

Mestrado em Engenharia Química: Tecnologias de
Proteção Ambiental

Avaliação e Otimização do Consumo de Água no Processo e do Sistema de Tratamento de Efluentes

Filipa Daniela Oliveira da Silva



Instituto Superior de
Engenharia do Porto



H.B. Fuller

Departamento de Engenharia Química

Mestrado em Engenharia Química

Área de Especialização em Tecnologias de Proteção Ambiental

2015

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular
de Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Química

Candidato: Filipa Daniela Oliveira da Silva, Nº 1130234, 1130234@isep.ipp.pt

Orientação científica: Maria Teresa Pereira de Oliva Teles Moreira,

mtt@isep.ipp.pt

Leonilde Cristina de Pinho Morais, lcm@isep.ipp.pt

Empresa: H.B. Fuller Portugal - Produtos Químicos, S.A.

Supervisão: Filipe Costa, filipecosta@fuller.com

Bárbara Gonçalves, barbara.goncalves@fuller.com



Departamento de Engenharia Química

Mestrado em Engenharia Química

Área de Especialização em Tecnologias de Proteção Ambiental

2015

Agradecimentos

Dirijo uma palavra de agradecimento a quem me acompanhou durante esta etapa e pelos seus contributos para esta dissertação e enriquecimentos pessoal e académico.

Agradeço à H.B.Fuller – Produtos Químicos, SA., organização que me acolheu, pelo apoio e hospitalidade na realização deste trabalho.

À Doutora Teresa Teles, agradeço toda a disponibilidade, atenção e tempo que generosamente me dedicou. Obrigada pelos seus conselhos e análise crítica de todo o trabalho.

À Doutora Cristina Morais, pela presença, comentários e críticas durante a realização do trabalho e ainda pela sua disponibilidade.

Ao Eng.^o Crispim, pela partilha dos seus conhecimentos, interesse e sugestões.

Aos meus pais e irmã por me permitirem ir mais além.

Às amigas do aquário, que foram sempre compreensivas e cooperantes.

O meu sincero agradecimento às “colegas” Andreia, Ana e Juliana. Pela amizade, pelo percurso que fizemos, pela experiência que partilhamos, pela companhia durante as intermináveis sessões de estudo, e um agradecimento especial à Juliana pelas jornadas laboratoriais, pela boa disposição e pelo carinho.

Ao André, não posso deixar de agradecer o especial apoio nesta importante etapa.

Resumo

O elevado consumo de água associado à escassez deste recurso contribuiu para que alternativas de reutilização/reciclagem de água fossem estudadas que permitam diminuir o seu consumo e minimizar a dependência das indústrias. Monitorizar e avaliar os consumos de água, a nível industrial, é imprescindível para assegurar uma gestão sustentável dos recursos hídricos, sendo este o objetivo da presente dissertação.

As alternativas encontradas na unidade industrial em estudo foram a substituição do equipamento sanitário e o aproveitamento do efluente tratado para operações de lavagem e/ou arrefecimento por contacto direto.

A maioria do equipamento sanitário não é eficiente, tendo-se proposto a substituição desse sistema por um de menor consumo que permitirá uma poupança de 30 % no consumo de água, que corresponderá a 12 149,37 €/ano, sendo o retorno do investimento estimado em 3 meses.

O efluente industrial na entrada da ETAR e nas diferentes etapas - tratamento primário de coagulação/floculação; tratamento secundário ou biológico em SBR; tratamento terciário de coagulação/floculação - foi caracterizado através da medição da temperatura, pH, oxigénio dissolvido e pela determinação da cor, turvação, sólidos suspensos totais (SST), azoto total, carência química de oxigénio (CQO), Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias (CBO₅) e razão CBO₅/CQO. Esta caracterização permitiu avaliar o efluente industrial bruto que se caracteriza por um pH alcalino ($8,3 \pm 1,7$); condutividade baixa ($451 \pm 200,2 \mu\text{S/cm}$); elevada turvação ($11\ 255 \pm 8812,8 \text{ FTU}$); cor aparente ($63\ 670 \pm 42293,4 \text{ PtCo}$) e cor verdadeira ($33\ 621 \pm 19547,9 \text{ PtCo}$) elevadas; teores elevados de CQO ($24\ 753 \pm 11806,7 \text{ mg/L O}_2$) SST ($5\ 164 \pm 3845,5 \text{ mg/L}$) e azoto total (718 mg/L) e um índice de biodegradabilidade baixo (razão CBO₅/CQO de 1,4). Este estudo permitiu verificar que a eficiência global do tratamento do efluente foi 82 % na remoção da turvação, 83 % na remoção da cor aparente, 96 % na remoção da cor verdadeira, 85 % na remoção da CQO e 30 % na remoção dos SST.

Quanto às eficiências de remoção associadas ao tratamento primário no que diz respeito à turvação, cor aparente, CQO e SST, apresentam valores inferiores aos referidos na literatura para o mesmo tipo de tratamento em efluentes similares. As eficiências de remoção obtidas no tratamento secundário são inferiores às do tratamento primário: turvação, cor aparente, CQO e SST, pelo que procurou-se otimizar a primeira etapa do processo de tratamento Neste estudo de otimização estudou-se a influência de cinco

coagulantes – Sulfato de Alumínio, PAX XL – 10, PAX 18, cloreto de ferro e a conjugação de PAX 18 com sulfato de ferro - e seis floculantes – Superfloc A 150, Superfloc A 130, PA 1020, Ambifloc 560, Ambifloc C58 e Rifloc 54 - no tratamento físico-químico do efluente.

O PAX 18 e o Ambifloc 560 UJJ foram os que apresentaram as mais elevadas eficiências de remoção (99,85 % na cor, 99,87 % na turvação, 90,12 % na CQO e 99,87 % nos SST). O custo associado a este tratamento é de 1,03 €/m³. Pela comparação com os critérios de qualidade no guia técnico ERSAR, apenas o parâmetro da CQO excede o valor, contudo o valor obtido permite diminuir os custos associados a um tratamento posterior para remoção da CQO remanescente no efluente residual tratado.

Palavras-Chave: Reutilização de águas residuais tratadas; efluente industrial de colas, coagulação/floculação, eficiências de remoção.

Abstract

The high consumption of water associated with the scarcity of this resource has contributed to the study of new alternatives for reuse / recycling of water, in addition, reduce water consumption and minimize dependence on industries. Monitor and evaluate water consumption, in an industrial level, it is essential to ensure a sustainable management of water resources, which is the goal of this dissertation.

The alternatives found in the industry were the replacement of the sanitary equipment and the use of residual treated effluent in washing operations and / or cooling by direct contact. Most sanitary equipment is not efficient, having proposed to replace this system by a lower consumption that will allow a 30 % saving in water consumption, which corresponds to 12 € 149.37 / year, and the return on investment estimated at 3 months.

The industrial effluent at the entrance of the treatment plant and the different stages - primary treatment of coagulation / flocculation; secondary or biological treatment in SBR; tertiary treatment of coagulation / flocculation - was characterized by measuring the temperature, pH, dissolved oxygen and determining the color, turbidity, total suspended solids (TSS), total nitrogen, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand after 5 days (BOD_5) and reason BOD_5 / COD . This characterization allowed to evaluate the industrial wastewater that is characterized by an alkaline pH (8.3 ± 1.7); low conductivity (451 ± 200.2 S / cm); high turbidity ($11,255 \pm 8812.8$ FTU); apparent color ($63,670 \pm 42293.4$ PtCo) and true color ($33\ 621 \pm 19547.9$ PtCo) high; high levels of COD ($24,753 \pm 11806.7$ mg / L O_2) OH (5164 ± 3845.5 mg / L) and total nitrogen (718 mg / L) and low biodegradability index (ratio BOD_5 / COD 1 4). This study showed that the overall efficiency of the effluent treatment was 82 % in the removal of turbidity, 83 % in apparent color removal of 96 % removal of true color at 85 % for COD removal and 30 % in removal of TSS.

As to removal efficiencies associated with the primary treatment as regards turbidity, apparent color, COD and TSS, have lower values than those reported in literature for the same type of treatment in similar effluents. The removal efficiency obtained in the secondary treatment is lower than the primary treatment: turbidity, apparent color, COD and TSS, so we tried to optimize the first stage of this treatment. In this process optimization were studied the influence of five coagulants - Aluminum Sulfate, XL PAX - 10 PAX 18, iron chloride and conjugation PAX 18 with iron sulphate - six flocculants - Superfloc 150, Superfloc A 130, PA 1020, Ambifloc 560, Ambifloc C58 and Rifloc 54.

The PAX 18 and 560 Ambifloc showed the highest removal efficiency (99.85 % in color, 99.87 % in turbidity, 90.12 % for COD and 99.87 % in SST). The cost associated with this treatment is 1.03 € / m³. By comparison with the quality criteria in the technical guide ERSAR, only the COD parameter exceeds the value, but the value obtained enables reduces costs associated with a subsequent treatment for removal of the remaining COD in the treated waste effluent.

Keywords: Reuse of treated wastewater; Industrial effluent adhesives, coagulation / flocculation, removal efficiencies.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Consumo de Água Industrial	1
1.2. Estratégias de Redução do Consumo de Água Industrial	3
1.3. H.B. Fuller Portugal – Produtos Químicos, S.A.	8
1.3.1. Descrição dos Processos de Fabrico	10
1.3.2. Efluentes Provenientes da Indústria de Colas	13
1.4. Objetivos	14
1.5. Organização do Relatório	14
2. Gestão dos Recursos Hídricos na H.B. Fuller	15
2.1. Rede de Água	15
2.2. Identificação do Consumos de Água	19
2.2.1. Abastecimento de água para uso não industrial	19
2.2.2. Abastecimento de Água para uso industrial	20
2.3. Quantificação do Consumo de Água	22
2.3.1. Circuito Arrefecimento	23
2.3.1. Circuito Osmose	23
2.3.2. Processo	24
2.3.3. Lavagens	24
2.4. Síntese da Quantificação do Consumo de Água para Uso Industrial	24
2.5. Estratégias de Redução do Consumo de Água na H.B. Fuller	25
2.5.1. Aproveitamento da Purga da Caldeira	25
2.5.2. Aproveitamento do Concentrado de Produção de Água Osmotizada	25
2.5.3. Aproveitamento do Efluente Residual Tratado	25
2.5.4. Substituição do Equipamento Sanitário	26
2.6. Análise Económica da Substituição dos equipamentos sanitários	27
2.6.1. Consumo Anual Total	27
2.6.2. Custos Envolvidos	28
3. Tratamento do Efluente	31
3.1. Tratamento Efluentes Residuais Industriais	31
3.1.1. Tratamento Primário	31
3.1.2. Tratamento Biológico	36
3.1.3. Tratamento Terciário	44

3.1.4.	Tratamento das Lamas	44
3.2.	Tratamento de Efluentes Residuais na H.B. Fuller	45
3.2.1.	Planeamento Experimental	48
3.3.	Métodos de análise para a caracterização dos efluentes	48
3.3.1.	Materiais e Reagentes	48
3.3.2.	Métodos de Análise	49
3.4.	Amostras	52
3.5.	Tratamento de Coagulação/Floculação	53
3.5.1.	Procedimento	54
3.6.	Caracterização do efluente	56
3.6.1.	pH	56
3.6.2.	Temperatura	57
3.6.3.	Condutividade	58
3.6.4.	Oxigénio Dissolvido	59
3.6.5.	Turvação	60
3.6.6.	Cor Aparente	61
3.6.7.	Cor Verdadeira	63
3.6.8.	SST	64
3.6.9.	CQO	65
3.6.10.	CBO ₅	67
3.6.11.	Síntese da Caracterização do Efluente Industrial e das Eficiências de Remoção Associadas	68
3.7.	Otimização do Tratamento Primário	69
3.7.1.	Tratamento com Sulfato de alumínio	69
3.7.2.	Tratamento com Sulfato de ferro (III)	70
3.7.3.	Tratamento com PAX XL 10	72
3.7.4.	Tratamento com PAX 18	76
3.7.5.	Tratamento com PAX 18 e Cloreto de Ferro	80
3.8.	Síntese dos Tratamentos do efluente industrial	85
3.9.	Eficiência Económica	87
4.	Conclusão e Trabalhos Futuros	89

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Abordagens para destino das águas residuais nos processos industriais. Adaptado de Asano, 2007.....	4
Figura 1.2 - Localização da HB Fuller em Portugal continental.	8
Figura 1.3 - Planta das instalações da H.B. Fuller Portugal - Produtos Químicos S.A.....	9
Figura 1.4 - Diagrama do Processo de Produção de Resinas/Polímeros	11
Figura 1.5 - Diagrama do Processo de Produção de Colas de Aquosa.....	11
Figura 1.6 - Diagrama do Processo de Produção de Colas de base solvente	12
Figura 1.7 - Diagrama do Processo de Produção de Colas Termofusíveis/Hot-melts.....	12
Figura 2.1 - Rede de água	16
Figura 2.2 - Evolução no Consumo de Água Total entre 2010-2014 e previsão de consumo para o triénio 2015-2017	17
Figura 2.3 - Evolução do consumo de água dos Furos (AC1 e AC2) entre 2010-2014.....	17
Figura 2.4 - Evolução do Consumo de Água da Rede Pública entre 2010-2014	18
Figura 2.5 - Identificação e Quantificação do Consumo de Água em 2014	23
Figura 3.1 - Mecanismo de decomposição aeróbia. Adaptado de Department of Environmental Protection (2009).....	37
Figura 3.2 - Etapas do tratamento por SBR. Adaptado U.S. EPA (1992)	40
Figura 3.3 – Processo de Tratamento das Águas Residuais	47
Figura 3.5 - Sistema Oxi-Top.	50
Figura 3.6 - Termoreator Hach 45600-00.....	51
Figura 3.7 - Espectrofotómetro Hach DR/2000.	52
Figura 3.8 – Amostras analisadas a) Efluente Industrial; b) Efluente após tratamento primário; c) Efluente após tratamento biológico e c) Efluente após tratamento terciário.....	53
Figura 3.4 - Equipamento de Jar Test.....	53
Figura 3.9 - Esquema geral dos ensaios de coagulação/floculação.	54
Figura 3.10 - Etapas dos ensaios de coagulação/floculação	54
Figura 3.11 - Variação do pH do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	56
Figura 3.12 - Variação da temperatura do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	57
Figura 3.13 - Variação da condutividade do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	58

Figura 3.14 - Variação da concentração de oxigénio dissolvido no reator biológico SBR entre os dias 11 - 15 de Maio com barras de erro padrão do valor médio.	59
Figura 3.15 - Variação da turvação do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	60
Figura 3.16 – Amostras recolhidas do efluente industrial, efluente após tratamento primário, efluente após tratamento secundário, efluente após tratamento terciário nos dias 5,7,12 e 13 de Maio (esq para a dir.) nas quais é visível a variação na cor aparente.	62
Figura 3.17 - Variação da cor aparente do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	62
Figura 3.18 - Variação da cor verdadeira do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	63
Figura 3.19 - Variação dos SST do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	65
Figura 3.20 - Variação da CQO do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação entre os dias 5,7 e 11 a 15 de Maio com barras de erro padrão do valor médio.	66
Figura 3.21 - Variação da CQO solúvel do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.....	66
Figura 3.22 - Resultados obtidos no "Jar Test" a pH alcalino: 7,50; 8,09; 8,51; 9,02; 9,50 e 10,00 (esquerda para a direita) com adição de 8 mL de coagulante Sulfato de Alumínio com concentração de 20g/L.....	70
Figura 3.23 - Pormenor dos sobrenadantes resultantes da coagulação/floculação para determinação do pH ótimo com sulfato de ferro ajustado a pH 5,02; 6,01; 7,00 e 8,06 (esquerda para a direita).....	70
Figura 3.24 - Resultado do Jar Test para determinação do volume ótimo de coagulação: 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 e 4,0 mL (esquerda para a direita).....	71
Figura 3.25 - Determinação do volume de coagulante ótimo.....	71
Figura 3.26 - Determinação do floculante ótimo	72
Figura 3.27 - Resultados do ensaio de volume de coagulante ótimo: 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 e 5,0 mL (esquerda para a direita).	73
Figura 3.28 - Determinação do volume de coagulante PAX 10 ótimo.....	73

Figura 3.29 - Após 24 horas de sedimentação	74
Figura 3.30 - Resultados do ensaio de estudo do volume ótimo de floculante Superfloc A-150: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL (esquerda para a direita) com efluente industrial a pH 6 e com 5 mL de coagulante PAX XL 10.....	74
Figura 3.31 - Volume ótimo de floculante Superfloc A-150.....	75
Figura 3.32 – Eficiência de remoção em ensaios com diferentes quantidades de bentonite em soluções com e sem ajuste de pH.....	75
Figura 3.33 - Ensaio com PAX – XL 10, Floculante Super floc A -150 e Bentonite sem ajuste de pH.....	76
Figura 3.34 - Ensaio com PAX – XL 10, Floculante Super floc A -150 e Bentonite com ajuste de pH.....	76
Figura 3.35 – Resultado obtido no Jar Test para determinação do pH ótimo de coagulação com 1 mL PAX 18: 5,03; 6,26 (sem ajuste); 7,01; 8,03; 9,02 e 10 (esquerda para a direita)	77
Figura 3.36 - Jar Test para determinação do volume de coagulante ótimo	77
Figura 3.37 – Caracterização do sobrenadante para estudo do volume ótimo de PAX 18 em solução a pH 6,26.....	78
Figura 3.38 - Resultado obtido no Jar Test utilizando 1 mL de PAX 18, sem ajuste de pH para determinação do floculante ótimo	78
Figura 3.39 - Determinação do floculante ótimo	79
Figura 3.40 - Determinação do volume ótimo de floculante Ambifloc 560	80
Figura 3.41 - Sobrenadantes resultantes do Jar Test do volume de coagulante ótimo de: 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mL ajustado a pH 7	81
Figura 3.42 - Determinação do volume de coagulante ótimo em efluente industrial ajustado a pH 7	81
Figura 3.43 - Resultado do Jar Test realizado para determinação do floculante ótimo: PA 1020; Ambifloc C58; Ambifloc 560; Rifloc 54; PA 1070 e Superfloc A-130 em efluente industrial ajustado a pH 7 (esquerda para a direita).	82
Figura 3.44 – Jar Test da determinação do volume de floculante Superfloc A 130 ótimo: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7 (esquerda para a direita).....	82
Figura 3.45 – Caracterização dos sobrenadantes para determinação do volume de Superfloc A 130 ótimo: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7.....	83
Figura 3.46 – Jar Test da determinação do volume de floculante Ambifloc 560 ótimo: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7 (esquerda para a direita).	83
Figura 3.47 - Caracterização dos sobrenadantes para determinação do volume de Ambifloc 560 ótimo: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7.....	84

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Requisitos de qualidade típicos para água de arrefecimento. Adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque. (2010).	5
Tabela 1.2 - Requisitos de qualidade de águas residuais industriais tratadas a reutilizar para diversos usos urbanos restrito e não restrito. Adaptado de Asano et al. (2007).	6
Tabela 1.3 - Critérios de qualidade recomendados para reutilização de águas residuais tratadas em Portugal. Adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque (2010).....	7
Tabela 1.4 - Características de um efluente industrial de colas.....	13
Tabela 2.1 - Levantamento do número de autoclismos e torneiras existentes	19
Tabela 2.2 - Síntese da quantificação dos consumos de água, em m ³ , para uso industrial. 24	
Tabela 2.3 - Custos associados à substituição dos equipamentos sanitários.....	28
Tabela 3.1 - Métodos utilizados nas determinações físico-químicas	49
Tabela 3.2- Local de amostragem, periodicidade e número de amostras recolhidas	52
Tabela 3.3- Valores médios de pH (\pm DP) ao longo das diferentes etapas de tratamento bem como o respetivo DPR.	57
Tabela 3.4 - Valores médios de Temperatura (\pm DP) ao longo das diferentes etapas de tratamento bem como o respetivo DPR.....	58
Tabela 3.5 - Valores médios de Condutividade (\pm DP) ao longo das diferentes etapas de tratamento bem como o respetivo DPR.....	59
Tabela 3.6 - Valores médios de Turvação (\pm DP) e respetivos DPR ao longo das etapas de tratamento e respetivas eficiências de remoção.....	61
Tabela 3.7 - Valores médios de cor aparente e respetivos DP absoluto e relativo ao longo das etapas de tratamento e respetivas eficiências de remoção.	63
Tabela 3.8 - Valores médios (\pm DP) de cor verdadeira e respetivos DPR ao longo das etapas de tratamento e respetivas eficiências de remoção.	64
Tabela 3.9 - Valores médios de SST (\pm DP) e respetivos DPR ao longo das etapas de tratamento e respetivas eficiências de remoção.....	65
Tabela 3.10 - Valores médios de CQO e CQO solúvel e respetivos DP absoluto e relativo ao longo das etapas de tratamento e respetivas eficiências de remoção.....	67
Tabela 3.11 - Resultados do Ensaio de Biodegradabilidade	68
Tabela 3.12 - Caracterização do efluente estudado	68
Tabela 3.13 - Eficiências de Remoção dos tratamentos primário, secundário e terciário.	69

Tabela 3.14 - Síntese das condições otimizadas para os vários tratamentos de coagulação/floculação estudados no tratamento de 400 mL de efluente industrial	85
Tabela 3.15 - Comparação do coagulante e floculante ótimos com os critérios de qualidade recomendados	86

Acrónimos

- AC – Aquíferos Cretácicos
- CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigênio
- CQO – Carência Química de Oxigênio
- DP – Desvio Padrão
- DPR – Desvio Padrão Relativo
- ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
- IVL – Índice Volumétrico de Lamas
- n.a. – Não aplicável
- PMP – Parque de matérias-primas
- SBR – Reator Biológico de Funcionamento Sequencial (*Sequential Batch Reactor*)
- SST – Sólidos Suspensos Totais
- T.H. – Tanque de Homogeneização
- VLE's – Valores Limite de Emissão

1. INTRODUÇÃO

O setor industrial é um importante consumidor de água, sendo necessário definir estratégias de consumo eficiente e racional que garantam o desenvolvimento sustentável do setor, sem comprometer a qualidade do produto. As estratégias atualmente utilizadas consistem na utilização eficiente da água fresca, diminuindo o seu consumo e simultaneamente o tratamento de águas residuais. Deste modo, a implementação de um programa de gestão dos recursos hídricos, pelas empresas, permitirá obter um uso mais eficaz da água. Constitui objetivo do presente trabalho a análise do consumo da água numa unidade industrial – a H.B. Fuller Portugal – Produtos Químicos, S.A, identificando medidas que contribuam para uma utilização mais sustentável deste recurso, sem colocar em causa as necessidades de base dos processos de fabrico. Com as intervenções na gestão dos recursos hídricos, pretende-se reduzir as descargas de efluentes industriais.

1.1. CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

A água é um recurso indispensável à maioria das atividades industriais. Em Portugal, o volume de água consumido, anualmente, é estimado em 7500 milhões m³, dos quais 385 milhões m³ são para uso industrial (INAG, 2001). Este volume correspondia a um custo anual estimado em 484 mil milhões de euros. Em 2009, a procura nacional de água no setor industrial foi de aproximadamente 300 milhões m³ (PNEUA, 2012). De acordo com o tipo de abastecimento, a maior parte (84 %) da água provém de captações próprias –

poços, furos e águas superficiais – e a restante (16 %) é proveniente da rede de abastecimento pública (INAG, 2001).

Nem toda a água captada é totalmente aproveitada, na medida em que existem desperdícios associados aos sistemas de armazenamento, transporte e distribuição, e ao uso ineficiente da água nos fins previstos. Esta parcela de desperdício tem vindo a diminuir ao longo dos anos, de 30 % no ano 2000 para 22,5 % em 2009, e sendo objetivo a sua diminuição para 15 % até 2020, através da adoção de medidas de uso eficiente da água (PNUEA, 2012).

Devido à diminuição dos recursos hídricos disponíveis, torna-se imperativo a implementação de medidas de conservação da água nos processos industriais, através de uma gestão sustentável da água (Tian *et al.*, 2008). Esta ênfase na melhoria da eficiência deverá ser aplicada aos usos da água já instalados, obrigando a repensá-los, de forma integrada com outros setores, permitindo não só a diminuição dos custos de exploração como também a melhoria da imagem da empresa pelo seu desempenho ambiental.

O consumo de água do setor industrial na Europa, durante os anos 90, diminuiu como resultado de uma combinação de fatores: avanços tecnológicos, reciclagem e reutilização da água e a recessão económica que provocou o encerramento de unidades industriais. Devido a estes fatores, não será expectável, a longo prazo, um aumento do consumo de água, no setor industrial na Europa (Marecos do Monte, 2007).

Em Portugal verifica-se a tendência Europeia de melhoria da eficiência da utilização, uma vez que o tipo de indústrias com maiores consumos de água encontram-se, também, abrangidas por regimes de redução de consumo (regime de Prevenção e Controlo Integrados de Poluição - PCIP) que implica a obtenção de Licença Ambiental, a aplicação de planos de melhoria contínua, e a emissão de relatórios ambientais anuais. A política nacional da gestão dos recursos hídricos tem como uma das prioridades o incentivo à adoção de estratégias de redução do consumo de água por parte das indústrias, o que permite a obtenção de ganhos económicos e ambientais (APA, 2015).

Atualmente, muitas indústrias adotam estratégias de minimização do consumo de água e da produção de águas residuais, motivadas pela legislação ambiental cada vez mais exigente, pelos benefícios económicos, pela consciencialização ambiental crescente da população, e em consequência de restrições à captação de água em certos locais (Barrington *et al.*, 2013). O atual desafio do setor industrial passa assim por assegurar níveis de produção satisfatórios enquanto se diminui os níveis de poluição e de consumo de água (Boix *et al.*, 2011).

A diminuição do consumo de água nos processos industriais reduz os custos operacionais, assim como minimiza as emissões de efluentes líquidos para o meio ambiente. A implementação do conceito de descarga zero tem pressionado as indústrias a reduzirem os custos do tratamento de águas residuais, nomeadamente através da sua reutilização, especialmente em práticas que exigem água de menor qualidade e que, portanto, necessitam de um nível de tratamento mais acessível (PNAPRI, 2001). A água pode ser reutilizada várias vezes para os mais diversos usos, desde que seja devidamente tratada para assegurar a qualidade necessária ao uso previsto e que a utilização seja economicamente viável, ambientalmente segura e aceite pela opinião pública (Zver e Glavic, 2005).

1.2. ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA INDUSTRIAL

A diminuição da dependência das indústrias das origens de abastecimento tradicionais (poços, furos e rede pública de abastecimento) passa pela adoção de estratégias de redução do consumo de água. Os principais fatores a ter em conta na reutilização de água no setor industrial são: a qualidade da água; o balanço entre a necessidade e a disponibilidade; a viabilidade económica e técnica da sua aplicação (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

A nível industrial existem várias estratégias de diminuição do consumo de água. De acordo com o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (2012), estão definidas medidas aplicáveis a este setor em situação hídrica normal ou escassez hídrica. Apresenta-se, em seguida, algumas das medidas recomendadas no referido plano:

Medidas Gerais:

- adequação de procedimentos da utilização da água na unidade industrial pela alteração de hábitos humanos para reduzir o consumo de água;
- otimização da utilização da água na unidade industrial através da utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes, e recirculação e reutilização de água de qualidade inferior;
- redução de perdas de água na unidade industrial pela eliminação das perdas na rede de abastecimento à unidade industrial.

Processo de fabrico industrial:

- reutilização da água residual dos processos de fabrico da própria unidade industrial, após tratamento adequado dos efluentes industriais;
- substituição ou adaptação do processo de fabrico por outros de maior eficiência no consumo de água;

- recirculação de água no processo de fabrico pela utilização da água residual resultante desse mesmo processo.

Sistema de Transferência de Calor:

- recirculação de água no sistema de arrefecimento industrial em circuitos fechados;
- utilização de água de outros processos no sistema de arrefecimento/aquecimento industrial;
- utilização da água de arrefecimento industrial para outros fins compatíveis;

Limpeza de instalações e equipamentos:

- utilização de dispositivos portáteis de água sob pressão para lavagens;
- reutilização ou uso de água de qualidade inferior proveniente de outras fontes.

De acordo com Asano (2007) as abordagens para destino das águas residuais nos processos industriais, passam pelo não aproveitamento das águas residuais, reciclagem após tratamento e reutilização com ou sem tratamento prévio, como se apresenta na Figura 1.1.

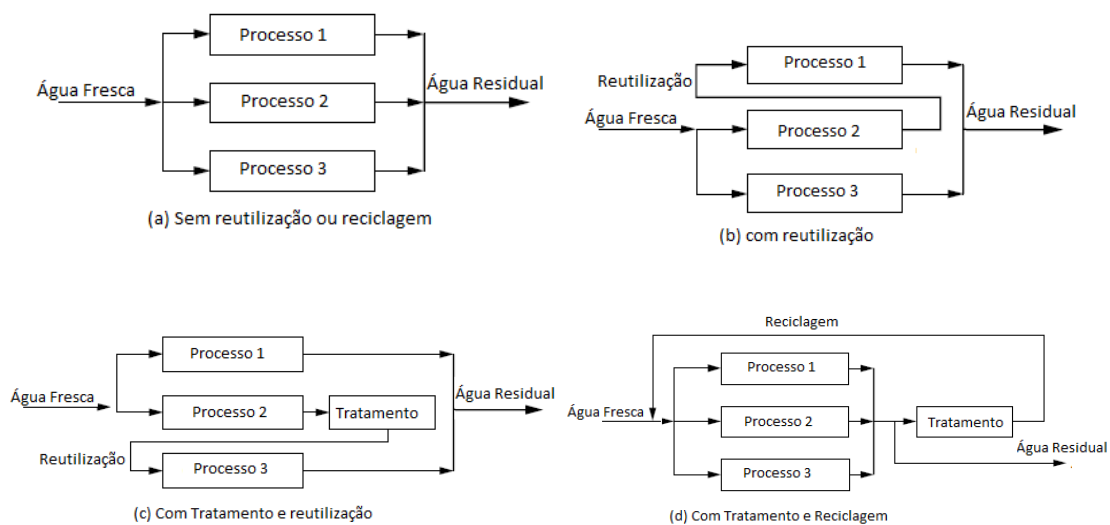


Figura 1.1 - Abordagens para destino das águas residuais nos processos industriais. Adaptado de Asano, 2007.

As principais aplicações de água reutilizada comumente praticadas no setor industrial incidem ao nível do processo, dos sistemas de aquecimento e arrefecimento, das lavagens de espaços e equipamento e ainda, nos processos de construção civil (obras) (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

As exigências de qualidade da água para reutilização industrial são muito específicas do tipo de indústria. Enquanto algumas utilizações, como o processo de fabrico ou a

produção de vapor, requerem água de elevada qualidade, outras aplicações são compatíveis com água de qualidade inferior, como a construção pesada (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

Segundo USEPA (2004), para a maioria das indústrias, os sistemas de arrefecimento constituem a principal aplicação de reutilização de água (50 %), por permitirem a utilização de água de uma origem com qualidade inferior. A utilização de circuitos fechados (com recirculação) diminui ainda mais o volume de água a captar, comparativamente com os restantes processos de arrefecimento, necessitando apenas da reposição do volume de água perdido por evaporação. Na água de arrefecimento é importante que não promova fenómenos corrosivos e de incrustação (pelo que deverá ser reduzida a concentração de sólidos dissolvidos totais, de cloretos e de oxigénio dissolvida, e de formação de biofilme nas condutas e equipamentos acessórios, pela quantidade de matéria orgânica).

Em situações de exposição humana à água reutilizada deverão ser considerados requisitos de qualidade inerentes à proteção da saúde pública (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010). Nos circuitos de arrefecimento não é desejável o crescimento microbiano, mais especificamente de bactérias sulfo-redutoras; bactérias nitrificantes e bactérias ferrófilas, pelo que deverá proceder-se à desinfeção do efluente. Os requisitos de qualidade típicos recomendados para água reutilizada para arrefecimento, de acordo com a *Water Pollution Control Federation (WPCF)* em 1989 citado por Marecos do Monte e Albuquerque (2010), encontram-se na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 - Requisitos de qualidade típicos para água de arrefecimento. Adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque (2010).

Parâmetro	Valor
Cloretos (mg/L)	500
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500
Dureza (mg/L CaCO₃)	650
Alcalinidade (mg/L CaCO₃)	350
pH	6,9 – 9,0
Carência Química de Oxigénio (CQO) (mg/L)	75
Sólidos Suspensos Totais (SST) (mg/L)	100
Turvação (UNT)	50
Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅) (mg/L)	25
Amónio (NH₄) (mg/L)	1,0
Fósforo Reativo (PO₄) (mg/L)	4
Sílica (SiO₂) (mg/L)	50
Alumínio (Al) (mg/L)	0,1
Ferro (Fe) (mg/L)	0,5
Manganês (Mn) (mg/L)	0,5
Cálcio (Ca) (mg/L)	50
Bicarbonato (HCO₃) (mg/L)	0,5

Sulfato (SO₄) (mg/L)	200
--	-----

A reutilização de água industrial tem bastante utilização em diversas aplicações urbanas não potáveis, nos quais se incluem o combate a incêndios, a descarga de autoclismos, a construção civil, a lavagem de pavimentos, passeios, vias e equipamentos. Estes usos podem ser classificados como restritos ou não restritos, relativamente ao acesso e contacto humano. Na Tabela 1.2 apresentam-se as características máximas de qualidade a admitir para algumas aplicações (Asano *et al.*, 2007).

Tabela 1.2 - Requisitos de qualidade de águas residuais industriais tratadas a reutilizar para diversos usos urbanos restrito e não restrito. Adaptado de Asano et al. (2007).

Parâmetro	Uso não restrito		Uso restrito	
	Lavagem pavimentos, passeios e vias	Rega de espaços verdes de acesso livre	Sanitários	Rega de espaços verdes de acesso condicionado
CBO₅ (mg/L)	10		45	
Cloro residual (mg/L)	Libre	0,1		
	Combinado	0,3	1	
Coliformes fecais (UFC/100 mL)	Não detetável		Não detetável	100
Odor	Não detetável			
pH	6 – 9			
SST (mg/L)	Não Aplicável	20	45	
Turvação (NUT)	2			
Tratamento mínimo necessário	Secundário, desinfeção	Secundário, terciário, desinfeção	Secundário, desinfeção	Secundário, terciário

Em Portugal, os critérios de qualidade recomendados para reutilização de águas residuais tratadas para rega agrícola e paisagística encontram-se definidas na Norma Portuguesa 4434:2005. Os restantes usos, industrial, recarga de aquíferos, usos recreativos e ambientais, e usos urbanos não potáveis, encontram-se definidos no Guia Técnico 14 da Entidade Reguladora de Águas e Resíduos (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010) e compilados na

Tabela 1.3. De referir que os parâmetros para os quais não são recomendados valores de concentração limite são considerados menos relevantes para a utilização em causa, pelo que os seus valores poderão ser analisados caso a caso.

Tabela 1.3 - Critérios de qualidade recomendados para reutilização de águas residuais tratadas em Portugal. Adaptado de Marecos do Monte e Albuquerque (2010).

Aplicações	CBO ₅	SST	SDT	Azoto	Fósforo	Dureza	Alcalinidade	Fe	SiO ₂	Turvação	Coliformes fecais	Ovos de helmintas
	(mg/L)				(mg/L P)	(mg/L CaCO ₃)				(UNT)	(UFC/100 mL)	(nº/L)
INDÚSTRIA												
Uso industrial não restrito												
Sistemas de arrefecimento	25	5 – 30	500**	≤ 20	-	-	-	0,5	25 – 50	1 – 50	≤ 2x10 ³	≤ 0,1
Caldeiras de aquecimento	-	-	-	0,1	-	0,5 – 1	100	0,01 – 1	10	-	-	-
Uso industrial restrito												
Processo e Lavagens	-	35	-	-	-	-	-	-	-	15	10 ⁴	-
USOS URBANOS NÃO POTÁVEIS												
Uso não restrito	10	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavagem de ruas e veículos	10	20	-	-	-	-	-	-	-	10	200	1
Combate de incêndios	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10	200	1
Uso restrito	45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	≤ 100***

** Depende do tipo de sistema de arrefecimento; *** Rega de espaços verdes de acesso condicionado; ND – não detetável.

1.3. H.B. FULLER PORTUGAL – PRODUTOS QUÍMICOS, S.A.

A H.B. Fuller Portugal – Produtos Químicos, SA., situa-se no distrito do Porto, concelho de Vila do Conde, freguesia de Mindelo. Apresenta um regime de funcionamento de 3 turnos por dia, 24 horas por dia, 7 dias por semana e cerca de 220 dias por ano, com dois períodos de paragem anual programadas durante os meses de Agosto e Dezembro. Na

Figura 1.2 encontra-se a localização da empresa em Portugal continental.



Figura 1.2 - Localização da HB Fuller em Portugal continental.

A H.B. Fuller é uma organização multinacional, sediada nos Estados Unidos e fundada há 125 anos. Inicialmente dedicada à produção de farinhas e pastas à base de água vem mais tarde, em 1938, com o aparecimento das primeiras colas, a dedicar-se à sua produção. Em 1982, aumenta a sua presença na Europa, através da compra da Isar-Rakol S.A., em Vila do Conde. Atualmente possui 34 fábricas distribuídas pelos diferentes continentes (H.B. Fuller, 2015).

