



Valorização e integração de resíduos na indústria cerâmica de sanitário

INES MARTINS COIMBRA

novembro de 2021

Departamento de Engenharia Química

Mestrado em Engenharia Química – Ramo de Qualidade

Dissertação/Estágio (DISEST)

Valorização e integração de resíduos na indústria cerâmica de sanitário



INÊS MARTINS COIMBRA

Outubro de 2021

Orientadora da Empresa: Engenheira Susete Soares

Orientadoras do ISEP: Doutora Maria João Ramalhosa

Doutora Sónia Figueiredo

Valorização e integração de resíduos no na indústria cerâmica de sanitário

Inês Martins Coimbra

Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, ramo
de Qualidade

Porto, outubro 2021

Orientação na empresa: Engenheira Susete Soares

Orientação no ISEP: Doutora Maria João Ramalhosa

Doutora Sónia Figueiredo

“Tudo é ousado para quem a nada se atreve”

Fernando Pessoa

Agradecimentos

Chegou ao fim uma das etapas mais importantes da minha vida! A conclusão deste trabalho não teria sido possível sem a contribuição de várias pessoas que ao longo deste percurso se cruzaram comigo.

Aos meus pais, José e Elisabete e à minha irmã Marisa, um especial obrigado por serem um exemplo. Por todo o alento que me deram em todos os momentos que passei e por acreditarem sempre em mim. Se não fossem vocês nada disto seria possível.

Ao resto de toda a minha família, agradeço do fundo do coração pela preocupação que sempre tiveram comigo. Estou muito grata.

À minha orientadora, Engenheira Susete Soares, pela disponibilidade, total colaboração, experiência, transmissão dos ensinamentos envolventes na cerâmica do sanitário e ajuda em todo o trabalho. Os seus conhecimentos valiosos e a sua dedicação foram muito importantes na concretização desta tese.

O meu muito obrigado às Professoras Doutoras Maria João Ramalhosa e Sónia Figueiredo, minhas orientadoras do ISEP, pela forma como me acompanharam, todas as reuniões que tivemos, a total disponibilidade no esclarecimento de todas as dúvidas, em todas as melhorias para a obtenção de um bom trabalho.

Agradeço à ARCH, S.A pela forma como fui tão bem recebida e tratada. Ao longo de todo o tempo em que estive na empresa, o conhecimento que me transmitiram foi imenso e tentei assimilá-lo da melhor forma.

A todos os professores pertencentes ao mestrado em engenharia química, com os quais tive a oportunidade de adquirir um maior conhecimento sobre esta área, especificamente sobre Qualidade. À flexibilidade na explicação de todos os pontos onde pudesse existir dúvida bem como a proximidade com os alunos no que fosse necessário.

A todos os meus colegas de mestrado que tive a possibilidade de conhecer, pelo acolhimento prestado, todo o trabalho desenvolvido, o companheirismo e a transmissão de conhecimentos. Em especial à Sara, amiga que deu todo o apoio que necessitava, em ouvir as minhas inseguranças, por todos os conselhos e ensinamentos.

Estou muito agradecida aos meus queridos amigos, Carolina, João, Joana, Jéssica Mafalda, Magda, Pedro Joel, Sarocas e Vanou por terem sido sempre incríveis comigo e nunca me deixarem baixar os braços.

Resumo

O homem é capaz de criar vários materiais, nomeadamente a cerâmica, que apresenta várias aplicações. A sua conceção exige elevado conhecimento técnico, a nível das matérias-primas e do seu processo de transformação. De todos os ramos da cerâmica, a indústria sanitária é aquela que necessita de um conhecimento mais aprofundado, para que se utilizem as melhores técnicas, garantido a qualidade e segurança do produto final. O modelo de economia circular é baseado na valorização de materiais dentro de um sistema fechado, possibilitando assim, a redução, reutilização, recuperação e a reciclagem de materiais e energia.

No âmbito da dissertação do mestrado em Engenharia Química – Ramo de Qualidade foi realizado um estudo na empresa ARCH, S.A que contemplou três objetivos principais: quantificar a água de lavagem utilizada nas várias seções do processo de fabrico, a implementação de medidas que permitissem diminuir o consumo de água e o desenvolvimento de uma estratégia para a recuperação do vidro branco.

As seções onde havia a necessidade de um maior foco devido ao seu elevado consumo de água foram a olaria 1.1 e a vidragem, consumos de 26% e 30% respetivamente em relação ao consumo total de água. Uma das medidas implementadas na vidragem foi a redução da lavagem total das cabines, havendo uma diminuição ao nível do consumo da água de 32,8 m³.

Nos equipamentos analisados da olaria 1.1 e vidragem foi calculada a matéria seca possível de ser recuperada bem como a percentagem de resíduos e de lamas correspondentes.

Relativamente à recuperação do vidro, foram usadas duas técnicas, o uso de uma centrífuga e posteriormente de uma aparadeira, tendo sido realizado um controlo de qualidade a ambos os vidrados, de forma a comprovar a sua viabilidade. No vidro que foi possível reciclar, foi calculada também a percentagem de recuperação anual com base na aparadeira instalada na cabine na qual a quantidade de vidro a recuperar foi cerca de 13%.

Palavras-Chave: Indústria de Louça Sanitária, Economia Circular, Recuperação, Reciclagem, Olaria, Vidragem.

Abstract

Man can create various materials, including ceramics, which have various applications. Its design requires high technical knowledge, in terms of raw materials and their transformation process. From all areas of ceramics, the sanitary industry is the one that needs more in-depth knowledge, in order to use the best techniques, guaranteeing the quality and safety of the final product.

The circular economy model is based on the valorization of materials within a closed system, leading to, reduction, reuse, recovery and recycling of materials and energy.

In the scope of the Master's thesis in Chemical Engineering – Quality, a study was carried out at the company ARCH, S.A, which contemplated three main objectives: the quantification of the water consumption in the various sections of the manufacturing process, the implementation of measures to reduce water consumption and the development of a strategy for the recovery of white glaze.

The sections where there was a need for greater focus due to their high-water consumption were pottery 1.1 and glazing, consumption of 26% and 30% respectively regarding to total water consumption. One of the measures implemented in the glazing was the reduction of number of cabin washings, with a reduction in water consumption of 32.8 m³.

