi utilizado o processo representado na **Figura 15-2**.

A **Figura 25-A** representa o pH ao longo do tratamento do teste 2, verificando-se que este exibe variações ao longo do processo, como pode ser observado. Apesar dessas variações serem graficamente serem muito evidentes, o pH ao longo do tratamento varia entre 6,6 a 7,0, mantendo-se dentro da gama que é considerada neutra. Em **B**, o CQO tem um aumento significativo ao primeiro minuto, fato que é devido à adição de H_2O_2 , descendo significativamente a partir do minuto 5. No minuto 75 de ozonização podemos reparar que o CQO diminui, o que pode ser devido a produtos secundários formados da reação ou a erros analíticos. No final do processo a remoção de CQO chega a 62,9%.

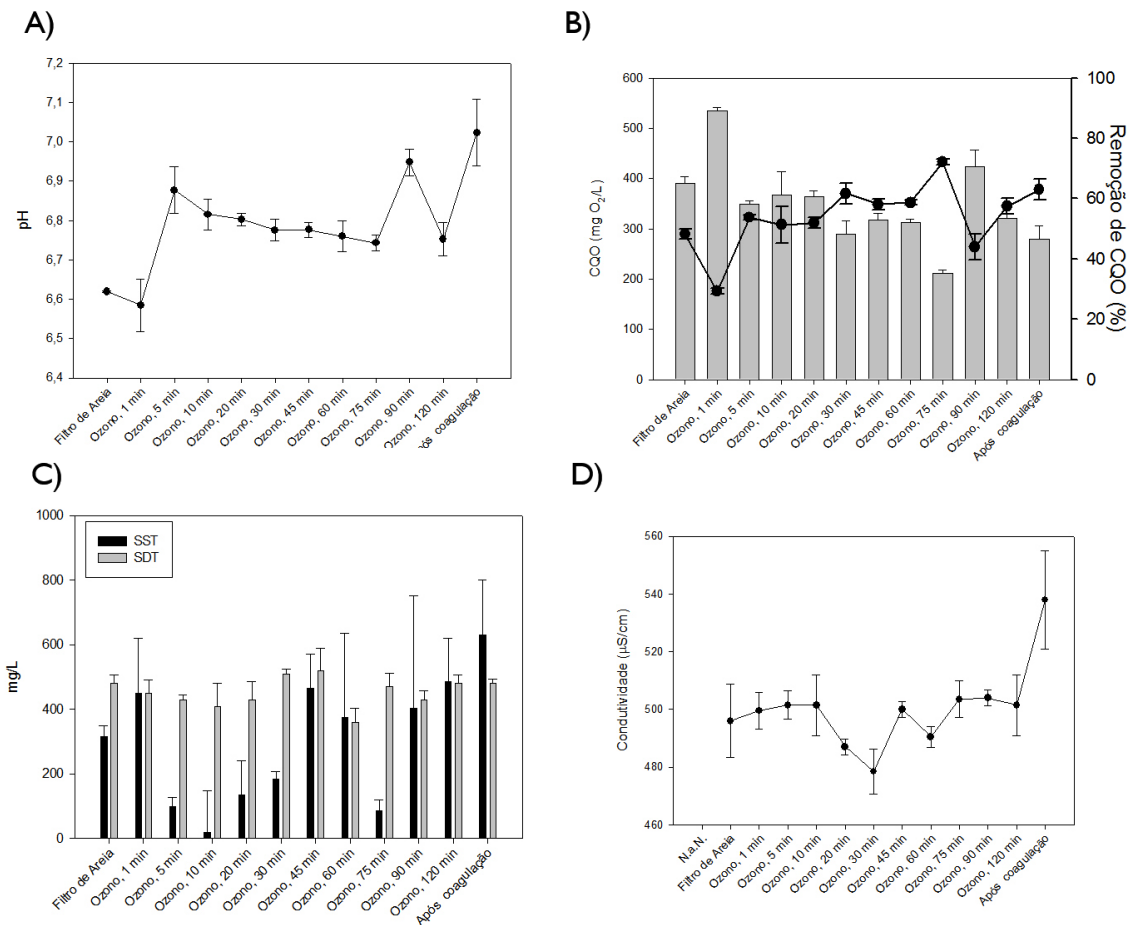


Figura 25 - Resultados do teste 2, às AC: A) pH; B) Medição do CQO (à esquerda) e remoção do CQO (à direita); C) SST e SDT; D) Condutividade

Em **C**, pode observar-se os SST e SDT ao longo do tratamento. É de notar que os SST e SDT oscilam muito podendo assim concluir-se, como anteriormente, que pode ocorrer transição dos SST e SDT. No entanto, aqui a coagulação na concentração usada não tem muito efeito sobre a remoção de SDT, mas aumenta os SST. Em **D**, pode constatar-se que a condutividade não varia muito ao longo do processo, atingindo valores mínimos, 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ao minuto 30 e máximo, 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no final do processo.

7.2.3. Teste 3: O₃ (3 mg/L) + H₂O₂ (170 mg/L)

Para este teste foi utilizado o processo representado na **Figura 15-2**.

Na **Figura 26-A**, observa-se a medição do pH ao longo do processo, desde o início até à etapa final, variando entre 6,5 a 7,7 inicialmente e decrescendo na etapa final para 5,7. Quando se observa **B**, verifica-se que o CQO nas etapas de sedimentação e decantação aumenta, significando que o efluente poderia ter ficado retido tempo demais nos equipamentos. Quando passa para o filtro de areia o CQO decai para metade, manifestando que a matéria ficou retida no filtro. Após o filtro de areia o CQO aumenta, podendo a adição de H₂O₂ ter contribuído para esse efeito. A remoção de CQO no final do processo é de 59,7%.

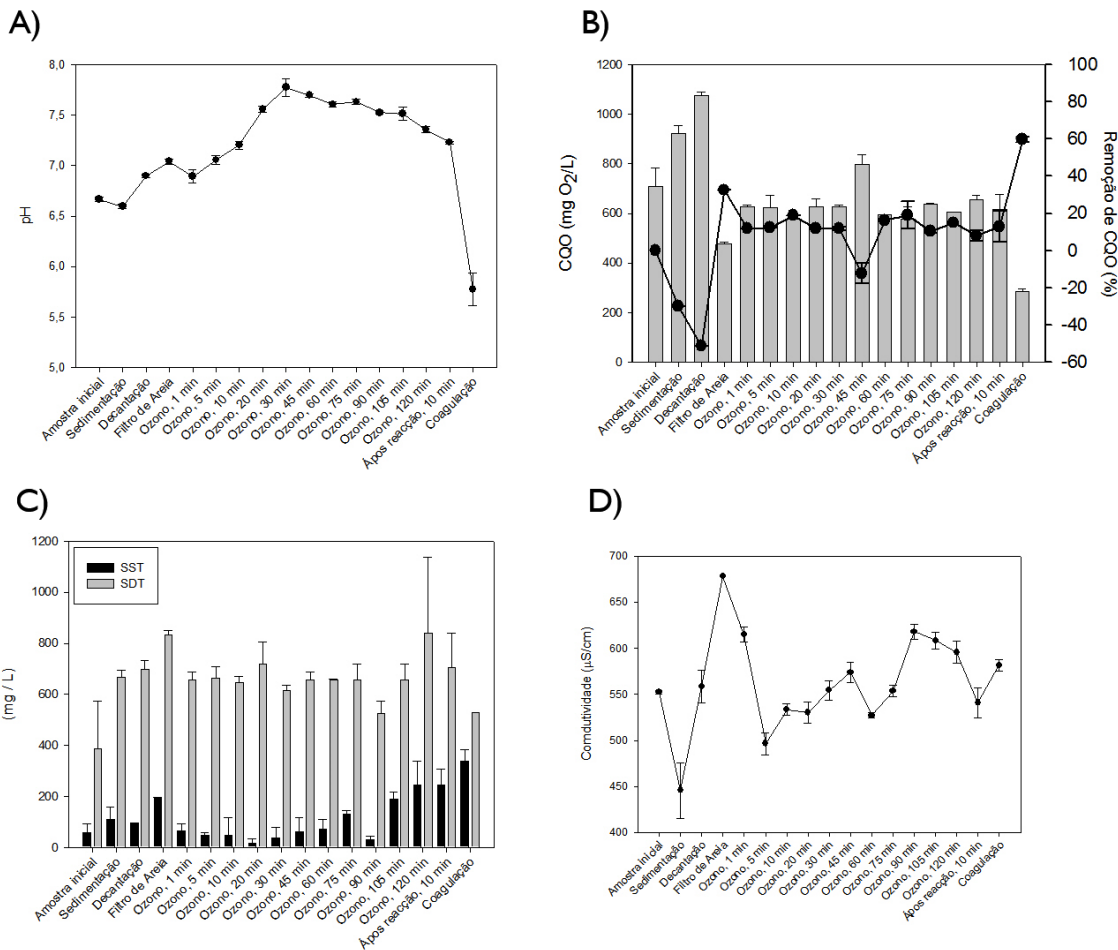


Figura 26 - Resultados do teste 3 às AC: A) pH; B) Medição do CQO (à esquerda) e remoção do CQO (à direita); C) SST e SDT; D) Condutividade

Em **C**, verifica-se que os SST e SDT oscilam ao longo do processo, aumentando nas etapas finais, já em **D** a condutividade também varia bastante ao longo de todo o processo.

7.2.4. Teste 4: O₃ (3 mg/L) + H₂O₂ (255 mg/L)

Este foi o ultimo teste realizado para este tipo de águas, com o processo apresentado na **Figura 15-2**).

Ao observar a **Figura 27-A** verifica-se que o pH ao longo do processo se mantém entre 6,5 e 7, no entanto, na etapa final o pH desce para pH 4,5. Em **B**, pode observar-se que aos 45 minutos de ozonização temos uma diminuição de CQO que depois volta a aumentar. No final do processo obtém-se uma remoção de quase 65% de CQO, significando um CQO de 215 mgO₂/L. Com base em **C**, observa-se que aos 45 minutos de ozonização existe uma diminuição de SST e SDT, voltando posteriormente a aumentar. Em **D** visualiza-se que, à exceção do minuto 105, a condutividade não sofre uma grande variação.