A filial portuguesa dedica-se à produção de colas industriais sintéticas em emulsão aquosa e encontra-se dividida em três áreas de produção perfeitamente identificáveis ao estarem separadas em três naves industriais distintas: unidade de produção de resinas (polímeros); unidade de produção de colas de base aquosa (colas brancas); e unidade de produção de colas de base solvente e termofusíveis (*Hot-Melts*). As soluções tecnológicas desenvolvidas integram vários segmentos de mercados, nomeadamente a indústria de transformação de madeira e mobiliário; indústria de calçado; indústria de transformação de papel; embalagem e rotulagem; indústria de construção civil e revestimentos; indústria de transformação de

Tecnologies REFERENCE]. Para além disso, encontra-se obrigada ao envio do Relatório Ambiental Anual (RAA) à Agência Portuguesa do Ambiente (APA) com a síntese dos resultados ambientais da organização; do Registo Europeu de Emissões de Transferência de Poluentes (PRTR); Plano de Gestão de Solventes (PGS) e do Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR). Em resposta às exigências legais a empresa possui uma ETAR para a qual são encaminhados todos os efluentes do perímetro industrial.

1.3.1. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE FABRICO

Descrevem-se os processos envolvidos na produção de resinas/polímeros, colas de base aquosa, colas de base solvente, e colas termofusíveis/*hot-melts*.

Unidade de Produção de Resinas/Polímeros

Nesta unidade são produzidas resinas sintéticas vinílicas e acrílicas em emulsão aquosa destinadas ao fabrico de colas, tintas, materiais têxteis não tecidos e revestimentos de papel. Consiste num processo de reação química – *polimerização* – em condições de temperatura controlada em meio de reação aquoso. O processo (Figura 1.4) inicia-se com a preparação do meio de reação no preparador de coloides (PC da Figura 1.4) e no preparador de monómeros (PM da Figura 1.4). No preparador de coloides é efetuada a mistura e homogeneização de várias matérias-primas: água, monómeros, emulsionantes aquosos, álcoois polivinílicos e anti-espuma, obtendo-se uma emulsão aquosa ou uma solução de coloides dissolvidos na fase aquosa que posteriormente são descarregados para o reator. Para facilitar a dissolução dos coloides, o vaso é provido de aquecimento. No preparador de monómeros é realizada a mistura de monómeros a reagir. No reator inicia-se a polimerização, pelo aquecimento do meio de reação e adição de um catalisador. A polimerização é mantida através do doseamento da mistura do preparador de monómeros segundo o perfil caudal/temperatura definido. O processo é exotérmico, sendo necessário recorrer ao arrefecimento do reator para controlo da temperatura de reação. Os vapores libertados durante o processo são captados e condensados, sendo novamente introduzidos em contínuo no reator. No final da reação é aplicado vácuo no reator, de forma a retirar do polímero obtido qualquer quantidade residual de monómero que não tenha reagido.

Concluída a reação, a cola é filtrada para remoção de impurezas (cola seca, grumos, pele) e transferida para os misturadores/arrefecedores. Após este processo são embalados em embalagens individuais, ou em tanques de armazenagem para depois serem expedidos por cisterna.

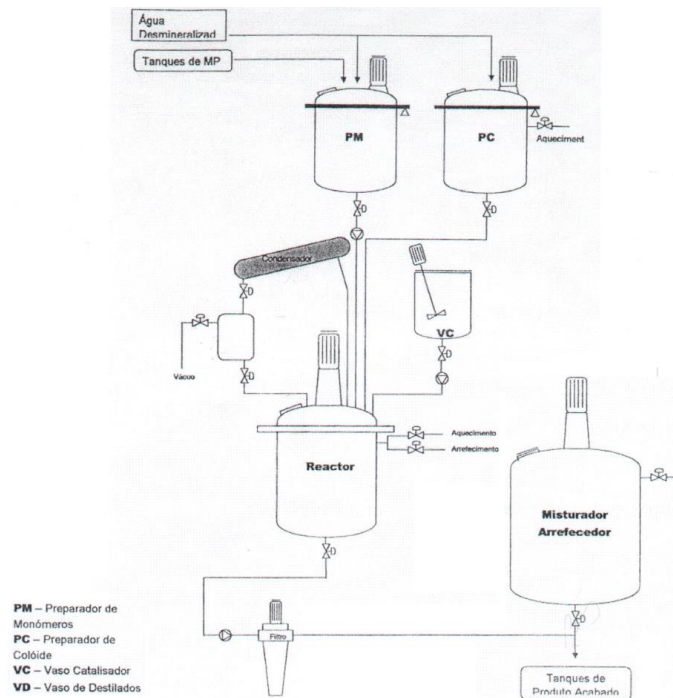


Figura 1.4 - Diagrama do Processo de Produção de Resinas/Polímeros

Unidade de produção de colas de base aquosa

O processo de fabrico (Figura 1.5) de colas de base aquosa consiste na produção de uma mistura, em meio aquoso, de dispersões de resinas sintéticas com cargas orgânicas e inorgânicas. O processo é realizado de duas formas: a temperatura ambiente ou temperatura controlada. As matérias-primas são introduzidas no vaso misturador (M da Figura 1.5) onde decorre a mistura durante um período de tempo definido. Após o período de mistura o produto final é descarregado para as embalagens individuais e armazenadas a aguardar a expedição.

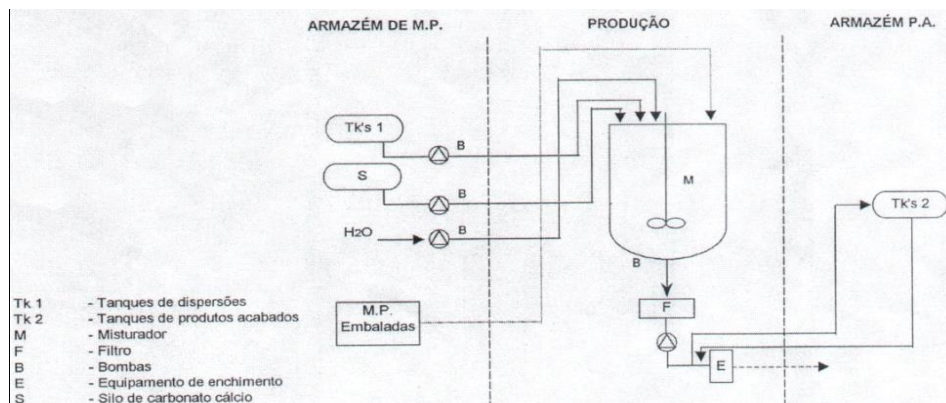


Figura 1.5 - Diagrama do Processo de Produção de Colas de Aquosa

Unidade de produção de colas de base solvente

O processo de fabrico de colas de base solvente (Figura 1.6) consiste na produção de uma mistura de diversos solventes com sólidos (borrachas naturais). O processo é realizado, a temperatura controlada, por meio de agitação. As matérias-primas são adicionadas ao vaso misturador (M da Figura 1.6) onde decorre a mistura durante o período de tempo definido. Terminado o processo, o produto final é acondicionado em embalagens individuais que serão armazenadas até serem expedidas.

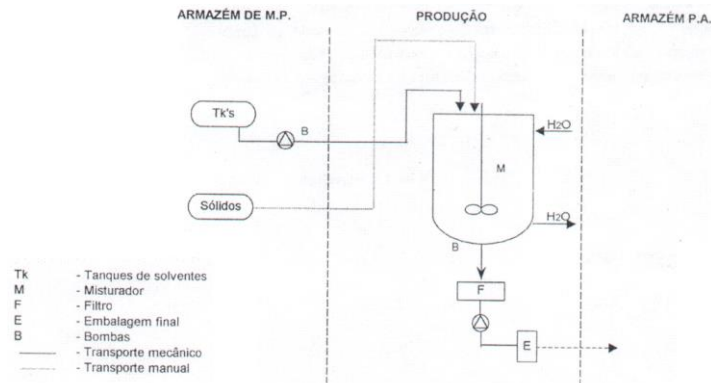


Figura 1.6 - Diagrama do Processo de Produção de Colas de base solvente

Unidade de produção de colas termofusíveis

O processo de fabrico de colas termofusíveis (Figura 1.7) consiste genericamente na produção de uma mistura de polímeros termofusíveis, em misturadores providos de aquecimento que permitem a fusão das diferentes matérias-primas. Terminado o período de mistura, o produto acabado é enviado para o granulador onde a cola é cortada e simultaneamente arrefecida através da água que circula na fieira. Em seguida, a água transporta o granulado para um secador centrífugo que separa a água dos grânulos. Os grânulos são acondicionados e armazenados para expedição e a água é encaminhada para um dos três reservatórios com capacidade de 950 litros cada.

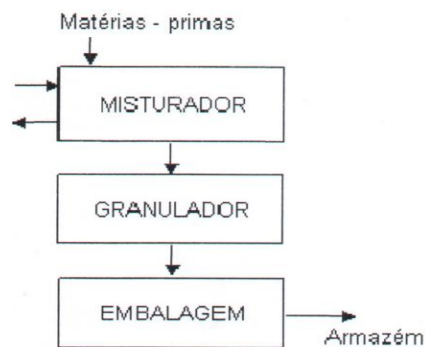


Figura 1.7 - Diagrama do Processo de Produção de Colas Termofusíveis/Hot-melts

1.3.2. EFLUENTES PROVENIENTES DA INDÚSTRIA DE COLAS

As águas residuais industriais são variáveis de acordo com o tipo de indústria. Os efluentes provenientes da indústria química de colas são bastante complexos pela presença de uma diversidade de compostos orgânicos, nomeadamente, acetato de vinil, tolueno, compostos acrílicos, entre outros hidrocarbonetos resultantes do processo produtivo (Mota e Brito, 1999).

De acordo com vários autores (Interágua, 1999; Alves, 2010; Dias, 2014) o efluente deste setor industrial é caracterizado por apresentar valores bastante elevados para a concentração de sólidos suspensos totais (SST) e carência química de oxigénio (CQO), um pH ácido e presença de cor e turvação. Os principais parâmetros dos efluentes caracterizados por esses autores estão apresentados na Tabela 1.4.

Tabela 1.4 - Características de um efluente industrial de colas.

Parâmetro	Interágua (1999)	Alves (2010)	Dias (2014)
Sólidos Totais (ST) (mg/L)	14 000	-	-
Sólidos Suspensos Totais (SST) (mg/L)	8 000	12 300 – 12 500	23 170
Carência Química Oxigénio (CQO) (mg/L)	27 000	14 647 – 49 087	22 060
pH	-	4,00 - 4,60	6,3
Cor Aparente (PtCo)	-	-	> 55 000
Turvação (FTU)	-	-	22 570
Nitratos (mg NO ₃ /L)	-	-	2 040

Costa *et al.*, (2003) refere que os efluentes provenientes dessas indústrias apresentam grande variabilidade qualitativa e quantitativa de acordo com as matérias-primas utilizadas, o processo produtivo e, ainda, com o produto final obtido, o que é confirmado pela heterogeneidade de resultados apresentados na Tabela 1.4. As águas residuais produzidas apresentam concentrações elevadas de carbono e azoto (Gómez *et al.*, 2010).

A escolha do processo de tratamento destas águas depende da razão carbono/azoto, sendo o tratamento anaeróbio a melhor opção quando esta razão é elevada (Gómez *et al.*, 2010). Estes efluentes são parcialmente degradáveis por processos biológicos, pelo que, a inserção de uma componente biológica permite, na maioria dos casos, diminuir significativamente os custos de operação do sistema de tratamento global, reduzindo os encargos com reagentes e/ou energia. De forma a aumentar a biodegradabilidade, considera-se que os efluentes domésticos poderão ser tratados conjuntamente. Esta junção de caudais é positiva, na medida em que o efluente doméstico contribuirá para a viabilidade da biomassa do processo biológico, como co-substrato, dispondo de nutrientes (azoto e fosforo) e matéria orgânica biodegradável (Interágua, 1999).

1.4. OBJETIVOS

Pretende-se que o estudo possa facultar uma visão global sobre os diferentes usos da água e fornecer dados para alternativas de utilização da indústria objeto de estudo, que mais a beneficiem, de acordo com as melhores técnicas disponíveis. Perspetiva-se uma redução dos consumos de água e dos volumes de águas residuais produzidas através de sistemas de reutilização/recirculação de água.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este documento está dividido em quatro secções. Na secção 1 (“Introdução”) são caracterizados os consumos de águas e definidas algumas estratégias de reutilização de água. É feita a descrição da empresa e dos seus processos e a caracterização de um efluente proveniente deste tipo de indústria.

O restante documento aborda a componente prática do trabalho desenvolvido. Na secção 2 (“Gestão de Recursos Hídricos na H.B.Fuller”) são identificados e quantificados os consumos e perdas de água. Faz-se a enumeração das possíveis alternativas encontradas para alcançar o objetivo de redução do consumo de água, bem como a análise da poupança de água através da implementação da medida de substituição dos equipamentos sanitários.

Na secção 3 (“Tratamento do Efluente”) é feita a descrição do processo de tratamento de águas residuais de uma indústria de colas no geral e da H.B. Fuller em particular. É caracterizado o efluente industrial ao longo do processo de tratamento e otimização da etapa do processo de tratamento físico-químico do efluente.

E, na secção 4 (“Conclusões e Trabalhos Futuros”) conclui-se quanto aos ensaios conduzidos e às eficiências de remoção atingidas. Simultaneamente sugerem-se possíveis trabalhos futuros a desenvolver no tratamento deste tipo de efluentes.

2. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA H.B. FULLER

A água que abastece a instalação provém de diferentes origens, de rede pública e de aquíferos cretácicos. A água da rede pública é utilizada essencialmente para usos não industriais, tais como, as instalações sanitárias, balneários e copa, embora em caso de extrema necessidade poderá ser utilizada para fins industriais; a água dos três aquíferos cretácicos (AC), localizados no perímetro da instalação (AC1, AC2 e AC3), é maioritariamente utilizada na atividade industrial, incluindo os processos de lavagem e os sistemas de arrefecimento, e uma pequena parte abastece alguns fins não industriais. O furo AC3 só foi recentemente licenciado, em consequência do esgotamento do furo AC1 e abastece a produção desde 25 de março do presente ano.

2.1. REDE DE ÁGUA

A rede de água, atualmente em utilização na empresa é a que se apresenta na Figura 2.1. O aquífero AC1 não está operacional por diminuição do volume de água disponível para captação; o furo AC2 passou a abastecer, exclusivamente, o tanque de alimentação da rede de *sprinklers*, que por contato direto arrefecem os tanques de matérias-primas existentes no PMP; e o furo AC3 abastece as restantes utilizações industriais de água.

De referir que com a entrada da água proveniente de AC3 em 2015 foi instalado um filtro para remoção do ferro e manganês na água que passa do tanque de 15 m³ para o tanque de 100 m³. É a água recolhida no tanque de 100 m³ que é então distribuída para os diferentes usos da empresa. Em caso de necessidade poderá ser utilizada água proveniente das outras fontes (AC1, AC2 e rede pública) de água existentes, identificadas pelo circuito suplementar.

O volume de água consumido nas diferentes utilizações industriais, à exceção do consumo de água industrial na unidade de resinas/polímeros, é passível de quantificação pela existência de um contador associado, como se ilustra na Figura 2.1.

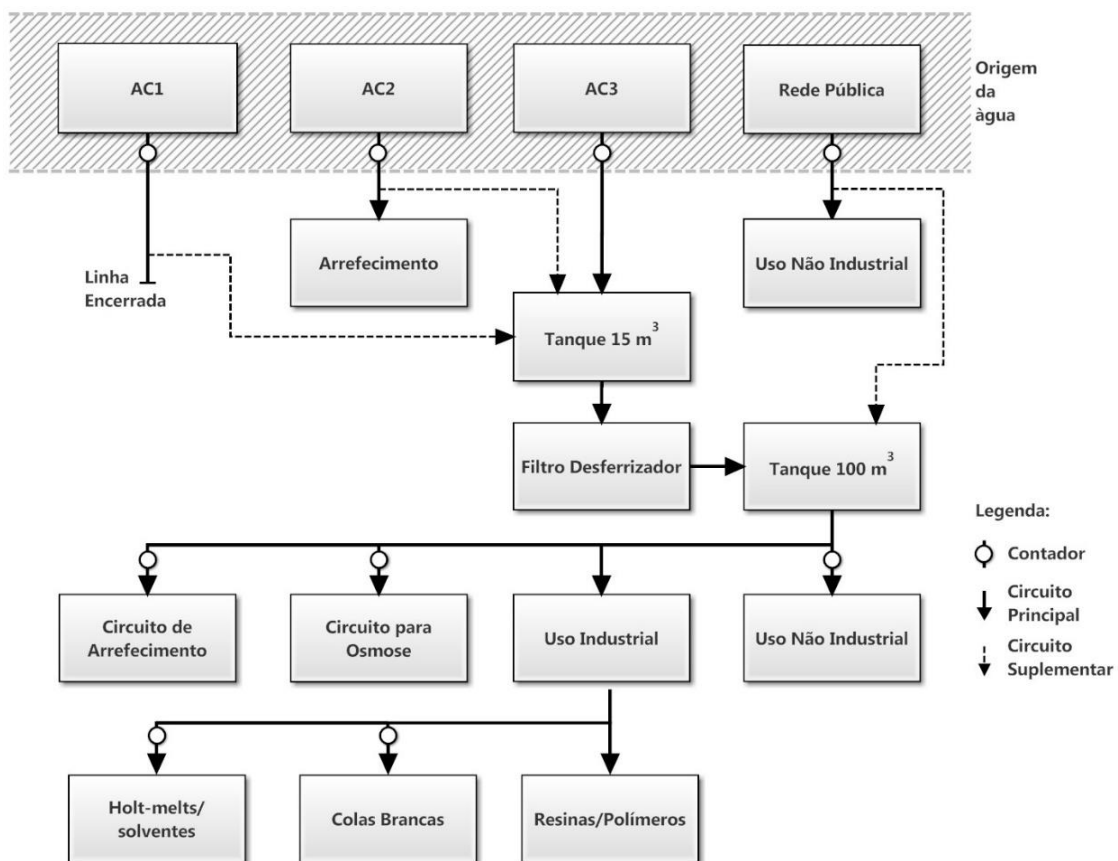


Figura 2.1 - Rede de água

O consumo de água na empresa, em termos absolutos e independente da origem, apresentou uma tendência crescente. O elevado consumo de água apresentado no ano 2011, encontrava-se relacionado com as operações de reconstrução da unidade de produção de resinas/polímeros afetada pelo incêndio ocorrido em 2010. A previsão para o triénio 2015-2017 mantém uma tendência crescente como se apresenta na Figura 2.2. O método previsional consistiu na utilização da função "FORECAST" do Microsoft Excel [FORECAST (x, val_conhecidos_y; val_conhecidos_x)] onde: x é o ponto de dados que

deseja prever; $val_conhecidos_y$ é o intervalo de dados ou matriz dependente e $val_conhecidos_x$ é o intervalo de dados ou matriz independente (Microsoft, 2015). Este método desenvolve um valor previsto para x , baseado numa regressão linear de ajuste (mínimos quadrados) de matrizes x e y conhecidas ou de intervalos de dados. Neste caso concreto, foi previsto o consumo de água nos anos 2015, 2016 e 2017 – variáveis x –, tendo por base os volumes de água consumidos – $val_conhecidos_y$ – no período 2010–2014 – $val_conhecidos_x$ –.

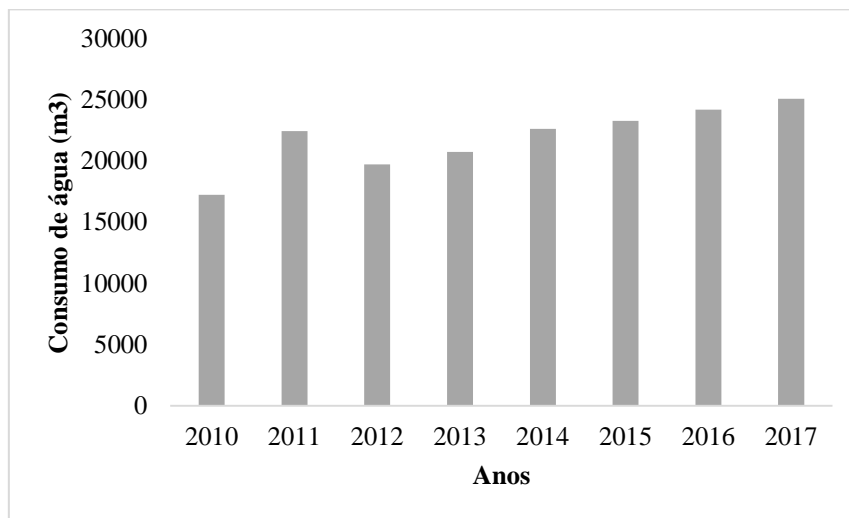


Figura 2.2 - Evolução no Consumo de Água Total entre 2010-2014 e previsão de consumo para o triénio 2015-2017

De acordo com os dados dos relatórios ambientais anuais, a evolução dos volumes de água consumidos de acordo com a sua origem, rede pública ou água subterrânea, no período correspondente entre 2010 e 2014 encontram-se apresentados nas Figura 2.3 e Figura 2.4.

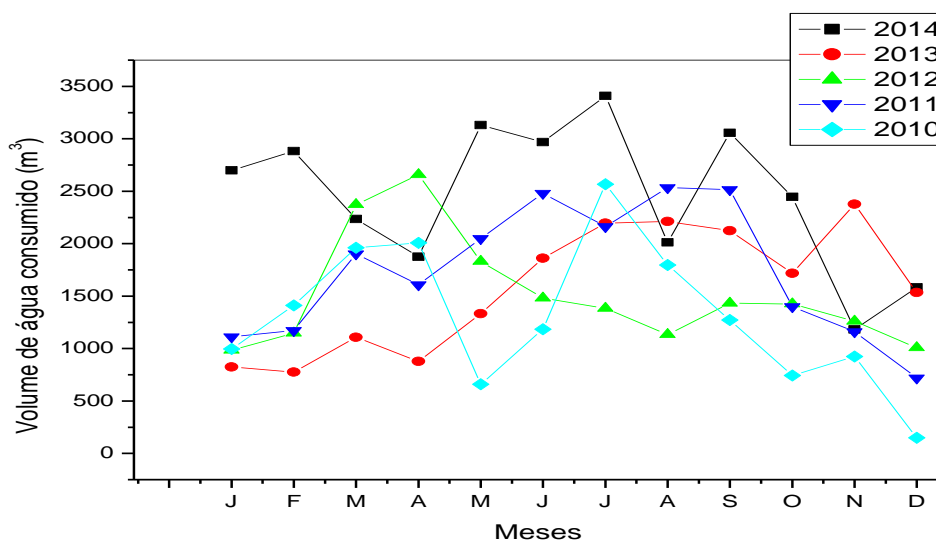


Figura 2.3 - Evolução do consumo de água dos Furos (AC1 e AC2) entre 2010-2014

Pela análise da Figura 2.3 verificou-se que, de uma maneira geral, o volume de água consumido em AC1 e AC2 tem vindo a aumentar, especialmente nos meses de verão, como expectável, em resultado de um maior aporte de água para arrefecimento dos tanques existentes no PMP. No final do ano de 2010, verificou-se uma diminuição acentuada no consumo de água devido ao incêndio ocorrido na unidade de produção de resinas/polímeros no mês de setembro, que levou ao encerramento das suas funções. Este episódio coincidiu, ainda, com a paragem anual programada no mês de Dezembro. Entre 2010 e 2014 verificou-se um acréscimo no consumo de água que pode ter origem no aumento da produção e do número de funcionários (Anexos A e B), ou nas condições meteorológicas. De acordo com a informação do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) o ano 2014 caracterizou-se por valores da temperatura média do ar superiores ao habitual no território continental português.

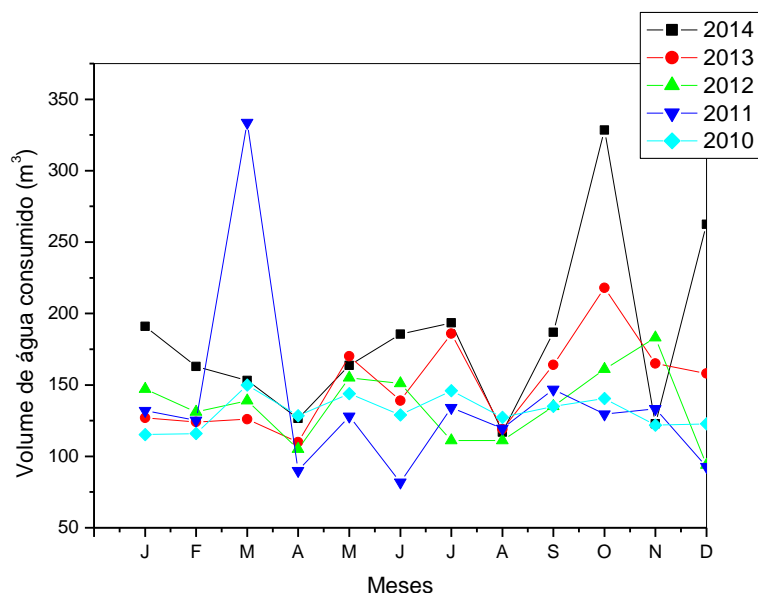


Figura 2.4 - Evolução do Consumo de Água da Rede Pública entre 2010-2014

Relativamente ao consumo de água com origem na rede de abastecimento pública verificou-se, pela análise da Figura 2.4, um padrão de comportamento constante ao longo do período 2010-2014, à exceção do mês de Março de 2011 e dos meses de Outubro e Dezembro de 2014. Estes picos de consumo de água resultaram na utilização de água da rede pública na produção por imposição legal, de não exceder os limites de extração impostos pelas autoridades competentes (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional Do Norte e Administração da Região Hidrográfica do Norte), e mais recentemente, em consequência do esgotamento do furo AC1. O volume mensal extraído do furo AC1 foi diminuindo gradualmente, sendo essa diminuição compensada pelo furo AC2, por esse motivo não é perceptível essa diminuição no gráfico da Figura 2.3. Nos meses em que o

consumo de água da rede pública é menor, significa que não foi utilizada água proveniente dessa origem na produção.

2.2. IDENTIFICAÇÃO DOS CONSUMOS DE ÁGUA

A identificação das utilizações dadas à água e quantificação dos consumos permitiu obter informação importante para o planeamento, implementação e avaliação de medidas para o uso eficiente da água. Os dados apresentados neste projeto são referidos ao ano civil de 2014.

2.2.1. ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA USO NÃO INDUSTRIAL

O uso não industrial da empresa compreende o consumo de água das instalações sanitárias, balneários e copa. O abastecimento de água para uso não industrial foi efetuado a partir da rede pública (1 575,6 m³) e dos furos AC1 e AC2. Uma vez que este fim foi comum às duas origens de água procedeu-se ao levantamento com a diferenciação da origem da água utilizada que se encontra no anexo C. Procedeu-se, ainda, ao levantamento, por edifício, da quantidade de autoclismos de descarga simples e dupla e de torneiras normais e temporizadas existentes. Os valores encontrados são apresentados na Tabela 2.1. Face ao exposto, concluiu-se que o número de autoclismos de descarga simples e dupla era semelhante e verificou-se que a maioria encontrava-se no edifício novo. Relativamente às torneiras, existiam apenas 3 temporizadas, sendo as restantes torneiras convencionais, incluindo chuveiros.

Tabela 2.1 - Levantamento do número de autoclismos, torneiras e chuveiros existentes

Edifício	Autoclismos		Torneiras		Chuveiros	
	Descarga Simples	Descarga Dupla	Normal	Temporizada	Normal	Temporizado
Toller	6	1	17	2	6	0
Unidade Produção Solventes/Hot-melts	0	0	1	1	0	0
Unidade Produção Colas Brancas	1	2	9	0	0	0
Laboratórios	3	2	11	0	0	0
Portaria	1		1	0	0	0
Ed. Administrativo (Polímeros)	2	1	10	0	1	0
Unidade de Produção Polímeros	2	0	5	0	2	0
Ecocentro/Manutenção	0	0	2	0	0	0
Edifício Novo	2	9	9	0	0	0
TOTAL	17	15	65	3	9	0

2.2.2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA USO INDUSTRIAL

O abastecimento de água para uso industrial é efetuado, essencialmente, a partir do furo, sendo garantida a qualidade da água destinada a este fim e à proteção das canalizações do seguinte modo: desinfecção com hipoclorito de sódio no tanque de 15 m³; filtração com filtro desferrizador a partir do início de 2015 e novamente desinfecção com hipoclorito de sódio no tanque de 100 m³. Apenas uma das utilizações industriais não pressupõe tratamento da água captada em furo, o arrefecimento por contacto direto dos tanques de matérias-primas. Em último recurso, poderá ser utilizada água da rede de abastecimento pública para este fim, sem necessidade de tratamento prévio à sua utilização.

2.2.2.1. ARREFECIMENTO

Existem dois tipos de circuito de arrefecimento implementados na empresa: contacto direto e circuito fechado. No primeiro, a água captada é diretamente utilizada no abastecimento do tanque de alimentação à rede de *sprinklers* que, por contacto direto, arrefece os tanques de matérias-primas existentes no PMP. No segundo, é adicionado à água tratada um inibidor de incrustações e um anticongelante e ainda, um agente biocida e um agente desinfetante (hipoclorito de sódio) para garantir a qualidade microbiológica. Existem dois circuitos fechados de arrefecimento: (i) arrefecimento do *chiller* que arrefece as unidades de produção das colas brancas, *hot-melts* e solventes e (ii) arrefecimento da torre de refrigeração, para a unidade de produção dos polímeros/resinas. A água de reposição de cada um dos circuitos fechados é quantificada pelo totalizador.

O circuito de arrefecimento do *chiller* entrou em funcionamento em finais de Junho de 2014. Até essa data o arrefecimento era feito através de 2 torres de refrigeração.

Na unidade de produção de *hot-melts*, é necessário proceder ao arrefecimento da cola. Para isso, existem 3 recipientes com capacidades para 0,95 m³ de água cada. Essa água é arrefecida pelo circuito fechado do *chiller*. Nesta unidade também é aplicado vácuo, no final do processo, para retirar ar do produto final.

Na unidade de produção de solventes, o processo é realizado por meio de agitação mecânica, sendo necessário proceder ao arrefecimento do vaso misturador. O arrefecimento da borracha (sólido adicionado na produção de colas de base solvente) é feito através do arrefecimento dos rolos de uma calandra de processamento de borracha.

Na unidade de produção de resinas/polímeros, dado tratar-se de um processo exotérmico é necessário recorrer ao arrefecimento do reator para controlo da temperatura de reação. No final da reação é aplicado vácuo no reator. Este procedimento utiliza água proveniente do

circuito fechado da torre de refrigeração para arrefecimento da bomba de anel líquido utilizada.

No circuito de arrefecimento por contacto direto grande parte da água utilizada é perdida por evaporação enquanto no circuito fechado apenas é necessário repor as perdas por evaporação.

2.2.2.2. CIRCUITO OSMOSE

Determinadas utilizações industriais, necessitam de água com qualidade superior à captada. Na H.B. Fuller parte da água tratada proveniente do tanque de 100 m³ é encaminhada para um tanque intermédio, para posteriormente ser sujeita a um processo de osmose inversa e adquirir as características adequadas à unidade de produção de resinas/polímeros, de colas brancas, à lavagem dos vasos reatores e abastecimento à caldeira e a mangueira instalada na unidade de produção dos polímeros para preparação da carga. Esta água é ainda utilizada no laboratório.

O processo de osmose inversa em funcionamento possui uma eficiência de remoção de 75 % de acordo com dados do fornecedor.

2.2.2.3. PROCESSO

À exceção do processo de produção de *hot-melts* que não utiliza água no processo produtivo e da unidade de produção de resinas/polímeros que apenas utiliza água proveniente do circuito da osmose, as restantes unidades de produção, colas brancas e solventes, utilizam água tratada proveniente do tanque de 100 m³ como matéria-prima. Nesta utilização será considerada também a água consumida pelo laboratório, para simulação e desenvolvimento do processo de produção das colas.

2.2.2.4. LAVAGENS

Todas as unidades de produção da instalação industrial utilizam água para lavagem de equipamentos, materiais e pavimentos. As operações de lavagem com água tratada proveniente do tanque de 100 m³ com consumo mais representativo são: lavagem dos vasos misturadores das unidades de produção das colas de base aquosa e produção de colas de base solvente orgânico e lavagem de contentores e filtros no EcoCentro.

2.3. QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

A monitorização do consumo de água, pela leitura do contador/totalizador, permitiu identificar as utilizações com maiores consumos de água, e avaliar o potencial de aplicação de medidas que melhorem a eficiência do seu uso. Neste trabalho fez-se um estudo do consumo de água usando o ano 2014 como referência, estando representado na Figura 2.5. o diagrama do consumo de água na instalação industrial.

A água proveniente da rede pública teve como principal finalidade usos não industriais, com 1 575,6 m³ de água utilizados nas instalações sanitárias, balneários e copa; e 617,9 m³ de água proveniente desta origem foi utilizada em usos industriais, no tanque de 100 m³.

A água proveniente do furo AC1 – 2 420,7 m³ – teve como finalidade os usos industriais. A água extraída do furo AC2 – 19 735,6 m³ – aproximadamente 32 % foi utilizada no arrefecimento dos tanques instalados no PMP (6 350 m³) e a restante 68 % (13 385,6 m³) utilizada para fins industriais. O consumo de água de arrefecimento do PMP foi estimado a partir da média dos dados disponíveis no período entre 2009 e 2012, período esse em que a água extraída do AC2 era exclusivamente utilizada para esse fim.

A restante água captada (15 806,3 m³) foi alvo do processo de desinfecção no tanque de 15 m³ na qual foi feito o doseamento automático do hipoclorito. A água foi posteriormente encaminhada para o tanque de 100 m³ no qual foi novamente sujeita a desinfecção, sendo ajustada a quantidade de cloro pretendida na água, normalmente [1 mg/L]. A água da rede pública utilizada (617,9 m³) como não necessita de pré tratamento é encaminhada diretamente para o tanque de 100 m³, sendo efetuado o ajuste da concentração de hipoclorito na mistura, se necessário.

A água do tanque de 100 m³ possui a qualidade necessária ao abastecimento aos principais usos industriais e não industriais, embora 97 % dos 16 424,2 m³ de água foi aplicada nas diferentes utilizações industriais.

A quantidade de águas residuais produzidas (9 055,2 m³) correspondeu a 41 % do total de água extraída. As águas residuais são provenientes das lavagens, da purga da caldeira e dos efluentes domésticos. O volume de águas residuais tratadas poderá ser superior devido ao tratamento das águas pluviais contaminadas, provenientes das duas bacias de retenção, com capacidades de 540 m³ e 1 134 m³, existentes no PMP.

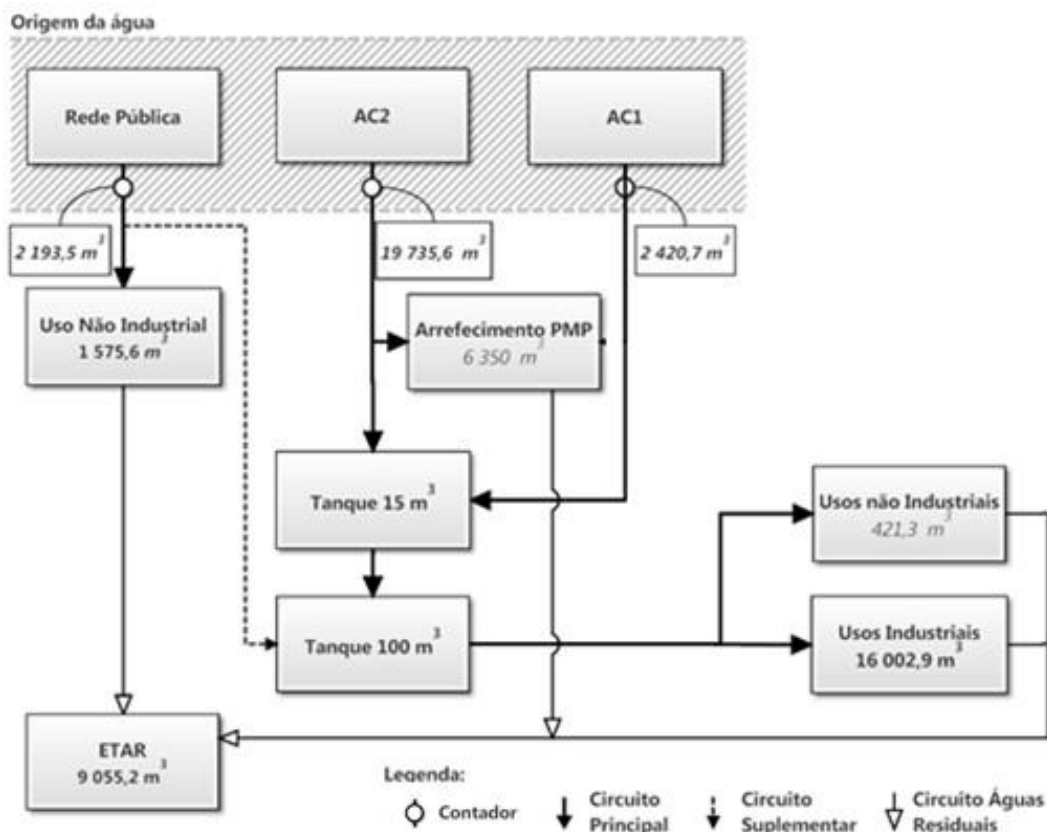


Figura 2.5 - Identificação e Quantificação do Consumo de Água em 2014

2.3.1. CIRCUITO ARREFECIMENTO

Na unidade de produção de hot-melts são utilizados $79,8 \text{ m}^3$ de água de renovação dos recipientes de 950 litros. Na unidade de produção de polímeros e hot-melts a operação final de vácuo utiliza 90 m^3 e $1\,089,8 \text{ m}^3$ de água, respetivamente. Na unidade de produção de solventes o arrefecimento do processo e da borracha utiliza água proveniente do circuito fechado do *chiller*.