In the analyzed equipment of pottery 1.1 and glazing, the potential recovery of dry matter was estimated, as well as the percentage of waste and corresponding sludge.

Regarding the recovery of the glaze, two techniques were used, the use of a centrifuge and later the use of a container that retains the excess of glaze, with a quality control carried out on both glazes, to prove their viability. The percentage of annual recovery was also calculated for the recycled glaze, based on the container installed in the cabin, in which the amount of glaze to be recovered was approximately 13%.

Key words: Sanitary ware Industry; Circular Economy; Recovery; Recycling; Pottery; Glazing.

Índice

1. Introdução	1
1.1 História da Cerâmica.....	1
1.2. Economia Circular.....	4
1.3. Objetivos do trabalho.....	9
1.4. Estrutura da dissertação.....	10
2. Descrição da ARCH	13
2.1. Evolução da empresa.....	13
2.2. Processo produtivo.....	17
3. Caracterização da ETARI	31
3.1. Constituição da Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais.....	31
3.2. Descrição da origem dos principais efluentes produzidos.....	32
3.3. Processo de tratamento realizado aos efluentes brutos.....	34
3.4 Quantificação dos efluentes provenientes das EE1, EE2 e produção de lamas.....	37
4. Medidas a implementar no processo produtivo	39
4.1 Apresentação das secções do processo produtivo que foram estudadas.....	39
4.1.1 Modelação.....	39
4.1.2 Fabrico dos moldes.....	40
4.1.3 Preparação de pastas.....	41
4.1.4 Preparação de vidrados.....	43
4.1.5 Olaria.....	46
4.1.6 Vidragem.....	52
4.1.7 Comparação dos consumos de água nas diferentes secções.....	54
4.2 Implementação de medidas que contribuem para uma redução do consumo de água.....	56
4.3 Estimativa dos resíduos com potencial de reutilização no processo produtivo.....	62
5. Seções produtivas de maior enfoque: Olaria 1.1 e Vidragem	63
5.1 Olaria 1.1.....	63

5.2. Vidragem	68
6. Valorização do vidro branco	81
6.1 Descrição do procedimento experimental	81
6.2 Recuperação do vidro através da centrífuga	83
6.3. Recuperação do vidro através da introdução de uma aparadeira na cabine 3	91
Conclusões e Sugestões para Trabalho Futuro.....	96
Bibliografia	99

Índice de Figuras

Figura 1.1. Alguns dos acontecimentos mais importantes na evolução da história da cerâmica ^[2] ^[3]	1
Figura 1.2. Evolução do número de empresas dos subsectores que constituem a cerâmica em Portugal entre os anos de 2003 e 2008 ^[10]	3
Figura 1.3. Modelo Económico Linear ^[15]	5
Figura 1.4. Perspetivas da evolução da população mundial entre 1950 e 2100. Adaptado de ^[17]	5
Figura 1.5. Etapas da cadeia de valor e respetivas consequências segundo a Economia Linear. Adaptado de ^[18]	6
Figura 1.6. Metas fundamentais segundo a Economia Circular em diferentes campos de aplicação ^[20]	7
Figura 1.7. Modelo da Economia Circular com as respetivas fases. Adaptado de ^[24]	8
Figura 2.1. Empresa ARCH, S.A.....	13
Figura 2.2. Explicação das respetivas iniciais da nova empresa ^[31]	14
Figura 2.3. Cronograma da história da empresa ^[30]	16
Figura 2.4. Fluxograma do processo produtivo.....	18
Figura 2.5. Teste de fusibilidade realizada ao vidro ^[30]	19
Figura 2.6. Lavatório Picasso e o respetivo desenho técnico ^[30]	20
Figura 2.7. Construção de uma madre em gesso correspondente a um lavatório.....	21
Figura 2.8. Molde de uma bacia (lado direito).....	21
Figura 2.9. Armazenamento das matérias-primas em tulhas (em cima) e big-bags (em baixo).....	23
Figura 2.10. Três tanques de armazenagem da barbotina (lado esquerdo) e interior do tanque (lado direito).....	23
Figura 2.11. Moagem a húmido e peneiração do vidro.....	24

Figura 2.12. Preparação do vidro.....	24
Figura 2.13. Enchimento do molde (lado esquerdo), peça desmoldada (centro) e respetivo acabamento (lado direito).	25
Figura 2.14. Processo de secagem das peças à entrada (lado esquerdo) e saída do secador (lado direito).	26
Figura 2.15. Vidragem de um bidé.	27
Figura 2.16. Peças à entrada (lado esquerdo) e saída (lado direito) do forno.	28
Figura 2.17. Escolha de uma peça.	29
Figura 2.18. Embalamento das peças destinada à expedição.	29
Figura 3.1. Entradas e saídas da ETARI.....	33
Figura 3.2. Funcionamento da Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI).....	36
Figura 3.3. Consumo dos 3 furos, Volumes das EE1+EE2, Volume tratado e lamas dos anos de 2019 e 2020.	38
Figura 4.1. escoamento da água de lavagem à entrada da seção (lado esquerdo) e no seu interior (lado direito).	40
Figura 4.2. Interior da seção de moldes.....	40
Figura 4.3. Exterior da seção de moldes.....	41
Figura 4.4. Consumo anual de água de cada equipamento da preparação de pastas.....	42
Figura 4.5. Exemplos de lavagens realizadas na preparação das pastas.....	43
Figura 4.6. Consumo anual de cada equipamento e secção da preparação de vidrados.	44
Figura 4.7. Exemplos de lavagens realizadas na preparação dos vidrados.	45
Figura 4.8. Consumo anual de todos os equipamentos da olaria 1.1.....	47
Figura 4.9. Exemplos de lavagens realizadas na olaria 1.1.	48
Figura 4.10. Consumo anual de todos os equipamentos da olaria 1.2.....	49
Figura 4.11. Exemplos de lavagens realizadas na olaria 1.2.	50