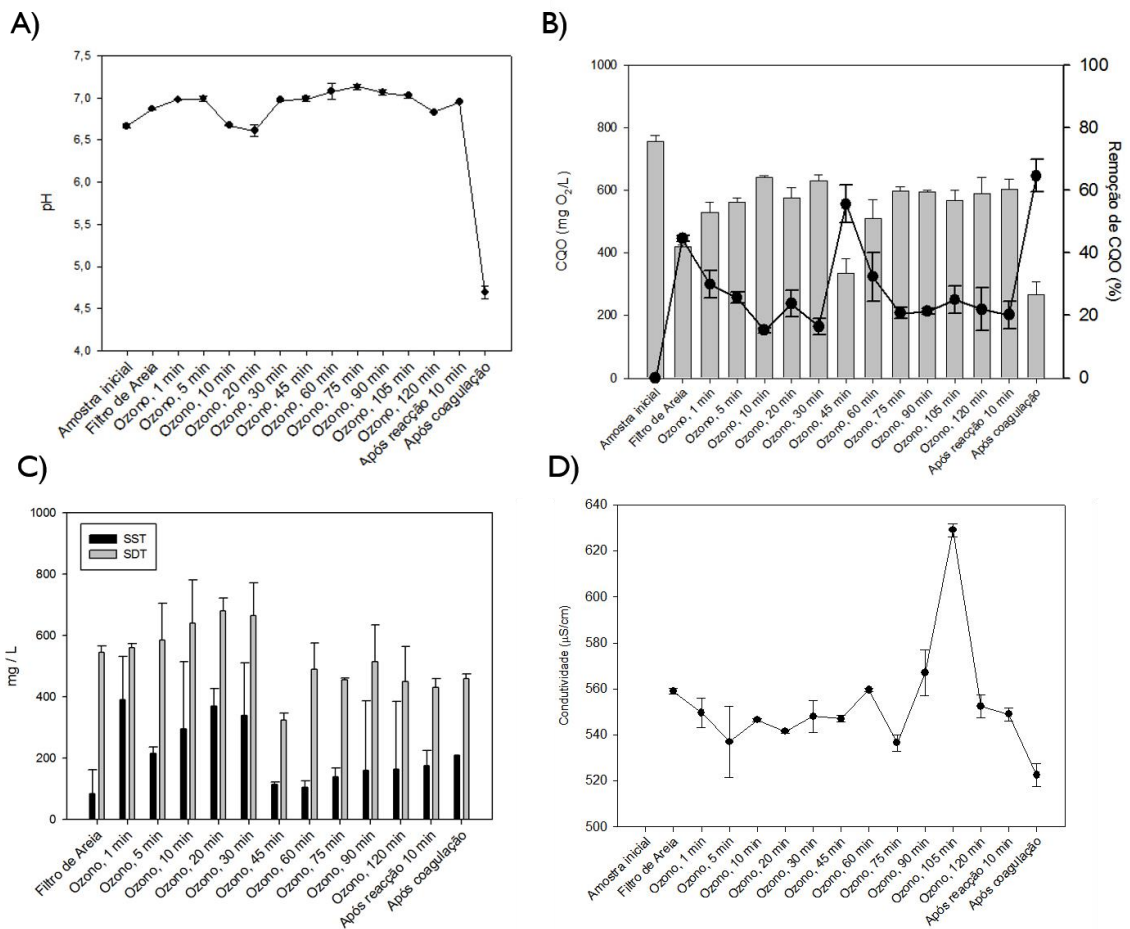


Figura 27 - Resultados do teste 4, às AC: A) pH; B) Medição do CQO (à esquerda) e remoção do CQO (à direita); C) SST e SDT; D) Condutividade

7.2.5. Testes: Biotoxicidade e Fitotoxicidade

Estes testes serviram de meio de comparação entre os tipos de tratamento efetuados. A **Figura 28-A** é referente a biotoxicidade das águas, na qual, estas se revelaram muito biotóxicas. Os valores, em geral, estão entre 90% a 95% de inibição biológica. Existem apenas duas amostras que mostraram valores muito abaixo: tese 2 aos 45 minutos de ozonização e no final do teste 3. Estes dois testes revelaram valores entre 35% a 45% e 60% a 65%, respetivamente. Em **B** foi testada a fitotoxicidade das

águas, sendo que, o Teste 1 revelou piores resultados em relação a este parâmetros. No final do processo temos uma água fitotóxica. Em relação aos restantes testes revelaram uma fitotoxicidade moderada ou acima desta. O Teste 4 revelou os melhores resultados, mostrando que em todo o processo as águas tinham potencial para a germinação. No Teste 2 a fitotoxicidade aumentou ao longo do processo, e o Teste 3 expressa um elevado potencial de germinação, no final do tratamento.

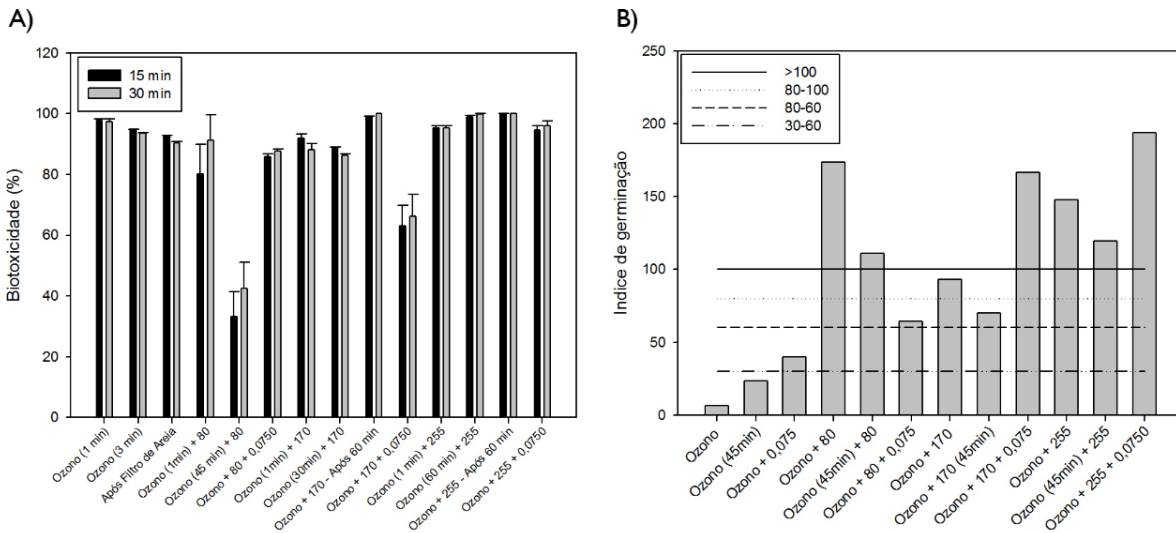


Figura 28 - Comparação entre todos os testes das AC: A) biotoxicidade; B) Fitotoxicidade

7.3. Aproveitamento de AP e reutilização de AC

Como anteriormente pensado, para as águas pluviais, reutilizando as águas cinzentas foi feito um CO e um CP. Tendo por base que para: CO a precipitação aumenta em 20% e no CP a precipitação diminui 20%. A Figura 29 apresenta a diferença entre ambos os cenários em termos de água disponível, assim como, as diferenças na acumulação de AC ao longo da previsão efetuada.

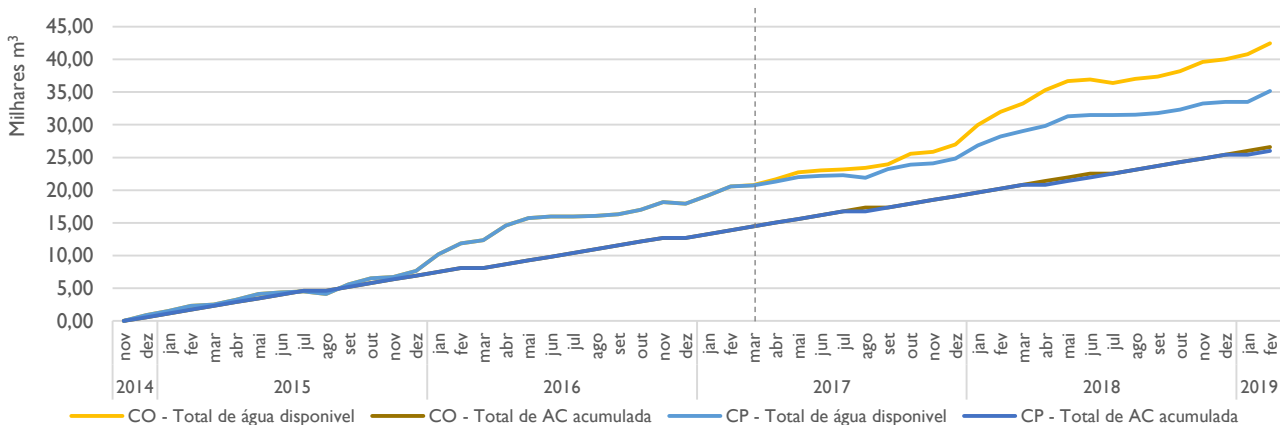


Figura 29 - Previsão do cenário otimista e pessimista para o aproveitamento de AP e recirculação de AC de Março 2017 a Fevereiro de 2019

Após estas previsões foi efetuado um estudo económico ao aproveitamento de AP e à reutilização de AC, baseado nos preços Tabelados pelas Águas de Barcelos S.A para industriais, como demonstra a Tabela 20.

Tabela 20 - Tarifas cobradas pelas Águas de Barcelos, S.A.

A. 1 - TARIFA DE DISPONIBILIDADE DE ÁGUA (tarifa mensal)	Valor da tarifa
Consumidores não domésticos	
Calibre dos contadores até 15 mm	10,87 €
A. 2 - TARIFAS DE CONSUMO DE ÁGUA (por cada m³ água consumida)	Valor da tarifa
Consumidores comerciais, industriais e agrícolas, profissões liberais e administração direta e indireta do Estado	
1º Escalão: 0 a 50 m ³ / mês	2,19 €
2º Escalão: mais de 50 m ³ / mês	2,72 €
S. 1 - TARIFA DE DISPONIBILIDADE de SANEAMENTO PARA INDUSTRIAIS (tarifa mensal)	Valor da tarifa
Até 100 mm (inclusive)	40,67 €
S. 2 - TARIFAS DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO - SANEAMENTO (tarifa mensal)	Valor da tarifa
Consumidores comerciais, industriais e agrícolas, profissões liberais e administração direta ou indireta do Estado (cada m ³ água consumida)	0,90 €
S.3 - TARIFA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS (cada m³ água consumida)	Valor da tarifa
Águas residuais do tipo doméstico	
Tarifa única	0,29 €

Com base nos consumos estimados foram calculados os gastos que a Malhas Sonix, S.A. teriam em três cenários: sem aproveitamento das AP, com aproveitamento das AP e com aproveitamento das AP e recirculação das AC.

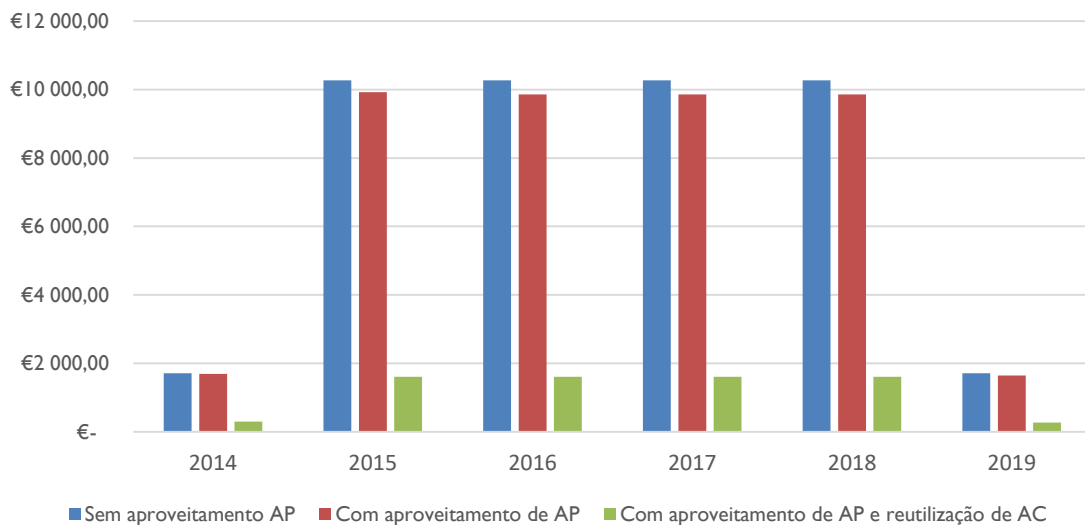


Figura 30 - Gastos económicos com três cenários: 1) sem aproveitamento AP, 2) com aproveitamento AP, 3) com aproveitamento de AP e reutilização de AC

Após a observação da **Figura 30** anterior, pode concluir-se que economicamente é viável aproveitar as águas pluviais e recircular as águas cinzentas. Estes cálculos encontram-se no Anexo VI – CÁLCULOS ECONÓMICOS aos processos. Ao analisar as **Figuras 19** e **29**, e consoante o anteriormente descrito, é possível concluir que a reutilização de AC terá menor impacto ambiental e consequentemente irá reduzir as cargas de efluentes enviados para a ETAR municipal das AB.