O volume de água repostado no circuito fechado de arrefecimento – *chiller* e torre de refrigeração – foi de $111,4 \text{ m}^3$ e $1\,288,1 \text{ m}^3$, respetivamente.

2.3.2. CIRCUITO OSMOSE

Na produção de água osmotizada foram utilizados $7\,358 \text{ m}^3$ de água e o concentrado resultante do processo – $1\,802 \text{ m}^3$ – rejeitado para o coletor das águas pluviais. A água osmotizada é utilizada para compensação das perdas na caldeira a vapor (77 m^3), como matéria-prima da produção de polímeros ($3\,473,3 \text{ m}^3$) e colas brancas ($85,7 \text{ m}^3$), no laboratório (95 m^3) e na lavagem dos reatores da unidade de produção de polímeros com um consumo estimado de $1\,825 \text{ m}^3$.

2.3.3. PROCESSO

A quantidade de água necessária ao processo industrial foi de 2 067,8 m³. Na unidade de produção de colas brancas foram incorporados 937,6 m³ e na unidade de produção de solventes 1 m³ de água no processo como matéria-prima. No laboratório foram utilizados 1 129,2 m³ de água, nas diferentes tarefas de simulação do processo produtivo, investigação e desenvolvimento de novos produtos, controlo de qualidade, lavagem de material, entre outras.

2.3.4. LAVAGENS

O consumo de água para lavagens em 2014 foi de 3 198 m³, sendo consumidos 477 m³ na unidade de produção de colas brancas. A unidade de produção de solventes e hot-melts é um espaço comum no qual são utilizados 1 271,2 m³ em operações de lavagens de pavimentos e equipamentos. A água enviada para o Ecocentro – 2 169,8 m³ – foi utilizada maioritariamente em operações de lavagem de contentores e filtros.

2.4. SÍNTESE DA QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA USO INDUSTRIAL

Apresenta-se na Tabela 2.2 a síntese dos consumos de água utilizados, em m³, para usos industriais apresentados no ponto 2.3.

Tabela 2.2 - Síntese da quantificação dos consumos de água, em m³, para uso industrial.

Uso Industrial	Hot-melts	Solventes	Colas Brancas	Polímeros	Laboratório	Ecocentro	PMP
Arrefecimento contato direto	79,8	-	-	-	-	-	6 350
Vácuo	86,4	-	-	1 089,8	-	-	-
Reposição água chiller	111,4		-	-	-	-	-
Reposição água da torre de refrigeração	-	-	-	1 288,1	-	-	-
Água Osmotizada	-	-	77 (caldeira) 85,7 (matéria-prima)	3 473,3 (matéria-prima) 1 825 (lavagem)	95	-	-
Processo	-	1	937,6	-	1 129,2	-	-
Lavagens	2 256		477	-	-	2 169,8	-

2.5. ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA H.B. FULLER

De acordo com os consumos apresentados no ponto 2.2., foi possível identificar as seguintes alternativas e estratégias de redução no consumo de água na empresa: (i) reutilização de água da purga da caldeira, do concentrado da produção de água osmotizada, do efluente residual tratado e ainda, (ii) a substituição dos autoclismos, toneiras e chuveiros por dispositivos mais eficientes.

2.5.1. APROVEITAMENTO DA PURGA DA CALDEIRA

No momento de arranque da caldeira a vapor, com frequência semanal, são rejeitados 0,5 m³ de água, o que perfaz 16 m³ por ano, considerando 31 semanas de laboração por ano. Esta purga é proveniente da água do circuito da osmose e portanto de elevada qualidade. Este volume, apesar de residual, poderá ser recolhido no momento da purga e introduzido noutras utilizações de água osmotizada, como por exemplo lavagem dos reatores. Alternativamente, de forma a diminuir a água extraída para esta utilização, e uma vez que o abastecimento da caldeira exige água de qualidade superior, independentemente da origem, poderá equacionar-se a reutilização das águas residuais tratadas, desde que cumpridas as características de qualidade.

2.5.2. APROVEITAMENTO DO CONCENTRADO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA OSMOTISADA

O concentrado da água osmotizada - 1 802 m³ - poderá ser objeto de aproveitamento pelo seu encaminhamento direto para o tanque de 100 m³ de abastecimento de água aos usos industriais, em detrimento da sua rejeição para o coletor de águas pluviais. Será necessário verificar se a introdução da quantidade de concentrado não altera a qualidade de água do tanque.

2.5.3. APROVEITAMENTO DO EFLUENTE TRATADO

O tratamento das águas residuais para reutilização poderá constituir um desafio mais exigente que o simples processo de tratamento aplicado para satisfação dos valores limite de emissão e descarga, uma vez que o nível de fiabilidade e qualidade exigido é geralmente maior (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010). Se a qualidade da água for compatível com os usos industriais as águas residuais tratadas poderão ser aproveitadas para esses fins, uma vez que o caudal de produção de águas residuais é relativamente constante. Esta água poderá ser reciclada e utilizada no abastecimento do tanque de alimentação à rede de *sprinklers* que arrefece o PMP. Esta alternativa, para além de diminuir a quantidade de água

extraída diminuirá, também, a descarga de águas residuais para o coletor municipal e conseqüentemente os custos de exploração. A condição fundamental para a aplicação desta estratégia será existir uma linha de tratamento de águas residuais adequada, na qual deverá existir uma etapa de desinfecção. Para isso, é essencial o controle das etapas processo de tratamento e da qualidade do efluente final de forma a garantir uma correta implementação do sistema de reutilização a jusante (ERSAR, 2006).

Considerando que o caudal diário de águas residuais tratadas foi de 40 m³/d e que o consumo diário estimado do arrefecimento dos tanques de matérias-primas foi de 17 m³, o efluente residual tratado permitirá satisfazer a necessidade de água aplicável a este uso de água. A possibilidade de reutilização do efluente residual tratado será estudada no capítulo 3.

2.5.4. SUBSTITUIÇÃO DO EQUIPAMENTO SANITÁRIO

AUTOCLISMOS

A substituição do autoclismo convencional, por outro com volume de descarga inferior é uma medida de redução de consumo de água significativa. Estudos realizados em outros países apresentaram intervalos de poupança entre 20 e 50 %. Um autoclismo convencional consome por descarga de 10 L de água, contudo, em média, apenas 30 % das utilizações requerem este volume de água, resultando uma perda de água nas restantes 70 % das descargas. A eficiência de descarga tem vindo a ser garantida pelos comerciantes utilizando um volume de 6 L. Atualmente já estão disponíveis soluções no mercado com sistema duplo de descarga de 6 e 3 L. A aceitabilidade social desta medida é média, pois envolve uma alteração de padrões de comportamento. Por esse motivo deve ser alvo de sensibilização da população. Os benefícios ambientais são diretos, pela diminuição do consumo de água e dos volumes de águas residuais produzidas (ERSAR, 2006).

Considerando que na H.B. Fuller para os 17 autoclismos de descarga simples o volume eram de 10 litros por descarga (Tabela 2.1), e para duas utilizações médias por dia num universo de 181 colaboradores durante 220 dias de trabalho anuais, obteve-se um consumo anual de 796 m³. Com a substituição para autoclismos de dupla descarga a poupança da empresa poderá ser da ordem dos 61 %.

TORNEIRAS

A substituição das torneiras convencionais por torneiras mais eficientes e com menor caudal é uma das formas mais eficientes de redução do caudal ou volume por utilização. Os principais fatores que influenciam o consumo de água nas torneiras são o caudal, a duração

e o número de utilizações diárias. Os impactos ambientais favoráveis desta medida são a diminuição do consumo de água, do volume de águas residuais e do consumo de energia. Considerando que uma torneira convencional debita um caudal médio de água de 0,20 L/s e uma torneira eficiente 0,12 L/s, a poupança de água é de 42 %.

As 65 torneiras convencionais existentes na empresa representam 96 % do total. Considerando o débito de uma torneira convencional de 0,2 L/s e um tempo de utilização médio de 10 segundos, duas vezes por dia, durante 220 dias tendo em conta um universo de 181 pessoas obtém-se um consumo anual atual de 153 m³.

CHUVEIROS

A substituição do chuveiro convencional por um modelo mais eficiente com um menor caudal é uma forma eficiente de poupança de água associada ao seu uso. Os banhos e duchas constituem utilizações de água significativas, consoante o caudal do dispositivo, a duração da utilização e o número de utilizações por dia. Um chuveiro convencional debita um caudal de 12 L/min e um chuveiro eficiente debita um caudal de 9L/min. A esta diminuição de caudal está associada uma poupança de água de 25 %. Considerando o débito de um chuveiro convencional e um tempo de utilização médio de 10 minutos, uma vez por dia durante 220 dias, tendo em conta um universo de 181 pessoas obtém-se um consumo anual atual de 4 778,4 m³.

2.6. ANÁLISE ECONÓMICA DA SUBSTITUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS

Os custos económicos associados às medidas propostas de substituição dos equipamentos sanitários, assim como a redução do consumo de água correspondente e a redução da descarga de água residual que diminui, conseqüentemente, os custos com o tratamento, foram analisados.

2.6.1. CONSUMO ANUAL TOTAL

Considerando os estudos realizados o consumo anual estimado com o atual equipamento sanitário foi de 5 727,4 m³. Este valor está sobrestimado relativamente ao volume de água consumido em 2014 pois é necessário prever que todos os colaboradores possam utilizar os balneários. Após a introdução do novo equipamento, considerando as percentagens de poupança propostos no ERSAR (2006), o consumo anual poderá passar a 1 744 m³.

De acordo com o tarifário da entidade gestora municipal, o valor do m³ de água é de 3,05 € (INDAQUA, 2015). Considerando estes valores, a esta medida estratégica está associada uma poupança de 12 149,37 €/ano.

Uma vez que o efluente doméstico sofre tratamento na ETAR o caudal de águas residuais domésticas diminuirá 3 983,4 m³/ano. Atendendo ao facto de que o custo de descarga de efluente residual tratado para a entidade gestora municipal é de 0,96 €/m³, a redução de custos de descarga de efluente serão de 3 824,1 €/ano.

2.6.2. CUSTOS ENVOLVIDOS

Foram solicitados orçamentos a dois fornecedores com o objetivo de avaliar os custos de substituição dos dispositivos sanitários referidos. Na Tabela 2.3 apresentam-se os custos envolvidos na implementação desta estratégia.

Tabela 2.3 - Custos associados à substituição dos equipamentos sanitários

Dispositivo	Preço Unitário s/ IVA (€)	Valor Líquido (€)	IVA 23 %	TOTAL
Autoclismo Descarga Dupla				
Fornecedor 1	16,38	278,46	64,05	342,51
Fornecedor 2				
Opção1	35,70	606,9	139,59	746,49
Opção 2	61,60	1 047,2	240,86	1 288,06
Torneira Temporizada Lavatório				
Fornecedor 1	12,35	691,6	159,07	850,67
Fornecedor 2	35,10	1965,6	452,09	2417,69
Torneira Temporizada Chuveiro				
Fornecedor 1	165,25	1 487,25	342,07	1 829, 32
Fornecedor 2				
Opção 1	89,50	805,5	185,265	990,765
Opção 2	120,70	1 086,3	249,85	1 336,15

O orçamento fornecido pelo fornecedor 1 apresenta valores bastante mais reduzidos do que o fornecedor 2, para a substituição do equipamento de autoclismo e torneira temporizada de lavatório. Por outro lado, a solução mais económica para a substituição da torneira

temporizada de chuveiro é apresentada pela marca 2. De acordo com o orçamento mais favorável, o custo de investimento com o equipamento será de 2 183,95 €.

Os orçamentos solicitados não incluem a instalação dos equipamentos. Para isso foi solicitado orçamento à empresa de manutenção que colabora com a organização e o valor apresentado para a substituição do equipamento foi de 1 476,00 € com a duração de sensivelmente quatro dias.

O investimento associado a esta proposta de troca de equipamentos sanitários é de 3 659,95 €. Tendo em consideração a redução anual de 3 983,4 m³ de água que corresponde a uma poupança de 12 149,37 €, verifica-se que o investimento proposto poderá ser amortizado no primeiro trimestre, sendo portanto um projeto economicamente viável.

3. TRATAMENTO DO EFLUENTE

As indústrias são responsáveis pelo tratamento dos seus efluentes e pelo cumprimento integral dos VLE's impostos pela legislação no anexo XVIII do Decreto-Lei n.º 236/89 de 1 de Agosto para descarga de águas residuais. Este tratamento deverá ter custos de investimento e operação acessíveis que não comprometa a competitividade da indústria no mercado.

3.1. TRATAMENTO EFLUENTES RESIDUAIS INDUSTRIAIS

Os efluentes industriais, na sua maioria, necessitam de um tratamento prévio à descarga no meio recetor, que lhes confira as características que permitem o cumprimento dos Valores Limite de Emissão (VLE's) exigidos pela legislação nacional no Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto ou pela entidade gestora municipal.

De acordo com as características apresentadas por este tipo de efluente e de acordo com vários autores (Interágua, 1999; Mota e Brito, 1999; Alves, 2010; Dias, 2014) o processo de tratamento é geralmente constituído por três fases: tratamento primário ou físico-químico; tratamento secundário ou biológico; e tratamento terciário.

3.1.1. TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento primário tem como principal objetivo remover os sólidos sedimentáveis, sendo expectável que os valores da carência bioquímica de oxigénio (CBO₅) e o total de partículas

sólidas em suspensão (SST) sejam reduzidos. De forma geral, no tratamento primário são retiradas partículas orgânicas e inorgânicas do efluente, ao qual podem estar agregados alguns nutrientes, como é, por exemplo, o caso do azoto e fósforo orgânico, e alguns metais pesados (Monte, 1996). A coagulação floculação é um processo de tratamento primário comumente aplicado a efluentes provenientes de indústria de colas, com eficiências de remoção bastante elevadas, no que diz respeito à CQO (90 %), SST (98 %) e CBO₅ (55,5 %) (Interágua, 1999; Alves, 2010; Dias, 2014).

A coagulação floculação é utilizada na remoção de metais, turvação, SST e cor (Zheng Zhu *et al.* 2011). Consiste na adição de coagulantes em meio agitado, que provocará a destabilização dos coloides, pela eliminação da carga electroestática negativa da superfície das partículas e diminuição da repulsão entre elas, formando-se flocos de maiores dimensões (maior volume e densidade) que sedimentam mais facilmente em resultado da colisão das partículas.

As partículas coloidais presentes nas águas residuais incluem sílica, caulinos, ferro e outros metais, cor e sólidos orgânicos. Estas partículas apresentam dimensões compreendidas entre 0,001 e 1 µm, que dificilmente permitem a sua sedimentação. As partículas coloidais, de acordo com a afinidade para a água, podem ser hidrofóbicas, como o caso das argilas naturais, que coagulam facilmente ou hidrofílicas como é o caso de produtos corados que podem reagir quimicamente com o coagulante utilizado no processo de tratamento. Quando as partículas coloidais se encontram em suspensão aquosa, admite-se a existência de uma camada dupla iónica na interface sólido-líquido. A camada dupla é a combinação da camada de Stern, que é composta pelos iões presentes na camada que envolve o núcleo da partícula com os iões de carga oposta absorvidos por estes, com a camada difusa, que corresponde aos iões de carga oposta aos que não foram adsorvidos (Maia, s.d.). Os coagulantes destabilizam a superfície carregada negativamente da partícula e diminuem a distância efetiva da dupla camada, reduzindo conseqüentemente o potencial zeta. O potencial zeta corresponde à diferença de potencial entre a parte imóvel da camada dupla do colóide e o seio da solução fora da influência da partícula. À medida que este diminui, as partículas aproximam-se umas das outras, aumentando o número de colisões até ao ponto isoelétrico correspondente à velocidade máxima de coagulação. À medida que o coagulante se dissolve, os catiões neutralizam as cargas negativas dos coloides. Esta etapa ocorre antes da formação visível dos flocos, sendo importante nesta fase uma agitação rápida para “revestir” as partículas coloidais. Seguidamente, formam-se os microflocos que retêm uma carga positiva devido à adsorção de iões H⁺. Estes microflocos servem, também para neutralizar e revestir as partículas coloidais. A formação de agregados ou flocos nem sempre ocorre de forma suficientemente rápida, por isso recorre-se à floculação, com

utilização de polieletrólitos. A adição de químicos é coadjuvada por uma agitação lenta da água para promover a colisão entre partículas sem destruir flocos já formados (Metcalf & Eddy, 2003).

3.1.1.1. FATORES QUE AFETAM O PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

De acordo com (Soares, 2009), os fatores que afetam o processo de coagulação são a dosagem e natureza do coagulante, o tamanho das partículas, a temperatura da água residual, o pH, a agitação e a alcalinidade.

▪ Dosagem e natureza do coagulante

A seleção do coagulante e da sua dose ótima só pode ser feita experimentalmente, uma vez que as teorias sobre a desestabilização dos coloides não estão suficientemente desenvolvidas para permitir essa seleção sem ensaios laboratoriais. Os coagulantes normalmente utilizados são sulfato de alumínio, sulfato férrico, polímeros orgânicos naturais e sintéticos e sais metálicos pré-hidrolisados.

Através da teoria e da experiência, verificou-se que os polímeros sintéticos são menos eficazes em água pouco turva, devido ao menor número de choques entre as partículas, pelo que a adição de partículas coloidais extra, como a bentonite, permite aumentar a sua eficácia. Geralmente, maiores níveis de turvação requerem maiores dosagens de coagulante, contudo esta relação poderá não ser linear, uma vez que existem casos em que quando a turvação é maior, poderá ser usada menor quantidade de coagulante. Em alternativa, podem utilizar-se os polímeros juntamente com os sais de ferro, alumínio ou cal (Beleza, s.d.).

▪ Tamanho das partículas

O tamanho das partículas é variável, dependendo da precipitação de sólidos ou colisões das partículas., devido a uma maior concentração de partículas na água e consequentemente maior probabilidade de colisão entre elas (Soares, 2009).

▪ Temperatura

A temperatura influencia a capacidade do coagulante se distribuir de forma uniforme na água. Para valores de temperatura baixos o processo de coagulação apresenta uma eficiência menor, e é necessário adicionar maiores quantidades de coagulante. Para além disso a condição de sedimentação dos flocos também é desfavorecida devido à maior densidade e viscosidade da água a temperaturas baixas (Soares, 2009).

- **pH**

O processo de coagulação/floculação deve ocorrer na gama de pH ótima do coagulante. Caso contrário, a eficiência do processo diminui pela diminuição na qualidade do efluente clarificado. Normalmente é necessário realizar o ajuste do pH com cal ou soda cáustica ou até mesmo com ácido para ajustar o pH à gama de valores ótima (Soares, 2009).

- **Agitação**

A agitação necessária ao processo de coagulação/floculação necessita de dois tipos diferentes de velocidades: rápida e lenta. A agitação rápida é necessária à fase de adição de coagulante para que este seja uniformemente distribuído e provoque a destabilização da partícula coloidal, seguida de agitação lenta que promova a colisão entre as partículas e a formação de flocos de maiores dimensões sem haver desagregação dos existentes (Soares, 2009).

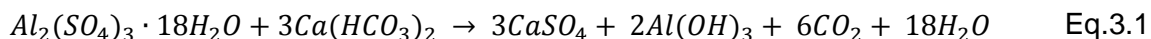
- **Alcalinidade**

A alcalinidade consiste na capacidade de neutralização de ácidos. Tendo em conta que a maioria dos coagulantes atuam como um ácido em solução, consomem a alcalinidade natural da água residual diminuindo o valor de pH, torna-se importante a análise deste parâmetro no processo de coagulação química (Soares, 2009).

3.1.1.2. CARACTERÍSTICAS DOS COAGULANTES INORGÂNICOS MAIS COMUNS

Sulfato de Alumínio

É um dos coagulantes mais utilizados no tratamento de águas e águas residuais, pela facilidade de aquisição e custo reduzido. Contém aproximadamente 17 % de óxidos de alumínio (Al_2O_3) solúveis em água, podendo ser aplicado no estado sólido ou em soluções concentradas. A coagulação com o sulfato de alumínio é geralmente efetiva na gama de valores de pH entre 5,5 e 8,0. Para valores de pH inferiores ou iguais a 5,0, as formas predominantes do alumínio na água são as espécies $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ e $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+}$ e $[\text{Al}_2(\text{H}_2\text{O})_8(\text{OH})_2]^{4+}$. Para a gama de valores de pH entre 5,0 e 6,5 predominam os compostos poliméricos ($[\text{Al}_3(\text{OH})_4]^{5+}$, $[\text{Al}_8(\text{OH})_{20}]^{4+}$), resultantes do mecanismo de adsorção com neutralização de carga. Se o valor de pH for superior a 6,5 forma-se o precipitado de hidróxido $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3$, capaz de promover a coagulação mútua dos coloides de carga negativa que predominam em solução. Quando adicionado à água, reage com os carbonatos formando $\text{Al}(\text{OH})_3$ como se exemplifica) segundo a equação 3.1:



Como subproduto da reação obtém-se dióxido de carbono (CO₂) responsável pela redução significativa do pH da água.

O precipitado de alumínio resultante consiste num floco pequeno e gelatinoso que deposita muito lentamente através da água residual, arrastando material em suspensão. É pouco utilizado no tratamento primário de águas residuais devido à elevada carga poluente da água. O seu uso é mais comum no tratamento de águas potáveis e no tratamento terciário de águas residuais para remoção de redução de coloides orgânicos e fósforo (Silva, 2010).

Sulfato Férrico

O sulfato férrico (Fe₂(SO₄)₃) é mais utilizado no tratamento primário de águas residuais que o sulfato de alumínio, devido à capacidade de produzir flocos com maior dimensão e densidade, promovendo uma melhor decantabilidade. Este coagulante apresenta elevada solubilidade em água e reage com os carbonatos natural ou com outros compostos alcalinos formando hidróxido ferroso, Fe(OH)₂. A gama ótima de pH situa-se entre 5,0 e 11,0, sendo que valores baixos de pH são utilizados na remoção de cor e valores de pH mais elevados promovem a remoção de metais como o ferro e o magnésio (Silva, 2010).

Cloreto Férrico

O cloreto férrico (FeCl₃) é utilizado no tratamento de águas nas quais não é possível utilizar-se o sulfato de alumínio devido ao teor de cor e acidez, ou ainda em águas que contém gás sulfídrico, nas quais o cloreto férrico atua como agente oxidante. Por estes motivos, a sua aplicação é muito limitada. Para além disso é uma substância altamente corrosiva, pelo que não pode estar em contacto com equipamentos metálicos. A gama ótima de pH encontra-se entre os 5,0 e 11,0. Quando a coagulação é realizada em pH alcalino este coagulante diminui bastante a turvação e a CBO₅, elimina fosfatos e grande parte de metais pesados (Fernandes, 2011).

Polímeros Inorgânicos

A partir de 1993 observa-se a substituição progressiva dos coagulantes tradicionais pelos coagulantes poliméricos (sintéticos). As principais vantagens destes relativamente aos tradicionais são: menor sensibilidade às variações da composição da água residual bruta; velocidade de sedimentação mais rápida; eficaz numa ampla gama de pH (5-10) e menor sensibilidade a baixas temperaturas (Torra *et al.*, 1998).

- Polihidroxicloreto de alumínio (PAX 18)

De acordo com informações do fornecedor, este coagulante apresenta um excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica, atua num amplo intervalo de pH (5-10) e tem comportamento satisfatório a baixas temperaturas. É uma solução amarela límpida, completamente solúvel em água (a 20°C) e insolúvel em solventes orgânicos (Quimitécnica, 2013).

- Polihidroxiclorosulfato de alumínio (PAX XL - 10)

É um coagulante inorgânico catiónico e a sua principal aplicação é na floculação primária de águas residuais. Apresenta excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica, e atua num amplo intervalo de pH (5-10). Permite a redução do alumínio residual nas águas tratadas e tem comportamento satisfatório a baixas temperaturas (Quimitécnica, 2013).

3.1.2. TRATAMENTO BIOLÓGICO

A população microbiana ativa neste processo de tratamento consiste numa mistura complexa de bactérias e protozoários responsáveis pela remoção da carga orgânica e inorgânica das águas residuais. O processo de tratamento de efluentes por este tratamento consiste no fornecimento constante de matéria orgânica a uma comunidade de microrganismos que, através do seu metabolismo e na presença de oxigénio, oxida parte da matéria orgânica em produtos finais, produzindo-se energia que é utilizada nos processos vitais. A restante matéria orgânica é convertida em nova biomassa microbiana, que na ausência de matéria orgânica passa a metabolizar as suas reservas celulares (respiração endógena) para obter energia, transformando essa matéria orgânica em produtos finais como dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O) (*Department of Environmental Protection, 2009*).

As reações aeróbias ocorrem em sequência na qual predominam os mecanismos de síntese (anabolismo) e de respiração endógena (catabolismo). Na fase inicial do processo as reações de síntese predominam. Os mecanismos da segunda fase de oxidação prevalecem quando parte da matéria orgânica inicial já foi removida. É nesta fase que a população de microrganismos atinge o seu máximo e, devido à diminuição na disponibilidade de substrato, a principal fonte de alimento será o próprio protoplasma celular, predominando assim os mecanismos de auto-oxidação ou de respiração endógena, como se pode verificar na Figura 3.1 (*Department of Environmental Protection, 2009*).

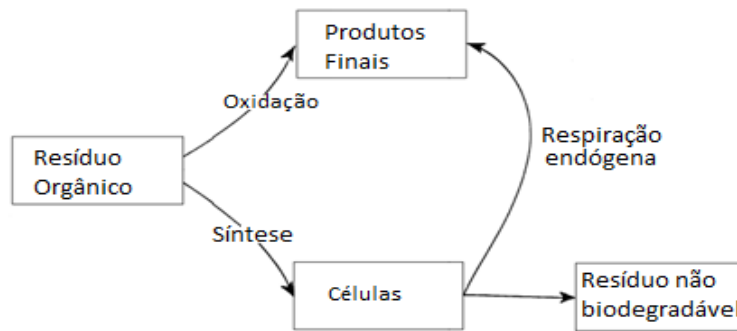
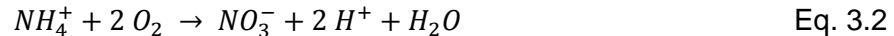


Figura 3.1 - Mecanismo de decomposição aeróbia. Adaptado de Department of Environmental Protection (2009).

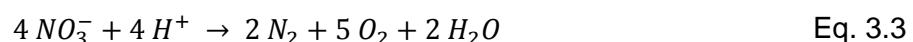
Os microrganismos são também utilizados na remoção biológica da matéria inorgânica, nomeadamente azoto e fósforo. A remoção biológica do azoto compreende uma sequência de processos de amonificação, nitrificação e desnitrificação (Metcalf & Eddy, 2003).

A amonificação consiste na conversão do azoto orgânico solúvel em azoto amoniacal (amónio NH_4^+) pela atividade microbiana e processos de hidrólise. A nitrificação é o termo utilizado para descrever as duas etapas do processo biológico no qual o amónio é oxidado a nitrito (NO_2^-) e o nitrito é oxidado a nitrato (NO_3^-), na presença de oxigénio e segundo a equação global 3.2 (Metcalf & Eddy, 2003):



As bactérias nitrificantes apresentam uma taxa de crescimento inferior às bactérias heterotróficas que se alimentam da matéria orgânica e são particularmente sensíveis a diferentes fatores ambientais incluindo pH, temperatura e oxigénio dissolvido. A gama de pH ótimo da nitrificação encontra-se entre 7,5 e 8,0. A nitrificação aumenta para concentrações de oxigénio dissolvido no reator entre 3,0 e 4,0 mg/L. A gama de temperatura é bastante alargada entre 4 e 45 °C, sendo ótima no intervalo entre 35 °C a 45 °C (Metcalf & Eddy, 2003). O género de bactérias envolvidas no processo de nitrificação são *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, respetivamente. Outros géneros de bactérias são capazes de obter energia pela oxidação da amónia a nitritos nomeadamente *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus* e *Nitrosorobrio*. Para além do género *Nitrobacter*, os nitratos podem ser oxidados por outros géneros de bactérias: *Nitrococcus*, *Nitrospira*, *Nitrospina* e *Nitroeystis*.

A desnitrificação consiste na redução biológica do nitrato a azoto atmosférico, sob condições anóxicas, segundo a equação 3.3:



A desnitrificação é afetada pela presença de matéria orgânica como fonte de carbono, concentração de oxigênio dissolvido, pH e temperatura. A concentração de oxigênio dissolvido deverá ser inferior a 0,5 mg/L. O intervalo de pH entre 7,0 – 8,0 e a temperatura próxima de 30 °C (Metcalf & Eddy, 2003). Vários gêneros de bactérias podem estar envolvidos no processo de desnitrificação, nomeadamente: *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Neisseria*, entre outras (Metcalf & Eddy, 2003).

A remoção biológica do fósforo baseia-se na capacidade que as bactérias heterotróficas do género *Acinetobacter* têm para acumular fosfato sob a forma de polifosfatos (ATP) quando expostas a condições anaeróbias e aeróbias, alternadamente. Em condições anaeróbias, as bactérias possuem capacidade para absorver compostos orgânicos de baixo peso molecular (ácidos gordos). A energia requerida para a absorção é disponibilizada através da libertação de fósforo. A subsequente exposição a condições aeróbias, a matéria orgânica é oxidada e a energia fica disponível para o crescimento de novas bactérias que irão acumular polifosfatos em maiores quantidades do que foi libertado devido à sua proliferação. O fósforo é removido do efluente através da descarga de lamas em excesso (Eckenfelder, 2000).

▪ Bactérias

Num sistema de tratamento secundário ou biológico, a maioria da biomassa microbiana encontra-se organizada em flocos. A base dos flocos é constituída fundamentalmente por bactérias heterotróficas do género *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, podendo ainda existir bactérias filamentosas do género *Sphaerotilus* e *Beggiatoa* (Bitton, 2010).

▪ Protozoários

A presença destes microrganismos é de extrema importância, uma vez que são os principais predadores de bactérias (bacteriófagos) exercendo, assim, uma melhoria significativa na qualidade do efluente através da redução da CBO₅ e da turbidez através da diminuição na quantidade de bactérias dispersas. Os protozoários podem ser divididos em três grupos (Bitton, 2010):

- ❖ Nadadores - nadam na fração líquida e permanecem em suspensão no reator (exemplo: *Paramecium*);
- ❖ Móveis de fundo - habitam à superfície dos flocos e alimentam-se das bactérias aderentes à superfície dos flocos (exemplo: *Aspidisca cicada*);
- ❖ Sésseis - estão presos por um pedúnculo aos flocos (exemplo: *Vorticella convalária*).

O facto de existirem estes três tipos de protozoários permite que todas as bactérias possam ser consumidas, independentemente do seu modo de organização.

No processo de tratamento biológico aeróbio podem ser utilizados dois tipos diferentes de tratamento: biomassa suspensa onde se podem utilizar, dependendo da característica do efluente, tanque de lamas ativadas, SBR, lagoas arejadas; ou biomassa fixa: leito percolador, discos biológicos.

Os reatores descontínuos sequenciais, têm demonstrado a sua capacidade para o tratamento de um vasto conjunto de efluentes, incluindo os provenientes da indústria de colas, em casos em que existe reduzida disponibilidade de área e para baixos caudais e devido ao facto de ser um sistema flexível que permite um leque alargado de variação nas características das águas residuais a tratar.

3.1.2.1. REATORES DESCONTÍNUOS SEQUENCIAIS

O tratamento secundário, tem como objetivos principais, biodegradar compostos orgânicos dissolvidos ou em suspensão, assim como, remover nutrientes como o azoto e o fósforo.

O SBR é um sistema de tratamento por lamas ativadas do tipo “*fill and draw*” para o tratamento de águas residuais. Os reatores SBR asseguram um processo de tratamento idêntico ao realizado num sistema de lamas ativadas convencional (Sirianuntapiboon *et al.*, 2005). A única diferença reside no facto de todas as operações de tratamento serem processadas no mesmo reator, resultando num sistema compacto, ao contrário do que acontece nos sistemas convencionais, em que as operações decorrem em reatores diferentes. Este tipo de tecnologia tem sido aplicado numa grande variedade de efluentes industriais, incluindo os da indústria de colas e, principalmente, em casos em que existe reduzida disponibilidade de área e baixos caudais. Uma das preocupações com este tipo de tratamento é o comportamento das lamas, nomeadamente a sua sedimentabilidade e a distribuição do tamanho dos flocos, uma vez que a elevada carga orgânica está, usualmente, associada a problemas de *bulking* filamentoso¹. O tratamento por SBR tem a vantagem de ser aplicável ao tratamento de caudais reduzidos de águas residuais e de ser um sistema flexível que permite um leque alargado de variação nas características das águas residuais a tratar. Tem, também, a vantagem de não ser necessário realizar a recirculação de lamas (Meltcalf & Eddy, 2003).

Mota e Brito (1999) estudaram a aplicabilidade do SBR, após pré-tratamento físico-químico por coagulação-floculação, no tratamento secundário de um efluente da indústria de colas. O estudo foi efetuado sem a adição de nutrientes e de efluente doméstico e o ciclo de

¹ Crescimento excessivo de bactérias filamentosas.

operação utilizado foi de 10 minutos para a fase de alimentação, de 21 a 22 horas para a reação, a fase de sedimentação teve a duração de 2 horas e a descarga de 10 minutos. No final do estudo, concluíram que para CQO de entrada entre 1500 e 2000 mg/L O₂ obteve-se uma eficiência de remoção de CQO entre 60 e 70 %. Observou-se ainda que não era necessário o tempo de reação de 21 a 22 horas, uma vez que no final de 10 horas já se obtinha uma redução de 65 % de CQO.

Cada processo de enchimento e descarga do SBR corresponde a um ciclo. Múltiplos ciclos por dia são usados para o tratamento de águas residuais. Cada ciclo consiste em quatro fases distintas: alimentação, arejamento, sedimentação, descarga e repouso, como se observa na Figura 3.2. (Metcalf & Eddy, 2003).

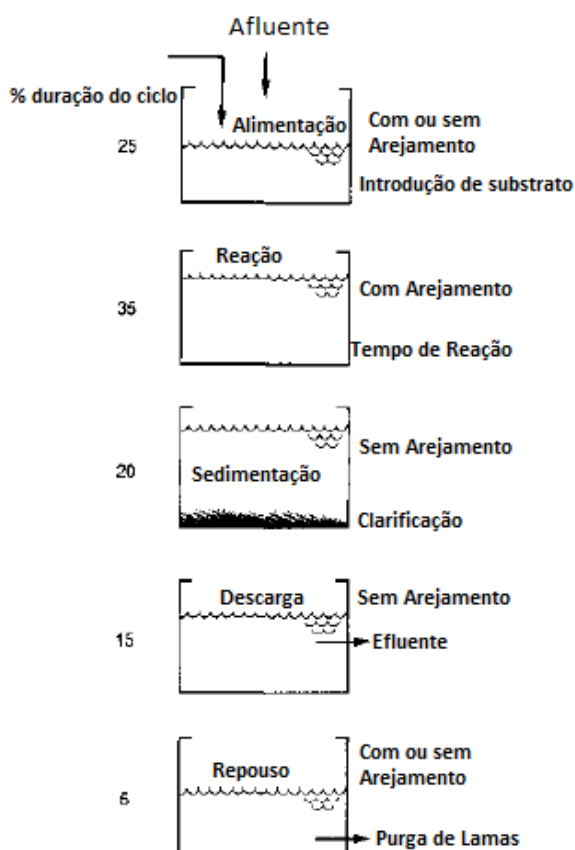


Figura 3.2 - Etapas do tratamento por SBR. Adaptado U.S. EPA (1992)

Etapa 1: Alimentação

O processo de enchimento, ou período de alimentação, consiste na introdução de um determinado volume de substrato no reator. Esta etapa tem a duração de cerca de 25 % do tempo total do ciclo e pode ocorrer com ou sem agitação e com ou sem arejamento, dependendo do objetivo do tratamento. A alimentação sem arejamento ou agitação resulta num gasto mínimo de energia e uma maior concentração de substrato no final desta fase, enquanto com agitação resulta na desnitrificação, se existirem nitratos, e uma subsequente redução da CBO₅ e da energia introduzida. A alimentação com arejamento reduz a duração do ciclo e mantém o substrato a baixas concentrações, o que pode ser importante se os constituintes biodegradáveis presentes na água residual

forem tóxicos a altas concentrações.

Alguns estudos recomendam alimentação sem agitação ou arejamento, uma vez que promove taxas de fermentação elevadas e permite às bactérias produtoras de flocos competir com as espécies filamentosas e assim prevenir fenómenos de *bulking* (U.S. EPA, 1992; Metcalf & Eddy, 2003).

Etapa 2: Arejamento

A reação, também denominada por arejamento, inicia-se quando termina o enchimento e corresponde ao início da mistura entre a biomassa e o efluente, promovida por agitação ou difusão de ar. É nesta fase que ocorre a maioria das reações de remoção de carga poluente. Durante a fase de reação, o licor misto ²é arejado para oxidação do carbono e azoto. Um período de anoxia adicional pode ser incluído durante a fase de reação para obtenção de valores de azoto total mais baixos. O tempo destinado ao arejamento deve ser o suficiente para garantir o nível de qualidade desejada para o efluente. Normalmente esta fase tem a duração de 35 % do tempo total de ciclo (U.S. EPA, 1992).