Figura 4.12. Consumo anual de todos os equipamentos da olaria 2.1.....	51
Figura 4.13. Exemplos de lavagens realizadas na olaria 2.1.	52
Figura 4.14. Consumo de água anual de todos os equipamentos da vidragem.	53
Figura 4.15. Exemplos de lavagens realizadas na vidragem.	53
Figura 4.16. Consumo anual de água proveniente das lavagens anuais das seções.	55
Figura 4.17. Etapas do processo de moagem, preparação/desferrização e preparação do vidrado.	62
Figura 5.1. Compensador do lado norte da olaria 1.1.....	65
Figura 5.2. Quantificação dos sólidos totais (ST) referente ao compensador do lado norte da olaria 1.1.	65
Figura 5.3. Constituição da pistola de vidragem.	69
Figura 5.4. Circuito do vidrado.	71
Figura 5.5. Centrífuga ROSLER – ZF 800 ^[37]	73
Figura 5.6. Processo de recuperação do vidrado branco na vidragem.	73
Figura 5.7. Recuperação e valorização do vidrado.....	75
Figura 5.8. Evolução dos sólidos totais (ST) nas cabines 1 e 4.....	78
Figura 6.1. Determinações experimentais utilizadas na recuperação do vidrado.....	83

Índice de Tabelas

Tabela 1.1. Subsetores que integram a cerâmica ^[8]	4
Tabela 4.1. Medidas a implementar nas respectivas seções.....	57
Tabela 4.2. Valores obtidos nas etapas 1 e 2 da preparação de vidrados.	62
Tabela 5.1. Quantificação dos sólidos totais (ST) referentes aos poços norte e sul da olaria 1.1.	67
Tabela 5.2. Valores obtidos para a recuperação da pasta proveniente das lavagens da olaria 1.1	68
Tabela 5.3. Valores obtidos para o vidro branco.	76
Tabela 5.4. Valores obtidos para a recuperação do vidro branco.	77
Tabela 5.5. Valores obtidos para a recuperação do vidro nas cabines de vidragem... ..	79
Tabela 6.1. Controlo da preparação do vidro.....	82
Tabela 6.2. Massas das amostras obtidas da recuperação do vidro através da centrifuga.	83
Tabela 6.3. Incorporações definidas e respetivas percentagens de vidro branco recuperado e padrão.....	84
Tabela 6.4. Resultados das características de vidragem.....	85
Tabela 6.5. Resultados da percentagem do resíduo e medições realizadas das amostras vp, vidro recuperado 2 e 3.	87
Tabela 6.6. Resultados obtidos para o controlo da cor das amostras VP e Amostra 1 e 2.	88
Tabela 6.7. Resultados da percentagem do resíduo e medições da fusibilidade e contração para as amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2.....	89
Tabela 6.8. Resultados obtidos para o controlo da cor das amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2.....	90
Tabela 6.9. Resultados das características de vidragem para a recuperação do vidro a partir da aparadeira.	91

Tabela 6.10. Resultados da percentagem do resíduo e medições da fusibilidade e contração para as amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2. 93

Tabela 6.11. Resultados obtidos para o controlo da cor das amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2..... 94

Glossário

Aparadeira – reservatório em aço inoxidável colocado nas cabines de vidragem com o objetivo da recuperação do vidro resultante da sua pulverização.

Bateria – equipamento constituído por um conjunto de moldes destinados ao enchimento das peças. Fazem parte das olarias.

Barbotina – suspensão de sólidos que devem cumprir determinadas características reológicas.

Chamote – matéria-prima constituída por sílica e alumínio que sendo acrescentada à argila leva a que esta apresente uma maior resistência depois da cozedura.

Compensador – equipamento que tem a função de alimentar as baterias com barbotina.

Engobe – vidrados destinados a atenuar as diferenças entre dois corpos cerâmicos (vidrado final e a pasta que o suporta).

Frete – zonas das peças que estão em contacto com a superfície das vagonas ou com o material refratário durante a cozedura.

Ladrilhos – produto cerâmico geralmente de forma quadrada ou retangular que tem por objetivo o revestimento de pavimentos.

Lambugem – barbotina com uma viscosidade muito superior à normal destinada à colagem de arcos em cerâmica para bacias sanitárias.

Masseira – equipamento onde é preparada a lambujem.

Pasta – formação do corpo cerâmico.

Tulha – armazém onde são colocados diversos tipos de materiais tais como matérias-primas, lamas.

Reciclagem – ação que permite reintroduzir materiais já usados no processo produtivo para produção de novos produtos.

Refratário – material capaz de resistir a altas temperaturas.

Reutilização – permite dar um novo uso ao material, sem sofrer um novo reprocessamento.

Tornil – suporte onde as peças são colocadas para a sua vidragem.

Vagonas – carros revestidos com um material refratário onde as peças sanitárias são colocadas destinadas à sua cozedura.

Vazamento – ação de retirar algo proveniente de um determinado processo, ficando armazenado num tanque/poço.

Vidrado – material cerâmico que após cozedura dá origem a uma estrutura vítrea, que tem a função de revestir as peças, conferir brilho, cor e a proteção da sua superfície.

Lista de Abreviaturas

E1 – Incorporação 1

EE1 – Estação Elevatória 1

E2 – Incorporação 2

EE2 – Estação Elevatória 2

F1 – Fábrica 1

F3 – Fábrica 3

PP – Preparação de Pastas

PV – Preparação de Vidros

ST – Sólidos Totais

VR – Vidrado Recuperado

VP – Vidrado Padrão

Lista de Siglas

ARCH – Advanced Research Ceramic Heritage

ASTM – American Society for Testing and Materials

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio

CQO – Carência Química de Oxigénio

CIE – Commission Internationale de l'Éclairage

CMC – Carboxilmetilcelulose

EUA – Estados Unidos da América

ETARI – Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais

EU – União Europeia

PIB – Produto Interno Bruto

PME – Pequenas e Médias Empresas

VLE – Valores limite de emissão

Lista de Símbolos

a^* – coordenada colorimétrica do sistema vermelho-verde

b^* – coordenada colorimétrica do sistema amarelo-azul

L^* – luminosidade

Δa^* – diferença entre vermelho e verde

Δb^* – diferença entre amarelo e azul

ΔE^* – diferença total da cor

ΔL^* – diferença entre a cor mais clara e mais escura

μm - Micrómetros

1. Introdução

Neste primeiro capítulo, será abordado o valor da economia circular na indústria cerâmica, nomeadamente a importância da valorização de resíduos por esta realizada.