7.4. Águas Residuais

Como foi revisto pela literatura, este tipo de efluente requer um tratamento mais fino.

7.4.1. Teste 1: O₃ (3 mg/L) + H₂O₂ (170 mg/L)

A **Figura 31-A** mostra que o pH ao longo do processo varia entre pH 9 e 8,8 durante a ozonização, e decai para pH 8,2 após a coagulação, e para 8,1 no fim de passar pelo filtro de areias. Em **B** temos a medição do CQO ao longo do processo, a qual vai variando ao longo da ozonização, sendo que o seu ponto mais baixo é atingido ao minuto 20, e aumenta gradualmente até ao final desta etapa. Após a coagulação o CQO atinge 296 mgO₂/L e no final do filtro de areia atinge 148 mgO₂/L. Em **C** os SST são diminutos comparados aos SDT, que rondam valores entre 7600 e 4500 mg/L. A sua grande diminuição ocorre no fim do filtro de areias, em que tanto os SST e SDT reduzem drasticamente.

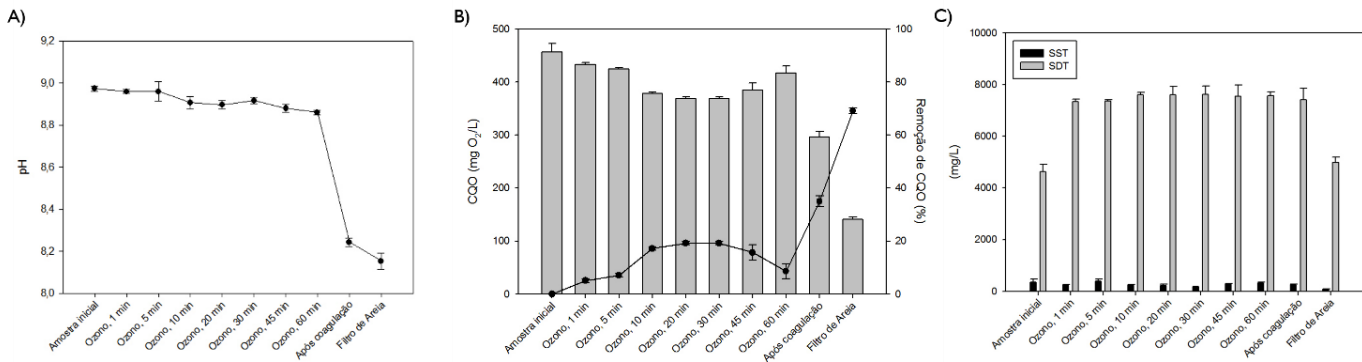


Figura 31 - Resultados do teste I, às AR: A) pH; B) Medição do CQO (à esquerda) e remoção do CQO (à direita); C) SST e SDT

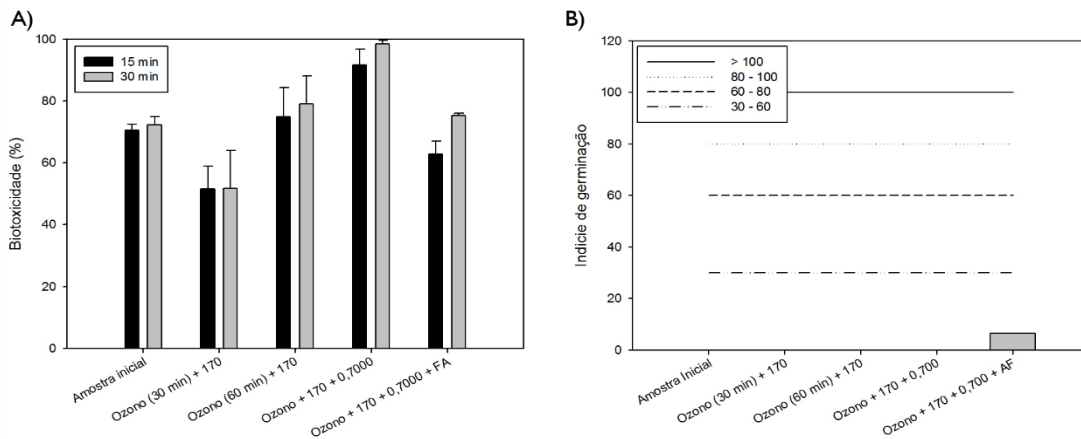


Figura 32 - Resultados do teste I, às AR: A) Biotoxicidade; B) Fitotoxicidade

Devido à toxicidade deste tipo de efluente foram feitos teste de biotoxicidade e fitotoxicidade. Como podemos observar na **Figura 32-A** os valores de toxicidade do efluente no final do processo rondam os 70% de inibição, atingindo um pico após a coagulação, rondando os 95% de inibição biológica. Aos 30 minutos de ozonização atinge o seu valor mais baixo cerca de 50%. Em **B**, confirmamos que só no final do processo é que a fitotoxicidade aumenta, no entanto, continua a ser extremamente tóxica.

7.4.2. Teste 2: O₃ (3 mg/L) + H₂O₂ (340 mg/L)

A **Figura 33-A** apresenta o pH ao longo de todo o teste. Assim como nos testes anteriores o pH foi mantido constante, entre 9 e 8,8, até a coagulação, decaindo posteriormente para pH 8,1, e no final do teste adquirindo um valor de 7,7. Em **B** temos a medição do CQO bem como a sua remoção. Durante a etapa de ozonização, o CQO decresce em relação à amostra inicial, no entanto, oscila durante esta etapa atingindo o valor mais baixo, de 357 mgO₂/L, aos 10 minutos. Na etapa de coagulação, o CQO atinge um valor de 258 mgO₂/L e uma remoção de 45%, e no final do teste, após o filtro de areias, este valor baixa para 92 mgO₂/L e uma remoção de 80%. Em **C** pode observar-se os SST e SDT na qual se pode inferir que o filtro de areia remove parte dos SDT, passando de 7419 mg/L na coagulação para 4986 mg/L após o filtro de areia. Em relação aos SST estes variam durante a ozonização atingindo os valores mais baixo aos 10 minutos, com um valor de 36 mg/L, finalizando o teste com 403 mg/L de SST.

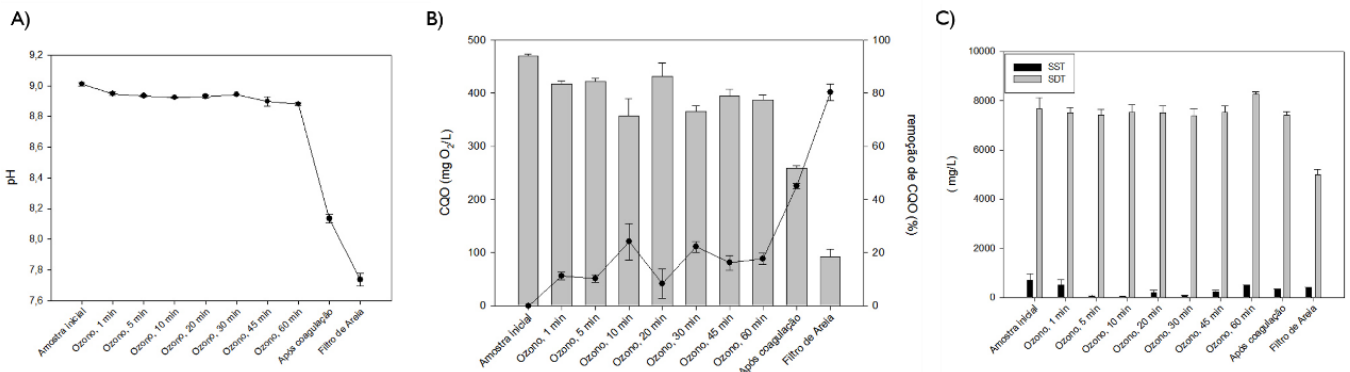


Figura 33 - Resultados do teste 2, às AR: A) pH; B) Medição do CQO (à esquerda) e remoção do CQO (à direita); C) SST e SDT

A **Figura 34-A** demonstra a biotoxicidade do efluente que varia entre 55% e 70%, sendo que esta vai decrescendo ao longo do Teste 2. Em **B**, o IG comparativamente ao Tese I aumenta tanto na etapa final como ao longo do processo. Como tal, o processo revela-se extremamente fitotóxico até à etapa final em que se torna moderadamente fitotóxico.

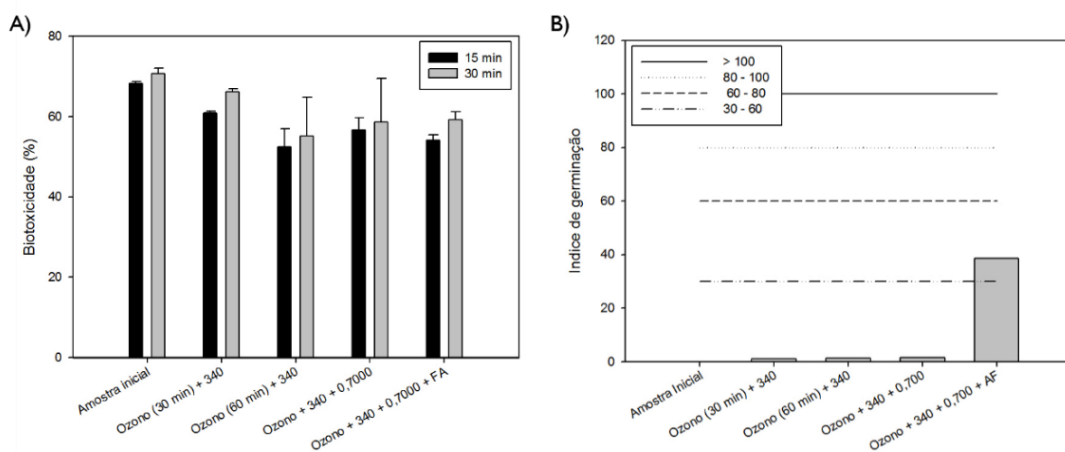


Figura 34 - Resultados do teste 2, às AR: A) Biotoxicidade; B) Fitotoxicidade

7.4.3. Teste: Espectrofotometria UV-Vis

O teste comparativo foi efetuado através da absorvância das amostras, a fim de comparar os espectros das absorvâncias. A **Figura 35-A** apresenta o espectro das absorvâncias para o primeiro teste, tendo sido testadas e analisadas cinco amostras, para se poder inferir a eficiência do processo. No segundo teste foi efetuado o mesmo procedimento, apresentado em **B**.