Etapa 3: Sedimentação

A sedimentação da biomassa ocorre quando se desliga o arejamento/agitação, promovendo desta forma a separação dos sólidos do efluente tratado. Durante este período, nenhum líquido deve entrar ou sair do tanque, de modo a evitar turbulência no sobrenadante. Este processo é considerado mais eficiente em sistema descontínuo do que em sistema contínuo, uma vez que o sistema encontra-se completamente parado. Esta fase compreende 20 % do tempo total do ciclo (U.S. EPA, 1992).

Etapa 4: Descarga

Após a sedimentação, o sobrenadante clarificado é descarregado. Este volume retirado é, normalmente, igual ao volume introduzido durante a alimentação. O tempo dedicado à fase de descarga corresponde a 15 % do tempo total do ciclo e não deverá ser excessivamente estendido devido à possibilidade de lavagem (*washout*) de microrganismos do reator, alterando assim a produtividade do sistema (U.S. EPA, 1992).

Etapa 5: Repouso

A etapa de repouso corresponde à fase entre a descarga do efluente tratado e a nova alimentação do reator. Esta fase, quando incluída no processo, proporciona maior flexibilidade para caudais superiores. Este período pode ser efetivamente usado para a purga das lamas em excesso. Por não ser uma etapa estritamente necessária é por vezes omissa (Metcalf & Eddy, 2003).

² O licor misto corresponde ao conteúdo do reator, constituído pela mistura da população de microrganismos com o afluente e a matéria coloidal.

3.1.2.2. FATORES QUE AFETAM O PROCESSO BIOLÓGICO

São vários os fatores que influenciam este processo biológico de tratamento nomeadamente: a temperatura, o pH, o oxigénio dissolvido, os nutrientes, o arejamento, o caudal e a composição da água residual, entre outros (*Department of Environmental Protection, 2009; Wisconsin Department of Natural Resources, 2010*).

▪ Temperatura

Afeta o metabolismo dos microrganismos, as taxas de transferência de oxigénio e as características de sedimentação das lamas. O aumento da temperatura induz o aumento da atividade metabólica e, conseqüentemente, aumenta a taxa de remoção do substrato que, por sua vez, diminui a quantidade de oxigénio dissolvido.

▪ pH

Variações no pH alteram o equilíbrio microbiano e diminuem a qualidade do efluente tratado. O intervalo de valores para oxidação de compostos orgânicos está compreendido entre 6,5-9,0. Valores de pH superiores a 9 inibem a atividade microbiana e inferiores a 6,5 favorecem o aparecimento de fungos que competirão com as bactérias pelo substrato.

▪ Oxigénio Dissolvido

A concentração de oxigénio dissolvido no reator deverá estar compreendida entre 2 e 4 mg/L O₂ para promover a atividade microbiana. Se a concentração de oxigénio dissolvido for inferior a 2 mg/L, o oxigénio é imediatamente consumido impedindo que este chegue ao centro do floco, e os microrganismos que habitam no interior não sobrevivem, levando à sua destruição.

▪ Nutrientes

Os nutrientes, compostos orgânicos e inorgânicos, são essenciais ao crescimento microbiano. A sua presença maximiza o tratamento biológico. O carbono, azoto e fósforo são os nutrientes que, maioritariamente limitam o crescimento microbiano.

▪ Arejamento

A agitação provocada pelo arejamento é necessária para garantir a entrada de oxigénio e nutrientes aos microrganismos. Se não existir arejamento suficiente a eficiência do tratamento é menor. Por outro lado, quanto maior a agitação maior a erosão do floco,

situação que pode, inclusivamente, levar à fragmentação ou formação de partículas de floco instáveis.

- **Tempo de Retenção Hidráulico**

O tempo de retenção hidráulico (TRH), designado por t_h , e normalmente expresso em minutos, é o período de tempo, que o efluente permanece no reator. O tempo de retenção hidráulico deve ser suficientemente longo para promover a máxima remoção de matéria orgânica proveniente da água residual. É calculado através da equação 3.4:

$$t_h = \frac{V}{Q_{alim}} \quad \text{Eq. 3.4}$$

Em que V é o volume do reator e Q_{alim} é o caudal de água residual alimentada ao reator.

- **Sólidos Suspensos Totais**

A quantidade de matéria em suspensão no licor misto compreende a matéria orgânica ativa e não ativa. A componente ativa é de grande importância pois inclui a porção de microrganismos responsáveis pelo tratamento das águas residuais (U.S. EPA, 1997). A concentração de sólidos suspensos totais (SST) é uma medida grosseira da biomassa presente no reator. Teoricamente, quanto maior a concentração de SST no reator, maior a quantidade de biomassa que degrada os nutrientes disponíveis, aumentando a eficiência do processo.

- **Índice Volumétrico de Lamas**

É o parâmetro usado para expressar a capacidade de sedimentação das lamas. É determinado por sedimentação da biomassa em suspensão num cone Imhoff de 1 L durante 30 minutos.

Os valores do IVL expressos por mL/g são dados pela equação 3.5:

$$IVL = \frac{V_{sed} \times 1000}{[SST]} \quad \text{Eq. 3.5}$$

em que V_{sed} é o volume de lamas sedimentadas por volume de amostra recolhida (mL/L) e $[SST]$ é a concentração de sólidos suspensos totais no reator (mg/L).

À medida que o valor de IVL aumenta, a capacidade de sedimentação das lamas diminui. Os valores, geralmente, situam-se na gama de 40 a 300 mL/g, embora na prática este valor

deve ser inferior a 150 mL/g. Valores elevados de IVL ($IVL > 150 \text{ mL/g}$) são indicadores da fraca capacidade de sedimentação das lamas e da probabilidade de perdas significativas de sólidos através do efluente.

As desvantagens deste processo, são idênticas às do processo de lamas ativadas: aparecimento de espumas (*foaming*) que dificultam a separação da biomassa do efluente clarificado; o *bulking* que se deve ao excessivo crescimento de bactérias filamentosas e tem como consequência a má sedimentação das lamas. Com o aparecimento do *bulking* podem surgir outros problemas tais como o aumento da carência química de oxigênio e de sólidos no efluente final, e a diminuição de sólidos na lama espessada, para além da sobrecarga hidráulica na fase de tratamento de sólidos (Metcalf & Eddy, 2003).

3.1.3. TRATAMENTO TERCIÁRIO

O tratamento terciário é utilizado como complemento aos tratamentos anteriormente descritos e varia consoante a qualidade de água exigida pelo seu destino, seja de descarga ou reutilização. Tem como objetivo a remoção de determinados poluentes que não foram removidos pelos tratamentos anteriores, tais como partículas dificilmente decantáveis, microrganismos patogénicos, nutrientes, azoto e fósforo, herbicidas ou pesticidas. Os processos de tratamento terciário podem ser realizados através de processos físicos e/ou químicos, nomeadamente, a coagulação/floculação e decantação, a filtração com areia, a adsorção em carvão ativado, a troca iónica, a eletrodiálise, a oxidação química, a osmose inversa, entre outros (Simões *et al.*, 2008). O tratamento terciário poderá revelar-se uma mais-valia, dado que a água tratada poderá apresentar características que lhe conferem qualidade elevada e desta forma ser reintroduzida no processo industrial ou para outras reutilizações industriais. Porém é necessário equacionar a variável económica para a sua implementação.

3.1.4. TRATAMENTO DAS LAMAS

A maioria dos processos de tratamento normalmente aplicado ao tratamento de efluentes industriais produz lamas provenientes dos processos de separação sólido-líquido como resultado da coagulação química e/ou reação biológica. As lamas resultantes unicamente dos processos de separação sólido-líquido, como por exemplo da sedimentação e da floculação, são denominadas de lamas primárias; as lamas resultantes dos processos biológicos do tratamento secundário são as lamas secundárias. As lamas primária e secundária não podem ser descarregadas sem tratamento no meio ambiente, uma vez que além de conterem matéria orgânica não estabilizada, que confere às lamas aspeto e cheiro

desagradáveis, contêm concentrações elevadas de microrganismos patogênicos. O processo de tratamento das lamas envolve o espessamento, estabilização ou digestão e a desidratação.

O espessamento é um processo físico, que tem como objetivo a redução do volume de lamas a processar, pela remoção da fração líquida, resultando no aumento da concentração de sólidos (Metcalf & Eddy, 2003).

A estabilização consiste na remoção de parte da matéria orgânica, por redução de sólidos voláteis. É o processo que tem como objetivo a eliminação dos microrganismos patogênicos, maus odores e agentes de putrefação. Pode ser realizada por via química, biológica e física (Sousa, 2005).

Por fim, a desidratação que é definida como um processo que aumenta a concentração de sólidos nas lamas entre 10 a 20 % e conseqüentemente, diminui o volume total de lamas, pela redução da humidade presente (Lang, 2005). Os métodos de desidratação podem ser naturais – leito de secagem e lagoas de lamas - ou mecânicos - dos quais se destacam os filtros vácuo, os filtros prensa, os filtros banda e as centrifugadoras.

O tratamento das lamas, permite reduzir os custos associados ao transporte e armazenamento (Simões *et al.*, 2008).

3.2. TRATAMENTO DE EFLUENTES RESIDUAIS NA H.B. FULLER

Até 2012, a H.B. Fuller era obrigada a tratar as águas residuais, contudo, no início de 2012, adjudicou o último tratamento a uma entidade externa. No anexo D encontram-se os limites de descarga definidos na legislação e os limites de descarga admissíveis pela entidade gestora.

A ETAR instalada realiza o tratamento de todos os efluentes líquidos gerados: efluente industrial proveniente das unidades de produção de colas brancas, polímeros e solventes, lavagem de contentores e equipamentos (filtros, mangueiras e tubagens de enchimento), efluente doméstico proveniente das instalações sanitárias, copa e balneários e água de arrefecimento proveniente das bacias de retenção do PMP utilizada no arrefecimento dos tanques. Os caudais diários de efluente industrial e doméstico são 41 m³ e 9 m³, respetivamente. O tratamento é constituído por 4 fases: preliminar ou pré-tratamento, tratamento primário ou físico-químico, tratamento secundário ou biológico e terciário. O tratamento implementado permite a obtenção de efluente de qualidade aceitável para descarga no coletar municipal. Na Figura 3.3 encontra-se o diagrama do processo de tratamento da fase líquida e sólida implementado na H.B. Fuller.

O sistema de tratamento das águas residuais implementado na empresa inicia-se pelo pré-tratamento do efluente ($Q = 41 \text{ m}^3/\text{d}$) que consiste numa *crivagem* para remoção dos sólidos suspensos de dimensão média seguida de *homogeneização* num tanque de volume útil de 60 m^3 e tempo de retenção de 24 horas, com o objetivo de regulação dos caudais e débito de caudal constante para o tratamento físico-químico. O efluente é posteriormente bombeado para o misturador estático, para ser submetido ao processo de *coagulação-floculação*. O ajuste de pH, se necessário, é feito pela adição de NaOH. A dose de coagulante aplicada é variável, e ajustada diariamente, conforme a qualidade do efluente. Após a passagem pelo misturador formam-se flocos sedimentáveis e o sobrenadante clarificado é descarregado para o tanque de *equalização* 1 com um volume de 85 m^3 , o qual recebe, também, os efluentes domésticos ($Q = 9 \text{ m}^3/\text{d}$). Após o tempo de retenção de 24 horas, o efluente combinado ($Q = 50 \text{ m}^3/\text{d}$) é, bombeado para o *reator biológico* SBR com um volume útil de 240 m^3 , no qual processa-se a eliminação da matéria orgânica, nitrificação e, caso necessário, uma desnitrificação. Cada ciclo tem a duração de 24 horas. A carga é, normalmente, de $30 \text{ m}^3/\text{dia}$ com a duração de 30 minutos. A etapa de reação compreende 4 min de arejamento e 10 min sem arejamento, durante 16 h. Após o período de reação os arejadores são desligados para a biomassa sedimentar. A *sedimentação* decorre durante 3 horas. Após a sedimentação das lamas está contemplado um período de repouso de 4 horas, garantindo flexibilidade ao sistema em caso de expansão e aumento dos efluentes industriais produzidos. Após a sedimentação, é descarregado, normalmente, 55 m^3 durante 30 minutos, de efluente clarificado para o tanque de *equalização* 2 com volume útil de 72 m^3 , após o qual passa por um novo processo de *coagulação/floculação* para afinação no qual são debitados 92 mL/min de coagulante de uma solução de 12 kg de sulfato de alumínio/ 200 L de água. A velocidade de agitação é de 1140 rpm . A solução floculante é de 200 g de Superfloc/ 200 L de água e é debitado pela bomba 125 mL/min de solução e a velocidade de floculação entre $200\text{-}500 \text{ rpm}$. O efluente final, possui as características que o permitem descarregar no coletor municipal. As lamas primárias resultantes do processo de separação sólido-líquido no processo de coagulação e as lamas secundárias resultantes do processo biológico, são extraídas e sujeitas a *espessamento gravítico* e desidratadas num *filtro prensa*. O sobrenadante resultante dos espessadores de lamas primárias e secundárias é encaminhado para o tanque de homogeneização e SBR, respetivamente. As lamas produzidas no decantador lamelar, no tratamento terciário, são purgadas diretamente, para o SBR. As lamas desidratadas, em virtude das análises químicas já efetuadas terem comprovado a ausência de compostos tóxicos ou perigosos, são passíveis de deposição final em aterro de Resíduos Industriais Banais (RIB's).

PROCESSO DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS
DESENHO 01

PROCESSO DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS
DESENHO 02

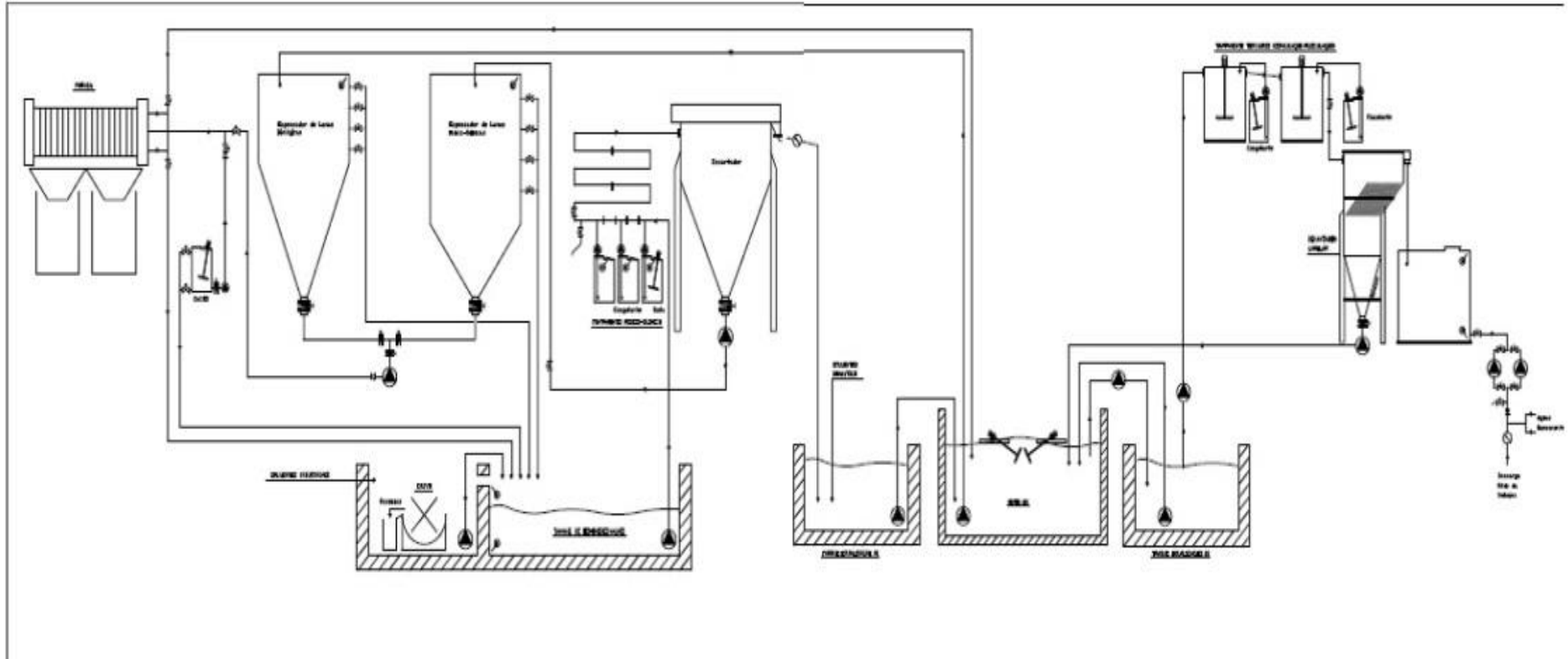


Figura 3.3 – Processo de Tratamento das Águas Residuais

3.2.1. PLANEAMENTO EXPERIMENTAL

As diferentes etapas do processo de tratamento do efluente foram caracterizadas e determinadas as respetivas eficiências de remoção.

A planificação experimental foi elaborada através da análise dos relatórios de ensaio anuais ao efluente da H.B. Fuller Portugal - Produtos Químicos, S.A. no período compreendido entre 2008-2014 (Anexo E).

Os parâmetros escolhidos para análise da qualidade da água residual foram: temperatura; pH; oxigénio dissolvido; condutividade; carência bioquímica de oxigénio (CBO₅), carência química de oxigénio (CQO), cor aparente e verdadeira, turvação e sólidos suspensos totais (SST). As amostras foram recolhidas ao longo das diferentes etapas do processo de tratamento das águas residuais, nomeadamente: efluente industrial, efluente residual após tratamento primário, efluente residual após tratamento secundário e efluente após tratamento terciário.

Considerou-se que uma frequência de amostragem semanal era representativa do sistema de tratamento implementado e permitiria demonstrar a robustez do mesmo, uma vez que não eram expectáveis variações significativas nas características da água residual.

Foram calculadas as médias dos parâmetros determinados, o Desvio Padrão (DP) - variação dos valores em torno da média - , o Desvio Padrão Relativo (DPR) - descreve a distribuição dos dados relativamente à média, o resultado é expresso em percentagem; se o DPR for baixo (<2,5 %) indica que a dispersão dos resultados é pequeno, pelo contrário se o DPR for superior indica uma variação significativa com os resultados, e determinaram-se as respetivas eficiências de remoção.

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISE PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

3.3.1. MATERIAIS E REAGENTES

Durante o trabalho experimental utilizou-se água desmineralizada, obtida através de resinas de permuta iónica.

Na determinação da CQO foram utilizadas as soluções aquosas de digestão (dicromato de potássio, sulfato de mercúrio e ácido sulfúrico) preparada a partir de reagentes da marca VWR, Merck e Sigma-Aldrich e a catalisadora (sulfato de prata e ácido sulfúrico) preparada a partir de reagentes da marca Merck e Sigma-Aldrich.

Nos acetos de pH utilizaram-se soluções concentradas de hidróxido de sódio e ácido sulfúrico da marca Pronolab e Sigma – Aldrich, respetivamente.

Nos ensaios de coagulação/floculação foram estudados a influência de 4 coagulantes: PAX 10, PAX 18, sulfato de ferro e cloreto de ferro com PAX 18, no tratamento do efluente assim como foram testados diferentes soluções de floculantes numa concentração de 0,3 % (m/v) - Ambifloc 560, PA 1020, Rifloc, Ambifloc C58, PA 1070 e Superfloc A130 e um adjuvante da coagulação – bentonite.

3.3.2. MÉTODOS DE ANÁLISE

A caracterização do efluente ao longo das várias etapas de tratamento foi acompanhado pela determinação dos parâmetros definidos na planificação experimental e de acordo com os métodos definidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2002) que a se apresentam na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Métodos utilizados nas determinações físico-químicas

Determinação	Método	Unidades
Temperatura	Termometria (DL n.º 236/98 de 1 de Agosto)	°C
pH	Eletrometria (DL n.º 236/98 de 1 de Agosto)	Escala de Sorensen
Oxigénio dissolvido	Eletroquímico (DL n.º 236/98 de 1 de Agosto)	mg/L O ₂
Condutividade	Eletrometria (DL n.º 236/98 de 1 de Agosto)	µS/cm, 20°C
CBO ₅	5210 B. (Standard Methods, 2012)	mg/L O ₂
CQO	Método do dicromato de potássio (DL n.º 236/98 de 1 de Agosto)	mg/L O ₂
Cor Verdadeira e Aparente	Método fotométrico 8025 (DR 2000, 2001)	mg/l, escala Pt-Co
Turvação	Método fotométrico 8237 (DR 2000, 2001)	FTU
SST	Método Gravimétrico 2540 D (Standard Methods, 2012)	mg/L

A calibração dos métodos utilizados estão integradas no equipamento.

Temperatura e pH

A temperatura de um efluente industrial é importante, uma vez que as águas de arrefecimento contribuem para o aumento da temperatura dos efluentes, que terá posteriormente efeito sobre, por exemplo, a cinética dos processos biológicos.

O pH da água constitui um parâmetro importante de monitorização uma vez que interfere na eficiência dos processos de tratamento e é ainda um parâmetro que influencia a descarga do efluente no meio recetor.

Os valores foram medidos no local, com recurso ao medidor Hach HQ 40d Multi e uma sonda composta por um elétrodo de pH e com sensor de temperatura integrado Hach PHC 101-01 previamente calibrada.

Oxigénio Dissolvido

O oxigénio é necessário ao tratamento biológico por via aeróbia. O oxigénio dissolvido no reator biológico foi determinado no local, utilizando o medidor Hach HQ 40d Multi e a sonda Hach LDO 0101.

Condutividade

A condutividade traduz a capacidade condutora da água devido à presença de sais minerais dissolvidos. Teoricamente, quanto maior a concentração de sais maior será a condutividade. A medição da condutividade foi realizada no local com o medidor Hach HQ 40d Multi utilizando uma sonda Hach CDC 401-01.

CBO₅

A CBO₅ corresponde à quantidade de matéria orgânica biodegradável existente numa amostra. Equivale à quantidade de oxigénio necessária para que o consórcio de microrganismos presente oxide a matéria orgânica biologicamente degradável. A determinação da CBO₅ permite calcular a razão CBO₅/CQO e classificar o efluente relativamente à sua biodegradabilidade.

O método utilizado na determinação da CBO₅ foi o método manométrico, análise da perda de pressão de oxigénio na fase gasosa, utilizando um sensor eletrónico de pressão Oxi-Top com suporte para os pellets de NaOH e um sistema de agitação para cada garrafa, Figura 3.4. A incubadora utilizada é da marca WTW, modelo D8120 a uma temperatura de 20 °C



Figura 3.4 - Sistema Oxi-Top.

CQO

A CQO corresponde à quantidade de matéria oxidável (orgânica ou inorgânica) presente numa amostra, sendo equivalente à quantidade de oxigénio necessária à oxidação da matéria. A determinação da CQO é feita através do método do dicromato de potássio. A digestão da amostra demora 2 horas num termoreator da marca Hach e modelo 45600-00 (Figura 3.5). A leitura em mg/L de O₂ foi determinada no Espectrofotómetro Hach DR/2000 no comprimento de onda de 620 nm.



Figura 3.5 - Termoreator Hach 45600-00.

Cor

A cor de um efluente é um indicador do tipo de indústria em causa e da presença de matéria orgânica dissolvida ($< 10^{-3} \mu\text{m}$), coloidal ($10^{-3} - 1 \mu\text{m}$) e material em suspensão ($> 1 \mu\text{m}$). A cor do efluente é determinada no comprimento de onda de 455 nm, num espectrofotómetro da marca Hach modelo DR/2000.

Turvação

A turvação corresponde à medida da concentração de matéria coloidal ($10^{-3} - 1 \mu\text{m}$) e de partículas em suspensão ($> 1 \mu\text{m}$), obtida a partir da dispersão da quantidade de luz. A turvação é expressa em FTU (Formazine Turbidity Unit). A quantificação da turvação foi efetuada a 450 nm utilizando um espectrofotómetro da marca Hach modelo DR/2000 (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Espectrofotómetro Hach DR/2000.

SST

Os SST correspondem à totalidade das frações orgânica e inorgânica em suspensão numa água residual. Este parâmetro foi determinado a 810 nm no Espectrofotómetro Hach DR/2000 e expresso em mg/L.

3.4. AMOSTRAS

As amostras do efluente foram recolhidas no final de cada etapa de tratamento na ETAR da unidade industrial, durante o mês de Maio de 2015, como se apresenta na Tabela 3.2.

Tabela 3.2- Local de amostragem, periodicidade e número de amostras recolhidas

	Efluente Industrial	Efluente Após Tratamento Primário	Efluente Combinado (Industrial e Doméstico)	Efluente Após Tratamento Secundário	Efluente Após Tratamento Terciário
Local de Amostragem	T.H.	Decantador	Tanque de Equalização 1	Tanque de Equalização 2	Válvula de saída
Periodicidade	Quinzenal	Semanal	Pontual	Semanal	Semanal
Número de amostras	10 ± 2	7	1	7	7

No primeiro período de amostragem, referente à caracterização do efluente ao longo dos diferentes processos de tratamento, as amostras foram recolhidas em frascos de vidro e refrigeradas a temperatura ≤ 4 °C. O intervalo de tempo entre a colheita e a análise não foi suficientemente longo para provocar alterações nas características da amostra (*Standard Methods*, 2012). No segundo período de amostragem foi apenas recolhido efluente

industrial, em recipientes de 20 L de plástico, utilizado na otimização do processo de tratamento primário.

As amostras recolhidas apresentam-se na Figura 3.7. O efluente industrial recolhido apresentava-se como um líquido opaco, de tonalidade branca e leitosa. O cheiro era desagradável e forte, com um odor característico a colas. Após o tratamento secundário o efluente apresentava cheiro a compostos de enxofre que se mantinha após o tratamento terciário.



Figura 3.7 – Amostras analisadas a) Efluente Industrial; b) Efluente após tratamento primário; c) Efluente após tratamento biológico e c) Efluente após tratamento terciário

3.5. TRATAMENTO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

Os ensaios de coagulação/floculação foram conduzidos de acordo com a metodologia *Jar Test*.



Figura 3.8 - Equipamento de Jar Test

No estudo do tratamento do efluente industrial por coagulação/floculação, utilizou-se um equipamento laboratorial *Jar-Test*, marca Isco (Figura 3.8), composto por seis agitadores em série.

O esquema da metodologia está apresentado na Figura 3.9.

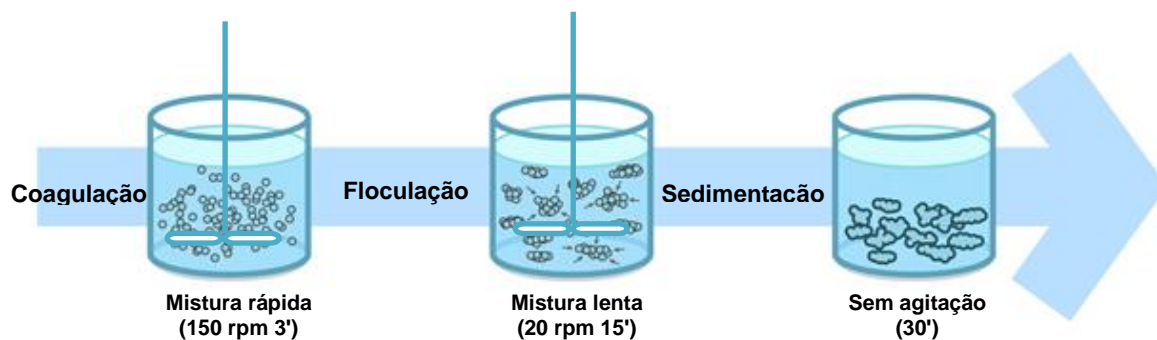


Figura 3.9 - Esquema geral dos ensaios de coagulação/floculação.

Sucintamente, as etapas dos ensaios para a otimização do processo de coagulação/floculação são (Figura 3.10): determinação do volume mínimo de coagulante; determinação do pH ótimo de coagulação pela adição do volume mínimo de coagulante e variando o pH da solução; determinação do volume de coagulante ótimo pela adição de volumes crescentes de coagulante a uma solução ajustada ao seu pH ótimo; e determinação do volume de floculante ótimo pela adição de volumes crescentes de floculante a uma solução com pH e volume de coagulante otimizada.

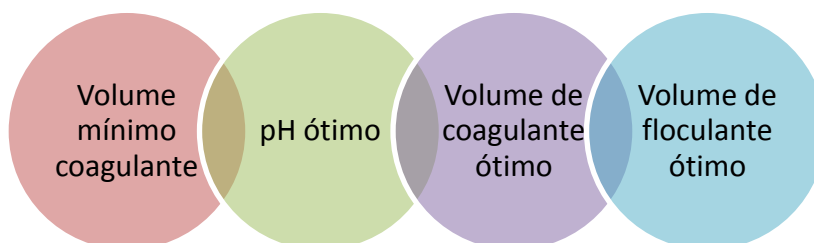


Figura 3.10 - Etapas dos ensaios de coagulação/floculação

3.5.1. PROCEDIMENTO

Determinação do Volume mínimo de coagulante

1. Transferir para cada um dos gobelés 400 mL de efluente;
2. Corrigir o pH para diferentes valores de pH;
3. Adicionar diferentes volumes da solução de coagulante a cada gobelé, agitando rapidamente (150 rpm) durante 1 minuto e lentamente (20 rpm) durante 3 minutos entre cada adição, até à formação de flocos visíveis a olho nu;

4. Registrar o volume de coagulante utilizado;

Determinação do pH ótimo

1. Transferir para cada um dos gobelés 400 mL de efluente;
2. Adicionar o volume mínimo de coagulante (determinado anteriormente);
3. Corrigir o pH para valores de acordo com o coagulante utilizado;
4. Agitar as soluções durante 3 minutos a 150 rpm e durante 15 minutos a 20 rpm;
5. Deixar repousar por um período de 15 minutos.
6. Registrar o valor de pH que conduziu ao melhor resultado (detetado por observação visual e/ou por controlo analítico).

Determinação da concentração ótima de coagulante

1. Transferir para 6 gobelés 400 mL de efluente;
2. Adicionar diferentes volumes (superiores ao volume mínimo de coagulante) de coagulante a cada gobelé;
3. Corrigir o pH para o valor de pH ótimo;
4. Agitar as soluções durante 3 minutos a 150 rpm e durante 15 minutos a 20 rpm;
5. Deixar repousar por um mínimo de 15 minutos. Caracterizar o sobrenadante das soluções finais para os parâmetros CQO, SST, turvação e cor aparente;
6. Determinar o volume ótimo de coagulante (volume mínimo que apresenta maiores percentagens de remoção).

Determinação da concentração ótima de floculante

1. Transferir para 6 gobelés 400 mL de efluente;
2. Adicionar o volume ótimo de coagulante a cada gobelé;
3. Corrigir o pH para o valor de pH ótimo;
4. Adicionar os volumes sucessivos de floculante a cada gobelé;
5. Agitar as soluções durante 3 minutos a 150 rpm e durante 15 minutos a 20 rpm;
6. Deixar repousar por um mínimo de 15 minutos. Caracterizar o sobrenadante das soluções finais para os parâmetros CQO, SST, turvação e cor aparente;
7. Determinar o volume ótimo de floculante (volume mínimo que apresenta maiores percentagens de remoção).

3.6. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

3.6.1. PH

De uma maneira geral, o pH do efluente industrial estudado foi caracterizado por ter um pH alcalino que diminui ligeiramente após o tratamento físico-químico, em resultado da adição do coagulante, e mantinha-se próximo na neutralidade até ao final do tratamento, como se verifica na Figura 3.11. Relativamente ao efluente industrial verificou-se que no dia 11 de Maio o pH aumenta ligeiramente, este facto pode estar associado a uma descarga de NaOH utilizado nas lavagens dos filtros, nesse dia.

Na Tabela 3.3 encontram-se os valores de pH médios e respetivos desvios padrão absoluto (DP) ao longo de cada tratamento, assim como os desvios padrão relativos (DPR). O efluente industrial apresenta um pH ligeiramente alcalino embora com um DPR elevado contrariamente ao apresentado na literatura em que caracterizam este tipo de efluente como ácido ou ligeiramente ácido. Contudo, após o tratamento secundário o pH mantém-se constante e com um DPR baixo. O pH do efluente final ($6,2 \pm 0,3$) cumpre o intervalo de valores de descarga admissível - 5,5 e 9,5 - pela entidade gestora municipal bem como nos recursos hídricos.

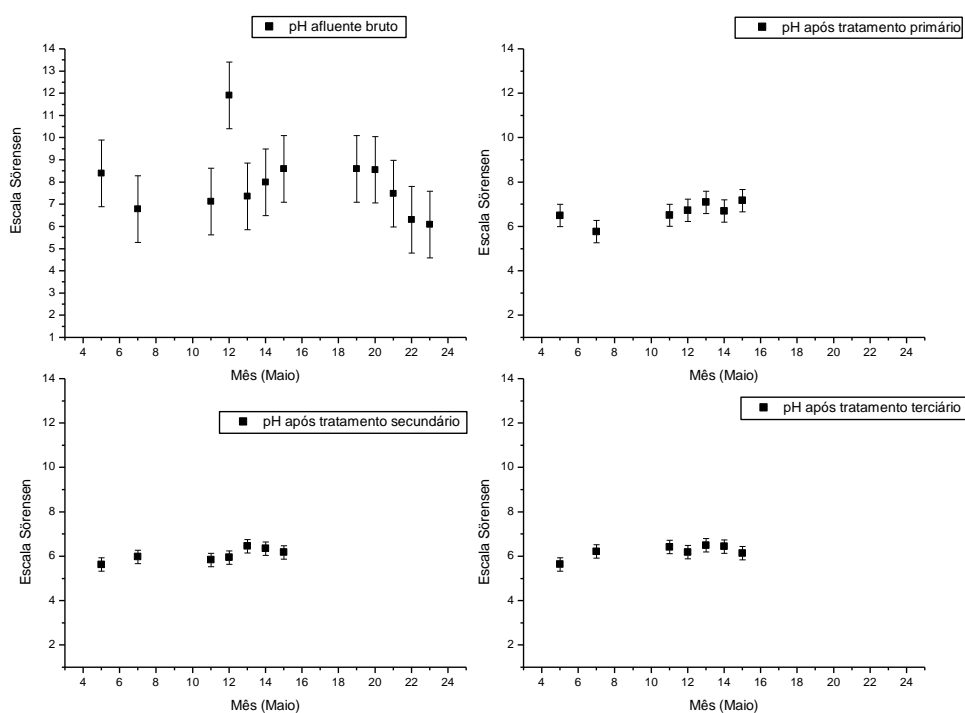


Figura 3.11 - Variação do pH do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

Tabela 3.3- Valores médios de pH (\pm DP) ao longo das diferentes etapas de tratamento bem como o respetivo DPR.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
pH (unidades de pH)	7,9 \pm 1,5 (n=12)	6,6 \pm 0,5 (n=7)	6,1 \pm 0,3 (n=7)	6,2 \pm 0,3 (n=7)
DPR (%)	19,3	7,0	4,8	4,7

3.6.2. TEMPERATURA

A temperatura mantém um padrão de comportamento semelhante ao longo das diferentes etapas de tratamento, como se apresenta na Figura 3.12. A temperatura manteve-se constante ao longo do tempo e dos tratamentos efetuados, situando-se em média entre os 18 e 20 °C. Na Tabela 3.4 encontram-se as temperaturas médias do efluente para os diferentes tratamentos. A dispersão em relação à média foi baixa e o DPR indica uma pequena variação média dos resultados. A temperatura do efluente final (19,2 °C \pm 1,0) não variou na ordem dos 3 °C e foi inferior ao valor de temperatura admissível para descarga no coletor municipal (30 °C) e nos recursos hídricos.

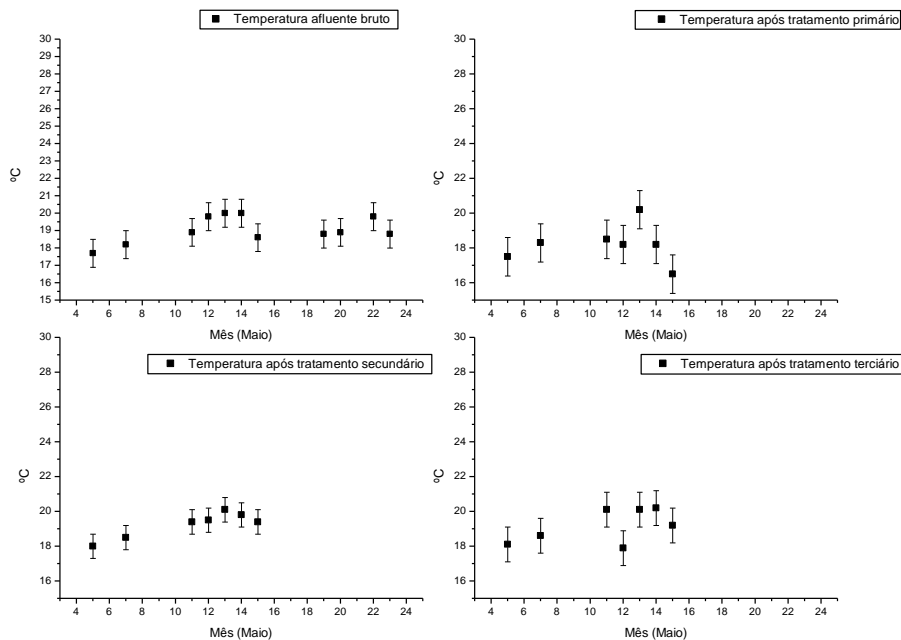


Figura 3.12 - Variação da temperatura do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

Tabela 3.4 - Valores médios de Temperatura (\pm DP) ao longo das diferentes etapas de tratamento bem como o respectivo DPR.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
Temperatura (°C)	19,0 \pm 0,8 (n=11)	18,2 \pm 1,1 (n=7)	19,2 \pm 0,7 (n=7)	19,2 \pm 1,0 (n=7)
DPR (%)	4,0	6,1	3,8	5,1

3.6.3. CONDUTIVIDADE

As condutividades medidas (Figura 3.13 e Tabela 3.5) apresentaram valores com desvios muito elevados (DRP entre 24 e 45 %) e valores na ordem dos 400 μ S/cm até ao tratamento primário, diminuindo para valores da ordem dos 300 μ S/cm após o tratamento secundário. Verificou-se que o processo de coagulação/floculação foi responsável por um aumento da condutividade do efluente, resultado da adição de sais dissolvidos provenientes do coagulante.