De seguida, a história e os marcos mais importantes da empresa onde o trabalho foi desenvolvido são apresentados.

No final, é desenvolvida e definida a estrutura de toda a dissertação e os respetivos capítulos.

1.1 História da Cerâmica

A utilização dos produtos cerâmicos tem diversas aplicações ao nível das suas características, diversidade e expansão de mercado. Nesta abordagem, na figura 1.1 está representada uma compilação da sua evolução histórica [1].

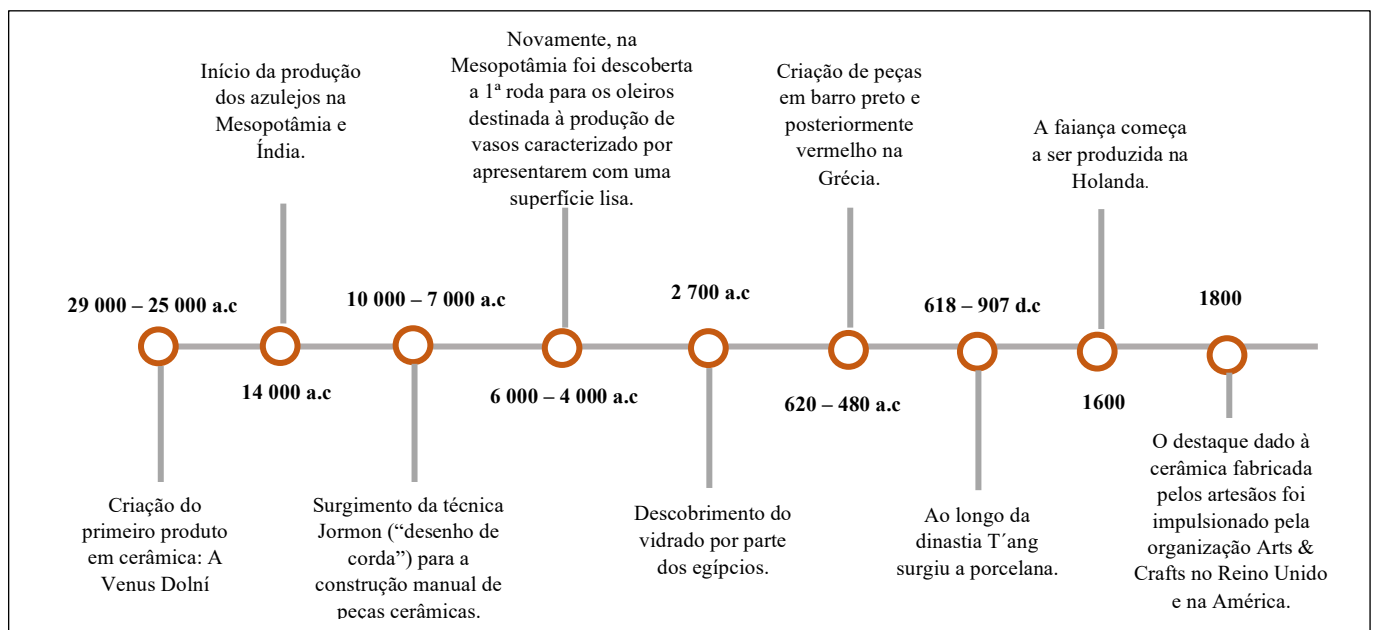


Figura 1.1. Alguns dos acontecimentos mais importantes na evolução da história da cerâmica [2] [3].

A Cerâmica teve origem na palavra grega “*Kéramos*” (significando “argila queimada”). Esta designação aplica-se a todos os materiais da indústria cerâmica, tais como os usados na construção de edifícios e para fins utilitários ou decorativos [4]. A principal matéria-prima utilizada era a argila. O processo base seria inicialmente a conformação da pasta que posteriormente passava por um processo de queima, sendo vitrificada ou não, de

forma a possuir características tais como: elevada resistência mecânica e à abrasão, bem como um elevado período de vida útil ^[5] .

A presença de uma elevada tradição, arte e antiguidade são fatores presentes na indústria cerâmica e que se destacam das restantes indústrias. Os seus produtos apresentam particularidades ao nível da cor, elevada durabilidade, a sua manutenção não requer uma elevada periodicidade. Isto leva a que a sua adaptação permita que o seu desenvolvimento se potencie ao nível do design. São estes motivos que propiciam a que este setor esteja em constante reinvenção ^[6] .

De seguida, irá ser apresentado o setor cerâmico ao nível mundial e mais à frente o retrato em Portugal.

Em todo o mundo, este setor caracteriza-se pela liderança das empresas que têm por base a flexibilidade e a inovação ao nível do valor em termos de acrescimento da produção de produtos. Destacam-se a diversidade, qualidade e design de produtos bem como a aplicação de tecnologias inovadoras que permitem a sua aplicação em diversas áreas. Contudo, a desvantagem que se tem verificado é uma diminuição na mão de obra especializada/treinada ^[7].

A maioria das entidades são pequenas e médias empresas (PME), ou seja, a sua produção é efetuada numa escala intermédia. Estas empresas geraram um valor ao nível de negócios por ano de 30 biliões de euros, traduzindo-se numa percentagem de 25% à escala de produção global e criando 350 000 postos de trabalho ^[7].

No período 2011-2015 verificou-se um aumento das exportações da indústria cerâmica nacional, correspondendo a taxas de aumento nos vários subsectores: louça sanitária (23%), cerâmica utilitária e decorativa (14%), cerâmica especial (12%) e de pavimentos e revestimentos (11%) ^[8]. Os países europeus onde existe uma maior produção de cerâmica são a Espanha, França, Alemanha, Itália e Reino Unido ^[5].

Neste mesmo período os países que mais exportaram foram a China, Itália e Alemanha. No subsector da louça sanitária o país que mais exportou foi a China, apresentando uma percentagem de 58%. Ao nível da importação o país que se destacou foram os Estados Unidos da América (EUA) ^[8].