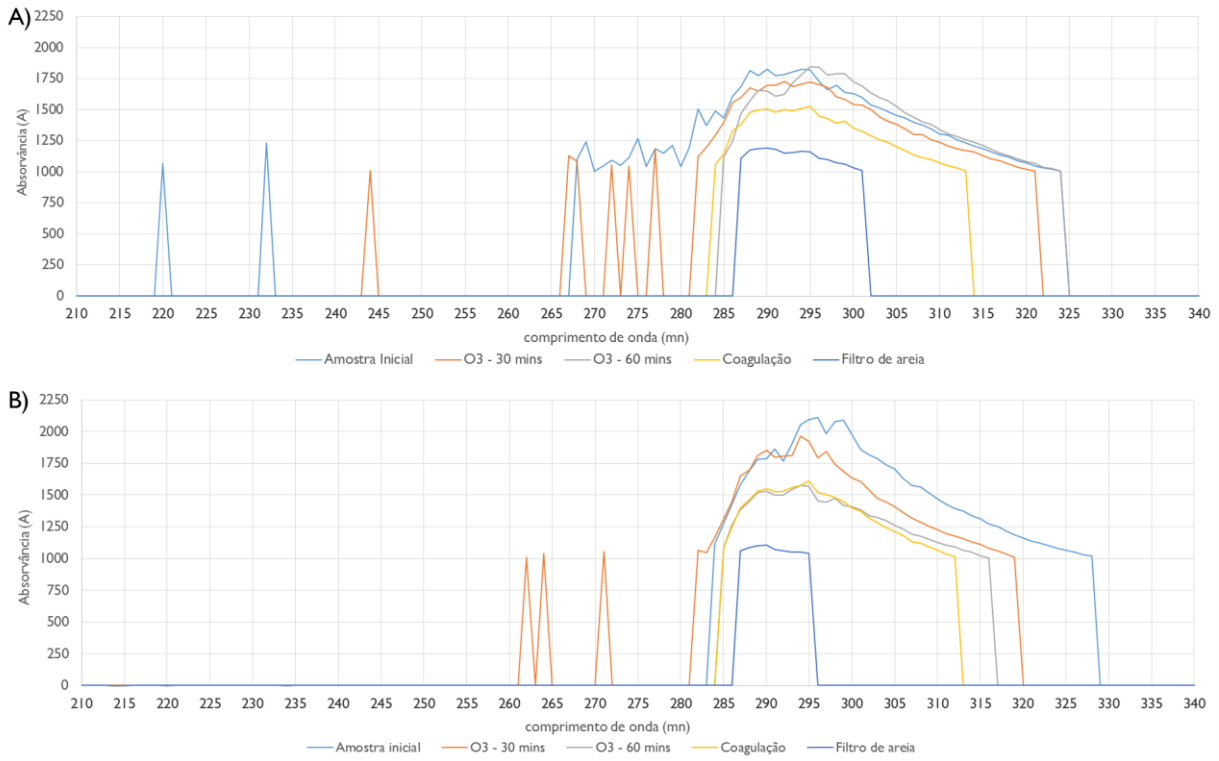


Figura 35 - Absorvância ao longo do processo de tratamento das AR: A) teste I; B) teste2

Como se pode observar, de **A** para **B** ocorre uma redução da área dos espectros. Assim, conclui-se que com o aumento da concentração de H_2O_2 a área de absorvância diminui, o que sugere que os grupos cromóforos na sua maioria foram destruídos. Na **Figura 36** podemos observar as diferenças de cor ao longo do tratamento feito às AR.

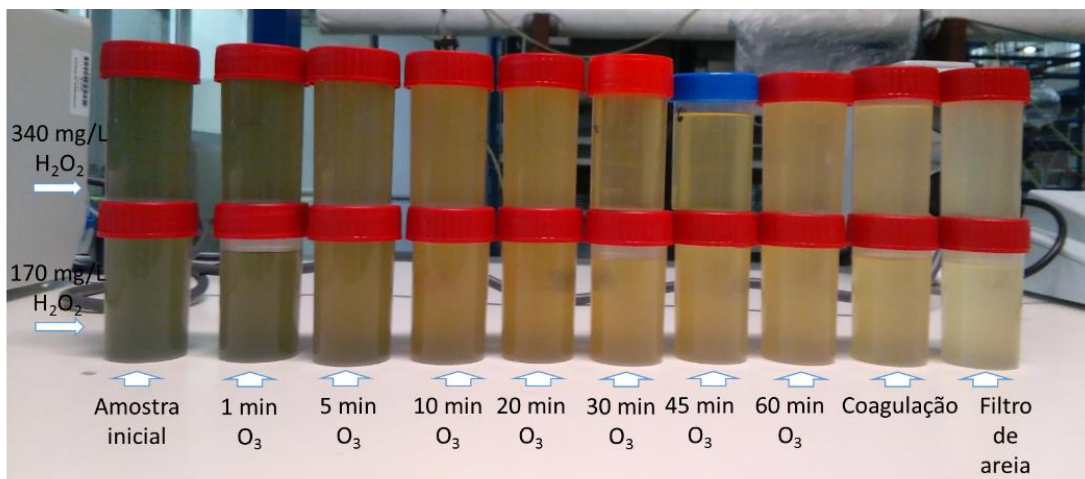


Figura 36 - Amostra recolhidas dos tratamentos às AR tratadas.

7.5. Integração de águas para o processo.

Para fazer um balanço anual foi tido em conta o ano de 2016. Considerou-se uma média anual da água captada do rio como das águas residuais, para os meses onde não existiam dados. Foram ainda admitidas algumas variáveis numa tentativa de tornar o cenário o mais realista possível. Em relação às AP, foi admitido que 5% da água recolhida poderia sofrer perdas através de fugas na canalização. Apenas 80% das AC iram ser aproveitadas tendo em conta o processo que foi desenvolvido neste trabalho. Somente 20% das AR seria tratadas tendo condições para serem reutilizadas. Com isto, foi ainda possível prever percentagem de água reutilizável que pode ser reutilizável. A **Tabela 21** representa todas as conclusões efetuadas.

Tabela 21 - Integração das águas utilizadas nas Malhas Sonix S.A.

		2016											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dados Iniciais	Águas Pluviais	2521	1671	1066	1707	1112	220	21	80	280	685	1173	316
	Água do Rio	11197	11113	10535	13661	11727	14698	11195	2905	11938	10997	10997	10997
	Águas Cinzentas	745	745	745	745	745	745	373	745	745	745	745	745
	Águas Negras	69	69	69	69	69	69	35	69	69	69	69	69
	Água Residuais	8660	10017	8440	11101	9179	11508	12658	1993	9386	9216	9216	9216
Água utilizável para o processo	AP (utilizável)	2395	1587	1013	1622	1057	209	20	76	266	650	1115	300
	AC (utilizável)	596	596	596	596	596	596	298	596	596	596	596	596
	AR (tratada)	1732	2003	1688	2220	1836	2302	2532	399	1877	1843	1843	1843
	Total	4723	4187	3297	4438	3489	3107	2850	1071	2739	3090	3554	2740
Desperdício de água	Saneamento (AN)	218	218	218	218	218	218	109	218	218	218	218	218
	Águas Residuais Industriais	6928	8014	6752	8881	7343	9206	10126	1594	7509	7373	7373	7373
	Total	7146	8232	6970	9099	7561	9424	10235	1812	7727	7591	7591	7591
Água do processo	Água reutilizável	4723	4187	3297	4438	3489	3107	2850	1071	2739	3090	3554	2740
	Água do rio	6277	6813	7703	6562	7511	7893	8150	1429	8261	7910	7446	8260
	Total	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	2500	11000	11000	11000	11000
(%) Água reutilizável		43,9%	38,7%	26,9%	52,0%	36,0%	46,3%	27,2%	50,8%	30,8%	28,1%	32,3%	24,9%

Após a análise da **Tabela 21**, é possível concluir a percentagem de água reutilizável pode atingir até 50% das necessidades das MS.

8. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Os procedimentos desenvolvidos para o tratamento de águas em todas as tipologias revelaram-se eficientes, baratos e de fácil aplicabilidade.

O processo para tratamento de AP funcionou na perfeição, atendendo a que, no fim do tratamento atingiu bons níveis de pH, CQO, SST e SDT. Para o tratamento referido anteriormente, a fitotoxicidade revelou-se bastante baixa e a biotoxicidade bastante reduzida.

Dos dois processos desenvolvidos para tratamento de AC, o segundo revelou-se mais eficiente que o primeiro. Do mesmo modo, das concentrações de H₂O₂ testadas, a que revelou um tratamento mais eficaz e sem ser necessária uma correção de parâmetros, foi a referente a um valor de 170 mg/L.

Por fim, e não menos eficiente, o processo de tratamento para AR também obteve bons resultados, revelando-se eficaz na remoção da cor, do CQO, SDT, pH e fitotoxicidade. Assim sendo, a concentração de H₂O₂ que relatou melhores resultados foi a obtida com um valor de 340 mg/L..

Propostas para trabalhos futuros

Para o tratamento de AP devem ser feitos testes para a água do local onde vai ser aplicado o tratamento, assim como, análises microbiológicas para verificar a contaminação por agentes patogénicos. Estes testes também devem ser efetuados para as AC, uma vez que estas também são portadoras destes m.o.. Além disto, no tratamento de AC devem ser elaborados testes com diferentes tipos de coagulantes, visando o estudo dos mais eficientes. Devem ser efectuados testes de turbidez, a fim de saber o grau de remoção que efetivamente foi conseguido com a adição do coagulante.

No tratamento de AR devem ser elaborados mais testes com diferentes tipos de concentração de H₂O₂ e outros métodos AOP's a fim de remover toda a cor ainda existente na água. Do mesmo modo, devem também ser efetuados estudos com etapas biológicas, para tentar aumentar a biodegradabilidade.

Todos estes processos devem ser avaliados, futuramente, à escala piloto e à escala industrial.