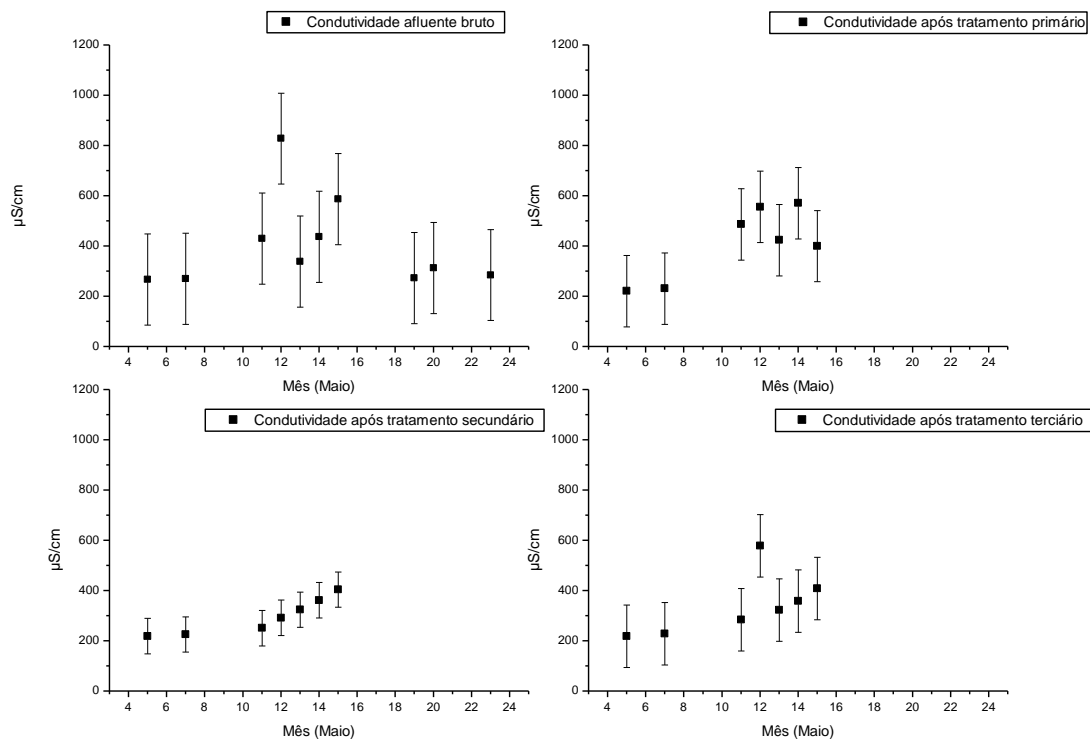


Figura 3.13 - Variação da condutividade do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

Não obstante a tendência variável, o valor de condutividade do efluente final ($343 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 124,4$), encontrava-se inferior ao valor de descarga admissível ($3\ 000 \mu\text{S}/\text{cm}$) pela entidade gestora municipal. De acordo com os DP e DPR apresentados, pode afirmar-se que a condutividade média não variou muito ao longo das etapas de tratamento.

Tabela 3.5 - Valores médios de Condutividade (\pm DP) ao longo das diferentes etapas de tratamento bem como o respetivo DPR.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	403 ± 181 (n=10)	413 ± 142 (n=7)	297 ± 70 (n=7)	343 ± 124 (n=7)
DPR (%)	45	34	24	36

3.6.4. OXIGÉNIO DISSOLVIDO

No reator biológico, a concentração de oxigénio dissolvido foi muito baixa (Figura 3.14). Apresentou uma concentração média de $0,7 \pm 0,5 \text{ mg/L}$ (n=5) e um DPR de 68,4 %. Como referido anteriormente, o nível de oxigénio dissolvido deve estar compreendido entre 2-4 mg/L. O baixo teor de oxigénio dissolvido resulta na libertação de maus odores nesta etapa do processo devido ao fornecimento insuficiente de oxigénio aos microrganismos (Metcalf & Eddy, 2003).

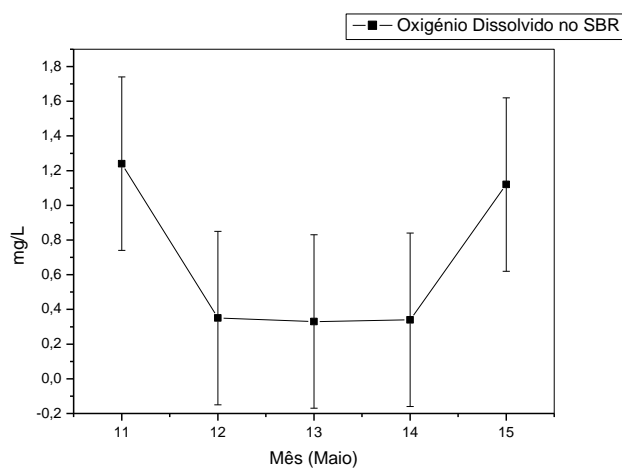


Figura 3.14 - Variação da concentração de oxigénio dissolvido no reator biológico SBR entre os dias 11 - 15 de Maio com barras de erro padrão do valor médio.

3.6.5. TURVAÇÃO

O efluente apresentou uma turvação muito elevada que foi sendo removida ao longo dos tratamentos efetuados, embora com uma variação significativa de resultados, como é indicado pelos DP e o DPR obtidos, como é possível visualizar na Figura 3.15 e Tabela 3.6. Os DPR do efluente após tratamento secundário e efluente final foram considerados como não aplicável (n.a.) uma vez que eram igual ou superior a 100 %, o que indica que os valores de turvação determinados nestas etapas podem ser considerados como semelhantes.

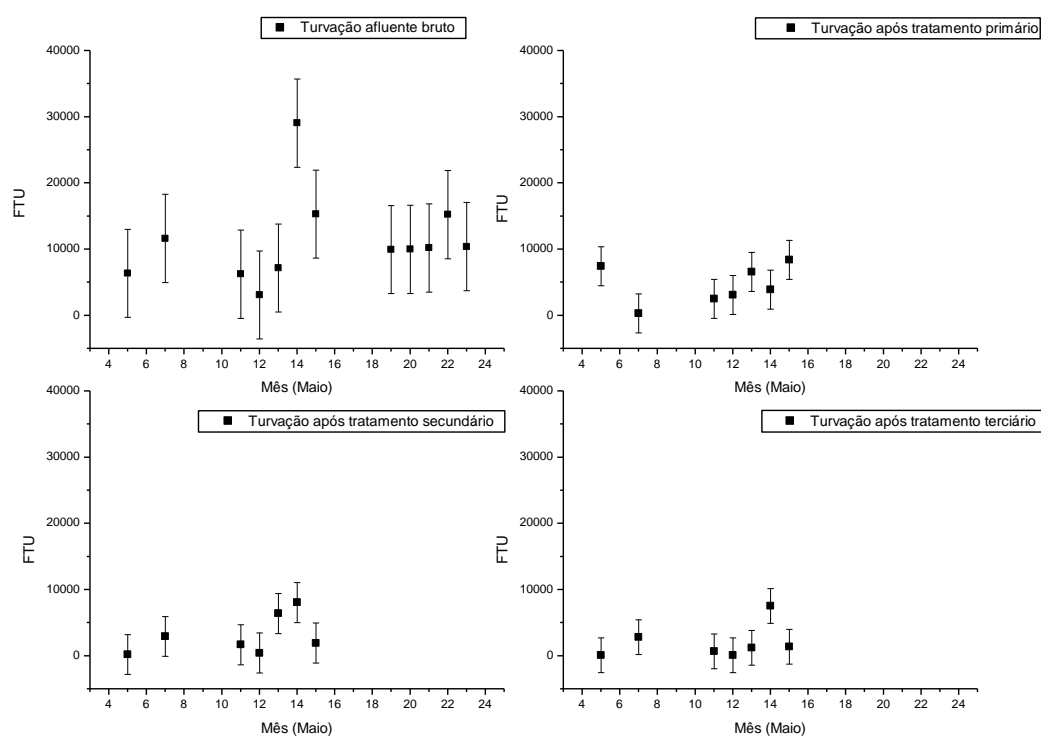


Figura 3.15 - Variação da turvação do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

O efluente industrial apresentou uma turvação média de 11 210 FTU, inferior ao estudo apresentado por Dias (2014) em que o efluente industrial de uma indústria deste tipo apresentava sensivelmente o dobro da turvação apresentada no efluente estudado. De salientar que, relativamente ao efluente final, não existe um limite de descarga associado a este parâmetro.

Tabela 3.6 - Valores médios de Turvação ($\pm DP$) e respectivos DPR ao longo das etapas de tratamento e respectivas eficiências de remoção.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
Turvação (FTU)	11 210 \pm 6 653 (n=12)	4 592 \pm 2 941 (n=7)	3 087 \pm 3 012 (n=7)	1 971 \pm 2 630 (n=7)
DPR (%)	59	64	n.a.	n.a.
Eficiência (%)		59	33	36

Foram determinadas as eficiências de remoção da turvação de cada um dos processos de tratamentos praticados – primário (59 %) secundário (33 %) e terciário (36 %) – e ainda a eficiência global (82 %) do processo de tratamento, como se apresentam na Tabela 3.6. Verificou-se que a etapa do processo de tratamento com maior eficiência na remoção da turvação foi o tratamento primário de coagulação/floculação (59 %), sendo 82 % o valor da eficiência do tratamento global. Não existem valores limite de descarga na legislação para este parâmetro.

3.6.6. COR APARENTE

Na Figura 3.16 é possível visualizar a variação na cor intensa do efluente industrial e a sua variação ao longo dos processos de tratamento, confirmando as elevadas cores aparentes obtidas e indicadas na Tabela 3.7. Os valores médios e os desvios padrão respectivos de cor aparente determinada em cada etapa do tratamento apresentaram uma dispersão significativa dos resultados. O valor da cor aparente média do efluente industrial em estudo foi de 61 950 mg/l PtCo e encontrava-se concordante com o efluente do mesmo tipo de indústria, como referido por Dias (2014) o valor medido apresentava um teor de cor aparente superior a 55 000 mg/l PtCo.



Figura 3.16 – Amostras recolhidas do efluente industrial, efluente após tratamento primário, efluente após tratamento secundário, efluente após tratamento terciário nos dias 5, 7, 12 e 13 de Maio (esq para a dir.) nas quais é visível a variação na cor aparente.

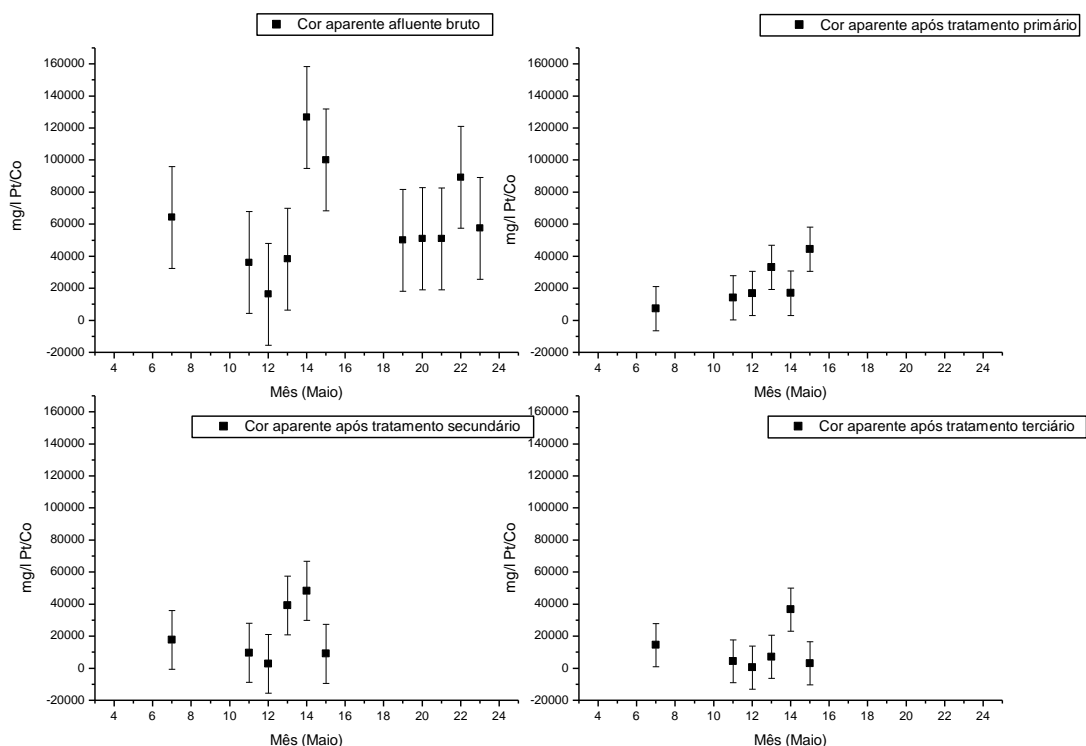


Figura 3.17 - Variação da cor aparente do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

Tabela 3.7 - Valores médios de cor aparente e respectivos DP absoluto e relativo ao longo das etapas de tratamento e respectivas eficiências de remoção.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
Cor Aparente (mg/l PtCo)	61 950 ± 31 795 (n=11)	22 166 ± 1 3811 (n=6)	21 184 ± 1 8385 (n=6)	11 074 ± 1 3436 (n=6)
DPR (%)	64	62	87	n.a.
Eficiência (%)		64	4	48

O tratamento primário de coagulação/floculação foi a etapa de tratamento mais eficaz (64 %) na remoção da cor aparente, sendo a eficiência global do processo de tratamento de 82 %. Os restantes processos de tratamento não revelaram uma remoção significativa deste parâmetro dados os elevados valores de DP sendo que após o tratamento primário pode considerar-se o valor da cor aparente constante. A cor do efluente é ainda bastante visível, o que impede a sua descarga e reutilização.

3.6.7. COR VERDADEIRA

A cor verdadeira determinada em cada uma das etapas de tratamento apresenta-se na Figura 3.18 e Tabela 3.8.

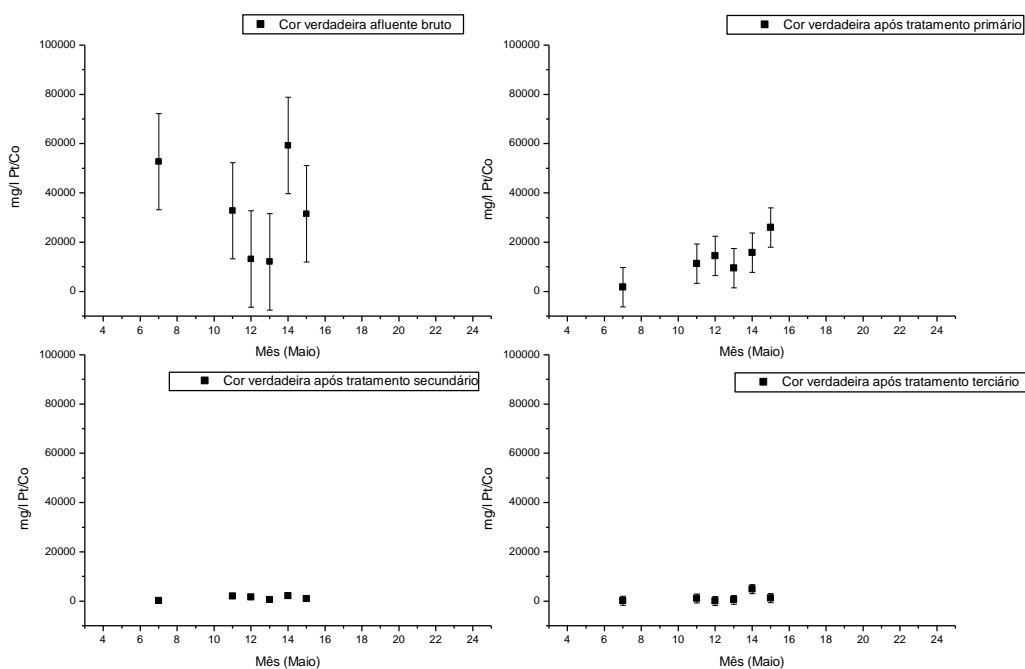


Figura 3.18 - Variação da cor verdadeira do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

A cor verdadeira foi sendo removida ao longo dos tratamentos do efluente. Verificou-se uma remoção significativa da cor aparente no tratamento físico-químico (58 %) e biológico (90 %). Pelo contrário não foi visível a remoção deste parâmetro pelo tratamento terciário (0 %). A eficiência global do processo de tratamento foi de 96 %. O facto de o tratamento biológico apresentar mais elevada eficiência de remoção significa que parte da matéria responsável pela cor verdadeira encontrava-se em suspensão, ficando retida no processo de filtração.

Tabela 3.8 - Valores médios (\pm DP) de cor verdadeira e respetivos DPR ao longo das etapas de tratamento e respetivas eficiências de remoção.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
Cor Verdadeira (mg/L PtCo)	33 621 \pm 19 548 (n=6)	13 160 \pm 7 996 (n=6)	1 260 \pm 818 (n=6)	1 360 \pm 1 812 (n=6)
DPR (%)	58	61	65	n.a.
Eficiência (%)		61	90	0

3.6.8. SST

A concentração de SST ao longo do tratamento apresenta-se na Figura 3.19. Na Tabela 3.9 a concentração de SST diminuiu no tratamento primário e secundário e manteve-se constante nos tratamentos seguintes, considerando a grande dispersão dos resultados.

O efluente industrial possuiu uma concentração média de SST (7 797 mg/L) inferior ao referido na literatura para efluentes deste tipo de indústria, que possuem níveis de SST bastante superiores (> 8 000 mg/L) (Interágua, 1999; Alves, 2010 e Dias 2014). Ainda assim, a concentração de SST encontrada no efluente final (3 615 mg/L) não permitiria que o efluente fosse descarregado no coletor municipal (1000 mg/L) nem no meio hídrico (60 mg/L).

As eficiências de remoção dos SST foram baixas. Os resultados demonstram que somente o tratamento primário (62 %) reduziu a concentração de SST e ainda assim apresentava uma eficiência de remoção inferior à referida na literatura de 98 % (Interágua, 1999; Alves, 2010; Dias, 2014). A eficiência global do processo é 54 %, o facto de estar ser inferior ao tratamento primário deve-se à variação no número de amostras utilizado (n=10 e n=5) correspondente ao segundo período de amostragem.

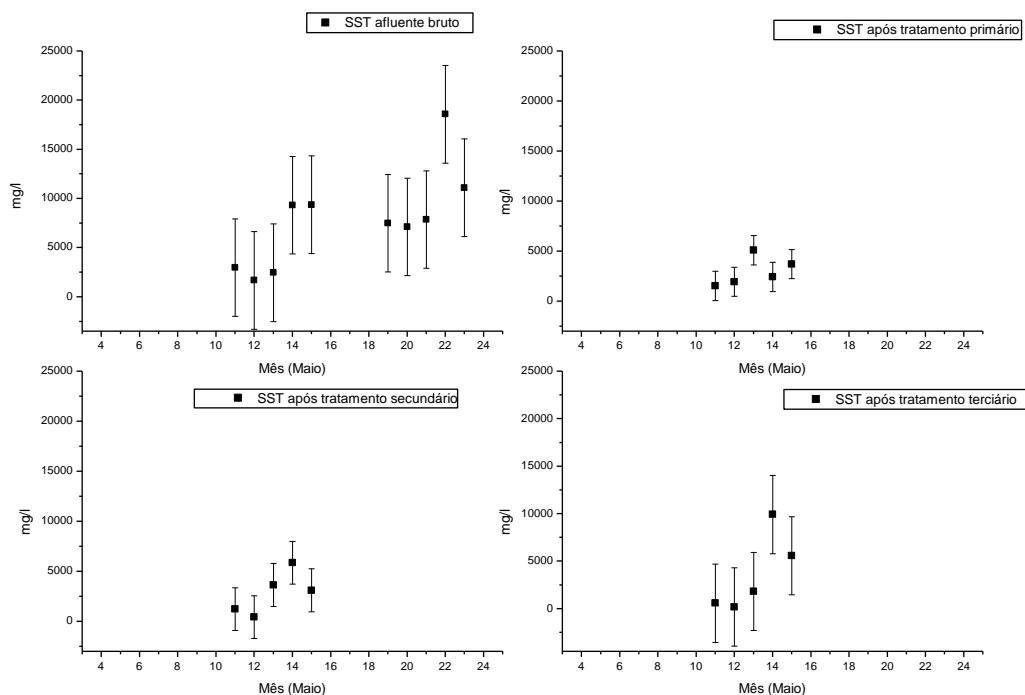


Figura 3.19 - Variação dos SST do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

Tabela 3.9 - Valores médios de SST (\pm DP) e respectivos DPR ao longo das etapas de tratamento e respectivas eficiências de remoção.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
SST (mg/L)	7 797 \pm 4961 (n=10)	2 948 \pm 1461 (n=5)	2 858 \pm 2135 (n=5)	3 615 \pm 4116 (n=5)
DPR (%)	64	50	75	n.a.
Eficiência (%)		62	3	0

3.6.9. CQO

A variação da concentração de CQO e CQO solúvel em cada etapa do tratamento do efluente encontra-se na Figura 3.20 e Figura 3.21. De acordo com as medidas de dispersão estudadas, DP e o DPR, verificou-se que existiu uma grande variabilidade dos resultados.

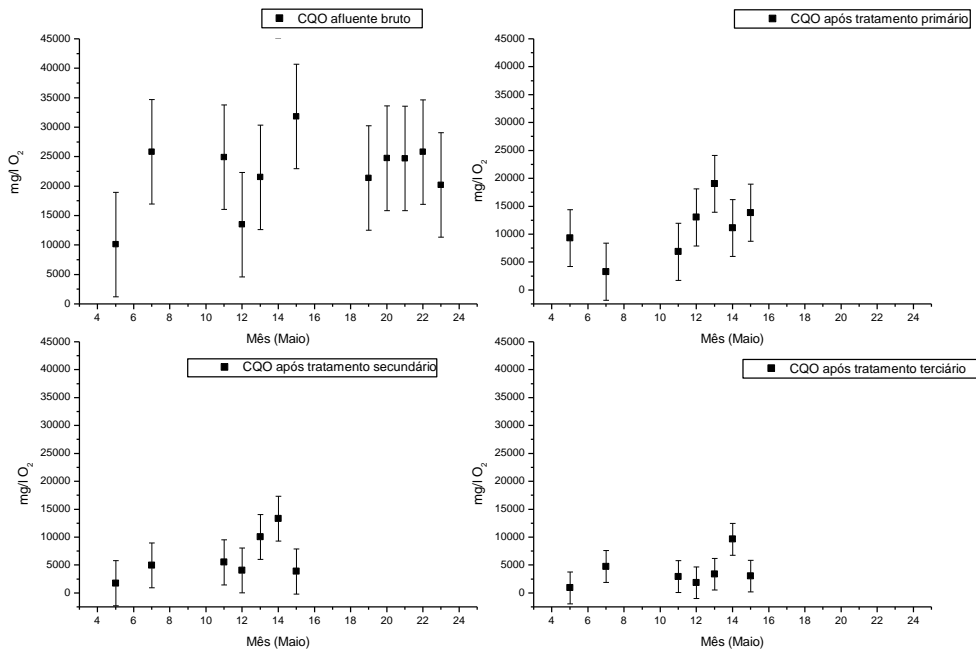


Figura 3.20 - Variação da CQO do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação entre os dias 5,7 e 11 a 15 de Maio com barras de erro padrão do valor médio.

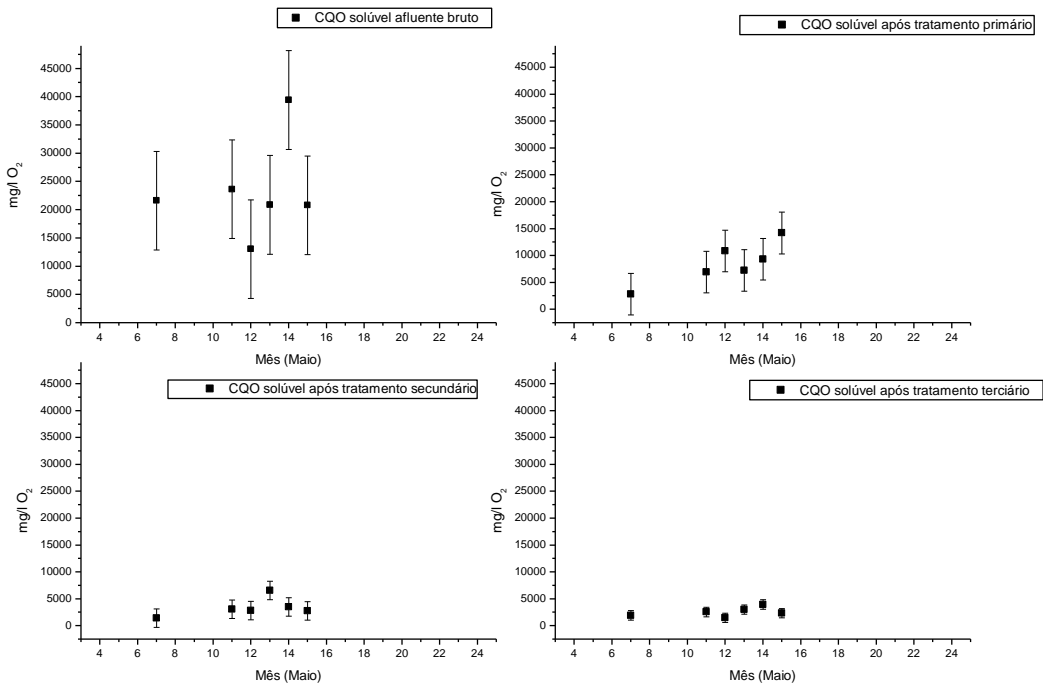


Figura 3.21 - Variação da CQO solúvel do efluente industrial, após tratamento físico-químico, após tratamento biológico em SBR e do efluente final após tratamento terciário de coagulação/floculação com barras de erro padrão do valor médio.

A CQO do efluente foi sendo removida ao longo dos tratamentos realizados (Figura 3.20 e Tabela 3.10). A concentração de CQO no efluente industrial (24 753 mg/L O₂) encontrava-se próxima dos valores referidos na literatura para este tipo de água residual (Interágua, 1999; Alves, 2010; Dias, 2014).

A eficiência de remoção da CQO de 55 % no tratamento primário foi bastante inferior à referida na literatura onde são apresentadas eficiências na ordem dos 90 % (Interágua, 1999; Alves, 2010; Dias, 2014). O mesmo se verificou na eficiência de remoção associada ao tratamento biológico, onde o valor médio obtido de 43 %, foi inferior aos indicados na literatura, com eficiências de 60 a 70 % (Mota e Brito, 1999). A eficiência global do processo de tratamento foi de 84 % na remoção da CQO, mas o valor de CQO do efluente final era ainda superior ao valor permitido para descarga no coletor municipal (1 000 mg/L O₂) e no meio hídrico (150 mg/L O₂).

A CQO solúvel apresentou o mesmo padrão de comportamento da CQO não filtrada e como se observa na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Valores médios de CQO e CQO solúvel e respetivos DP absoluto e relativo ao longo das etapas de tratamento e respetivas eficiências de remoção.

Parâmetro	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
CQO (mg/L O₂)	24 179 ± 8 870 (n=11)	10 937 ± 5103 (n=7)	6 220 ± 4 029 (n=7)	3 797 ± 2 841 (n=7)
DPR (%)	37	47	65	75
Eficiência (%)		55	43	39
CQO solúvel (mg/L O₂)	23 242 ± 8723 (n=6)	8 572 ± 3 868 (n=6)	3 367 ± 1 719 (n=6)	2 551 ± 872 (n=6)
DPR (%)	38	45	51	34
Eficiência (%)		63	61	24

Quando o efluente é filtrado, o tratamento primário e secundário apresentam eficiências de remoção da CQO superiores, que obviamente se manifesta no aumento da eficiência global (89 %) do processo de tratamento. Apesar da filtração os valores de CQO ainda eram superiores aos valores de descarga admissíveis no coletor municipal e no meio hídrico.

3.6.10. CBO₅

Para a determinação da CBO₅, foi recolhida uma amostra não filtrada do efluente combinado (industrial e doméstico). Para além da CBO₅ foi também determinada a CQO dessa amostra. Na Tabela 3.11 encontram-se os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 3.11 - Resultados do Ensaio de Biodegradabilidade

Parâmetro	Resultado
CBO₅ (mg/L O₂)	1250
CQO (mg/L O₂)	9050
Razão CBO₅/CQO	0,14

Um efluente é considerado como biodegradável ou de fácil tratamento por via biológica se a razão CBO₅/CQO for igual ou superior a 0,5. Pela análise da Tabela 3.11 verificou-se que este efluente não era biodegradável. Se a razão for inferior a 0,3, como é o caso, o efluente poderá conter componentes tóxicos ou poderão ser necessários microrganismos aclimatados para a sua estabilização (Metcalf & Eddy, 2003).

3.6.11. SÍNTESE DA CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE INDUSTRIAL E DAS EFICIÊNCIAS DE REMOÇÃO ASSOCIADAS

O estudo do efluente ao longo das etapas do processo de tratamento permitiu a sua caracterização, que se encontra compilada na Tabela 3.12.

Tabela 3.12 - Caracterização do efluente estudado

Parâmetros	Efluente Industrial	Após Tratamento Primário	Após Tratamento Secundário	Efluente Final
pH (Escala Sörensen)	7,9 ± 1,5	6,6 ± 0,5	6,1 ± 0,3	6,2 ± 0,3
Temperatura (°C)	19,0 ± 0,8	18,2 ± 1,1	19,2 ± 0,7	19,2 ± 1,0
Condutividade (µS/cm)	403 ± 181	413 ± 142	297 ± 70	343 ± 124
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0,7 ± 0,5			
Turvação (FTU)	11 210 ± 6 653	4 592 ± 2 941	3 087 ± 3 012	1 971 ± 2 630
Cor Aparente (mg/l PtCo)	61 950 ± 31 795	22 166 ± 13 811	21 184 ± 18 385	11 074 ± 13 436
Cor Verdadeira (mg/l PtCo)	33 621 ± 19 548	13 160 ± 7 996	1 260 ± 818	1 360 ± 1 812
SST (mg/L)	7 797 ± 4961	2 948 ± 1461	2 858 ± 2135	3 615 ± 4116
CQO (mg/L O₂)	24 179 ± 8 870	10 937 ± 5103	6 220 ± 4 029	3 797 ± 2 841
Razão CBO₅/CQO	0,14	-	-	-

Este efluente caracteriza-se por apresentar um pH ligeiramente alcalino, condutividade baixa, cor e turvação elevadas, concentração de CQO e SST altas e um índice de biodegradabilidade baixo que o classificam como não biodegradável.

As eficiências de remoção da turvação, cor aparente e verdadeira, CQO e SST de cada uma das etapas do processo de tratamento apresentam-se na Tabela 3.13.

Tabela 3.13 - Eficiências de Remoção dos tratamentos primário, secundário e terciário.

	Eficiências de Remoção (%)			
	Tratamento Primário	Tratamento Secundário	Tratamento Terciário	Global
Turvação	59	33	36	82
Cor Aparente	64	4	48	82
Cor Verdadeira	61	90	0	96
SST	62	3	0	54
CQO	55	43	39	84

De acordo com a Tabela 3.13, pode afirmar-se que o tratamento primário possuiu eficiências de remoção superiores às restantes etapas do processo de tratamento. O tratamento secundário mostrou-se bastante eficiente (90 %) na remoção da cor verdadeira, contudo não foi eficiente na remoção da cor aparente e SST. O tratamento terciário revelou-se ineficaz, tendo em conta os resultados e os desvios anteriormente apresentados, que maioritariamente indicaram que entre o tratamento secundário e terciário os valores mantém-se contantes. Concluiu-se, ainda que as eficiências de remoção obtidas no período de estudo do efluente foram baixas comparativamente às referidas na literatura.

Face aos resultados expostos na caracterização do efluente industrial, conclui-se que o processo de tratamento precisava de ser melhorado, pelo que neste projeto prosseguiu-se com o estudo de otimização no tratamento primário do efluente industrial da empresa.

3.7. OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO PRIMÁRIO

O tratamento primário de coagulação/floculação é bastante usado neste tipo de indústria ao qual estão associadas eficiências de remoção elevadas, contudo o tratamento primário usado na empresa durante o período de estudo foi realizado com PAX XL 10 a um pH neutro não satisfatório. Deste modo foram estudados vários coagulantes e floculantes, cujas características estão indicadas no ponto 3.1., que são os habitualmente utilizados neste processo de tratamento como descrito no ponto 1.4.1. A otimização do tratamento foi avaliada pela determinação das eficiências de remoção dos parâmetros: cor aparente, turvação, SST, CQO. Foi ainda registado o volume de lamas produzidas.

3.7.1. TRATAMENTO COM SULFATO DE ALUMÍNIO

Neste estudo, utilizou-se uma solução de sulfato de alumínio com uma concentração de 20 g/L para tratamento do efluente. Foram testadas gamas de pH alcalino e ácida com adição de 8 e 5 mL de coagulante, respetivamente, nos quais foi visível a ausência de flocos, como se ilustra na Figura 3.22.



Figura 3.22 - Resultados obtidos no "Jar Test" a pH alcalino: 7,50; 8,09; 8,51; 9,02; 9,50 e 10,00 (esquerda para a direita) com adição de 8 mL de coagulante Sulfato de Alumínio com concentração de 20g/L.

Seria necessário aumentar consideravelmente o volume de coagulante a adicionar, o que não seria viável do ponto de vista económico. Conclui-se, assim que o sulfato de alumínio nestas condições não era eficaz.

De acordo com Soares (2009) não é frequente a utilização de sulfato de alumínio no tratamento primário de águas residuais o que corrobora a ineficiência no ensaio realizado. Pelo contrário, o seu uso é mais frequente no tratamento da água potável e na redução de coloides orgânicos e fósforo no tratamento terciário das águas residuais.

3.7.2. TRATAMENTO COM SULFATO DE FERRO (III)

Neste tratamento, foi utilizado sulfato férrico como coagulante. O volume mínimo de coagulante determinado foi 1 mL. Com este volume, foi determinado o pH ótimo de coagulação/floculação. O resultado do ensaio para determinação do pH ótimo de coagulação (Figura 3.23) permitiu concluir que a qualidade visual do sobrenadante diminui com o aumento de pH. O pH ótimo de coagulação foi 5,02.



Figura 3.23 - Pormenor dos sobrenadantes resultantes da coagulação/floculação para determinação do pH ótimo com sulfato de ferro ajustado a pH 5,02; 6,01; 7,00 e 8,06 (esquerda para a direita)

Com este pH foi determinado o volume ótimo de coagulante (Figura 3.24). Verificou-se que quanto maior o volume de coagulante adicionado, maior era, visualmente, a transparência do sobrenadante. Contudo, a quantidade de lamas formadas era também proporcional à quantidade de coagulante adicionada, sendo a quantidade de lamas resultante do processo de tratamento elevada. Os sobrenadantes foram caracterizados e os resultados apresentados na Figura 3.25.

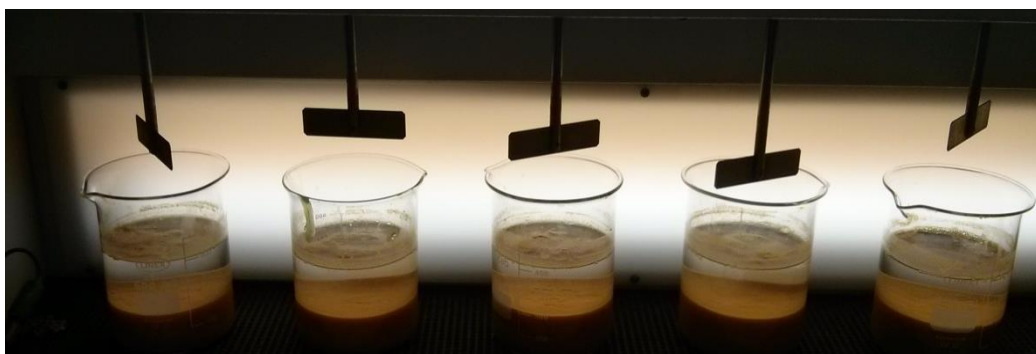


Figura 3.24 - Resultado do Jar Test para determinação do volume ótimo de coagulação: 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 e 4,0 mL (esquerda para a direita)

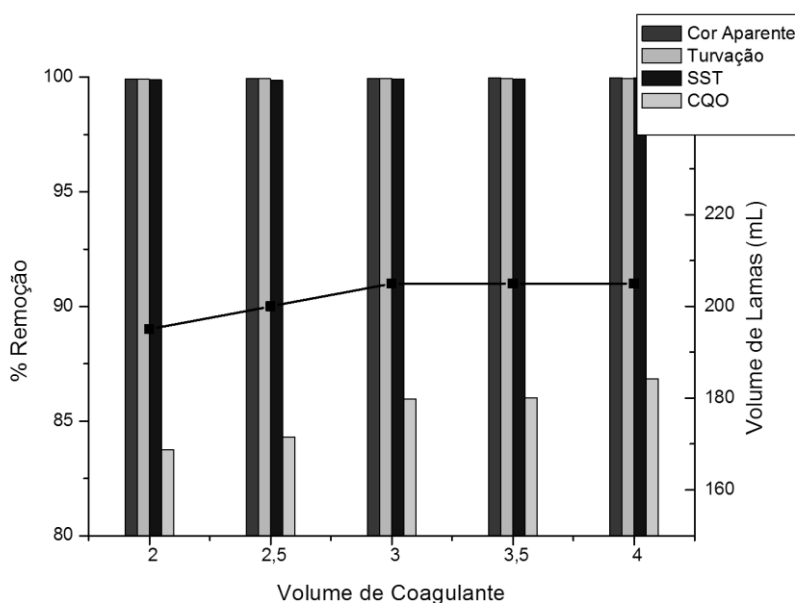


Figura 3.25 - Determinação do volume de coagulante ótimo

De acordo os resultados, considerou-se que o volume de coagulante ótimo era de 4 mL, pois apresentava a maior percentagem de remoção da CQO (87 %).