Em 2015, Portugal teve a 14ª posição no ranking mundial quanto às exportações de cerâmica, com um valor de 659 milhões de euros, representando 0,30% do produto interno bruto (PIB) e 1,32% das exportações totais do país [8] .

A cerâmica portuguesa não é dos setores com maior representatividade a nível nacional, contudo possui fatores importantes que lhe podem dar uma maior dimensão ao nível da sua expansão internacional [9] .

Foi realizado um estudo quanto à evolução do crescimento das empresas cerâmicas entre 2003 e 2008, contabilizando-se cerca de 600 empresas que geram 20 000 empregos, como é possível visualizar na figura 1.2. A indústria da cerâmica utilitária e decorativa é a que apresenta um maior número de empresas presentes no território nacional, enquanto que na cerâmica sanitária as empresas existentes estão em menor número. Em todos os subsectores desta indústria houve uma diminuição, podendo-se dever à crise económica com maior incidência na construção civil que ocorreu neste período [10] .No ano de 2009, a indústria da cerâmica representava cerca de 1,7% quanto ao volume de negócios na economia do país e 1,68% quanto às exportações [10].

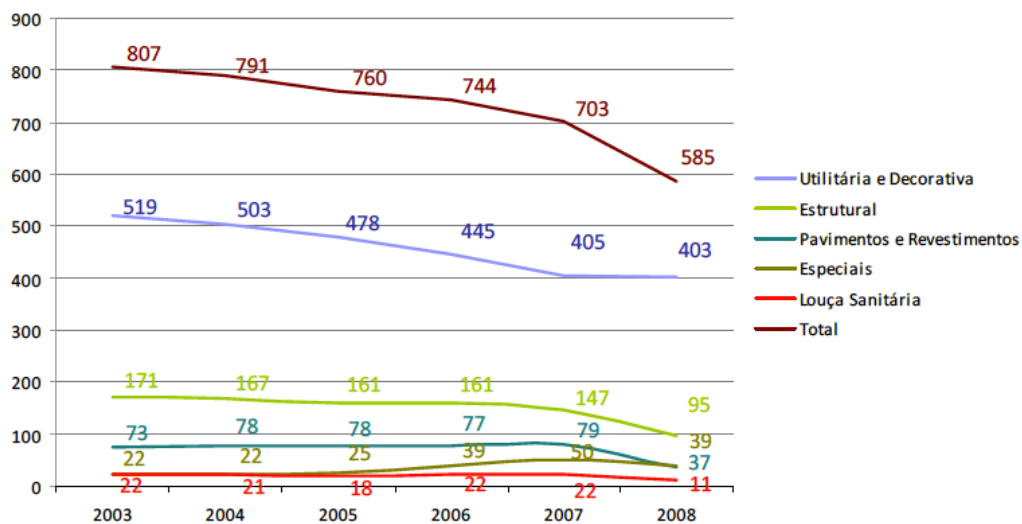


Figura 1.2. Evolução do número de empresas dos subsectores que constituem a cerâmica em Portugal entre os anos de 2003 e 2008 [10].

Ao nível da localização geográfica, a indústria cerâmica centra-se no norte e centro do país, representando respetivamente cerca de 25,6% e 44,7% [10].

De forma a fazer-se uma caracterização de cada subsetor que constitui a indústria cerâmica, os produtos de cada um deles estão inseridos em cada um dos cinco grupos apresentados na tabela 1.1. Neste trabalho, o subsetor ao qual irá ser dada uma maior atenção será o de loiça sanitária, uma vez que a ARCH se insere neste grupo e foi onde se realizou todo o trabalho.

Tabela 1.1. Subsetores que integram a cerâmica [8].

Subsetor	Tipo de Produtos
Cerâmica estrutural	Telhas, tijolos, abobadilhas, produtos de grés para a construção e pavimentos rústicos.
Cerâmica de pavimentos e revestimentos	Azulejos, ladrilhos, mosaicos e placas cerâmicas.
Cerâmica de loiça sanitária	Louça sanitária em porcelana, grés fino e grés, incluindo bacias, bidés, lavatórios, tanques, colunas, bases de chuveiro.
Cerâmica utilitária e decorativa	Louça de mesa, de cozinha e de decoração, em porcelana, faiança, grés e terracota.
Cerâmicas especiais	Isoladores elétricos, produtos refratários.

1.2. Economia Circular

Atualmente é necessário começar a ter consciência que alguns dos recursos começam a diminuir devido à sua procura excessiva, o que está a levar a uma situação insustentável a nível ambiental. Melhorar a gestão destes recursos a nível mundial é de extrema importância, o que deverá trazer inúmeros benefícios, nomeadamente ambientais e económicos [11].

Desde o ano de 1760, que a economia mundial segue o paradigma da economia linear baseado em “extração, fabrico, consumo e descarte”. Nestas quatro fases e na sua generalidade, existem materiais que são deitados fora, o que leva a uma enorme produção de resíduos [1]. Este modelo, representado na figura 1.3, é baseado no pensamento de que os recursos, incluindo matérias-primas e energia estarão sempre ao dispor, a sua extração

é de fácil acesso e que do ponto de vista económico é acessível [13]. As gerações dos próximos anos poderão ter o seu futuro comprometido pelo facto de existir a possibilidade de os recursos naturais poderem não estar disponíveis [14].



Figura 1.3. Modelo Económico Linear [15].

Pelos dados da (União Europeia) - UE foi possível constatar-se que em média, um indivíduo consome cerca de 15 toneladas de materiais ao longo de um ano e produz mais de 4,5 toneladas de resíduos, em que uma certa parte é enviada para aterros [15]. Dado que o modelo anteriormente referido se concentra unicamente na exploração dos recursos, não haverá grande viabilidade ao continuar a seguir este conceito [16], devido ao facto de se usar os recursos naturais de uma forma avassaladora e não sustentável para o planeta.

Este problema é agravado pela elevada velocidade com que a população mundial tem crescido, tendo duplicado entre 1950 e 2011 para 7 mil milhões, prevendo-se que em 2050 aumentará para 9,3 milhões de pessoas, como é possível ver na figura 1.4 [17].