9. BIBLIOGRAFIA


- Agência Portuguesa do Ambiente. 2001. *Programa Nacional Para O Uso Eficiente Da Agua*.
- . 2015. “Plano Nacional Da Água - Relatório N° 2.” : 1–259.
- . 2016. “Planos de Gestão Da Região Hidrográfica.”
- . 2017. “SNIRH.”
http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5&idSubtem=ANUARIO_BACIA&bacCOD=1551779242.
- Alexopoulos, A. et al. 2013. “Evaluation of Ozone Efficacy on the Reduction of Microbial Population of Fresh Cut Lettuce (*Lactuca Sativa*) and Green Bell Pepper (*Capsicum Annuum*).” *Food Control* 30(2): 491–96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.018>.
- Almeida, Edna, Márcia Regina, and Maria Aparecida. 2004. “Tratamento de Efluentes Industriais Por Processos Oxidativos Na Presença de Ozono.” *Quimica Nova* 27(5): 818–24.
- Amaral-Silva, Nuno et al. 2016. “Integration of Advanced Oxidation Processes and Activated Sludge for the Treatment of High Refractory Industrial Wastewater.” *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 91(9): 2503–9. <http://doi.wiley.com/10.1002/jctb.4845>.
- AquaAmbiente. 2004. *Tratamento Águas - Ultravioleta*.
- Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. 2012. “ETA 0702 - Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais.” : 2–5.
http://www.anqip.com/images/stories/ETA_0702.pdf.
- . 2014a. *Especificação Técnica ANQIP ETA 0905*.
- . 2014b. “Especificação Técnica ANQIP ETA 0906.” : 2–5.
- . 2014c. *ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais Em Edifício*.
- Berjar Equipamentos Industriais Lda. “Ozono : Aplicações E Indústrias.” 2015: 1–8.
<http://berjar.com/ficheiros/961403-ozono-aplicacoes-industrias.pdf>.
- Bertolo, Elisabete de Jesus Peres. 2006. “Aproveitamento Da Água Da Chuva Em Edificações.” Universidade do Porto.
- Bilinska, Lucyna, Marta Gmurek, and Stanislaw Ledakowicz. 2015. “Application of Advanced Oxidation Technologies for Decolorization and Mineralization of Textile Wastewaters.” *Journal of Advanced Oxidation Technologies* 18(2): 185–94.
<https://www.researchgate.net/publication/280222554>.
- . 2016. “Comparison between Industrial and Simulated Textile Wastewater Treatment by AOPs - Biodegradability, Toxicity and Cost Assessment.” *Chemical Engineering Journal* 306: 550–59.
- Castro, Francine D., João Paulo Bassin, and Márcia Dezotti. 2016. “Treatment of a Simulated Textile Wastewater Containing the Reactive Orange 16 Azo Dye by a Combination of Ozonation and Moving-Bed Biofilm Reactor: Evaluating the Performance, Toxicity, and Oxidation by-Products.” *Environmental Science and Pollution Research*: 1–10. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-7119-x>.
- Chys, M et al. 2013. “Treatment of Rainwater Runoff in Recovery and Recycling Companies: Lab and Pilot-Scale Testing.” *Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering(Online) Journal Journal of Environmental Science and Health, Part A* 48(November): 1093–4529.
<http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=lesa20%5Cnhttp://www.tandfonline.com/loi/lesa20%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1080/10934529.2013.729912>.
- Ciardelli, Gianluca, and Nicola Ranieri. 2001. “The Treatment and Reuse of Wastewater in the

- Textile Industry by Means of Ozonation and Electroflocculation.” *Water Research* 35(2): 567–72.
- Eduardo Pereira; Carlos Pontes Bento; Júlia Brito; Tiago Santos. 2012. *Guia Para a Otimização Da Água E Da Eficiência Energética*.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161><http://cid.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/cid/cir991><http://www.scielo.cl/pdf/udecada/v15n26/art06.pdf><http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84861150233&partnerID=tZOtx3y1>.
- Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos. 2016. *Relatório Anual Dos Serviços de Águas E Resíduos Em Portugal - ANEXO II. Saneamento de Água Residuais Urbanas*.
- European Chemicals Agency. 2012. “Pictogramas CRE - ECHA.”
- Guzel-Seydim, Zeynep B., Annel K. Greene, and A. C. Seydim. 2004. “Use of Ozone in the Food Industry.” *Food Science and Technology* 37(4): 453–60.
- Hyun, K et al. 2016. “Bathroom Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Planting, Non-Planting and Aeration, Non-Aeration Conditions.” *Desalination and Water Treatment* 57(2): 709–17. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2014.997991>.
- Isikber, Ali A., and Christos G. Athanassiou. 2015. “The Use of Ozone Gas for the Control of Insects and Micro-Organisms in Stored Products.” *Journal of Stored Products Research* 64: 139–45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2014.06.006>.
- Kusic, Hrvoje, Natalija Koprivanac, and Ana Loncaric Bozic. 2006. “Minimization of Organic Pollutant Content in Aqueous Solution by Means of AOPs: UV- and Ozone-Based Technologies.” *Chemical Engineering Journal* 123(3): 127–37.
- Lee, Byoung Ho, Won Chul Song, Biswaranjan Manna, and Jong Kyu Ha. 2008. “Dissolved Ozone Flotation (DOF) - a Promising Technology in Municipal Wastewater Treatment.” *Desalination* 225(1–3): 260–73.
- Legrini, O, E Oliveros, and A M Braun. 1993. “Photochemical Processes for Water Treatment.” *Chemical Reviews* 93(2): 671–98.
http://wpi.summon.serialssolutions.com/link/0/eLvHCXMwVV3BCslwDC2i4HngevUHOmybtetZHJ5EZlDdmyw9CqL_j3Eq6Cm8UwJL3mH8JTatg4wYVsoo2BqCOXECBIsJhKxj-HiB827yuI4OtGDfIh2B_NxwzAkEgEw8INQSR37glx7RwGOxUKGbnwjjgEpcjx4clPIkNmQU3Yn7scXwuIOFurpehpImpVpK8ShWuI5NVqPSZ3O.
- MATOS J., SANTOS A.R. GOMES A. FONSECA A.S. LUCAS J. 2011. *GUIÃO DE BOAS PRÁTICAS - Minimização Dos Impactos Ambientais Na Indústria Têxtil E Regulamentação REACH*.
- Moreira Neto, Ronan Fernandes, Maria Lúcia Calijuri, Isabella De Castro Carvalho, and Aníbal Da Fonseca Santiago. 2012. “Rainwater Treatment in Airports Using Slow Sand Filtration Followed by Chlorination: Efficiency and Costs.” *Resources, Conservation and Recycling* 65: 124–29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.001>.
- Perry, Jennifer J, and Ahmed E Yousef. 2011. “Decontamination of Raw Foods Using Ozone-Based Sanitization Techniques.” *Annual Review of Food Science and Technology* 2(1): 281–98. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133637><http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-food-022510-133637>.
- Pinto-Coelho, Ricardo Motta, and Karl Havens. 2015. *Crise Nas Águas: Educação, Ciência E Governança, Juntas, Evitando Conflitos Gerados Por Escassez E Perda Da Qualidade Das Águas*.
- Postma, Scott. 2013. *Ozone Solutions The Definitive Guide to Understanding Ozone*. http://www.ozonesolutions.com/files/information/Definitive_Ozone_Guide.pdf.
- ProMinent. “Sistemas UV - ProMinent.” <https://www.prominent.pt/pt/Products/Products/Sistemas-de-desinfecção-e-sistemas-de-oxidação/Sistemas-UV/pg-uv-systems.html>.
- Rubin, Mordecai B. 2001. “The History of Ozone. The Schönbein Period, 1839–1868.” *Bull. Hist.*

- Chem* 26(1): 40–56. http://www.scs.illinois.edu/~mainzv/HIST/bulletin_open_access/v26-1/v26-1p40-56.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/44D0A126-1E41-457A-A420-B25B9D314C03.
- Santos, Daniela Joana Conde dos. 2011. “Aplicação de Medidas de Eficiência Hídrica Em Meio Hospitalar : A Caso Do Aproveitamento Das Águas Pluviais.” Universidade de Coimbra. <https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/handle/10316/20130>.
- Silva, Pedro. 2013. “Aproveitamento de Águas Pluviais – Implementação de Um Sistema Na FCUP.”
- Silva, Tatiana. 2012. “Estudo de Viabilidade Técnico- Económico Do Aproveitamento Das Águas Em Sistemas Prediais.” http://run.unl.pt/bitstream/10362/9628/1/Silva_2012.pdf.
- Sohaib, Muhammad, Faqir Muhammad Anjum, Muhammad Sajid Arshad, and Ubaid Ur Rahman. 2016. “Postharvest Intervention Technologies for Safety Enhancement of Meat and Meat Based Products; a Critical Review.” *Journal of Food Science and Technology* 53(1): 19–30.
- Tiwari, B. K. et al. 2010. “Application of Ozone in Grain Processing.” *Journal of Cereal Science* 51(3): 248–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2010.01.007>.
- U.S. Geological Survey. 2014. “How Much Water Is There on Eart.” *The USGS Water Science School*. <http://water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>.
- Varga, László, and Jenő Sziget. 2016. “Use of Ozone in the Dairy Industry: A Review.” *International Journal of Dairy Technology* 69(2): 157–68.
- Wu, Qian et al. 2016. “Removal of Fluorescent Dissolved Organic Matter in Biologically Treated Textile Wastewater by Ozonation-Biological Aerated Filter.” *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 59: 359–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2015.08.015>.
- Yu, Zita L, Brent R Bill, Michael K Stenstrom, and Yoram Cohen. 2015. “Feasibility of a Semi-Batch Vertical-Flow Wetland for Onsite Residential Graywater Treatment.” *Ecological Engineering* 82: 311–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.087>.
- Yüceer, Muhammed, Mehmet Seçkin Aday, and Cengiz Caner. 2016. “Ozone Treatment of Shell Eggs to Preserve Functional Quality and Enhance Shelf Life during Storage.” *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(8): 2755–63.

ANEXOS

ANEXO I – PROCEDIMENTO DE EXPERIÊNCIA

 N° ____ / ____ / ____	Nome da empresa: _____ N° trabalho: _____
	Nome do responsável: _____
	Data do início: _____ Temp. Ambiente (°C): _____
	Data do fim: _____ Humidade (%): _____

Procedimento de experiência

Nome da experiência _____

Objectivos

Reagente e material

Procedimentos efectuados

Resultados e análisis efectuadas

Resultados e análises efectuadas

Conclusões

Assinatura do responsável: _____	Data: _____
----------------------------------	-------------

*Esta é sempre a ultima página que deve constar no protocolo de experiência

ANEXO II – LISTA DE MATERIAIS PARA O LABORATORIO


Tabela 22 - Lista de material para o laboratório

Grupo	Item
Material de Proteção	Óculos de proteção
Material de Proteção	Máscaras de proteção
Material de Proteção	Luvras de laboratório (tamanho S, M)
Material de Proteção	Bata
Material de Laboratório	Rolos de toalha em papel
Material de Laboratório	Dispensadores de rolos
Material de Laboratório	Escorredores de material
Material de Laboratório	Escovilhões de tubos ensaio
Material de Laboratório	Escovilhões de frascos e garrafas
Balões de Erlenmeyer	EM 25 mL
Balões de Erlenmeyer	EM 50 mL
Balões de Erlenmeyer	EM 100 mL
Balões de Erlenmeyer	EM 250 mL
Balões de Erlenmeyer	EM 500 mL
Tubos de Ensaio	TE s/ rebordo d15 mm
Tubos de Ensaio	Suporte para TE
Goblés	G 25 mL
Goblés	G 50 mL
Goblés	G 100 mL
Goblés	G 250 mL
Goblés	G 500 mL
Goblés	G 1000 mL
Frascos	Garrafa de Esguicho 250 mL
Vidros de Relógio	VR 40 mm
Vidros de Relógio	VR 60 mm
Vidros de Relógio	VR 80 mm
Balão de fundo plano	BFP 250 mL
Balão de fundo plano	BFP 500 mL
Destilação	Condensador serpentina
Destilação	Adaptadores
Material de Laboratório	Pinças para juntas