Apesar das percentagens de remoção, a concentração de CQO é ainda elevada (3 182 mg/L O₂). No sentido de aumentar a sua eficiência de remoção e diminuir o volume de lamas, foram testados diferentes floculantes, Figura 3.26.

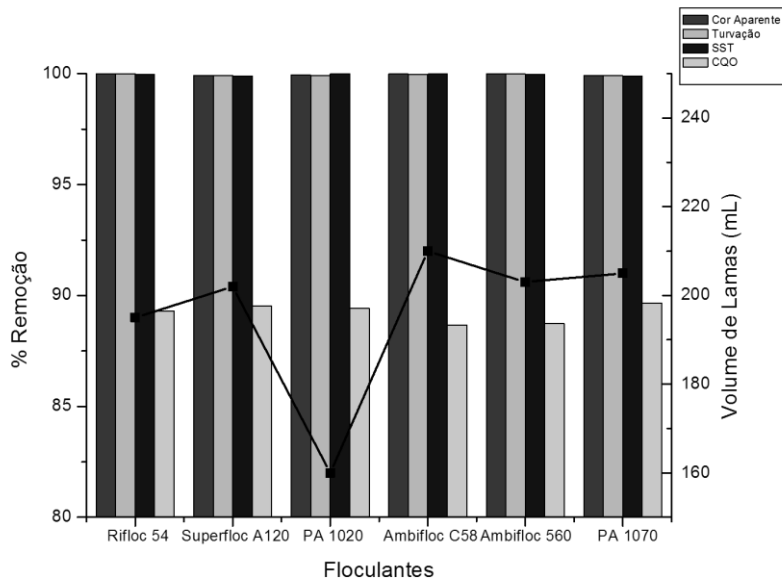


Figura 3.26 - Determinação do flocculante ótimo

De acordo com a Figura 3.26, todos os flocculantes apresentaram eficiências de 100 % de remoção de cor aparente, turvação e SST. As percentagens de remoção da CQO foram inferiores para os dois ensaios com o Ambifloc (88,7 %) e idênticas para os restantes ensaios, na ordem dos 90 %. Contudo apenas o flocculante PA 1020 apresenta o menor volume de lamas (160 mL).

3.7.3. TRATAMENTO COM PAX XL 10

Uma vez que o sulfato de alumínio revelou-se um coagulante ineficaz, utilizou-se o coagulante PAX XL - 10 (Ficha do Produto no Anexo F), no tratamento de 400 mL de efluente

Determinou-se o volume mínimo de coagulante, 2 mL. Na determinação do pH ótimo verificou-se que a qualidade dos flocos (quantidade e tamanho) diminuiu com o aumento do pH. O pH ótimo de coagulação, com maiores percentagens de remoção de cor, CQO, SST e turvação foi o pH 6. Com este pH foi determinado o volume ótimo de coagulante. Foram realizados 6 ensaios com volumes entre 2,5 e 5,0 mL. Verificou-se que quanto maior o volume de coagulante adicionado, mais clarificado era, visualmente, o sobrenadante. Contudo, a quantidade de lamas formadas, também era proporcional à quantidade de coagulante adicionada, como se verifica na Figura 3.27. Os sobrenadantes foram caracterizados e os resultados apresentados na Figura 3.28. Pela análise da Figura 3.28 verificou-se que o volume de coagulante ótimo era 5 mL, embora o volume de lamas fosse

de 350 mL, a CQO presente no sobrenadante era de 930 mL/L O₂ o que permitiria a sua descarga no coletor municipal.



Figura 3.27 - Resultados do ensaio de volume de coagulante ótimo: 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 e 5,0 mL (esquerda para a direita).

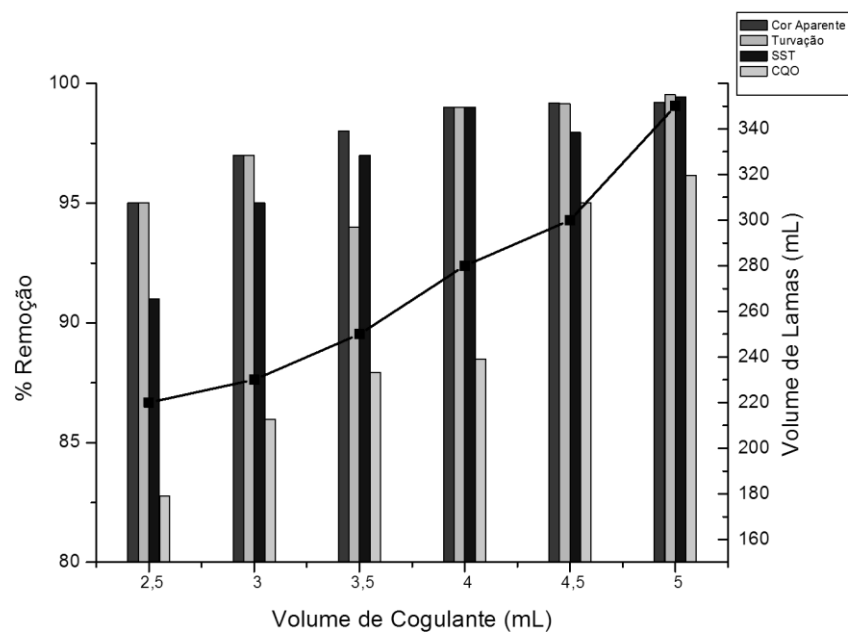


Figura 3.28 - Determinação do volume de coagulante PAX 10 ótimo

As amostras ficaram em repouso 24 horas para verificar se existiam alterações na sedimentabilidade das mesmas. Não se verificam diferenças significativa na quantidade de sobrenadante (Figura 3.29), nem no volume de lamas.

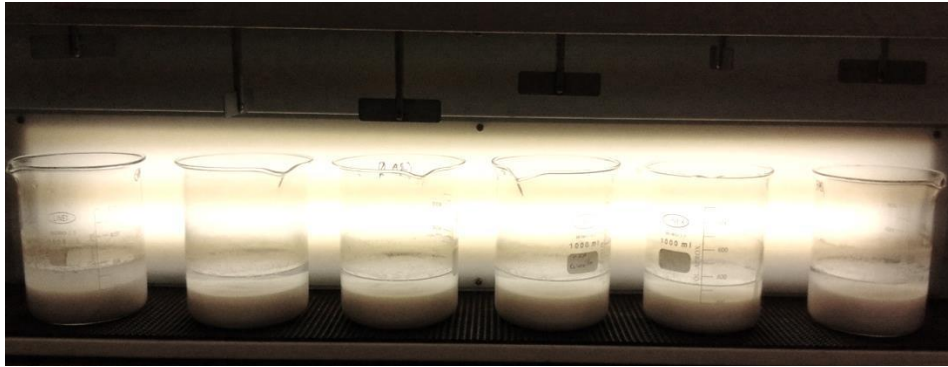


Figura 3.29 - Após 24 horas de sedimentação

Usou-se o floculante - Superfloc A-150 - para avaliar se o volume de lamas seria menor. Com o pH ótimo, 5 mL de PAX XL 10 foram realizados 6 ensaios de Jar test, com volumes de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL de floculante com uma concentração de 1 g/L. A escolha do floculante deveu-se ao facto de ser o floculante utilizado no tratamento terciário da empresa.



Figura 3.30 -Resultados do ensaio de estudo do volume ótimo de floculante Superfloc A-150: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL (esquerda para a direita) com efluente industrial a pH 6 e com 5 mL de coagulante PAX XL 10.

Pela análise da Figura 3.30, verificou-se que o floculante não era eficaz no objetivo de diminuição do volume de lamas, não agregou as lamas, pois o sobrenadante diminui. Ainda assim, foram caracterizadas as amostras com 0,5 e 1 mL de floculante,

Figura 3.31), tendo sido o menor volume de lamas obtido com 1 mL de floculante. Contudo, ainda persistiu um volume de lamas elevado associado a um ligeiro decréscimo da eficiência de remoção da CQO (95 %), pelo que este floculante, nestas condições, não era o pretendido.

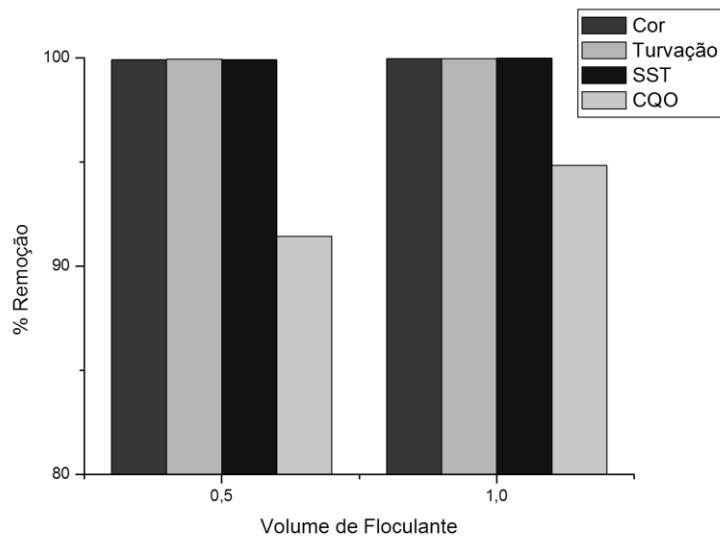


Figura 3.31 - Volume ótimo de floculante Superfloc A-150

De forma a verificar se era possível reduzir o volume de lamas, utilizou-se um adjuvante do processo de coagulação/floculação, a bentonite, que é das substâncias mais utilizadas como adjuvantes no tratamento de águas residuais, devido à sua capacidade de adsorver moléculas inorgânicas, mas também moléculas orgânicas e nesse sentido conferir maior densidade à lama. As condições dos ensaios foram: 5 mL de coagulante PAX XL-10, 1 mL de floculante e diferentes quantidades de bentonite: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 gramas em soluções com e sem ajuste de pH. Os resultados das análises dos sobrenadantes resultantes (Figura 3.33 e Figura 3.34) encontram-se nas Figura 3.32.

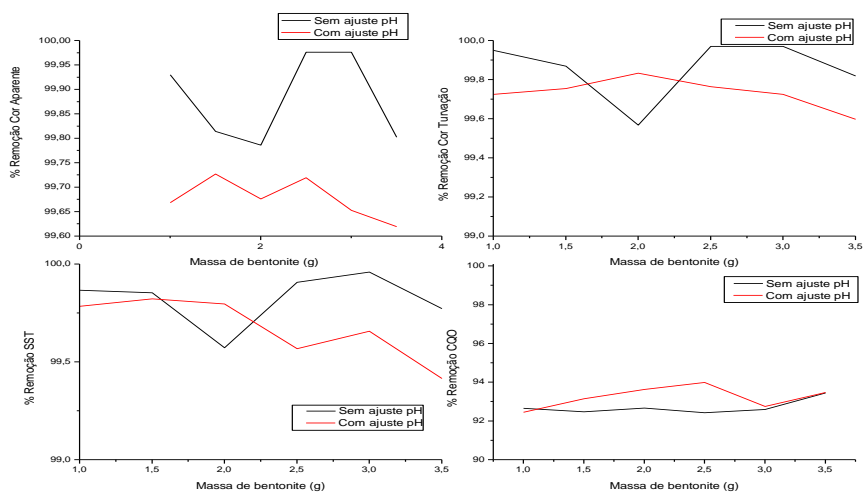


Figura 3.32 – Eficiência de remoção em ensaios com diferentes quantidades de bentonite em soluções com e sem ajuste de pH.

As eficiências de remoção nos 4 parâmetros estudados foram elevadas, com melhoria na remoção de CQO para 94 % pela adição de 2,5 g bentonite, no ensaio com ajuste de pH. Apesar disso, não se considerou relevante a adição deste coadjuvante, uma vez que a quantidade de lamas produzidas era bastante significativa (superior a 200 mL).



Figura 3.33 - Ensaio com PAX – XL 10, Flocculante Super flocc A -150 e Bentonite sem ajuste de pH

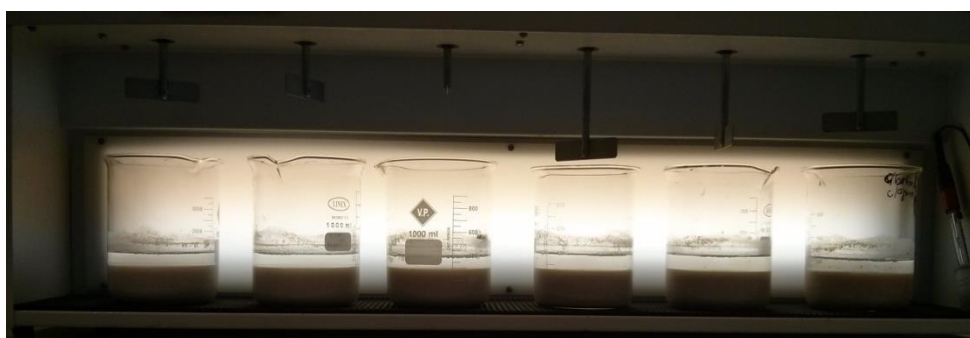


Figura 3.34 - Ensaio com PAX – XL 10, Flocculante Super flocc A -150 e Bentonite com ajuste de pH

Conclui-se, assim, que as eficiências de remoção eram semelhantes e o volume de lamas não diminui significativamente, pelo que não se justificava a necessidade de utilização de bentonite.

3.7.4. TRATAMENTO COM PAX 18

Foi estudada a eficiência do coagulante PAX 18 (Ficha do Produto no Anexo H). Após o ensaio preliminar de determinação do volume de flocculante ótimo (1mL), foi verificado que o pH ótimo de coagulação (Figura 3.35), era de 6,26. Nestas condições fez-se a otimização do volume de coagulante; foram usados volumes de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 mL. Verificou-se que o volume de sobrenadante diminuiu com o aumento do coagulante e conseqüente aumento de lamas, não agregadas Figura 3.36.



Figura 3.35 – Resultado obtido no Jar Test para determinação do pH ótimo de coagulação com 1 mL PAX 18: 5,03; 6,26 (sem ajuste); 7,01; 8,03; 9,02 e 10 (esquerda para a direita)



Figura 3.36 - Jar Test para determinação do volume de coagulante ótimo

Para os sobrenadantes obtidos, foram calculadas as eficiências de remoção de cor aparente, turvação, SST e CQO, que se apresentam na Figura 3.37, tendo-se verificado que o volume de coagulante ótimo era 1 mL. As percentagens de remoção foram bastante satisfatórias, apesar de a percentagem de remoção de CQO neste ensaio (85 %) ser inferior à obtida no ensaio com PAX XL 10 com ajuste de pH (96 %) pois neste ensaio o volume de coagulante utilizado era inferior, 1 mL, comparativamente aos 5 mL anteriormente otimizados. O volume de lamas neste ensaio é semelhante ao obtido no ensaio mencionado.

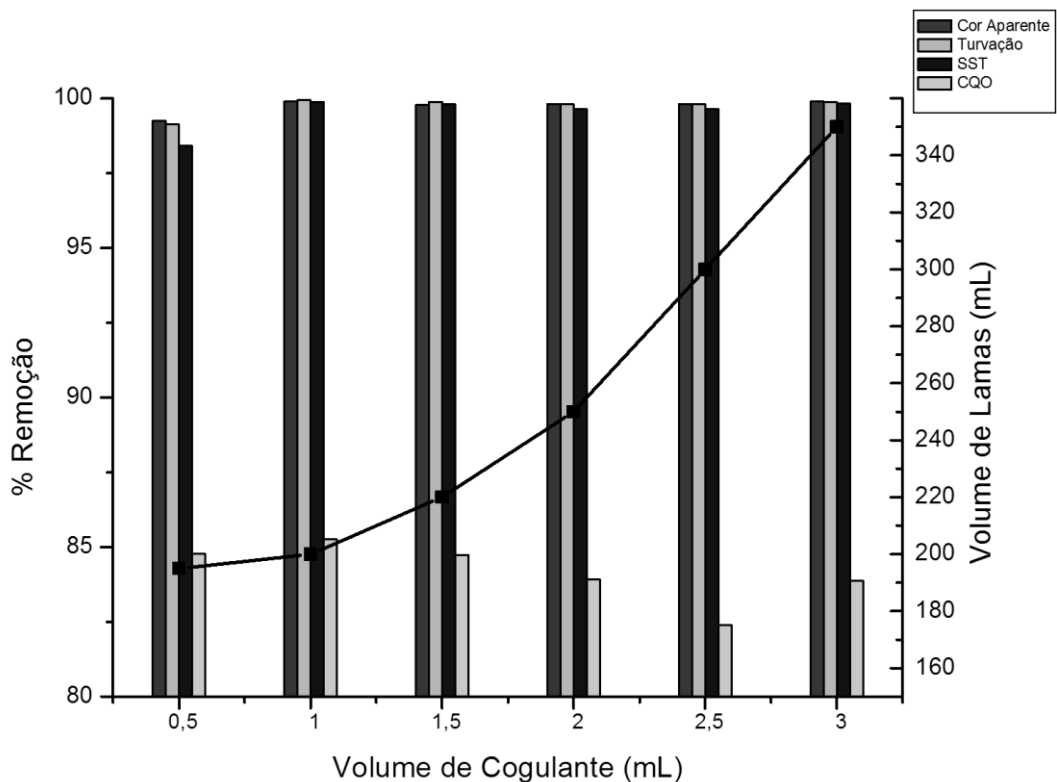


Figura 3.37 – Caracterização do sobrenadante para estudo do volume ótimo de PAX 18 em solução a pH 6,26

De seguida foi estudada a influência da adição de floculante. Foi usado 1 mL dos seguintes floculantes: Ambifloc C58, ambifloc 560, PA 1020, PA 1070, Superfloc A130 e Rifloc 54 (Figura 3.38). Os resultados das análises de cor aparente, turvação, SST, CQO e volume de lamas estão indicados na Figura 3.39.

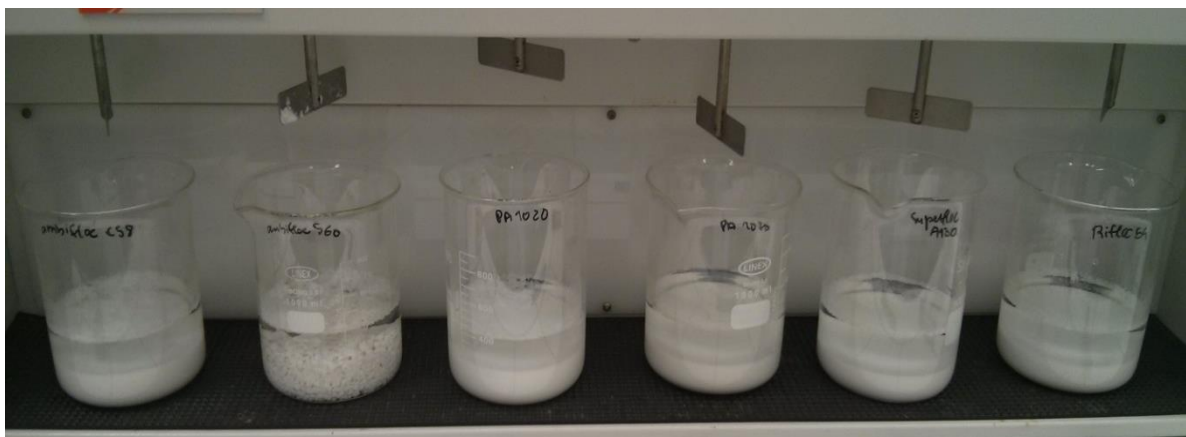


Figura 3.38 - Resultado obtido no Jar Test utilizando 1 mL de PAX 18, sem ajuste de pH para determinação do floculante ótimo

Os floculantes ambifloc foram os que apresentaram os melhores resultados em termos de remoção de CQO e de volume de lamas formadas. A remoção de CQO foi superior no

ensaio com ambifloc C 58, com um valor de 3 120 mg/L O₂. Pelo contrário, com o floculante ambifloc 560, as lamas foram agregadas em flocos resultando um menor volume de lamas (150 mL), o sobrenadante apresenta valores de cor aparente de 5 mg/l Pt/Co, turvação de 3 FTU, concentração de SST de 2 mg/L e CQO de 3 225 mg/L O₂.

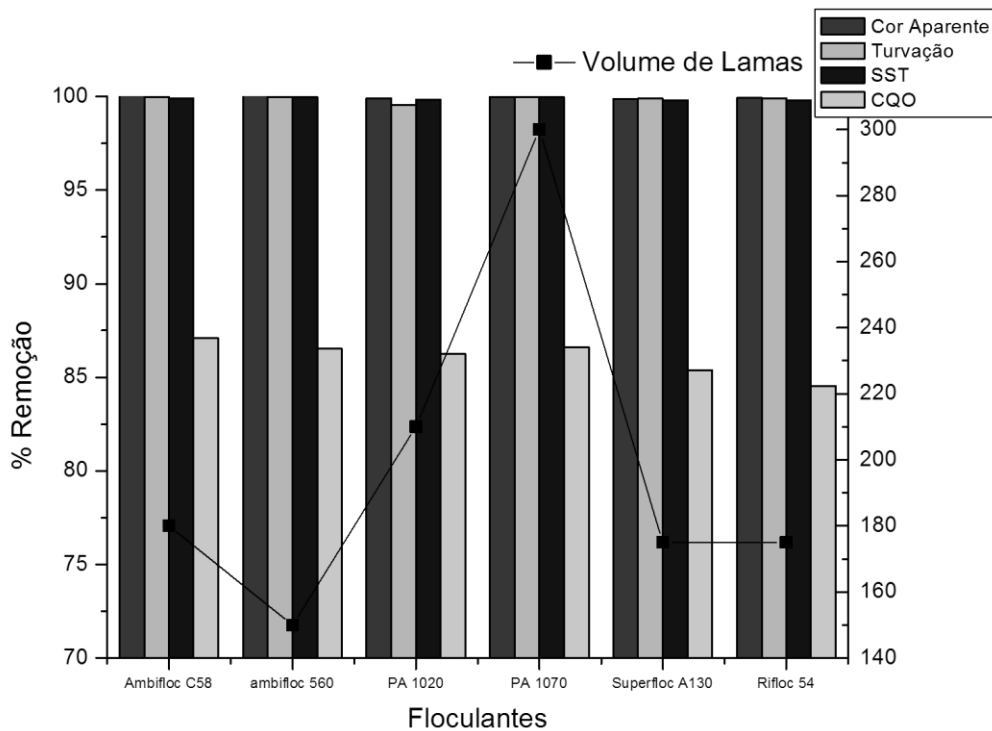


Figura 3.39 - Determinação do floculante ótimo

Uma vez que as eficiências de remoção foram elevadas, o critério de escolha do floculante foi feito de acordo com o menor volume de lamas formadas, tendo sido escolhido o ambifloc 560. Para esse floculante foi determinado o volume ótimo (Figura 3.40) a 1 mL de coagulante sem necessidade de ajuste de pH. Usou-se volumes de floculante de: 0,5;1,0;1,5;2,0;2,5 e 3,0 mL.

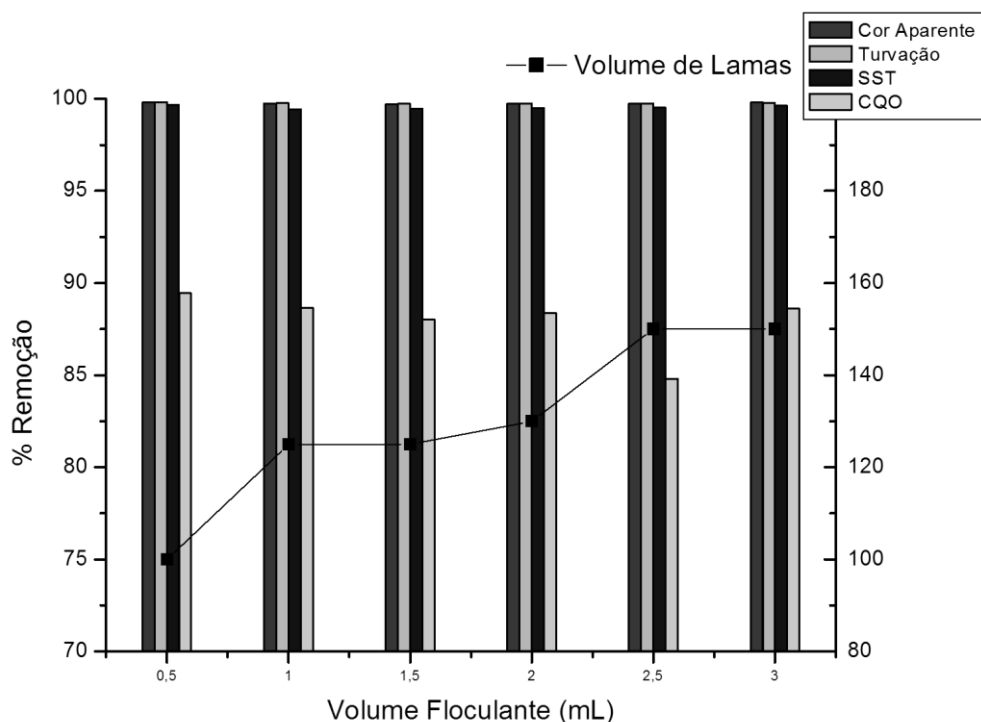


Figura 3.40 - Determinação do volume ótimo de floculante Ambifloc 560

O volume ótimo de floculante foi 0,5 mL. O sobrenadante resultante apresentou percentagens de remoção de CQO superior (2 549 mg/L O₂) e um volume de lamas menor (100 mL) que no ensaio conduzido apenas com coagulante.

3.7.5. TRATAMENTO COM PAX 18 E CLORETO DE FERRO

Utilizou-se como coagulantes a mistura de cloreto férrico com PAX 18 no tratamento de 400 mL de efluente. O volume mínimo de coagulante determinado foi 1 mL (0,5 mL de Pax 18 e 0,5 mL de cloreto de ferro numa razão de 1:1). Com este volume foi realizado um ensaio de jar test para determinação do pH ótimo de coagulação/floculação, tendo sido obtido o valor de 7,01. Com o pH ótimo foi realizado um novo ensaio para determinar o volume ótimo de coagulante. Os sobrenadantes resultantes (Figura 3.41) foram caracterizados e os resultados da caracterização apresentados na Figura 3.42.

O volume de coagulante ótimo foi 2 mL que correspondeu a 1 mL de cloreto e ferro e 1 mL de PAX 18, pois apresentava um sobrenadante mais límpido, embora idênticas remoções dos parâmetros analisados e menor volume de lamas (205 mL). Comparando este ensaio com o tratamento 3.7.4. em que foi apenas utilizado 1 mL de PAX 18, as percentagens de remoção de CQO obtidas (83 %) foram ligeiramente inferiores (85 %) e foi gasto um maior volume de coagulante (2 mL).



Figura 3.41 - Sobrenadantes resultantes do Jar Test do volume de coagulante ótimo de: 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mL ajustado a pH 7

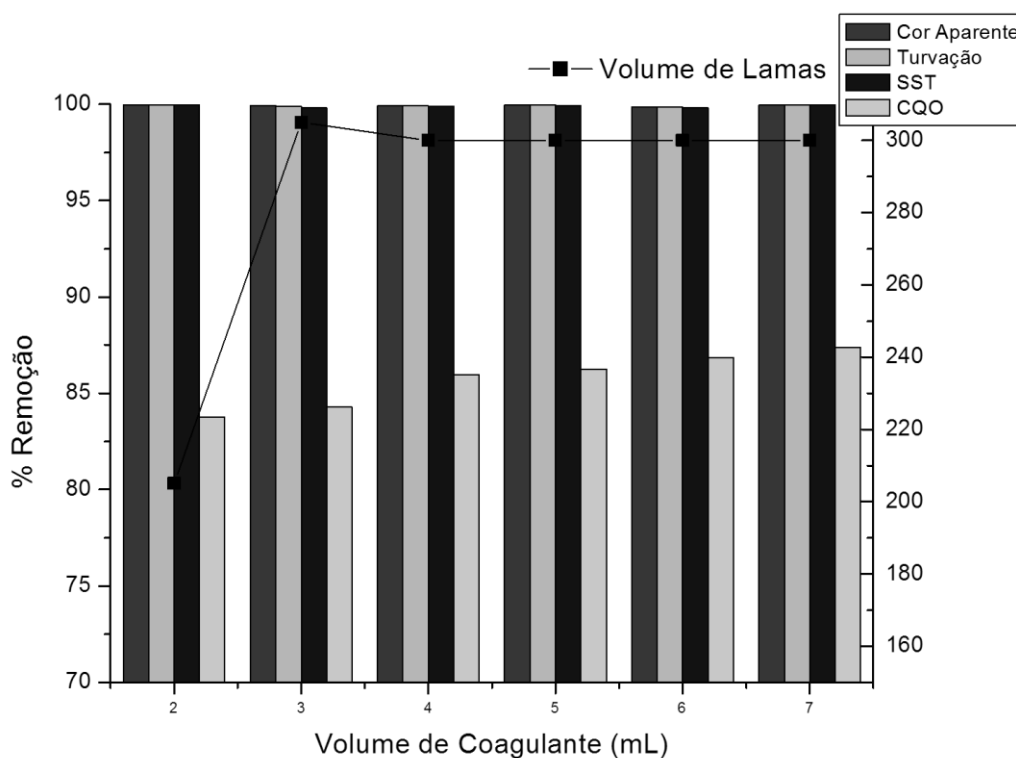


Figura 3.42 - Determinação do volume de coagulante ótimo em efluente industrial ajustado a pH 7

Com estas condições, foi estudada a influência da adição de 1 mL de floculante no tratamento. Os resultados obtidos (Figura 3.43) indicaram que todos os floculantes apresentavam elevadas percentagens de remoção de CQO, contudo os dois melhores floculantes seriam o Superfloc A 130 e o Ambifloc 560, pois foram os que apresentaram menor volume de lamas (150 mL).



Figura 3.43 - Resultado do Jar Test realizado para determinação do flocculante ótimo: PA 1020; Ambifloc C58; Ambifloc 560; Rifloc 54; PA 1070 e Superfloc A-130 em efluente industrial ajustado a pH 7 (esquerda para a direita).

Para cada um destes dois foram estudados o volume ótimo. Foram usados volumes de: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL.

Para o flocculante Superfloc A 130, Figura 3.45, verificou-se que 0,5 mL era o volume ótimo de flocculante. Neste ensaio foram obtidos 13 mg/L Pt/CO de cor aparente, 2 FTU de turvação, 3 mg/L de SST e uma CQO de 1780 mg/L O₂. O volume de lamas produzido, 155 mL foi ligeiramente inferior ao ensaio apenas com coagulante (205 mL) para uma eficiência de remoção de CQO superior (91 %), o que significou que neste ensaio o flocculante foi eficaz no objetivo de diminuição do volume de lamas pela agregação da lama conferindo-lhe maior densidade e sedimentabilidade.



Figura 3.44 – Jar Test da determinação do volume de flocculante Superfloc A 130 ótimo: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7 (esquerda para a direita).

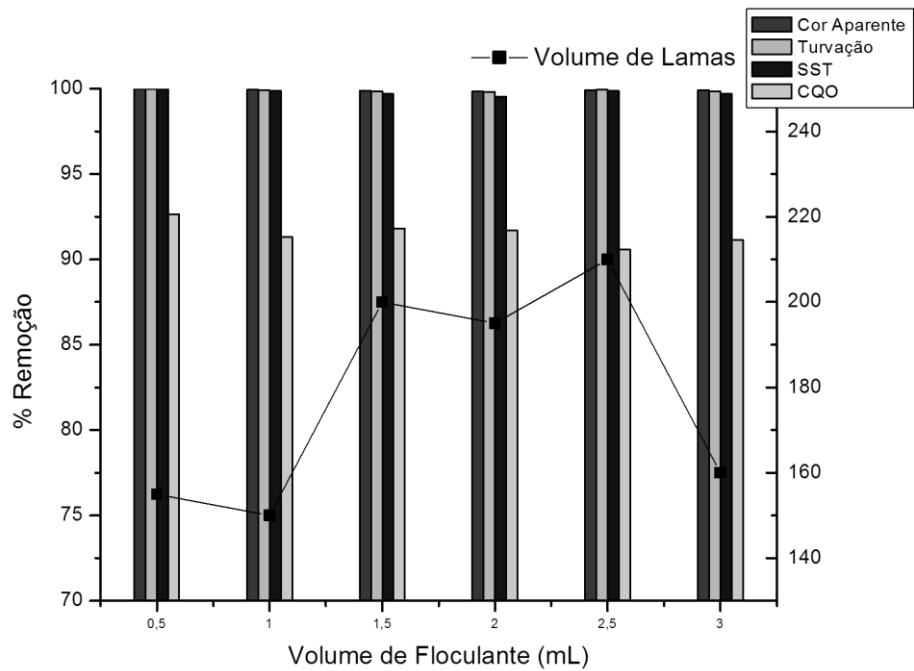


Figura 3.45 – Caracterização dos sobrenadantes para determinação do volume de Superfloc A 130 ótimo: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7.

Relativamente ao flocculante Ambifloc 560, também se verificaram eficiências de remoção bastante elevadas, Figura 3.46 e Figura 3.47.



Figura 3.46 – Jar Test da determinação do volume de flocculante Ambifloc 560 ótimo: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7 (esquerda para a direita).

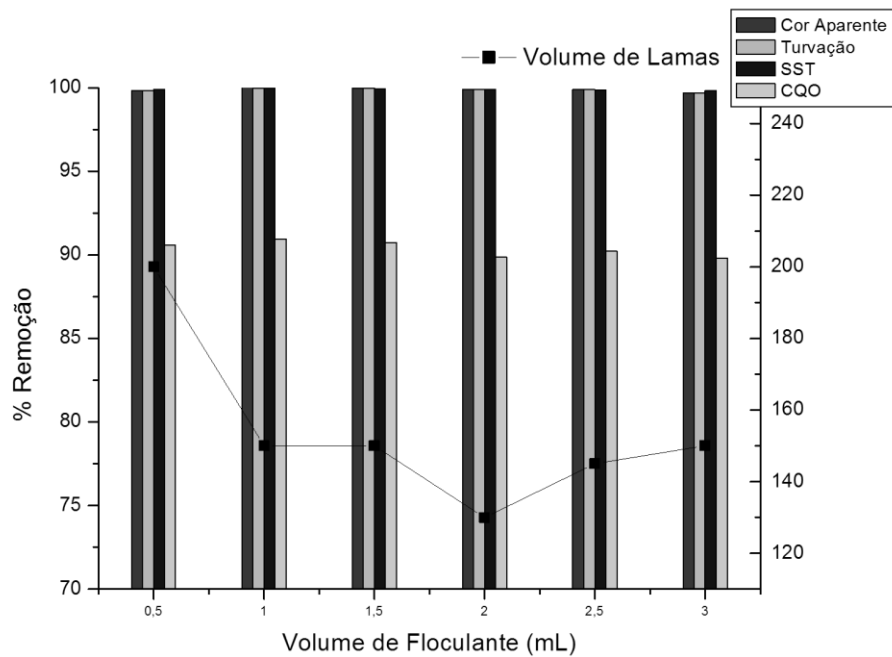


Figura 3.47 - Caracterização dos sobrenadantes para determinação do volume de Ambifloc 560 ótimo: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 e 3 mL, com 1 mL de coagulante e pH 7

Comparando os floculantes, ambos aumentam a eficiência de remoção da CQO. Verificou-se que o Superfloc A-130, foi o floculante que apresentou maiores percentagens de remoção da CQO e também menor volume de lamas.

3.8. SÍNTESE DOS TRATAMENTOS DO EFLUENTE INDUSTRIAL

Dos ensaios de coagulação/floculação realizados, estão compilados na Tabela 3.14. os melhores resultados obtidos nos vários tratamentos estudados

Tabela 3.14 - Síntese das condições otimizadas para os vários tratamentos de coagulação/floculação estudados no tratamento de 400 mL de efluente industrial

Tratamento	PAX XL 10 e NaOH	Sulfato de Alumínio	Sulfato férrico e PA 1020	PAX XL 10 e Superfloc A-150	PAX 18 e Ambifloc 560	PAX 18 + Cloreto férrico com Super floc A 130
pH	7,00	>7	5,02	6,00	6,26 (s/ ajuste)	7,01
Volume coagulante (mL)	2	>5	4	5	1	1+1
Volume de floculante (mL)	-	-	1	1	0,5	0,5
% Remoção CQO s/ floculante	55	-	87	96	85	84
% Remoção CQO c/ floculante	-	-	89	95	89	93
Valor CQO s/floculante	10 937	-	3 182	930	3 564	3 930
Valor CQO c/floculante	-	-	2 557	1 248	2 549	1 780
Volume de lamas (mL) s/ floculante	-	-	205	350	200	205
Volume de lamas (mL) c/ floculante	-	-	160	210	100	155

A quantidade de lamas produzidas é de facto um dos principais parâmetros a ter em consideração, pelo que deve ser ponderada uma relação entre a qualidade do sobrenadante e a quantidade de lamas formada. Todos os tratamentos foram eficientes na remoção da cor aparente, turvação e SST, com percentagens de remoção na ordem dos 100 %, sendo que a CQO foi o único parâmetro que apresentou menores eficiências de remoção e valores obtidos considerados elevados, quer para descarga quer para reutilização.