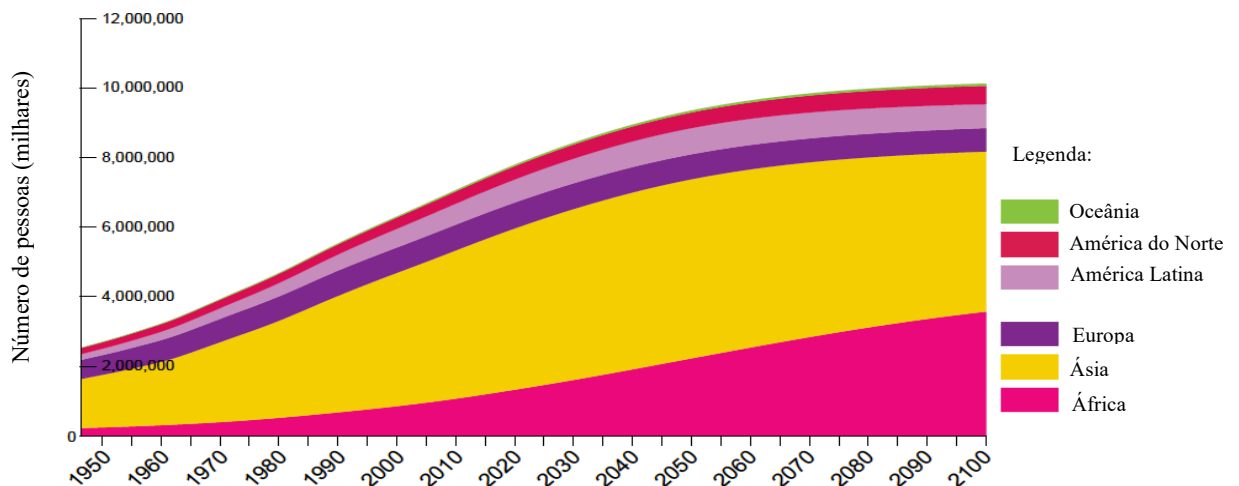


Figura 1.4. Perspetivas da evolução da população mundial entre 1950 e 2100. Adaptado de [17].

Assim há a possibilidade de ocorrer o esgotamento dos recursos naturais disponíveis e a destruição dos ecossistemas. Isto é comprovado pelo facto de a população mundial estar

a utilizar o que corresponde a 1,5 planetas, isto é, estima-se que a Terra necessite de pelo menos um ano e seis meses para recuperar tudo aquilo que é extraído ao longo de um ano [13].

Um material que apresente um ciclo de vida segundo o modelo linear tende a ser curto, estimando-se que cerca de 80-90% dos produtos produzidos, têm a probabilidade de transformar-se em resíduos ao fim de um ano [18]. Em todas as fases do esquema da figura 1.5 são produzidos vários resíduos que por sua vez acarretam várias consequências, que estão representadas na figura 1.5.

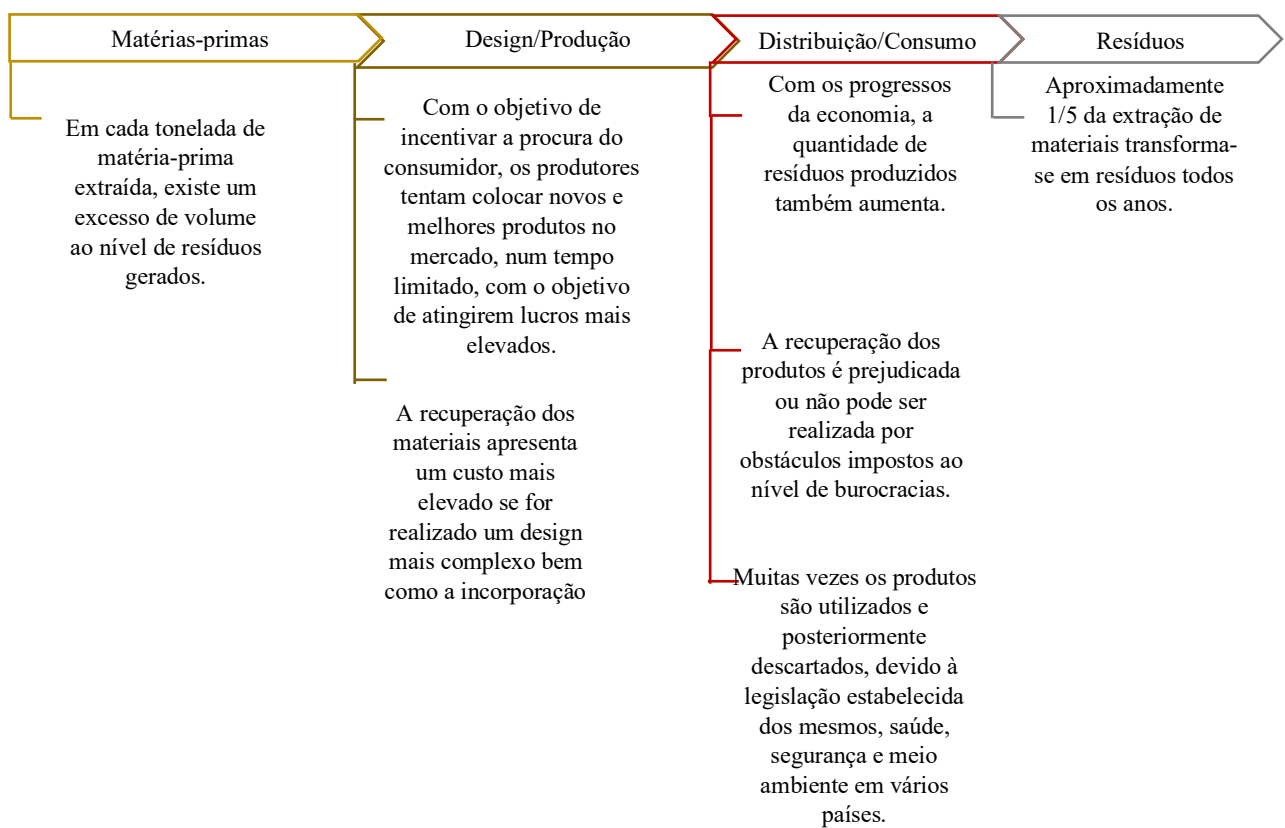


Figura 1.5. Etapas da cadeia de valor e respetivas consequências segundo a Economia Linear. Adaptado de [18].