Material de Laboratório	Cristalizadores 500 mL
Material de Laboratório	Cristalizadores 300 mL
Funil de Haste	FH 45 mm
Funil de Haste	FH 60 mm
Material de Laboratório	Conjunto de Espátulas
Material de Laboratório	Pinças para copos
Material de Laboratório	Suportes universais para laboratório
Material de Laboratório	Noz dupla
Material de Laboratório	Pinças 15-65 mm
Material de Laboratório	Pinças Usbeek 20-40 mm
Material de Laboratório	Placas de aquecimento classificação magnética
Material de Laboratório	Termómetro c/ contacto eletrónico
Material de Laboratório	Barras agitadoras magnéticas brancas 15mm
Material de Laboratório	Funil Büchner 50 mL
Material de Laboratório	Balão de Filtração 250 mL
Material de Laboratório	Balão de Filtração 500 mL
Material de Laboratório	Filtros papel
Material de Laboratório	Cores de sedimentação Imhoff
Material de Laboratório	Cronómetro digital
Material de Laboratório	Balança analítica
Material de Laboratório	Balões volumétricos c/ rolha 50 mL
Material de Laboratório	Balões volumétricos c/ rolha 100 mL
Material de Laboratório	Balões volumétricos c/ rolha 250 mL
Material de Laboratório	Provetas Graduadas 50 mL
Material de Laboratório	Provetas Graduadas 100 mL
Material de Laboratório	Provetas Graduadas 250 mL
Material de Laboratório	Provetas Graduadas 500 mL
Material de Laboratório	Provetas Graduadas 1000 mL
Material de Laboratório	Pipetas Graduadas 0,5 mL
Material de Laboratório	Pipetas Graduadas 1 mL
Material de Laboratório	Pipetas Graduadas 5 mL
Material de Laboratório	Pipetas Graduadas 10 mL
Material de Laboratório	Pipetas de Transferência 5 mL
Material de Laboratório	Pipetador de Segurança
Material de Laboratório	Suporte para Pipetas
Material de Laboratório	Pipeta Monocanal 20-200 uL

Material de Laboratório	Termômetros de Imersão
Material de Laboratório	Medidor de pH
Material de Laboratório	Indicador de pH

ANEXO III – FICHA TECNICA DE SEGURANÇA

 <p>Ficha de Segurança do Produto</p>	Página: 1 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:

**SECÇÃO I: Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa****1.1. Identificador do produto**

Designação Comercial

Registo nº

Formula Química

1.2. Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadasUtilizações pertinentes
identificados**1.3. Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança**

Identificação da Empresa

Berjar - Equipamentos Industriais, LDA

MiraCenter, Rua do Matadouro

3070-436 Mira

Direcção de email (pessoa
competente)

231 247 025

1.4. Número de telefone de emergência

Telefone (pessoa competente)

231 247 025

Telefone de emergência (24 h)

Centro Inf. Antivenenos : +351 808 250 143.

SECÇÃO 2: Identificação dos perigos**2.1. Classificação da substância ou mistura**Classe de Risco e Código de
Categoria Regulamento CE
1272/2008 (CLP)


Perigos físicos


2.2. Elementos do rótulo


Regulamento de Rotulagem CE 1272/2008 (CLP)

Pictogramas de perigo

Código dos pictogramas de perigo


 <p>Ficha de Segurança do Produto</p>	Página: 2 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
Prevenção	
Resposta	
Armazenagem	Não aplicável
2.3. Outros perigos	
SECÇÃO 3. Composição/informação sobre os componentes	
3.1. Substância / Preparação	
Nome do componente	
Conteúdo	
Nº CAS	
Nº CE	
Nº Índice	
Nº Reach	
Classificação	
Outras recomendações	
SECÇÃO 4: Primeiros socorros	
4.1. Descrição das medidas de primeiros socorros	
Inalação	
Contacto com a pele	
Contacto com os olhos	
Ingestão	


 tecnologias de ozono Ficha de Segurança do Produto	Página: 3 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
4.2. Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados	
4.3. Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários	
SECÇÃO 5: Medidas de combate a incêndios	
5.1. Meios de extinção	
Meios de extinção adequados	
Meios de extinção inadequados	
5.2. Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura	
Riscos específicos	
Produtos perigosos da combustão	
5.3. Recomendações para o pessoal de combate a incêndios	
Métodos específicos	
Equipamento de protecção especial para o combate a incêndios	
SECÇÃO 6. Medidas a tomar em caso de fugas acidentais	
6.1. Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência	
Informações gerais	


 <small>tecnologias de ozono</small> Ficha de Segurança do Produto	Página: 4 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
6.2. Precauções a nível ambiental	
Informações gerais	
6.3. Métodos e materiais de confinamento e limpeza	
Informações gerais	
6.4. Remissão para outras secções	
Informações gerais	
SECÇÃO 7: Manuseamento e armazenagem	
7.1. Precauções para um manuseamento seguro	
Uso seguro do produto	
Manuseamento seguro dos recipientes de gás	
7.2. Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades	
Informações gerais	
7.3. Utilizações finais específicas	
Informações gerais	


 <p>berjar tecnologias de ozono</p> <p>Ficha de Segurança do Produto</p>	Página: 5 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:


SECÇÃO 8: Controlo da exposição/protecção individual	
8.1. Parâmetros de controlo	
Limite de exposição ocupacional	
8.2. Controlo da exposição	
Controlos técnicos adequados	
Equipamento de protecção individual	
Protecção dos olhos/ face	
Protecção da pele	
Protecção as maos	
Outros	
Protecção respiratória	
Perigos térmicos	
Controlo da exposição ambiental	
SECÇÃO 9: Propriedades físicas e químicas	
9.1. Informações sobre propriedades físicas e químicas de base	
Aspecto	
Estado físico a 20°C / 101.3kPa	
Cor	
Cheiro	
Limiar olfactivo	
pH	


 Ficha de Segurança do Produto	Página: 6 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
Peso molecular [g/mol]	
Ponto de fusão [°C]	
Ponto de ebulição [°C]	
Temperatura crítica [°C]	
Ponto de inflamação [°C]	
Taxa de evaporação (éter=1)	
Gama de inflamabilidade	
Pressão de vapor [20°C]	
Densidade relativa, gás (ar=1)	
Densidade relativa, líquido (água=1)	
Solubilidade na água [mg/l]	
Coefficiente de partição n-octanol/água [log Kow]	
Temperatura de auto-inflamação [°C]	
Viscosidade a 20°C [mPa.s]	
Propriedades explosivas	
9.2. Outras informações	
Outros dados	
SECÇÃO 10: Estabilidade e reactividade	
10.1. Reactividade	
Informações gerais	
10.2. Estabilidade química	
Informações gerais	
10.3. Possibilidade de reacções perigosas	
Informações gerais	
10.4. Condições a evitar	
informações gerais	

	Página: 7 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
Ficha de Segurança do Produto	
10.5. Materiais incompatíveis	
Informações gerais	
10.6. Produtos de decomposição perigosos	
Informações gerais	
SECÇÃO II: Informação toxicológica	
11.1. Informações sobre os efeitos toxicológicos	
Toxicidade aguda	
LC50 [ppm/1h]	
Corrosão/irritação cutânea	
Lesões oculares graves/irritação ocular	
Sensibilização respiratória ou cutânea	
Carcinogenicidade	
Mutagenicidade	
Toxicidade reprodutiva	
Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) - exposição única	
Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) - exposição repetida Perigo de aspiração	
SECÇÃO 12. Informação ecológica	
12.1. Toxicidade	
Avaliação	
12.2. Persistência e degradabilidade	
Avaliação	
12.3. Potencial de bioacumulação	
Avaliação	

 <p>Ficha de Segurança do Produto</p>	Página: 8 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
12.4. Mobilidade no solo	
Avaliação	
12.5. Resultados da avaliação PBT e mPmB	
Avaliação	
12.6. Outros efeitos adversos	
Efeito na camada de ozono	
Potencial de aquecimento global	
Efeito sobre o aquecimento	
SECÇÃO 13: Considerações relativas à eliminação	
13.1. Métodos de tratamento de resíduos	
Informações Gerais	
Lista de resíduos perigosos	
13.2. Informações complementares	
SECÇÃO 14. Informações relativas ao transporte	
14.1. Número ONU	
Número ONU	
Rotulagem ADR, IMDG, IATA	
14.2. Designação oficial de transporte da ONU	
Transporte/expedição por via rodoviária/ferroviária (ADR/RID)	
Transporte/expedição por via aérea (ICAO-TI / IATA-DGR)	
Transporte/expedição por via marítima (IMDG)	

 <p>Ficha de Segurança do Produto</p>	Página: 9 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
14.3. Classes de perigo para efeitos de transporte	
Transporte/expedição por via	
Classe	
Código de classificação	
Nº Identificação de Perigo	
Restrição em túnel	
Transporte/expedição por via aérea (ICAO-TI / IATA-DGR)	
Classe/Divisão (risco (s) subsidiário)	
Transporte/expedição por via marítima (IMDG)	
Classe/Divisão (risco (s) subsidiário)	
Programa de Emergência (EmS) - Incêndio	
Programa de Emergência (EmS) - Derrame	
14.4. Grupo de embalagem	
Transporte/expedição por via rodoviária/ferroviária (ADR / RID)	
Transporte/expedição por via aérea (ICAO-TI / IATA-DGR)	
Transporte/expedição por via marítima (IMDG)	
14.5. Riscos ambientais	
Transporte/expedição por via rodoviária/ferroviária (ADR / RID)	

 <p>Ficha de Segurança do Produto</p>	Página: 10 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
Transporte/expedição por via aérea (ICAO-TI / IATA-DGR)	
Transporte/expedição por via marítima (IMDG)	
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Instruções de Embalagem	
Transporte/expedição por via rodoviária/ferroviária (ADR / RID)	
Transporte/expedição por via aérea (ICAO-TI / IATA-DGR)	
Aviões de Passageiros e Carga	
Apenas Aviões de Carga	
Instruções de embalagem	
Transporte/expedição por via marítima (IMDG)	
Precauções especiais para o utilizador	
4.7. Transporte a granel de acordo com o Anexo II do acordo MARPOL 73/78 e de acordo com o código IB	
Transporte a granel de acordo com o Anexo II do acordo MARPOL 73/78 e de acordo com o código IBC	
SECÇÃO 15. Informação sobre regulamentação	
15.1. Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente	
Legislação EU	
Limitações	
Regulamentação SEVESO 96/82/EC	
Legislação Nacional	

 Ficha de Segurança do Produto	Página: 11 de 11
	Versão: 1
	Data de emissão: 02/01/2017
	Data de Revisão: 02/01/2017
	N.º da FSP:
15.2. Avaliação da segurança química	
SECÇÃO 16. Outras informações	
Informações adicionais	
<p>RENUNCIA DE RESPONSABILIDADE : Antes de utilizar este produto para experiências ou novos processos, examinar atentamente a compatibilidade e segurança dos materiais utilizados. As informações dadas neste documento são consideradas exactas até ao momento da sua impressão. Embora tenham sido dispensados todos os cuidados na sua elaboração, nenhuma responsabilidade será aceite em caso de danos ou acidentes resultantes da sua utilização.</p>	
***** Fim do Documento *****	

ANEXO IV – LEGISLAÇÃO

Legislação aplicável a água para consumo humano ou descarga no meio ambiente

Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto

Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.

Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro

Lei da Água – tem como objetivo primordial a gestão sustentável das águas e a sua proteção, pelo que é exigido que as atividades que tenham impacte significativo no estado das águas só podem exercer-se mediante um título de utilização, tal como estipula o artigo 56.º da referida Lei.

Legislação aplicável às águas residuais

Portaria n.º 1030/93, de 14 de outubro

Estabelece normas relativas à descarga de águas residuais no meio recetor natural (água ou solo) de unidades industriais do sector dos tratamentos de superfície

Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho

Transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas.

Portaria n.º 423/97, de 25 de junho

Estabelece normas de descarga de águas residuais especificamente aplicáveis às unidades industriais do setor têxtil, excluindo o subsector dos lanifícios.

Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de novembro

Altera o Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho (transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio, relativo ao tratamento de águas residuais urbanas), transpondo para o direito interno a Diretiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de fevereiro.

Decreto-Lei n.º 133/2015, de 13 de julho

Procede à sétima alteração ao Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, que transpôs a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas

ANEXO V - PREVISÕES: CENÁRIO OTIMISTA E CENÁRIO PESSIMISTA

Aproveitamento de AP sem aproveitamento de AC

Cenário otimista												Cenário otimista												Cenário otimista											
mês	2014		2015										2016																						
	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez									
total da precipitação (mm)	8,1	38,1	74,3	94,5	19,8	88,4	102,2	31,6	14,8	24,7	106,6	105,6	24,6	110,7	297,5	197,2	125,8	201,5	131,3	26	2,5	9,4	33	80,8	138,5	37,3									
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	68,63	322,80	629,50	800,64	167,75	748,96	865,88	267,73	125,39	209,27	903,16	894,69	208,42	937,89	2520,54	1670,76	1065,83	1707,19	1112,43	220,28	21,18	79,64	279,59	684,57	1173,43	316,02									
Acumulado (mês)	68,62644	391,4249	629,4993	1430,141	1597,89464	2346,855	3212,734	3480,462	3605,853	3815,122	4718,28	5612,965	5821,386	6759,281	2520,539	4191,296	5257,124	6964,313	8076,739	8297,021	8318,202	8397,843	8677,432	9362,002	10535,43	10851,45									
Saldo(mês)	-578,354	-902,535	-920,016	-766,354	-1245,5805	-1143,6	-924,701	-1303,95	-1825,54	-2263,25	-2007,08	-1759,37	-2197,93	-1907,01	-33,4554	990,3219	1409,17	2469,378	2934,825	2508,127	1882,328	1314,988	947,5977	985,1876	1511,635	1180,676									
Consumo de água medio (mês)	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4	602,4									

Cenário Pessimista												Cenário Pessimista												Cenário Pessimista											
mês	2014		2015										2016																						
	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez									
total da precipitação (mm)	8,1	38,1	74,3	94,5	19,8	88,4	102,2	31,6	14,8	24,7	106,6	105,6	24,6	110,7	297,5	197,2	125,8	201,5	131,3	26	2,5	9,4	33	80,8	138,5	37,3									
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	68,62644	322,7984	629,4993	800,6418	167,75352	748,9602	865,8793	267,7278	125,3915	209,2683	903,1578	894,6854	208,421	937,8947	2520,539	1670,757	1065,828	1707,189	1112,426	220,2824	21,181	79,64056	279,5892	684,5699	1173,427	316,0205									
Acumulado (mês)	68,62644	391,4249	629,4993	1430,141	1597,89464	2346,855	3212,734	3480,462	3605,853	3815,122	4718,28	5612,965	5821,386	6759,281	2520,539	4191,296	5257,124	6964,313	8076,739	8297,021	8318,202	8397,843	8677,432	9362,002	10535,43	10851,45									
Saldo(mês)	-578,354	-902,535	-920,016	-766,354	-1245,5805	-1143,6	-924,701	-1303,95	-1825,54	-2263,25	-2007,08	-1759,37	-2197,93	-1907,01	-33,4554	990,3219	1409,17	2469,378	2934,825	2508,127	1882,328	1314,988	947,5977	985,1876	1511,635	1180,676									
Consumo de água medio (mês)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98									

Cenário otimista												Cenário otimista												Cenário otimista												Cenário optim	
mês	2017												2018												2019												
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev											
total da precipitação (mm)	80,8	162,1	23,76	106,08	122,64	37,92	17,76	29,64	127,92	126,72	29,52	132,84	357	236,64	150,96	241,8	157,56	31,2	3	11,28	39,6	96,96	166,2	44,76	96,96	194,52											
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	684,57	1373,38	201,3042	898,7522	1039,055	321,2734	150,4698	251,1219	1083,789	1073,623	250,1052	1125,474	3024,647	2004,909	1278,994	2048,626	1334,911	264,3389	25,4172	95,56867	335,507	821,4839	1408,113	379,2246	821,4839	1648,051											
Acumulado (mês)	11536,02	12909,4	13110,7	14009,45	15048,51	15369,78	15520,25	15771,37	16855,16	17928,78	18178,89	19304,36	22329,01	24333,92	25612,91	27661,54	28996,45	29260,79	29286,21	29381,77	29717,28	30538,77	31946,88	32326,1	33147,59	34795,64											
Saldo(mês)	1218,265	1944,661	1498,986	1750,758	2142,833	1817,126	1320,616	924,7582	1361,568	1788,21	1391,335	1869,829	4247,496	5605,425	6237,438	7639,084	8327,016	7944,375	7322,812	6771,4	6459,927	6634,431	7395,564	7127,809	7302,313	8303,384											
Consumo de água medio (mês)	602,4	602,4	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98											

Cenário Pessimista												Cenário Pessimista												Cenário Pessimista											
mês	2017												2018												2019										
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev									
total da precipitação (mm)	80,8	162,1	15,84	70,72	81,76	25,28	11,84	19,76	85,28	84,48	19,68	88,56	238	157,76	100,64	161,2	105,04	20,8	2	7,52	26,4	64,64	110,8	29,84	64,64	129,68									
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	684,5699	1373,376	134,2028	599,1681	692,7034	214,1823	100,3132	167,4146	722,5263	715,7484	166,7368	750,3157	2016,431	1336,606	852,6623	1365,751	889,9409	176,2259	16,9448	63,71245	223,6714	547,6559	938,7419	252,8164	547,6559	1098,701									
Acumulado (mês)	11536,02	12909,4	13043,6	13642,77	14335,47	14549,65	14649,97	14817,38	15539,91	16255,65	16422,39	17172,71	19189,14	20525,74	21378,41	22744,16	23634,1	23810,32	23827,27	23890,98	24114,65	24662,31	25601,05	25853,87	26401,52	27500,22									
Saldo(mês)	1218,265	1944,661	1431,884	1384,072	1429,796	996,9981	450,3313	-29,234	46,31223	115,0806	-365,163	-261,827	1107,624	1797,25	2002,933	2721,703	2964,664	2493,91	1863,875	1280,607	857,2988	757,9748	1049,737	655,5731	556,249	1007,97									
Consumo de água medio (mês)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98									

Aproveitamento de AP com recirculação de AC

Cenário otimista																	Cenário op		
Ano	2014						2015												
Mês	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar		
Total da Precipitação (mm)	8,1	38,1	74,3	94,5	19,8	88,4	102,2	31,6	14,8	24,7	106,6	105,6	24,6	110,7	297,5	197,2	125,8		
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	68,6	322,8	629,5	800,6	167,8	749,0	865,9	267,7	125,4	209,3	903,2	894,7	208,4	937,9	2520,5	1670,8	1065,8		
Saldo água total disponível (mês)	0,0	900,8	1530,3	2330,9	2498,7	3247,6	4113,5	4381,2	4506,6	4137,9	5619,1	6513,7	6722,2	7660,1	10180,6	11851,4	12339,2		
Saldo água pluviais disponível (mês)	0,0	322,8	952,3	1752,9	1920,7	2669,7	3535,5	3803,3	3928,7	4137,9	5041,1	5935,8	6144,2	7082,1	9602,6	11273,4	12339,2		
Saneamento (A+U) (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0		
Saneamento (T+C) (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0		
Para gastar em saneamento de (T+C) (mês)	578,0	509,0	440,0	371,0	302,0	233,0	164,0	95,0	26,0	535,0	466,0	397,0	328,0	259,0	190,0	121,0	629,9		
Total acumulado de AC (mês)	0,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	0,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	0,0		
Água da Rede Injectada	578,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Total AC acumulado	0,0	578,0	1156,0	1733,9	2311,9	2889,9	3467,9	4045,9	4623,8	4623,8	5201,8	5779,8	6357,8	6935,8	7513,7	8091,7	8091,7		
Total Saneamento (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0		
Cenário Pessimista																	Cenário P		
Ano	2014						2015												
Mês	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar		
Total da Precipitação (mm)	8,1	38,1	74,3	94,5	19,8	88,4	102,2	31,6	14,8	24,7	106,6	105,6	24,6	110,7	297,5	197,2	125,8		
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	68,6	322,8	629,5	800,6	167,8	749,0	865,9	267,7	125,4	209,3	903,2	894,7	208,4	937,9	2520,5	1670,8	1065,8		
Saldo água total disponível (mês)	0,0	900,8	1530,3	2330,9	2498,7	3247,6	4113,5	4381,2	4506,6	4137,9	5619,1	6513,7	6722,2	7660,1	10180,6	11851,4	12339,2		
Saldo água pluviais disponível (mês)	0,0	322,8	952,3	1752,9	1920,7	2669,7	3535,5	3803,3	3928,7	4137,9	5041,1	5935,8	6144,2	7082,1	9602,6	11273,4	12339,2		
Saneamento (A+U) (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0		
Saneamento (T+C) (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0		
Para gastar em saneamento de (T+C) (mês)	578,0	509,0	440,0	371,0	302,0	233,0	164,0	95,0	26,0	535,0	466,0	397,0	328,0	259,0	190,0	121,0	629,9		
Total acumulado de AC (mês)	0,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	0,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	0,0		
Água da Rede Injectada	578,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Total AC acumulado	0,0	578,0	1156,0	1733,9	2311,9	2889,9	3467,9	4045,9	4623,8	4623,8	5201,8	5779,8	6357,8	6935,8	7513,7	8091,7	8091,7		
Total Saneamento (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0		