Pela análise da Tabela 3.14 verificou-se que o tratamento com PAX XL 10 apresentou maiores percentagens de remoção de CQO que inclusivamente permitiria a sua descarga no coletor municipal, contudo a quantidade de lamas produzidas não permite a sua escolha

como coagulante ótimo. O floculante testado neste ensaio revelou-se ineficaz contribuindo para a diminuição das lamas produzidas e da eficiência de remoção da CQO. Por outro lado, o tratamento com PAX 18 e floculante Ambifloc 560, ainda que não fosse dos tratamentos com percentagens de remoção mais elevadas, foram até ligeiramente inferiores às obtidas nos restantes ensaios, o volume de lamas produzidas e o volume de reagentes consumidos eram menores. Contudo, verificou-se que não se justificava a utilização de volumes de reagentes maiores com consequente maior produção de lamas, uma vez que as eficiências de remoção não eram significativamente superiores.

O tratamento com sulfato de ferro e PA1020 foi muito semelhante ao obtido no tratamento com PAX 18 e Ambifloc 560, porém o volume de coagulante foi 4 vezes superior. O mesmo se verificou no tratamento realizado com a mistura de PAX 18 e cloreto férrico com Superfloc A-130, os volumes de reagentes eram semelhantes e o valor de CQO era inferior e com um volume de lamas aceitável, pelo que atendendo às pequenas diferenças de resultados foram calculados os custos deste tratamento.

Os resultados otimizados em todos os tratamentos foram comparados com os critérios de qualidade recomendados no ERSAR para reutilização da água para uso industrial restrito - processo e lavagens (Tabela 3.15).

Tabela 3.15 - Comparação do coagulante e floculante ótimos com os critérios de qualidade recomendados

Parâmetro	PAX XL 10 e NaOH	Sulfato de Alumínio	Sulfato férrico e PA 1020	PAX XL 10 e Superfloc A-150	PAX 18 e Ambifloc 560	PAX 18 + Cloreto férrico com Superfloc A 130	Critério de Qualidade
SST (mg/L)	2 948	-	2	2	24	3	35
Turvação (FTU)	4 592	-	9	5	15	2	15
Cor (m/L PtCo)	22 166	-	46	25	121	13	-
CQO (mg/L O ₂)	10 937	-	2 536	1 248	2 549	1 780	-

Pela análise da Tabela 3.15, verificou-se que à exceção dos tratamentos com PAX XL 10 e NaOH e com sulfato de alumínio, os restantes possuíam valores de turvação e de concentração de SST inferiores aos critérios de qualidade recomendados para reutilização.

A concentração de CQO em todos os ensaios foi superior ao valor limite de descarga no meio hídrico e no coletor municipal, sendo a concentração maior obtida no ensaio com PAX

18 e Ambifloc 560. Embora o valor da CQO seja elevado, foi obtida uma diminuição considerável, comparativamente ao efluente bruto. Esta melhoria permitirá uma diminuição do custo do tratamento seguinte para remoção da CQO remanescente, o que permitirá a reutilização do efluente e conseqüente diminuição dos custos de captação de água fresca.

3.9. EFICIÊNCIA ECONÓMICA

Em média, no tratamento físico-químico realizado na H.B. Fuller são gastos 0,418 L de NaOH a 50 % e 4,76 L de PAX XL 10 (solução) no tratamento de 1 m³ de efluente. Considerando esses dados foi associado um custo de 1,89 €/m³ ao tratamento, calculado através das equações 3.2 e 3.3.

Quantidade de NaOH gasta no tratamento FQ na H.B. Fuller:

$$418 \frac{cm^3}{m^3} \times 1,52 \frac{g}{cm^3} \times \frac{1}{1000} \frac{Kg}{g} = 0,64 \frac{Kg}{m^3} \times 0,34 \frac{€}{Kg} = 0,22 \frac{€}{m^3} \quad \text{Eq. 3.7}$$

Quantidade de coagulante (PAX 10) gasta no tratamento FQ na H.B. Fuller:

$$4760 \frac{cm^3}{m^3} \times 1,21 \frac{g}{cm^3} \times \frac{1}{1000} \frac{Kg}{g} = 5,76 \frac{Kg}{m^3} \times 0,29 \frac{€}{Kg} = 1,67 \frac{€}{m^3} \quad \text{Eq. 3.8}$$

De forma análoga foi calculado o custo do tratamento, considerando as condições ótimas obtidas nos ensaios de coagulação de 2,5 L de coagulante PAX 18 e 1,25 L de floculante a 0,3 % (m/v).

Quantidade de coagulante (PAX 18) gasta no tratamento proposto:

$$2\,500 \frac{cm^3}{m^3} \times 1,36 \frac{g}{cm^3} \times \frac{1}{1000} \frac{Kg}{g} = 3,4 \frac{Kg}{m^3} \times 0,30 \frac{€}{Kg} = 1,02 \frac{€}{m^3} \quad \text{Eq. 3.9}$$

Quantidade de Floculante (Ambifloc 560) gasta no tratamento proposto:

$$1\,250 \frac{cm^3}{m^3} \times \frac{0,3}{100} \frac{g}{cm^3} \times \frac{1}{1000} \frac{Kg}{g} = 0,0038 \frac{Kg}{m^3} \times 3,00 \frac{€}{Kg} = 0,0113 \frac{€}{m^3} \quad \text{Eq. 3.10}$$

Com este tratamento seriam gastos 1,03 € em reagentes no tratamento de 1 m³ de efluente. Concluiu-se que este tratamento teria um custo inferior ao atualmente utilizado e para além disso, seriam obtidas eficiências de remoção superiores.

Foi ainda calculado o custo de 1 m³ de tratamento com 2,5 L de PAX 18, 2,5 L de cloreto férrico (solução a 40 %) e 1,25 L de floculante Superfloc A-130 com concentração 0,3 % (m/v).

De acordo com a equação 3.9 o custo do PAX 18 era de 1,02 €/m³.

Quantidade de coagulante (cloreto férrico) gasta no tratamento proposto:

$$2\,500 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} \times 2,90 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{Kg}}{\text{g}} = 7,25 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,24 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} = 1,74 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \quad \text{Eq. 3.11}$$

Quantidade de Floculante (Superfloc A 130) gasta no tratamento proposto:

$$1\,250 \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} \times \frac{0,3}{100} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{Kg}}{\text{g}} = 0,0038 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 3,31 \frac{\text{€}}{\text{Kg}} = 0,0113 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \quad \text{Eq. 3.12}$$

O custo deste tratamento seria de 2,8 €/m³ de efluente. Concluiu-se que este tratamento apresentaria um custo elevado, não justificável tendo em conta as eficiências de remoção bastante semelhantes às do ensaio com PAX 18 e Ambifloc 560.

4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O setor industrial caracteriza-se pelo elevado consumo de água. A H.B. Fuller em particular que possui três diferentes áreas de produção apresentou no ano 2014 um consumo de 24 349,8 m³ de água e uma produção elevada de águas residuais – 9 055,2 m³.

Na primeira parte do trabalho, fez-se um levantamento dos consumos de água na unidade industrial, conclui-se que as alternativas possíveis de redução do consumo de água seriam: o aproveitamento da água resultante da purga da caldeira e do concentrado de produção de água osmotizada, aproveitamento do efluente residual tratado e a substituição dos equipamentos sanitários. Destas alternativas foram avaliadas as viabilidades das duas últimas sugestões.

Na proposta de substituição do equipamento sanitário conclui-se que o investimento associado de 3 659,95 € iria ter um retorno estimado em 3 meses.

Para o eventual aproveitamento do efluente tratado, estudou-se a viabilidade de reutilização, a partir dos resultados obtidos na caracterização dos efluentes em cada uma das três etapas de tratamento. Conclui-se que não seria possível a sua reutilização, uma vez que o efluente final ainda possuía teores elevados de cor aparente (11 074), turvação (1 971 FTU), SST (3 615 mg/L), CQO (3 797 mg/L O₂). Este estudo permitiu concluir que das três fases de tratamento a maior taxa de remediação foi verificada no tratamento primário de coagulação/floculação.

Face aos resultados obtidos procedeu-se à otimização do processo de tratamento primário de coagulação/floculação. Verificou-se que esta água residual apresentava um pH ligeiramente alcalino (7,9), com condutividade alta (403 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sendo um efluente turvo (11 210 FTU), com bastante cor aparente (61 950 mg/L PtCo) e verdadeira (33 621 mg/L PtCo) e elevada concentração em sólidos suspensos totais (7 797 mg/L) e em CQO (24 179 mg/L O_2 e CQO solúvel 23 242 mg/L O_2). A razão CBO_5/CQO de 1,4 levou a classificar o efluente como não biodegradável.

Foram estudados cinco coagulantes (sulfato de alumínio, sulfato de ferro, PAX XL – 10, PAX 18 e PAX 18 com cloreto de ferro) e seis floculantes (Ambifloc 560, PA 1020, Rifloc, Ambifloc C58, PA 1070 e Superfloc A-130), dos quais foi selecionado o PAX 18 sem necessidade de ajuste de pH como o melhor coagulante e o Ambifloc 560 como o melhor floculante. Verificou-se que o volume de 1 mL de coagulante e 0,5 mL de floculante correspondeu a uma diminuição dos parâmetros: turvação 15 FTU, CQO 2 549mg/L O_2 , SST 24 mg/L e cor aparente 121 mg/L às quais estão associadas eficiências de remoção de 99,8, 89, 99,7 e 99,8 %, respetivamente. Apesar da elevada produção de lamas, este tratamento foi o que obteve o menor volume de lamas produzidas de 100 mL.

Comparando os resultados obtidos com o coagulante e floculante selecionados com os critérios de qualidade da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos para reutilização de águas residuais tratadas (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010) verificou-se que dos parâmetros estudados somente a CQO excedia o critério de qualidade quando comparada com os critérios de qualidade para abastecimento de água de caldeira (75 mg/L). Não obstante, considerou-se que embora o valor de CQO seja um pouco elevado, o custo do posterior tratamento para remoção da CQO remanescente será menor o que possibilitará a reutilização do efluente, diminuindo o custo de captação de água fresca.

O custo do tratamento proposto no período do estudo era de 1,03 €/m³, inferior ao praticado pela empresa (1,89 €/m³) e para além disso promove eficiências de remoção superiores.

Como trabalhos futuros sugerem-se:

- Realização de ensaios de degradação biológica da CQO remanescente no efluente residual tratado.
- Realizar ensaios de adsorção em cartão ativado, caso não seja viável o tratamento por via biológica.
- Tratamento eficaz das lamas. A indústria de colas produz efluentes que no decorrer do seu tratamento produz elevadas quantidades de lamas, sendo estas de má sedimentabilidade (Dias, 2014). Posto isto, e de modo a diminuir a deposição deste

resíduo em aterro, deverá ser estudada a possibilidade de efetuar a pirólise das lamas aproveitando os gases da combustão e valorizar o produto sólido resultante.

Referências Bibliográficas

- Alves, A.C.C. (2010). Optimização do tratamento de um efluente aquoso resultante da utilização de cola nas máquinas de produção de placas de madeira. Tese de Mestrado em Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia Química do Porto, Portugal.
- APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2015). Licenciamento Ambiental (PCIP). Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=151>. Acedido em: 09/03/2015.
- Asano, T. (2007). Water Reuse: issues, technologies, and applications. Metcalf & Eddy, Inc.
- Barrington, D.J., Prior, A., Ho, G. (2013). The role of water auditing in achieving water conservation in the process industry. *Journal of cleaner Production*, 52, 356-361.
- Beleza, V. M. (s.d.). Clarificação de Águas. Apontamentos de Laboratório de Tecnologia Ambiental I. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Portugal.
- Bitton, G. 2010. Wastewater microbiology. 4ª Ed. John Wiley, New York.
- Boix, M. Montastruc, L., Pibouleau, L., Azzaro-Pantel. C. Domenech, S. (2011). A multiobjective optimization framework for multicontaminant industrial water network design. *Journal of Environmental Management* 92, 1802-1808.
- Costa, F.C., Rodrigues, F.A.M., Fontoura, G.A.T., Campos, J.C., Sant'Anna Jr, G.L., Dezotti, M. (2003) Tratamento do Efluente de uma Indústria Química pelo Processo de Lodos Ativados Convencional e combinado com Carvão Ativado. *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 8, 274-284. Disponível em: <http://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v8n4/v8n4a07.pdf>
- Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto. Diário da República n.º 176 – I Série. Ministério do Ambiente. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto. Diário da República n.º 164 – I Série. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- Department of Environmental Protection. State of Maine. Notes on activated sludge process control (2009) Disponível em: http://www.maine.gov/dep/water/wwtreatment/activated_sludge_process_control.pdf
- Dias, J. (2014). Desenvolvimento de coagulante/floculante para tratamento de águas residuais. Tese de Mestrado em Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia Química do Porto, Portugal.
- DR 2000, (2001) Spectrophotometer Procedures Manual for water and wastewater, 11th edition.
- Eckenfelder, W. W. (2000). Industrial water pollution control. 3 th Edition, McGraw-Hill.
- ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (2006) Uso Eficiente da Água no Setor Urbano.
- Fernandes, L.S.G.(2011) Tratamento de efluentes da indústria de celulose por processos biológicos e químicos. Dissertação de Mestrado Biologia Clínica Laboratorial. Vila Real.

- Gómez, J.L.C., Corral, A.M., Papín, R.M., Hung, Y. (2010). Biological Treatment Processes for Urea and Formaldehyde Containing Wastewater. Handbook of Advanced Industrial and Hazardous Wastes Treatment. CRC Press. Taylor & Francis Group.
- H.B.Fuller. (2015). Company History. Disponível em: <http://www.hbfuller.com/north-america/about-us/company-history>. Acedido em: 18/04/2015
- INAG - Instituto da Água. (2001). Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- INDAQUA, 2015. Tarifário de Água e Tarifário de Saneamento 2015. Disponível em: <http://www.indaquavconde.pt/pt/cliente-atendimento/tarifario/> Consultado em: 1 de Maio de 2015
- Interágua – Tecnologia e Gestão da Água. (1999). Sistema de Tratamento de Águas Residuais. Projeto para Licenciamento.
- IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2014). Boletim Climatológico Anual – 2014 Portugal Continental. Disponível em: http://www.ipma.pt/resources.www/docs/im_publicacoes/edicoes.online/20150127/jaWbvpgLKYSXxPvTfaAW/cli_20140101_20141231_pcl_aa_co_pt.pdf. Acedido em: 20/03/2015.
- Lang, P. E. M. (2005); National Manual of Good Practice for Biosolids. Ch.5 – Solids Thickening and Dewatering Systems. United States Environmental Protection Agency.
- Maia, M.O. (s.d.). Tecnologias de Recuperação: Processos de Clarificação. Recuperação de produtos efluentes da indústria têxtil. Universidade do Minho. Braga, Portugal.
- Marecos do Monte, H., Albuquerque, A. (2010). Reutilização de Águas Residuais. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- Marecos do Monte, M.H. (2007). Water Reuse in Europe. E-Water. Official Publication of the European Water Association.
- Metcalf & Eddy. (2003). Wastewater Engineering - Treatment, Disposal and Reuse, 4th edit. New York : McGraw-Hill Book Co.
- Microsoft. (2015). Descrição da função previsão no Excel. Disponível em: <https://support.microsoft.com/en-us/kb/828236/pt>. Acedido em: 17/03/2015.
- Monte, M. H. F. M. (1996). Contributo para a utilização de águas residuais tratadas para irrigação em Portugal. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Mota, M.J., Brito, A.G. (1999). Estudo da Tratabilidade de um Efluente da Indústria Química por um Reactor SBR complementado por Reagente de Fenton. Universidade do Minho. Braga, Portugal.
- PNEUA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. (2012). Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- PNPRI – Plano Nacional de Prevenção dos Resíduos Industriais. (2001). Instituto Nacional Engenharia Tecnologia e Inovação.
- Quimitécnica (2013) Ficha de produto kemira PAX - XL 10 e Ficha de produto Kemira PAX-18. Disponível em: http://www.cuf.pt/irj/go/km/docs/cuf/pt/produtos/docs/FP_TAEP_114-01-

[01_Kemira_PAX-XL10.pdf](#)

e

http://www.cuf.pt/irj/go/km/docs/cuf/pt/produtos/docs/FP_TAEP_112-01-01_Kemira_PAX-18.pdf. Acedido em: 23/07/ 2015.

- Shimadzu Corporation. (s.d.) Total Organic Carbon Analyser – TOC – VCSH/CSN User Manual. Kyoto, Japan.
- Silva, M,M,M. (2010) Ensaios de coagulação floculação da água residual efluente à ETAR de Avis. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa 2010.
- Simões, C., Rosmaninho, I., Henriques, AG. (2008). Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais. Agência Portuguesa do Ambiente.
- Sirianuntapiboon, S., Jeeyachok, N., Larplai, R. (2005) Sequencing batch reactor biofilm system for treatment of milk industry wastewater. Journal of Environmental Management 76 177-183..
- Soares, T. F. L. (2009). Remoção da carga orgânica efluente à ETAR de Tolosa por coagulação-floculação química. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa.
- Sousa, R.J.V. (2005) Estratégias de Gestão de Lamas das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Extrusão de Lamas para aplicação na Agricultura; Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia; Porto.
- Standard Methods 9222 D. Fecal Coliform Membrane Filter Procedure (2003). Disponível em: http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_mlmanual_appendix-k.pdf. Acedido em: 02/05/2015.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012). 22st edition. American Public Health Association, American Water Works association and Water Environment Federation, Washington, DC, USA.
- Tian, J.R., Zhou, P.J., Lv, B. (2008). A process integration approach to industrial water conservation: A case study for a Chinese steel plant. Journal of Environmental Management 86, 682–687.
- Torra, A., Valero, F., Bisbal, J.L., Tous, J.F. (1998). Policloruro de aluminio en el proceso de potabilización de aguas superficiales. Tecnología Del Agua. Disponível em: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/policloruro.pdf> Acedido em: 23/07/ 2015.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. (1997). Aerobic Biological Wastewater Treatment Facilities.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. (2004). Guidelines for Water Reuse.
- Wisconsin Department of Natural Resources (2010) Advanced Activated Sludge Study Guide Disponível em: <http://dnr.wi.gov/regulations/opcert/documents/WWSGActSludgeADV.pdf>
- Zheng, H., G. Zhu, S. Jiang, T. Tshukudu, X. Xiang, Peng Zhang, Q. He (2011). "Investigations of coagulation–flocculation process by performance optimization, model prediction and fractal structure of flocs." Desalination 269 (1–3): 148-156.
- Zver, L.Z., Glavic, P. (2005). Water minimization in process industries: case study in beet sugar plant. Resources, Conservation and Recycling 43, 133–145.

ANEXOS

Anexo A. Evolução da Quantidade de Produtos Produzida entre 2010 e 2014.

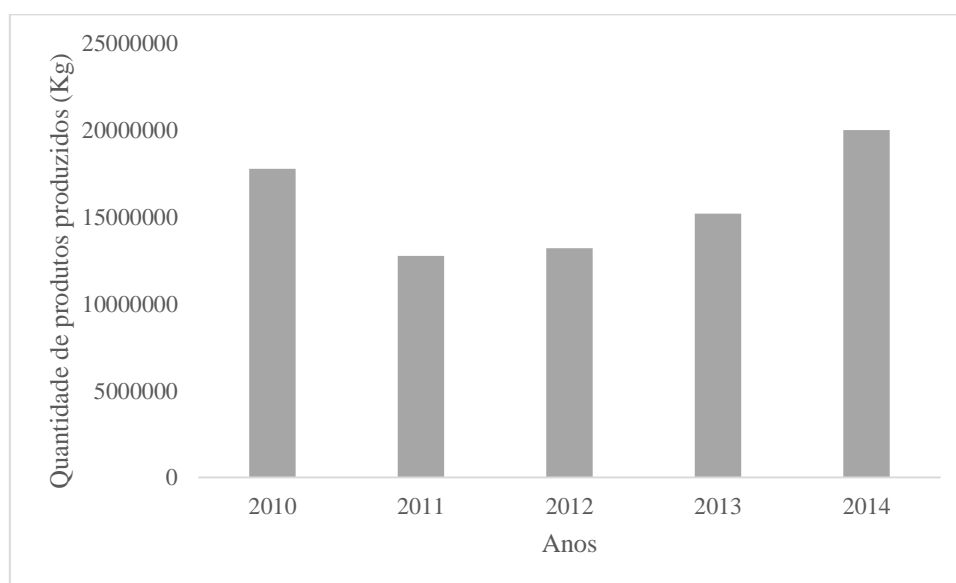


Figura A.1. - Evolução da Quantidade de Produtos Produzida no período compreendido entre 2010-2014.

Anexo B. Recursos Humanos entre 2010 e 2014.

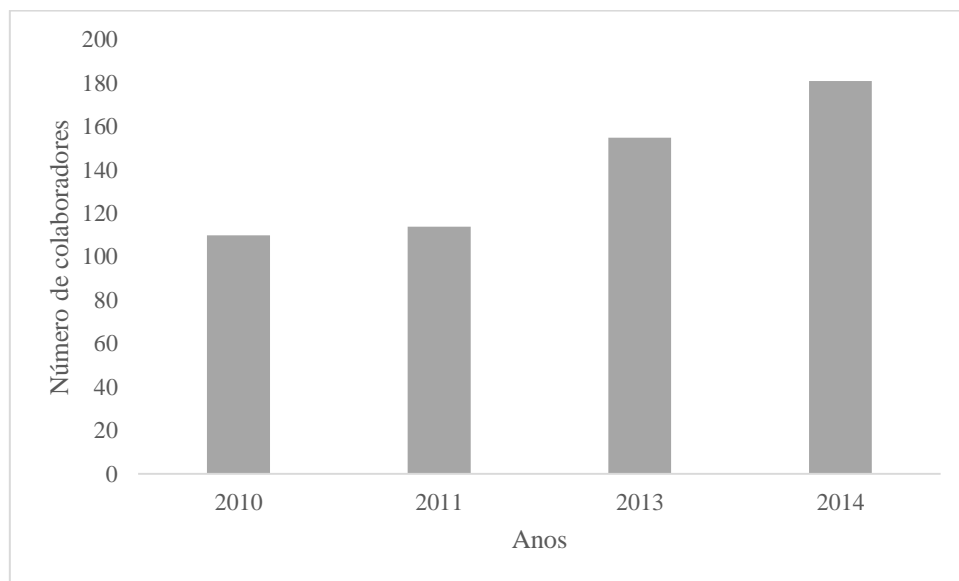


Figura B.1. - *Evolução dos recursos humanos no período compreendido entre 2010 e 2014*

Anexo C. Levantamento dos usos não industriais

Tabela C.1. – Levantamento dos usos não industriais

Lista de Água			
Localização	Utilização	Água do Furo	Água da Rede Pública
Edifício Toller	Instalação Sanitária Feminino	Sanita e Lavatório	
	Instalação Sanitária Masculino	Sanita	Lavatórios
	Instalação Sanitária Mista	Sanita	Lavatórios
	Copa		Banca
Balneários e Instalação Sanitária Produção Hotmelts, Solventes e Colas Brancas	Instalação Sanitária	Sanitas e Urinóis	Lavatórios
	Balneário		Chuveiros e Lavatórios
Produção Colas Brancas	Instalação Sanitária Feminino Produção	Sanita	Lavatórios
	Instalação Sanitária Masculino Produção	Sanitas e Urinóis	Lavatórios
	Instalação Sanitária Feminino Gabinetes	Sanita	Lavatórios
	Instalação Sanitária Masculino Gabinetes	Sanitas e Urinóis	Lavatórios
	Laboratório da Qualidade	Banca	
Edifício Novo	Balneário e Instalação Sanitária Masculino		Sanitas, Urinóis, Lavatórios e Chuveiros
	Balneário e Instalação Sanitária Feminino		Sanitas, Urinóis, Lavatórios e Chuveiros
	Instalação Sanitária Masculino Piso 0		Sanita e Lavatório
	Instalação Sanitária Feminino Piso 1		Sanita e Lavatorio
	Instalação Sanitária Masculino Piso 1		Sanita e Lavatorio
	Instalação Sanitária Feminino Piso 2		Sanita e Lavatorio
	Instalação Sanitária Masculino Piso 2		Sanita e Lavatorio
	Copa		Banca
	Laboratório Analítico		Banca
	Laboratório Técnico		Banca
	Laboratório Aplicações		Banca
	Laboratório Desenvolvimento		Banca

Anexo D. Limites de Descarga de Águas Residuais

Tabela D.1. – Limites de descarga de águas residuais no meio hídrico (DL 236/98 de 1 de Agosto) e no coletor municipal (Entidade Gestora)

Parâmetro	Expressão dos Resultados	DL 236/98 de 1 de Agosto	Entidade Gestora
Temperatura	°C	-	30
pH	Escala sôrensen	6,0-9,0	5,5-9,5
Condutividade 20°C	µS/ cm	-	3000
Cloretos	mg/ L	-	1000
Sulfatos	mg/ L SO ₄	2000	1000
Alumínio	mg/ L Al	10	10
Nitratos	mg/ L NO ₃	50	50
Nitritos	mg/ L NO ₂	-	10
Azoto Amoniacal	mg/ L NH ₄	10	60
Azoto Total	mg/ L N	15	90
Sulfuretos	mg/ L S	1,0	2,0
Óleos e gordura	mg/ L	15	100
Hidrocarbonetos totais	mg/ L	15	15
Fenóis	mg/ L C ₆ H ₅ OH	0,5	10
Boro	mg/ L B	-	1,0
Detergentes	mg/ L	2,0	50
Ferro	mg/ L Fe	2,0	2,5
Manganês	mg/ L Mn	2,0	2,0
Cobre	mg/ L Cu	1,0	1,0
Zinco	mg/ L Zn	-	5,0
Fósforo Total	mg/ L P	10	20
Sólidos Suspensos Totais	mg/ L	60	1000
Cloro Total	mg/ L Cl ₂	1,0	1,0
Prata	mg/ L Ag	-	1,5
Carência Química de oxigénio	mg/ L O ₂	150	1000
Carência Bioquímica de oxigénio 5	mg/ L O ₂	40	500
Estanho	mg/ L Sn	-	2,0
Cianetos totais	mg/ L CN	0,5	0,5
Crómio	mg/ L Cr	2,0	2,0
Crómio III	mg/ L Cr III	-	2,0
Crómio VI	mg/ L Cr VI	0,1	1,0
Chumbo	mg/ L Pb	1,0	1,0
Selénio	mg/ L Se	-	0,05
Vanádio	mg/ L V	-	10
Aldeídos	mg/ L	1,0	1,0
Acetaldeídos	mg/ L		--
Propionaldeído – ISQ – resi	mg/ L		--
Butiraldeído	mg/ L		--
Vareraldeído	mg/ L		--

Benzaldeído	mg/ L		--
Etilbenzeno	mg/ L C ₈ H ₁₀		8
Benzeno	mg/ L C ₆ H ₆		1,5
Di (2-Etilhexil)ftalato (DEPH)	mg/ L		--
Pesq. e Quant. de Coliformes fecais	UFC/ 100 mL	-	10 ⁸
Cheiro	-	Não detetável na diluição 1:20	--
Cor	-	Não visível na diluição 1:20	--

Anexo E. Análise dos relatórios de ensaio às Águas Residuais no período 2008-2014.

Nas figuras seguintes apresentam-se a evolução dos principais parâmetros analíticos analisados no efluente residual da H.B. Fuller Portugal - Produtos Químicos, S.A. no período 2008-2014, nomeadamente: pH, Carência Química de Oxigénio (CQO), Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅), Sólidos Suspensos Totais (SST), Óleos e gorduras, Ferro, Azoto Total e Fósforo Total.

As condições de amostragem foram as seguintes:

Tabela E.1. – Condições de amostragem da água residual no período entre 2008 e 2014

Data	Horário	Colheita	Tipo de Amostra	Preservação Amostra
27/11/2008	10:15	H.B. Fuller	Pontual	Refrigeração
17/12/2009	10:30	Técnico Lab.		Refrigeração
16/12/2010	10:00	Técnico Lab.		Refrigeração
07/12/2011	10:40	Técnico Lab.		Refrigeração
17/10/2012	09:45	Técnico Lab.		Refrigeração
09/10/2013	15:30	Técnico Lab.		Refrigeração
22/10/2014	16:00	Técnico Lab.		Refrigeração