Começar a criar diversas ferramentas com valor, que se afastem do elevado consumo de recursos limitados, será uma boa estratégia ao nível da economia circular que as organizações incluindo as empresas devem começar a apostar [19]. Esta transição necessita que se cumpram determinadas políticas e comportamentos que permitam atingir metas. Para tal, é necessária uma base que possa sustentar esta ideia, nomeadamente a reutilização, recuperação, reciclagem dos materiais [20]. Contrariamente ao modelo linear, é importante funcionar em ciclo fechado que permite que o que era descartado, possa ser

de novo inserido num determinado processo. A Economia Circular não se baseia apenas na política dos 3 R's (reduzir, reciclar e reutilizar), este modelo propõe que haja uma reintrodução dos resíduos no processo de produção e que não se baseie apenas na minimização do desperdício. Os estudos que têm vindo a ser feitos ao nível destas políticas focam-se em tratar estes resíduos e como os poderão eliminar ao nível da cadeia do processo de produção [21]. Com isto, é possível observar na figura 1.6 que, hoje em dia, existem metas que estão focadas em determinadas áreas, tais como, a reciclagem e a recuperação, a eficácia de utilização dos recursos e o eco-design.

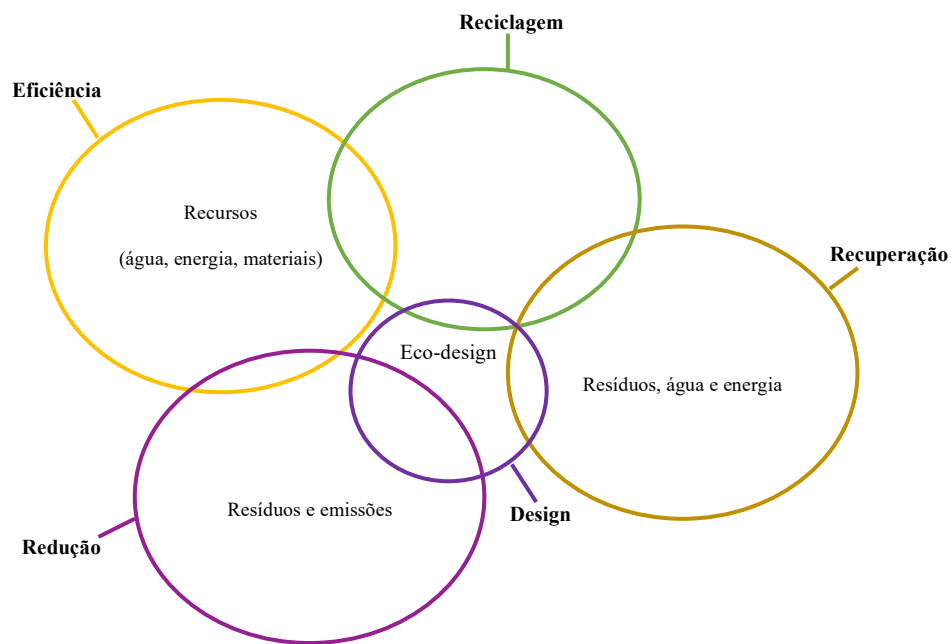


Figura 1.6. Metas fundamentais segundo a Economia Circular em diferentes campos de aplicação [20].

Ao longo do tempo, as empresas preocupam-se cada vez mais em perceber melhor a eficiência dos recursos e dos diferentes processos em cada estágio de produção e consumo, de forma a enaltecer os princípios da economia circular [16]. Estes princípios têm como objetivos minimizar, ou se possível eliminar, os vários tipos de resíduos e a poluição que poderá causar. De forma a promoverem a adaptação à economia circular, muitas organizações têm-se preocupado com a parte ambiental, económica e social na medida de colocarem em prática novas abordagens sustentáveis e ecológicas [22].

A pressão que a produção e o consumo excessivo exercem sobre o ambiente e os recursos existentes tem vindo a crescer exponencialmente levando à necessidade de implementação de medidas que contrariem este tipo de ações, de modo que haja um

desenvolvimento mais sustentável. Um processo de produção que exige na sua generalidade uma extração mínima dos recursos naturais bem como um mínimo impacto ambiental provocado, levando à redução do consumo e desperdício de materiais e energia, é definido como sendo Economia Circular [23]. Na figura 1.7 estão representadas as diferentes fases correspondentes ao modelo da economia circular. Em cada uma delas está a possibilidade de se reduzir custos e recursos naturais por meio da recolha, reutilização e reciclagem. Estas etapas são essenciais à construção e a outros processos de produção [24].

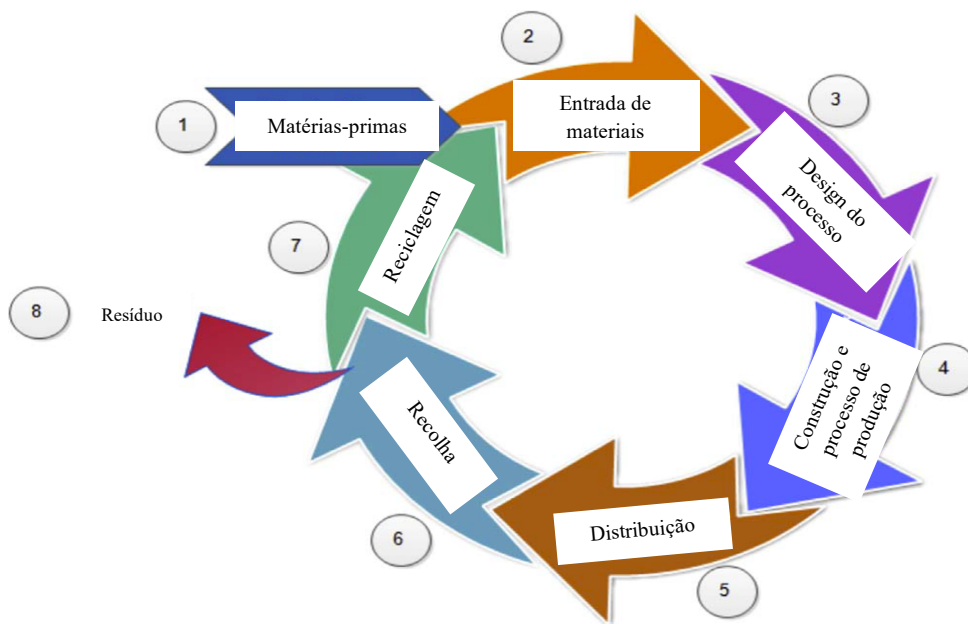


Figura 1.7. Modelo da Economia Circular com as respectivas fases. Adaptado de [24].