Cenário otimista												Cenário otimista												Cenário otimista												Cenário otimista											
2016												2017																																			
Ano	Mês											Mês																																			
	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																										
Total da Precipitação (mm)	201,5	131,3	26,0	2,5	9,4	33,0	80,8	138,5	37,3	80,8	162,1	23,8	106,1	122,6	37,9	17,8	29,6	127,9	126,7	29,5	132,8																										
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	1707,2	1112,4	220,3	21,2	79,6	279,6	684,6	1173,4	316,0	684,6	1373,4	201,3	898,8	1039,1	321,3	150,5	251,1	1083,8	1073,6	250,1	1125,5																										
Saldo água total disponível (mês)	14624,4	15736,8	15957,1	15978,3	16057,9	16337,5	17022,1	18195,5	17933,5	19196,1	20569,5	20770,8	21669,5	22708,6	23029,8	23180,3	23431,4	23937,2	25588,8	25838,9	26964,4																										
Saldo água pluviais disponível (mês)	14046,4	15158,8	15379,1	15400,3	15479,9	15759,5	16444,1	17617,5	17933,5	18618,1	19991,5	20192,8	21091,5	22130,6	22451,9	22602,3	22853,5	23937,2	25010,9	25261,0	26386,4																										
Saneamento (A+U) (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6																										
Saneamento (T+C) (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0																										
Para gastar em saneamento de (T+C) (mês)	560,9	491,9	422,9	353,9	284,9	215,9	146,9	77,9	586,9	517,9	448,9	391,3	333,7	276,1	218,5	160,9	103,3	623,7	566,1	508,5	450,9																										
Total acumulado de AC (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0																										
Água da Rede Injectada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																										
Total AC acumulado	8669,7	9247,7	9825,7	10403,6	10981,6	11559,6	12137,6	12715,6	12715,6	13293,5	13871,5	14449,5	15027,5	15605,5	16183,4	16761,4	17339,4	17917,4	18495,4	19073,3	19073,3																										
Total Saneamento (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6																										

Cenário Pessimista												Cenário Pessimista												Cenário Pessimista											
2016												2017																							
Ano	Mês											Mês																							
	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez														
Total da Precipitação (mm)	201,5	131,3	26,0	2,5	9,4	33,0	80,8	138,5	37,3	80,8	162,1	15,8	70,7	81,8	25,3	11,8	19,8	85,3	84,5	19,7	88,6														
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	1707,2	1112,4	220,3	21,2	79,6	279,6	684,6	1173,4	316,0	684,6	1373,4	134,2	599,2	692,7	214,2	100,3	167,4	722,5	715,7	166,7	750,3														
Saldo água total disponível (mês)	14624,4	15736,8	15957,1	15978,3	16057,9	16337,5	17022,1	18195,5	17933,5	19196,1	20569,5	20703,7	21302,8	21995,5	22209,7	22310,0	21899,5	23200,0	23915,7	24082,5	24832,8														
Saldo água pluviais disponível (mês)	14046,4	15158,8	15379,1	15400,3	15479,9	15759,5	16444,1	17617,5	17933,5	18618,1	19991,5	20125,7	20724,8	21417,5	21631,7	21732,0	21899,5	22622,0	23337,7	23504,5	24254,8														
Saneamento (A+U) (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0														
Saneamento (T+C) (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0														
Para gastar em saneamento de (T+C) (mês)	560,9	491,9	422,9	353,9	284,9	215,9	146,9	77,9	586,9	517,9	448,9	379,9	310,9	241,9	172,9	103,9	612,9	543,9	474,9	405,9	336,9														
Total acumulado de AC (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0														
Água da Rede Injectada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
Total AC acumulado	8669,7	9247,7	9825,7	10403,6	10981,6	11559,6	12137,6	12715,6	12715,6	13293,5	13871,5	14449,5	15027,5	15605,5	16183,4	16761,4	17339,4	17917,4	18495,4	19073,3	19073,3														
Total Saneamento (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0														

Cenário otimista												Cenário otimista												Cenário otimista											
2018												2019																							
Ano	Mês											Mês																							
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev																					
Total da Precipitação (mm)	357,0	236,6	151,0	241,8	157,6	31,2	3,0	11,3	39,6	97,0	166,2	44,8	97,0	194,5																					
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	3024,6	2004,9	1279,0	2048,6	1334,9	264,3	25,4	95,6	335,5	821,5	1408,1	379,2	821,5	1648,1																					
Saldo água total disponível (mês)	29989,1	31994,0	33273,0	35321,6	36656,5	36920,8	36368,3	37041,8	37377,3	38198,8	39606,9	39986,2	40807,6	42455,7																					
Saldo água pluviais disponível (mês)	29411,1	31416,0	32695,0	34743,6	36078,5	36342,9	36368,3	36463,9	36799,4	37620,8	39029,0	39408,2	40229,7	41877,7																					
Saneamento (A+U) (mês)	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6																					
Saneamento (T+C) (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0																					
Para gastar em saneamento de (T+C) (mês)	393,3	335,7	278,1	220,5	162,9	105,3	625,7	568,1	510,5	452,9	395,3	337,7	280,1	222,5																					
Total acumulado de AC (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0																					
Água da Rede Injectada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																					
Total AC acumulado	19651,3	20229,3	20807,3	21385,3	21963,2	22541,2	22541,2	23119,2	23697,2	24275,2	24853,1	25431,1	26009,1	26587,1																					
Total Saneamento (mês)	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6	57,6																					

Cenário Pessimista												Cenário Pessimista												Cenário Pessimista											
2018												2019																							
Ano	Mês											Mês																							
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Jan	Fev																					
Total da Precipitação (mm)	238,0	157,8	100,6	161,2	105,0	20,8	2,0	7,5	26,4	64,6	110,8	29,8	64,6	129,7																					
Total da água das chuvas capturada (m3/mês)	2016,4	1336,6	852,7	1365,8	889,9	176,2	16,9	63,7	223,7	547,7	938,7	252,8	547,7	1098,7																					
Saldo água total disponível (mês)	26849,2	28185,8	29038,5	29826,2	31294,2	31470,4	31487,3	31551,0	31774,7	32322,4	33261,1	33513,9	33483,6	35160,3																					
Saldo água pluviais disponível (mês)	26271,2	27607,8	28460,5	29826,2	30716,2	30892,4	30909,3	30973,1	31196,7	31744,4	32683,1	32935,9	33483,6	34582,3																					
Saneamento (A+U) (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0																					
Saneamento (T+C) (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0																					
Para gastar em saneamento de (T+C) (mês)	267,9	198,9	129,9	638,9	569,9	500,9	431,9	362,9	293,9	224,9	155,9	86,9	595,9	526,9																					
Total acumulado de AC (mês)	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0	578,0																					
Água da Rede Injectada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																					
Total AC acumulado	19651,3	20229,3	20807,3	20807,3	21385,3	21963,2	22541,2	23119,2	23697,2	24275,2	24853,1	25431,1	25431,1	26009,1																					
Total Saneamento (mês)	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0	69,0																					

ANEXO VI – CÁLCULOS ECONÓMICOS

Ano	2014		2015												2016																				
Mês	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez									
Total da precipitação (mm)	8,10	38,10	74,30	94,50	19,80	88,40	102,20	31,60	14,80	24,70	106,60	105,60	24,60	110,70	297,50	197,20	125,80	201,50	131,30	26,00	2,50	9,40	33,00	80,80	138,50	37,30									
Total de precipitação capturada (m³/mês)	68,63	322,80	629,50	800,64	167,75	748,96	865,88	267,73	125,39	209,27	903,16	894,69	208,42	937,89	2520,54	1670,76	1065,83	1707,19	1112,43	220,28	21,18	79,64	279,59	684,57	1173,43	316,02									
Sem aproveitamento de águas												Sem aproveitamento de águas												Sem aproveitamento de águas											
Saneamento (m³)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98								
Consumo de água da rede (m³)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98								
Custos																																			
Taxa do contador de água (até 100 mm)	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €								
Custos do consumo de água	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €								
Saneamento para industriais (m³)	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €								
Saneamento (m³)	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €								
Tratamento de Águas Residuais (m³)	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €								
Total Mensal	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €								
Total Anual	1 712,55 €														10 275,31 €												10 275,31 €								
Com aproveitamento da água das chuvas												Com aproveitamento da água das chuvas												Com aproveitamento da água das chuvas											
Saneamento (m3)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98								
Consumo de água da rede (m3)	-578,35	-324,18	-17,48	136,18	-343,05	-241,07	218,90	-160,35	-521,59	-437,71	256,18	503,88	65,32	356,24	2229,80	3253,58	3672,42	4732,63	5198,08	4771,38	4145,58	3578,24	3210,85	3248,44	3774,89	3443,93									
Custos																																			
Taxa do contador de água (até 100 mm)	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €								
Custos do consumo de água	32,11 €	15,79 €	- €	- €	13,07 €	4,91 €	- €	4,91 €	23,95 €	21,23 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €								
Saneamento para industriais (m³)	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €								
Saneamento (m³)	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €								
Tratamento de Águas Residuais (m³)	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €								
Total Mensal	853,56 €	837,24 €	821,45 €	821,45 €	834,52 €	826,36 €	821,45 €	826,36 €	845,40 €	842,68 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €									
Total Anual	1 690,79 €														9 925,42 €												9 857,35 €								
Com aproveitamento da água das chuvas e recirculação de AC												Com aproveitamento da água das chuvas e recirculação de AC												Com aproveitamento da água das chuvas e recirculação de AC											
Saneamento (m3)	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69								
Consumo de água da rede (m3)	578,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Custos																																			
Taxa do contador de água (até 100 mm)	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €								
Custos do consumo de água	29,39 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €								
Saneamento para industriais (m³)	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €								
Saneamento (m³)	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €								
Tratamento de Águas Residuais (m³)	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €								
Total Mensal	163,04 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €								
Total Anual	296,69 €														1 603,80 €												1 603,80 €								

Ano	2017												2018												2019	
Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev
Total da precipitação (mm)	80,80	162,10	19,80	88,40	102,20	31,60	14,80	24,70	106,60	105,60	24,60	110,70	297,50	197,20	125,80	201,50	131,30	26,00	2,50	9,40	33,00	80,80	138,50	37,30	80,80	162,10
Total de precipitação capturada (m³/mês)	684,57	1373,38	167,75	748,96	865,88	267,73	125,39	209,27	903,16	894,69	208,42	937,89	2520,54	1670,76	1065,83	1707,19	1112,43	220,28	21,18	79,64	279,59	684,57	1173,43	316,02	684,57	1373,38
Sem aproveitamento de águas												Sem aproveitamento de águas												Sem aproveitamento de águas		
Saneamento (m³)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98
Consumo de água da rede (m³)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98
Custos																										
Taxa do contador de água (até 100 mm)	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €
Custos do consumo de água	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €	34,83 €
Saneamento para industriais (m³)	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €
Saneamento (m³)	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €
Tratamento de Águas Residuais (m³)	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €
Total Mensal	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €	856,28 €
Total Anual	10 275,31 €												10 275,31 €												1 712,55 €	
Com aproveitamento da água das chuvas												Com aproveitamento da água das chuvas														
Saneamento (m3)	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98	646,98
Consumo de água da rede (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Custos																										
Taxa do contador de água (até 100 mm)	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €
Custos do consumo de água	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Saneamento para industriais (m³)	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €
Saneamento (m³)	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €	582,28 €
Tratamento de Águas Residuais (m³)	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €	187,62 €
Total Mensal	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €	821,45 €
Total Anual	9 857,35 €												9 857,35 €												1 642,89 €	
Recirculação de AC												Recirculação de AC														
Saneamento (m3)	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
Consumo de água da rede (m3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Custos																										
Taxa do contador de água (até 100 mm)	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €	10,87 €
Custos do consumo de água	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Saneamento para industriais (m³)	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €	40,67 €
Saneamento (m³)	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €	62,10 €
Tratamento de Águas Residuais (m³)	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €	20,01 €
Total Mensal	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €	133,65 €
Total Anual	1 603,80 €												1 603,80 €												267,30 €	