pH

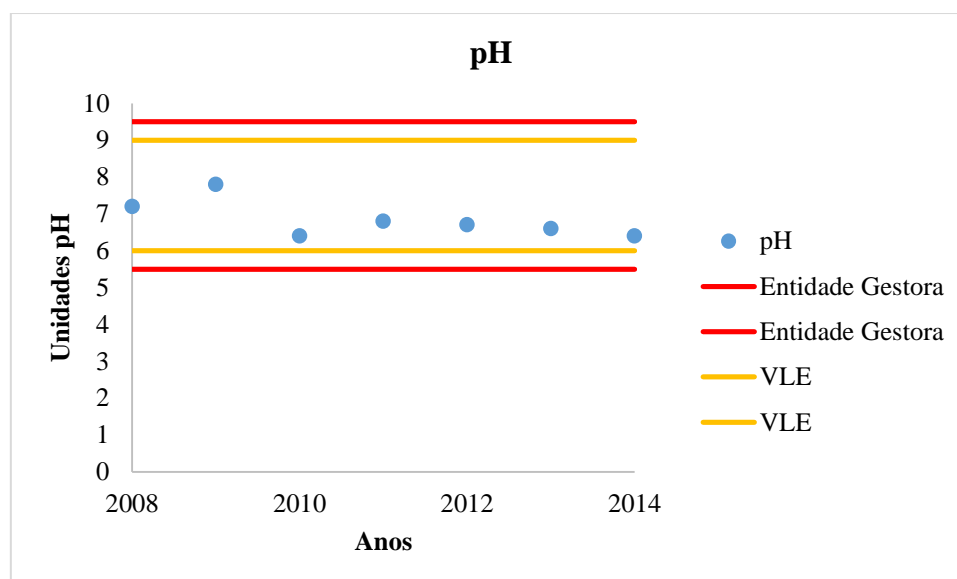


Figura E.1. – Evolução do parâmetro pH entre 2008-2014

Carência Química de Oxigênio

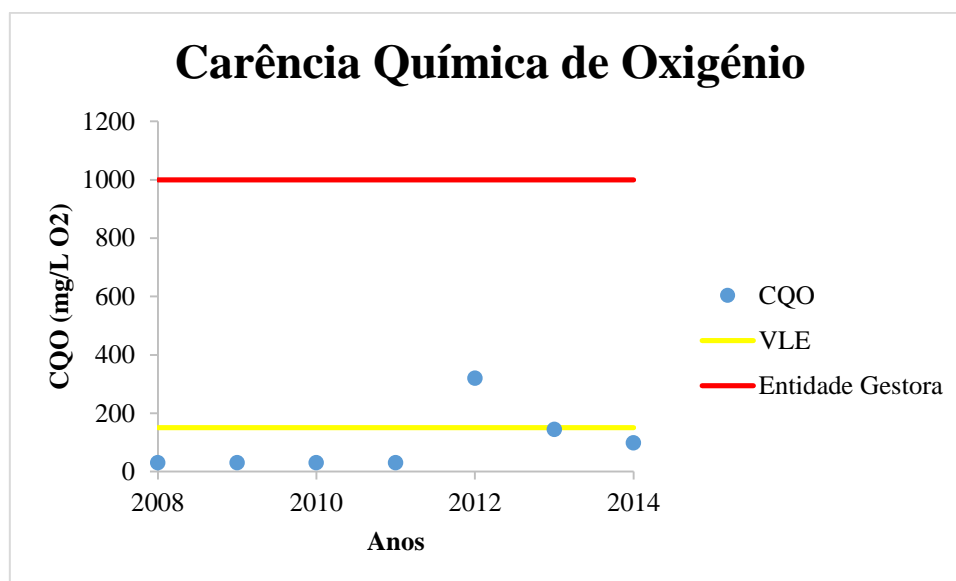


Figura E.2. – Evolução do parâmetro CQO entre 2008-2014

Carência Bioquímica de Oxigênio

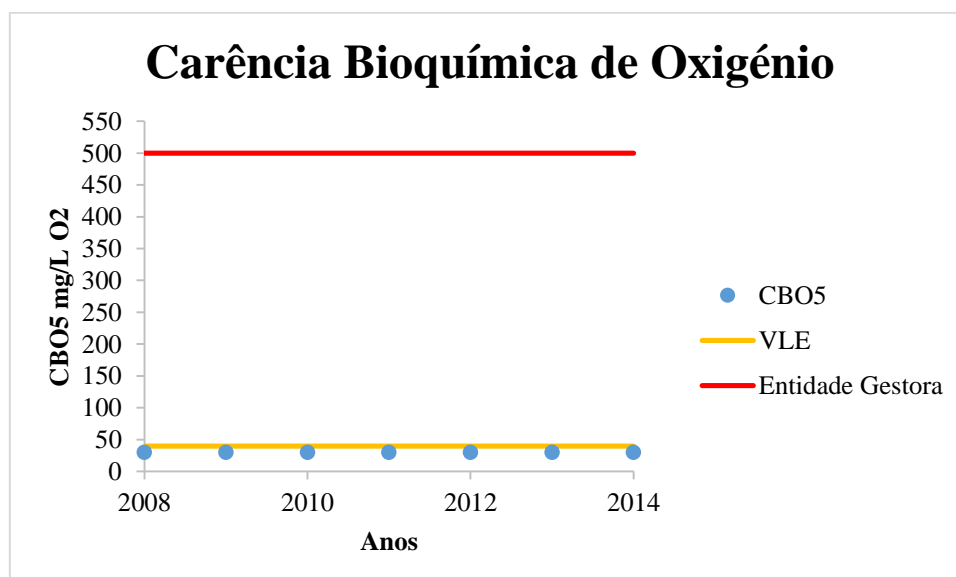


Figura E.3. – Evolução do parâmetro CBO₅ entre 2008-2014

Sólidos Suspensos Totais

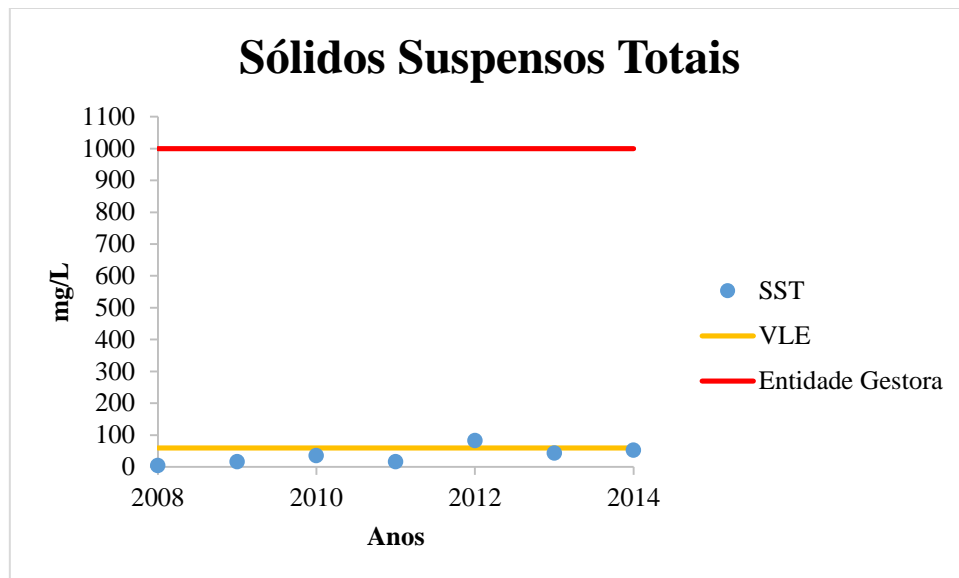


Figura E.4. – Evolução do parâmetro SST entre 2008-2014

Óleos e Gorduras

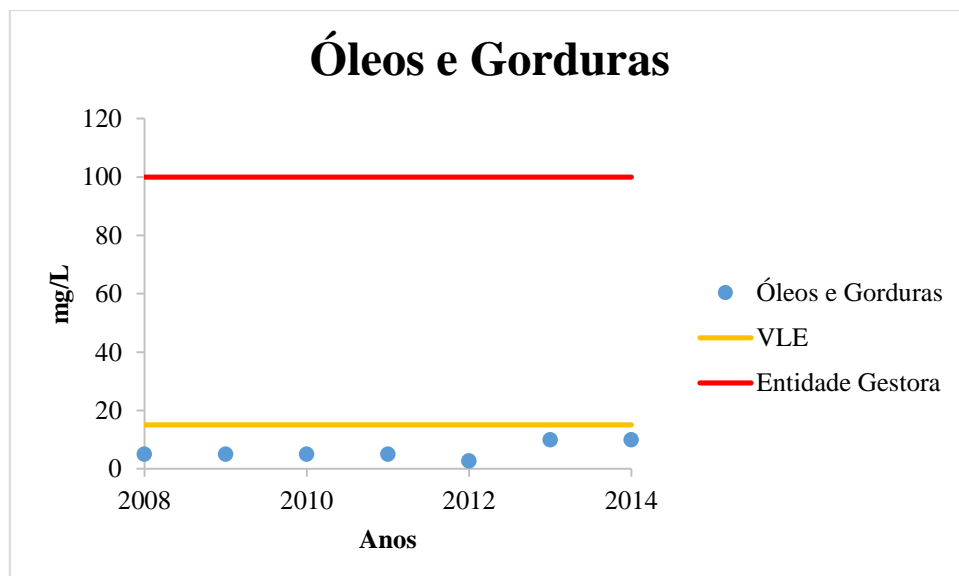


Figura E.5. – Evolução do parâmetro óleos e gorduras entre 2008-2014

Ferro

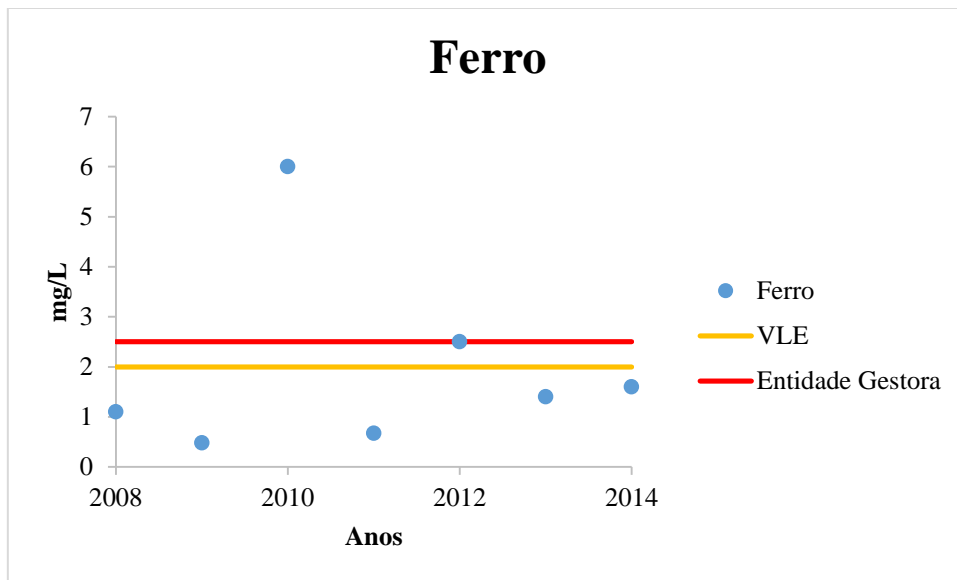


Figura E.6. – Evolução do parâmetro ferro entre 2008-2014

Azoto Total

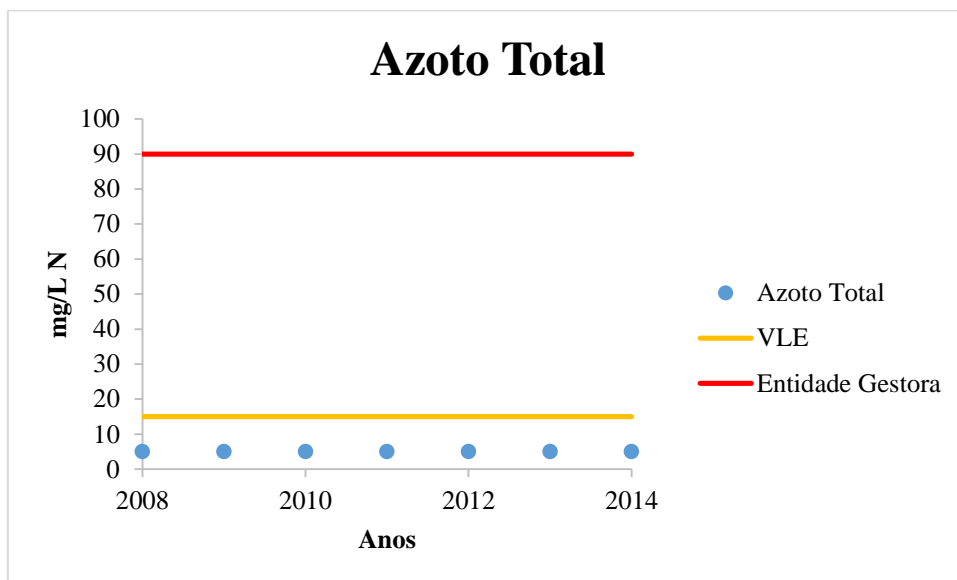


Figura E.7. – Evolução do parâmetro azoto total entre 2008-2014

Fósforo Total

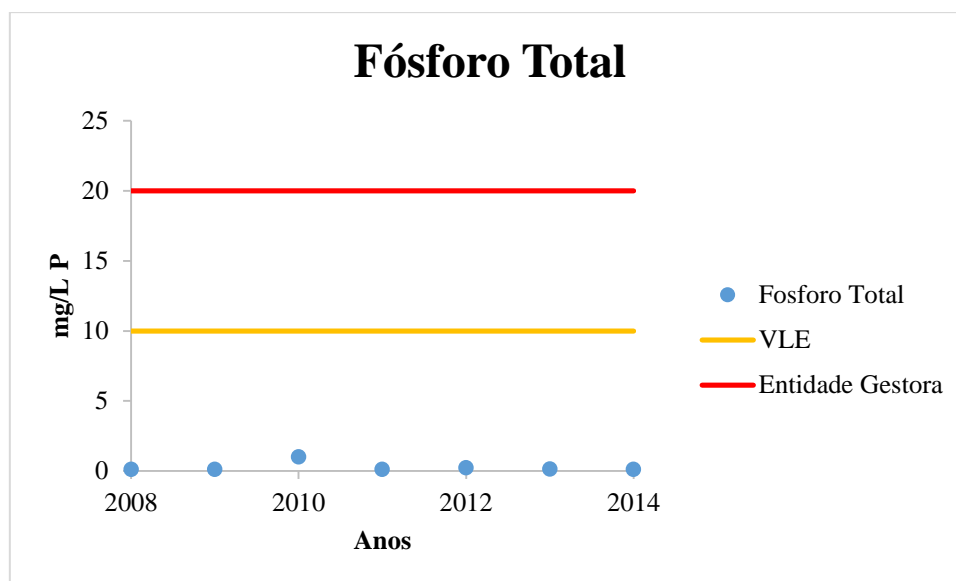


Figura E.8. – Evolução do parâmetro fósforo total entre 2008-2014

Pela análise das figuras conclui-se que, à exceção do ferro os resultados dos restantes parâmetros encontram-se inferiores aos valores admissíveis (VA) pela entidade gestora. Relativamente valores limite de emissão (VLE) constantes do Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto apenas o Ferro, CQO e SST encontram-se superiores.

Anexo F. Análise dos parâmetros Turvação e Dureza Total da Água de Consumo do furo AC2 no período 2013-2015.

As condições de amostragem foram as seguintes:

Tabela F.1. – Condições de amostragem da água do furo AC2 entre 2013 e 2015

Data	Horário	Colheita	Tipo de Amostra	Preservação Amostra
09/01/2013	11:00	Técnico Lab.	Pontual	Refrigeração
16/04/2014	09:30	Técnico Lab.		Refrigeração
08/04/2015	10:00	Técnico Lab.		Refrigeração

Turvação

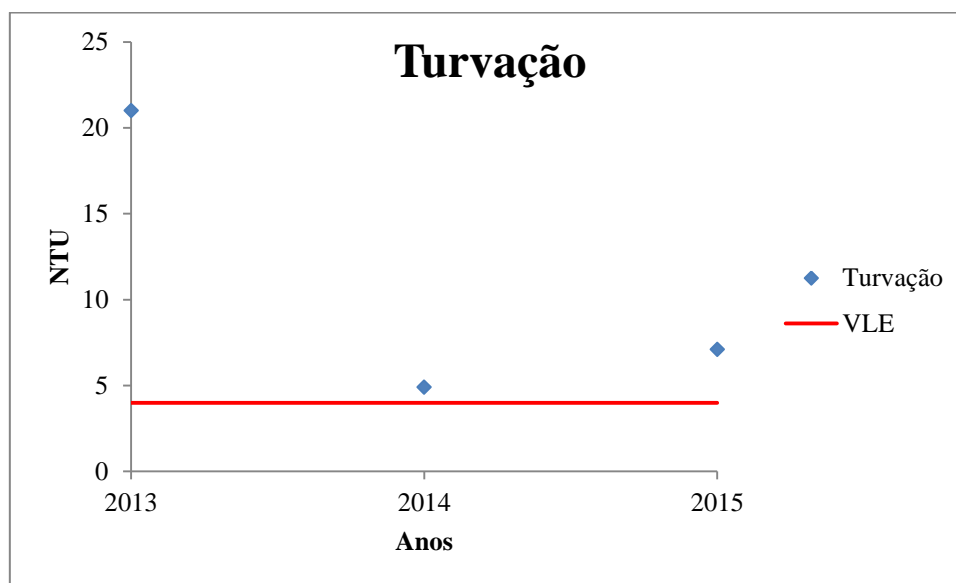


Figura F.1. – Evolução do parâmetro turvação entre 2013-2015

Dureza Total

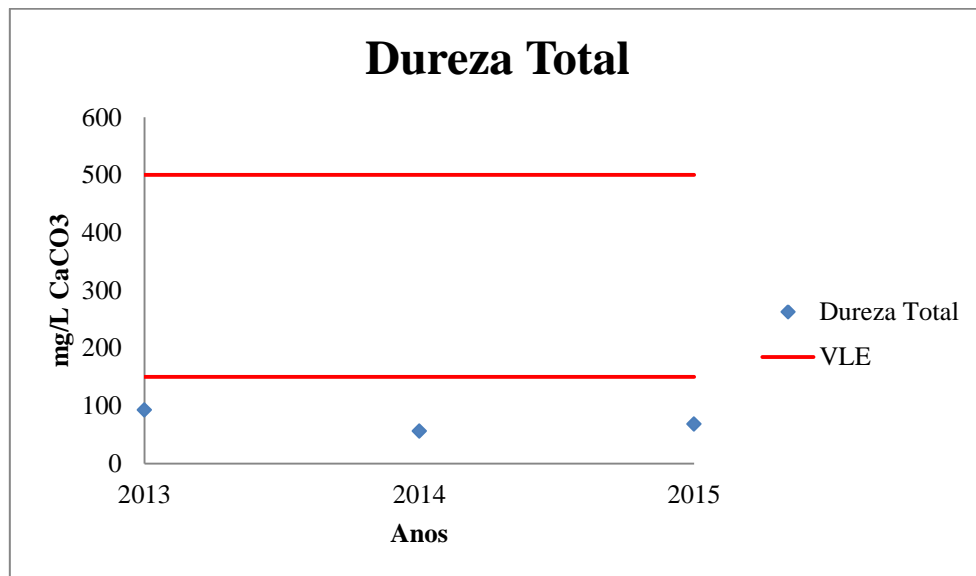


Figura F.2. – Evolução do parâmetro dureza total entre 2013-2015

Pela análise das figuras verifica-se que a água extraída do furo AC2 apresenta níveis de turvação superiores ao valor paramétrico estabelecido no Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto. Relativamente à dureza total, os valores são inferiores ao definido no referido diploma.

Anexo G.1. Ficha do Produto PAX - XL 10



FICHA DE PRODUTO Kemira PAX- XL10

1. IDENTIFICAÇÃO

NOME QUÍMICO: Kemira PAX- XL10

FÓRMULA QUÍMICA: $Al_n(OH)_m(SO_4)_xCl_{(3n-m-2x)}$

N.º CAS: 39290-78-3

COMPOSIÇÃO: Solução polihidroxiclorosulfato de alumínio

2. CARACTERÍSTICAS

► O Kemira PAX- XL10 é uma solução amarelada límpida, com cheiro insignificante, completamente solúvel em água.

► O produto mantém-se estável durante aproximadamente seis meses.

Especificações produto:

	VALOR
Aparência	Líquido claro
Alumínio (AL ³⁺), %	5,0 ± 0,3
Al ₂ O ₃ , %	9,5 ± 0,3
Basoidade, %	65 ± 5
Densidade, g/cm ³	1,23 ± 0,02

Análise típica:

	VALOR
Substância activa, moles/kg	Aprox. 1,8
Ferro (Fe tot.), %	< 0,01
Sulfato (SO ₄ ²⁻), %	1,2 ± 0,5
Cloretos (Cl ⁻), %	11,5 ± 1
Insolúveis, %	< 0,1
pH (20°C)	3 ± 0,5
Ponto cristalização, °C	- 10
Viscosidade (20°C), mPas	< 20

PARÁMETRO	VALOR
Arsénio (mg/Kg PAX-XL 10)	< 0,74
Cádmio (mg/Kg PAX-XL 10)	< 0,16
Crómio (mg/Kg PAX-XL 10)	< 1,6
Mercurio (mg/Kg PAX-XL 10)	< 0,21
Níquel (mg/Kg PAX-XL 10)	< 1,1
Chumbo (mg/Kg PAX-XL 10)	< 2,1
Antimónio (mg/Kg PAX-XL 10)	< 1,1
Selénio (mg/Kg PAX-XL 10)	< 1,1

O Kemira PAX-XL10 obedece à norma EN 883 -Tipo 1

3. APLICAÇÕES

► A principal aplicação do Kemira PAX- XL10 é na floculação primária de águas.

4. BENEFÍCIOS

► Apresenta excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica, e actua num amplo intervalo de pH (5-10).

► Permite a redução do alumínio residual nas águas tratadas.

► Tem comportamento satisfatório a baixas temperaturas.

5. APRESENTAÇÃO

O Produto pode ser comercializado sob a forma:

- Granel
- Embalado

6. HIGIENE, SEGURANÇA E AMBIENTE

Baseado na informação toxicológica disponível, determinou-se que este produto não apresenta riscos para a saúde, quando manipulado correctamente. Informação sobre a sua utilização, forma de manipulação, bem como informações sobre segurança e ambiente pode ser encontrada na ficha de segurança, que pode ser obtida pedindo à **QuimiTécnica.com, S.A.**

7. FABRICANTE:

AQP- Aliada Quimica de Portugal, Lda

8. DISTRIBUIDOR:

QUIMITÉCNICA.com, S.A.

9. LOCAL FABRICO:

Estarreja- Aveiro - Portugal

Anexo G.2. Ficha do Produto PAX 18



FICHA DE PRODUTO Kemira PAX-18

1. IDENTIFICAÇÃO

NOME QUÍMICO: Kemira PAX-18

FÓRMULA QUÍMICA: $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$

N.º CAS: 1327-41-9

COMPOSIÇÃO: Solução de polihidroxiclreto de alumínio.

2. CARACTERÍSTICAS

► O Kemira PAX-18 é uma solução amarelada límpida, com cheiro insignificante, completamente solúvel em água (a 20°C) e insolúvel em solventes orgânicos.

► O produto mantém-se estável durante aproximadamente seis meses. **Recomenda-se, que cada seis meses, seja efectuada uma vistoria ao interior do depósito, para detectar possível precipitação. Se esta for evidente o depósito deverá ser lavado**

Especificação produto:

	VALOR
Aparência	Líquido amarelado
Alumínio (Al ³⁺), %	9,0 ± 0,3
Al ₂ O ₃ , %	17,0 ± 0,6
Basicidade, %	42 ± 3
Densidade, g/cm ³	1,37 ± 0,03

Análise típica:

	VALOR
Substância activa, moles/kg	Aprox. 3,3
Ferro (Fe tot.), %	< 0,01
Cloratos (Cl ⁻), %	21 ± 1
Viscosidade (20°C), mPas	35 ± 10
pH (20°C)	< 1
Ponto cristalização, °C	- 20

PARÂMETRO	VALOR
Arsénio (mg/Kg PAX-18)	1,2
Cádmio (mg/Kg PAX-18)	0,26
Crómio (mg/Kg PAX-18)	2,6
Mercurio (mg/Kg PAX-18)	0,35
Níquel (mg/Kg PAX-18)	1,7
Chumbo (mg/Kg PAX-18)	3,5
Antimónio (mg/Kg PAX-18)	1,7
Selénio (mg/Kg PAX-18)	1,7

O KEMIRA PAX 18 está de acordo com a norma EN 883 TIPO 1

Parque Empresarial do Barreiro, Rua 35 n.º 27
Caleja Postal 5106 – 2831-904 BARREIRO
TELEFONE: 212 069 100 – FAX: 212 069 196

FP TAEP 112-01
ED 01
14.04.2013
PÁG. 1/1

3. APLICAÇÕES

► Como coagulante no tratamento de água potável, industrial e efluentes industriais.

► Como agente de colagem e retenção no fabrico de papel.

► Como matéria-prima no fabrico de blend para tratamento de efluentes industriais (Ex.:Cerâmica, Têxtil,...).

4. BENEFÍCIOS

► Apresenta excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica, e actua num amplo intervalo de pH (5-10).

► Tem comportamento satisfatório a baixas temperaturas.

► Permite encolar a pH neutro.

5. APRESENTAÇÃO

O Produto pode ser comercializado sob a forma:

- Granel
- Embalado

6. Higiene, Segurança e Ambiente

Baseado na informação toxicológica disponível, determinou-se que este produto não apresenta riscos para a saúde, quando manipulado correctamente. Informação sobre a sua utilização, forma de manipulação, bem como informações sobre segurança e ambiente pode ser encontrada na ficha de segurança, que pode ser obtida pedindo à Quimitecnica.com, S.A.

7. PRODUTOR:

AQP- Aliada Química Portugal, Lda

8. DISTRIBUIDOR:

QUIMITÉCNICA:com,S.A.

9. LOCAL FABRICO:

Estarreja- Aveiro- Portugal

Anexo G.3. Ficha do Produto Ambifloc 5601 UJJ



Técnicas de Tratamentos de Águas Lda

FICHA DE SEGURANÇA

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

Nome do Produto: **AMBIFLOC® 5601 UJJ**

Fornecedor: **SNF/AMBIENTÁGUA**
Rua do Convento, 144 – Apartado 298
4780 – 427 Santo Tirso
Tel.: 252 852713
Fax: 252 853085

Utilização do produto: Tratamento de águas residuais e de processo

2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Indicação de perigos:
Derrames de soluções aquosas ou do produto em pó molhado, produzem superfícies extremamente escorregadias.

3. COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

Identificação da preparação: Polímero catiónico solúvel em água

Componentes regulamentados:

Nome químico	N.º CE	Classificação	Peso %
Ácido sulfâmico	228-218-8	Xi, R36/38; R52/53	< = 2,5
Ácido adipico	204-673-3	R36	< = 2,5

Caso constem substâncias perigosas, no capítulo 16, encontram-se mencionados os símbolos de perigosidade e as frases R.

4. PRIMEIROS SOCORROS

Inalação: Nenhum perigo que necessite de medidas de primeiros socorros especiais

Contacto com a pele: Como precaução lavar com água e sabão. No caso de irritação persistente na pele, consultar um médico.

Contacto com os olhos: Lavar abundantemente com água corrente, também debaixo das pálpebras. No caso da irritação dos olhos persistir, consultar um médico.

Ingestão: Sem perigo que necessite de medidas de primeiros socorros especiais. O produto não é considerado tóxico, segundo estudos efectuados em animais.

5. MEDIDAS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

Meio adequado de extinção: Água, pulverização de água, espuma, dióxido de carbono, pó seco.

Precauções especiais na extinção do fogo: Derrames da solução ou do produto em pó molhado, produzem superfícies extremamente escorregadias.

Equipamento de protecção especial para os bombeiros: Não é necessário.

6. MEDIDAS PARA DERRAMES ACIDENTAIS

Precauções individuais:

Não é necessária nenhuma em especial.

Precauções ambientais:

Tomar as medidas de segurança habituais aplicáveis ao uso de produtos químicos. Não efectuar limpezas com água sob pressão. Não contaminar cursos de água.

Métodos de limpeza:

Não lavar com água. Limpar ou aspirar tudo rapidamente. Guardar em recipientes adequados e fechados para eliminar. Depois da limpeza, lavar os resíduos de produto com água.

7. MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

Manuseamento:

Evitar o contacto com a pele e os olhos. Evitar a formação de pó. Não respirar o pó. Lavar as mãos no final de cada utilização.

Armazenagem:

Manter o produto num local seco e fresco (0 - 35°C).

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO / PROTECÇÃO PESSOAL

Medidas de engenharia para evitar exposições:

Usar locais com exaustão, se ocorrerem poeiras. É adequada ventilação natural, na ausência de poeiras.

Equipamento de protecção pessoal:

- **Protecção das vias respiratórias:** Recomenda-se máscara de segurança contra poeiras em locais com concentração de pó superior 10 mg / m³.

- **Protecção das mãos:** Usar luvas de borracha

- **Protecção dos olhos:** Óculos de segurança com anteparos laterais. Evitar o uso de lentes de contacto.

- **Protecção da pele e do corpo:** Fato-macaco ou avental resistentes a produtos químicos, quando o contacto com a solução ou com o produto é frequente.

Medidas de higiene:

Lavar as mãos após o manuseamento do produto. Manusear de acordo com as regras de higiene e segurança.

9. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Forma:	granular, sólida
Cor:	branca
Odor:	nenhum
Ponto de fusão(°C):	Não se aplica
Temperatura de auto-ignição(°C):	Não se aplica
Pressão de vapor (mm Hg):	Não se aplica
Solubilidade em água:	Miscível
LogPow:	0

10. ESTABILIDADE E REACTIVIDADE

Estabilidade: O produto é estável. Não ocorrem polimerizações perigosas.

Materiais a evitar: Agentes oxidantes podem causar reacções exotérmicas.

Produtos perigosos de decomposição: Decomposições térmicas podem produzir: óxidos de nitrogénio (NO_x), óxidos de carbono e cloreto de hidrogénio.

11. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

Toxicidade aguda:

-**Oral:** DL50/oral/rato > 5000 mg/kg .

-**Dérmica:** Testes efectuados em coelhos, mostraram que este produto não é tóxico, mesmo em doses elevadas

-**Inalação:** O produto não é suposto ser tóxico por inalação.

Irritação:

-**Pele:** Testes laboratoriais, mostraram que o produto não é irritante para a pele.

-**Olhos:** Testes efectuados, segundo a técnica Draize, mostraram que o material não produz efeitos na córnea. Pode apenas causar uma situação transitória de conjuntivite, idêntica às que ocorrem com qualquer material granular.

Sensibilização: Testes efectuados em porcos da Guiné, mostraram que este material não é sensibilizante

Toxicidade crónica: Estudos durante dois anos consecutivos, alimentando ratos, não revelaram efeitos adversos à sua saúde. Um ano alimentando cães, não revelou efeitos adversos à sua saúde.

Componentes regulamentados:

Toxicidade aguda:

Nome químico	Oral	Dermal	Inalação
Ácido sulfâmico	DL50/oral/ratas = 3180 mg/kg	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis
Ácido adipico	DL50/rato > 5000 mg / kg	DL50/coelho > 5000 mg / kg	CL50/4 h/ratas > 7.7 mg / L

Irritação:

Nome químico	Pele	Olhos
Ácido sulfâmico	Irritante para a pele	Irritante para os olhos
Ácido adipico	Não é irritante	Irritante para os olhos

Sensibilização:

Nome químico	Sensibilização
Ácido sulfâmico	Não existe informação disponível
Ácido adipico	Não sensibilizante

12. INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

Toxicidade aquática aguda

- **Peixes:** CL50/DANIO rerio / 96 horas > 10 - 100 mg/l (OCDE 203)
- **Daphnids:** CE50/Daphnia magna / 48 horas > 50 mg/l (OCDE 202)
- **Algas:** Testes de inibição de algas. As características de flocculação do produto interferem directamente no meio do teste, impedindo a distribuição homogénea, a qual invalida o teste.

Destino ambiental

- **Hidrólise:** A pH's naturais (> 8) o polímero degrada-se devido à hidrólise de mais de 70 % em 28 dias. A hidrólise do produto não é prejudicial aos organismos aquáticos
- **LogPow:** 0
- **Bioacumulação:** Não é bioacumulável

Outra informação

- Os efeitos deste produto sobre os organismos aquáticos são significativamente mitigados pela presença de carbono orgânico dissolvido, no ambiente aquático.

Componentes regulamentados:

Toxicidade aquática:

Nome químico	Toxicidade para os peixes	Toxicidade para dafnia	Toxicidade para algas
Ácido sulfâmico	CL50 / 96 h = 70.3 mg/l	CE50 / 48 h > 5000 mg/l	Dados não disponíveis
Ácido adipico	CL50 / 96 h = 97 mg/l	CE50 / 48 H = 85.6 mg/l	CE50 / 72 h = 31.3 mg/ l

Destino ambiental:

Nome químico	Persistência e degradabilidade	Hidrólise	LogPow	Bioacumulação
Ácido sulfâmico	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis
Ácido adipico	Não é rapidamente biodegradável	Dados não disponíveis	0.093	Não se bioacumula

13. CONSIDERAÇÕES DE ACONDICIONAMENTO

Resíduos / produto inutilizado: Agir de acordo com a legislação local e nacional.

Embalagens contaminadas: Lavar os recipientes vazios com água e usar a água de lavagem para preparação da solução de trabalho. Pode-se recorrer aos aterros municipais ou a uma incineradora para eliminar as embalagens, se as leis locais assim o permitirem.

14. INFORMAÇÃO SOBRE TRANSPORTE

Não é classificado como perigoso, segundo os regulamentos de transporte.

ADR / RID

Não é classificado como perigosos em termos de regulamentação ADR/RID

IMDG / IMO

Não é classificado como perigosos em termos de regulamentação de transporte IMDG / IMO

ICAO / IATA

Não é classificado como perigosos em termos de regulamentação de transporte ICAO / IATA

15. INFORMAÇÃO REGULAMENTAR

Classificação e rotulagem:

O produto não é um artigo perigoso e não necessita ser etiquetado, segundo as Directivas da Comunidade Europeia.

Inventários internacionais:

UNIÃO EUROPEIA (REACH): Todos os componentes deste produto foram pré registados ou registados na Agencia Química Europeia, ou estão isentos de registo

TSCA (USA): Todos os componentes deste produto, ou estão listados no inventário, ou dispensados da listagem.

DSL (Canada): De todos os componentes deste produto, um está listado no inventário, o outro está dispensado da listagem.

AICS (Austrália): De todos os componentes deste produto, um está listado no inventário, o outro está dispensado da listagem.

MITI (Japão): De todos os componentes deste produto, um está listado no inventário, o outro está dispensado da listagem.

IECSC(China): De todos os componentes deste produto, um está listado no inventário, o outro está dispensado da listagem.

ECL (Coreia do Sul): De todos os componentes deste produto, um está listado no inventário, o outro está dispensado da listagem.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

Outras informações:

Texto das frases R referidas na secção 3

Xi – irritante

R36 – Irritante para os olhos

R 36/38 – Irritante para olhos e pele

R 52/53 – Nocivo para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático.

Esta ficha de segurança foi elaborada de acordo com o seguinte:

Directiva 1999/45/CE

Directiva 67 / 548 / CEE

Regulamento N.º CE 1272/2008

REGULAMENTO CE N.º 1907/2006

A informação disponível nesta ficha de segurança está baseada no nosso estado de conhecimento actual sobre o produto e é dada de boa fé. Esta informação é destinada apenas como guia para um manuseamento seguro, utilização, armazenagem, transporte, eliminação e não constitui uma garantia da qualidade das especificações. Esta informação é relativa apenas a designação específica do produto, podendo não ser válida para este material ser usado em combinação com outro qualquer ou nalgum processo, a não ser que tenha sido especificado no texto.

Anexo G.4. Ficha do Produto Superfloc



FICHA DE SEGURANÇA SUPERFLOC

FS TAE 13-02 Pag. 1/8 Ed. 06 Data: Nov. 2014

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

1.1 Identificação da substância

Nome do Produto: Superfloc série N/A: Poliacrilamidas iónicas e não iónicas em pó (N-100, A-100, A-110, A-120, A-130, A-150, produtos PWG incluídos) , Superfloc 8535, 8545, 8555, ,8556 , 8565 e 8585
Superfloc série A HMW: Poliacrilamidas aniónicas em pó (A-100 HMW, A-110 HMW, A-120 HMW, A-130 HMW, A-150 HMW)

1.2 Utilização da substância

Principais aplicações: O produto é utilizado para melhorar a velocidade de sedimentação das partículas na separação sólido-líquido no tratamento de água potável, industrial e de efluentes.

1.3 Identificação da Empresa

Fornecedor: QuimiTécnica.com - Comércio e Indústria Química, S.A.

Endereço: Rua 35, nº 27 A - Parque Empresarial do Barreiro

Caixa Postal 5106 2831-904 Barreiro

Telefone: 21 206 9100

Fax: 21 206 9196

E.mail: quimitecnica.com@quimitecnica.pt

1.4 Número de telefone de emergência

QuimiTécnica.com: 21 206 91 00

Telefone do Centro de Informação Anti-Venenos: 808 250 143 INEM: 112

2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Os derrames deste produto são muito escorregadios.

3. COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

Este produto não contém componentes classificados como perigosos.

4. PRIMEIROS SOCORROS

4.1. Inalação de poeiras

O produto não deverá causar danos, se inalado. Em caso de inalação de partículas, ir para uma zona arejada.

4.2. Contacto com a pele

Remover as roupas contaminadas. Lavar com água corrente e sabão.

4.3. Contacto com os olhos

Com as pálpebras abertas, lavar imediatamente com água corrente durante, pelo menos, 15 minutos.

4.4. Ingestão

O produto não deverá causar danos quando ingerido. Pode causar vômitos em caso de ingestão de quantidades muito elevadas.

5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

5.1. Meios adequados de extinção

Spray de água, pó químico, ou dióxido de carbono.

5.2. Riscos especiais

Existe risco de explosão se as poeiras estiverem dispersas no ar em concentração suficiente e existir uma fonte de ignição.

5.3. Equipamento de protecção para combate ao incêndio

O pessoal de combate ao incêndio deve utilizar equipamento autónomo de respiração de pressão positiva e vestuário de protecção de combate a incêndios (capacete, casaco, calças, luvas e botas).

6. MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGA ACIDENTAL

6.1. Precauções pessoais

Utilizar o equipamento de protecção adequado. Ver 8.

6.2. Precauções ambientais

Evitar a sua entrada nos esgotos ou nas águas de superfície.

6.3. Métodos de limpeza

Recolher o produto derramado para contentor apropriado. Evitar a formação de poeiras. O produto é muito escorregadio quando se encontra húmido.

7. MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

7.1. Manuseamento

Manusear de acordo com as boas praticas industriais de higiene e segurança. O produto é higroscópico. Proteger da humidade.

7.2. Armazenagem

Armazenar no recipiente original

Material de embalagem: para evitar a degradação do produto e a corrosão do equipamento , não utilizar contentores ou um equipamento de ferro, de cobre ou de alumínio.

Materiais a evitar: agentes oxidantes fortes

Estabilidade de armazenamento: temperatura de stock 5- 27°C

8. CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL

Limite de exposição:

VLE-MP = 0,03 mg/m³ , Fracção inalável ; P: Perigo de adsorção cutânea

Controlo de exposição:

Controlo de exposição profissional:

Manusear de acordo com as boas praticas industriais de higiene e segurança. Lavar as mãos e a cara antes de interrupção do trabalho e após manusear o produto. Evitar o contacto com a pele e os olhos. Não respirar as poeiras. Assegurar-se que o produto para lavar os olhos e que os chuveiros de segurança estão perto do lugar de trabalho.

Protecção respiratória

Recomenda-se máscara de segurança contra poeiras em locais com concentração de pó superior a 10 mg/m³

Protecção das mãos

Substancia de luva : borracha de nitrilo

É favor observar as instruções relativas à permeabilidade e ao tempo de afloramento que são fornecidas pelo fornecedor das luvas. Também tome em consideração as condições específicas locais sob as quais o produto é utilizado , como perigo de cortes e abrasão e o tempo de contacto.

Protecção dos olhos

Utilizar óculos de protecção.

Protecção do corpo e da pele:

Fato de protecção

9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Informações gerais (aspecto e cheiro)

Aspecto:	Sólido
Cor:	Branco
Odor:	Inodoro

Dados importantes para a saúde , a segurança e o ambiente

pH	não aplicável
Propriedades explosivas:	
Limite de explosão , inferior	dados não disponíveis
Limite de explosão, superior	dados não disponíveis
Densidade da massa:	650 – 850 g/l
Solubilidade (s):	
Hidrossolubilidade	limitada pela viscosidade
Coefficiente de partição n-octanol/água	dados não disponíveis

Outras informações:

Decomposição térmica	> 150 °C
Temperatura de auto-ignição	> 150 °C

10. ESTABILIDADE E REACTIVIDADE

Condições a evitar:

Substancia é estavel sob condições normais

Decomposição térmica > 150 °C

Materiais a evitar:

Agentes oxidantes fortes

Reacções perigosas: não ocorre polimerização perigosa

Produtos de decomposição perigosa:

Amoníaco, Óxidos de carbono, Óxidos de azoto (NOx)

11. INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

Toxicidade aguda:

Os resultados toxicológicos agudos exibidos podem não ser os resultados dos testes reais desta substancia , mas baseados numa substancia semelhante testada.

DL₅₀ (via oral, rato): > 5.000 mg/kg

DL₅₀ (cutânea, coelho): > 10.000 mg/kg

CL₅₀ (inalação, 4h, rato): > 20 mg/l (4 horas)

Irritação ou corrosão:

Pele: Não provoca irritação da pele

Olhos: Não irrita os olhos

Sensibilização:

Não sensibilizador

Toxicidade a longo prazo:

Toxicidade por dose repetida

12. INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

Efeitos de ecotoxicidade

Toxicidade aquática

As informações ecotoxicológicas fornecidas são baseadas num produto estruturalmente ou de composição similar. Esta substância não é classificada como perigosa para o meio.

CL50/90 h/Branchydanio rerio (peixe zebra) /Toxicidade aguda /OECD TG 203 : > 100 mg/l

Observações: água fresca

CE50/48 h/Daphnia magna/Imobilização/OECD TG 202: > 100 mg/l

CL50/72 h/Selenastrum capricornutum)/Inibição do crescimento /OECD TG 201: > 100 mg/l

Toxicidade para outros organismos:

Dados não disponíveis

Mobilidade

Hidrossolubilidade : limitado pela viscosidade

Persistência e degradabilidade

Degradação biológica:

Teste de libertação de dióxido de carbono/OECD TG 301B/28 d: < 70%

Teste de frasco fechado/OECD TG 301 D/28 d: < 70%

O ingrediente polimérico não é rapidamente biodegradável. Por causa do alto peso molecular do polímero , a difusão através das membranas biológicas é muito pequena

Carência química de oxigénio (CQO) : 0,38 mg/mg

Potencial de bioacumulação

Coefficiente de partição n-octanol/água : dados não disponíveis

Outros efeitos adversos:

Dados não disponíveis

13. QUESTÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

Produto : Se a reciclagem não for praticável, eliminar de acordo com a regulamentação local

14. INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE

Número ONU

Grupo de embalagem

Transporte rodoviário : Produto não perigoso segundo regulamento de transporte

Transporte marítimo: Produto não perigoso segundo o regulamento de transporte

Transporte aéreo: Produto não perigoso segundo o regulamento de transporte

15. INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

Informação sobre a etiqueta de aviso:

Simbolo (s): nenhuma

Fraes(s) – R nenhum (a)

Outras informações:

O produto é classificado e etiquetado de acordo com as directivas da CE

S82: Derrames são muito escorregadios quando molhados

Notificação de estado : todos os componentes deste produto estão incluídos no Inventário Europeu de Substâncias Químicas Existentes (EINECS) ou não são requeridos para serem listados no (EINECS) .

Notificação de estado : todos os componentes deste produto estão incluídos no Inventário Europeu de Substâncias Químicas Existentes (EINECS) ou não são requeridos para serem listados no Inventário químico TSCA.

Notificação de estado : todos os componentes deste produto estão incluídos na Lista de Substâncias Domésticas (DSL) ou não são requeridos para serem listados na DSL

- Notificação de estado :** todos os componentes deste produto estão incluídos no inventário Australiano das substâncias químicas (AICS) ou não são necessários constar no mesmo
- Notificação de estado :** todos os componentes deste produto estão incluídos no inventário Chinês ou não são necessários constar no mesmo
- Notificação de estado :** todos os componentes deste produto estão incluídos no inventário Japonês (ENCS) ou não são necessários constar no mesmo
- Notificação de estado :** todos os componentes deste produto estão incluídos no inventário Coreano(ECL) ou não são necessários constar no mesmo
- Notificação de estado :** todos os componentes deste produto estão incluídos no inventário Filipino (PICCS) ou não são necessários constar no mesmo

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

Recomendações de formação profissional

Ler a folha de dados de segurança antes de utilizar o produto

Restrições de utilização

Dados não disponíveis

Outras informações

A informação fornecida nesta ficha de segurança é a mais correcta de que dispomos até à data da sua publicação. A informação prestada destina-se apenas a dar conselhos que propoçionem uma utilização , manuseamento, processamento ,armazenamento , transporte e eliminação seguros e não deve ser considerada uma garantia ou especificação de qualidade.

A informação refere-se apenas ao produto designado e , a menos que tal seja especificado no texto , pode não ser válida se o mesmo produto for utilizado em qualquer combinação com outros produtos ou processos.

Fontes dos principais dados utilizados na elaboração da ficha

Regulações, bases de dados, literatura , testes próprios