Várias organizações podem valorizar as suas práticas da economia circular com base na interação de quatro “*building blocks*”, entre os quais, o design, modelos de negócio inovadores, ciclo reverso e um sistema favorável. Estes pontos permitem criar valor e são cruciais na melhoria deste modelo [16]. De seguida, irão ser explicados com um maior detalhe.

Conceção de produtos economicamente sustentáveis:

É importante que um produto seja construído de forma a que as suas transformações tornem a conceção do mesmo sustentável, ou seja, ter uma maior circularidade. Para que isso aconteça, é importante que as pessoas responsáveis por esta elaboração tenham um conhecimento geral, base de pesquisa bem como uma metodologia adequada. É

fundamental que a experiência de quem executa todo este processo ao nível da manutenção, seja um aliado do ponto de vista mais técnico e especializado [25] .

Novo modelo de negócio:

A inovação é essencial quando se muda para a economia circular de forma a substituir os modelos anteriores ou até melhorá-los. Uma das estratégias a adotar pelas empresas onde a cadeia linear está presente deverá ser optarem por um ciclo com uma maior circularidade possível. Todas estas iniciativas que têm por base a economia circular poderão influenciar positivamente outros líderes e empreendedores e assim ocorrer uma expansão mundial [26] .

Ciclo Reverso:

A aposta na circularidade inversa tendo em conta a proximidade com o cliente e a flexibilidade deste, leva a que os produtos possam ter um retorno e terem uma nova utilidade. Com efeito, haverá uma maior reorganização ao nível da logística. Se for aplicado, levará a uma diminuição ao nível dos materiais e haverá um reforço no círculo aplicado [27].

Promoção de um enquadramento promissor e ativo:

O mercado tem a necessidade de apresentar uma elevada organização ao nível de mecanismos baseados no aumento da produção e da eficácia na reutilização dos materiais. O apoio por parte da política, estabelecimentos de ensino e exemplos de liderança terá um enorme peso para a o sucesso da empresa [28].

1.3. Objetivos do trabalho

No início deste trabalho a ARCH Valadares sugeriu o desenvolvimento de um estudo baseado nos princípios da economia circular. O trabalho foi iniciado pela caracterização das várias etapas do processo produtivo e aplicação de medidas com vista à eliminação ou redução dos resíduos produzidos. Desse modo, foi proposto fazer-se um levantamento de todas as origens de águas residuais que tinham como destino a sua Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETARI), a respetiva quantificação desses efluentes e a

sugestão de medidas de modo a promover a sua eliminação ou diminuição. No passado desta empresa, todos os resíduos, nomeadamente quebras de pasta em cru e em cozido, aparas do acabamento e vidrado, provenientes do processo produtivo, eram recuperados e reciclados. Hoje em dia, estes procedimentos apesar de continuarem a ser efetuados, houve a necessidade de se voltar a recuperar o vidrado, mas de uma forma mais eficiente e com um controlo de qualidade mais rigoroso.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em seis capítulos.

O primeiro capítulo incide sobre a importância da valorização dos resíduos e da aplicação da economia circular em meio industrial. Posteriormente, é realizada a descrição da empresa onde se desenvolveu este projeto, ARCH Valadares. No final, são apresentados os objetivos que foram definidos no início do trabalho, bem como a estrutura em que se organiza esta dissertação.

O segundo capítulo terá início com uma breve apresentação da indústria cerâmica, detalhando com maior pormenor o subsetor dos sanitários. A descrição de todo o processo produtivo envolvente, incluindo ilustrações de cada uma das etapas bem como o fluxograma representativo, será desenvolvida neste mesmo capítulo.

O terceiro capítulo irá incidir na ETARI (Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais) da ARCH (Advanced Research Ceramic Heritage). A sua apresentação inclui a descrição da origem dos principais efluentes produzidos e enviados para esta, o seu processo de tratamento, a quantificação dos efluentes das Estações Elevatórias 1 e 2 (EE1 e EE2) bem como a respetiva produção de lamas.

No quarto capítulo irão ser apresentados todos os levantamentos correspondentes às lavagens efetuadas por equipamento nas seções existentes de forma a obter-se a sua quantificação. E serão também abordadas as medidas sugeridas com o objetivo de se diminuir os caudais obtidos anteriormente.

O capítulo cinco abordará as etapas produtivas que representam a maior percentagem de água gasta nas lavagens: olaria 1.1 e vidragem. Nestas, foram realizados dois estudos quanto ao reaproveitamento de sólidos totais nos equipamentos que poderá ser feito. Na vidragem, irá ser explicado o processo de recuperação do vidrado.

Por fim, o capítulo seis terá um maior foco na valorização do vidro proveniente de dois processos de recuperação.

2. Descrição da ARCH

Neste segundo capítulo, irá ser apresentada uma pequena introdução sobre a evolução da empresa e todas as etapas que fazem parte do processo produtivo.

2.1. Evolução da empresa

A “Fábrica Cerâmica de Valadares”, situada no concelho de Vila Nova de Gaia, foi criada no dia 25 de Abril de 1921, sendo uma empresa de grande afirmação no sector cerâmico (figura 2.1). Ao longo da sua existência, foi-se afirmando na produção de artigos de barro vermelho, nomeadamente, tijolos e telhas [29].



Figura 2.1. Empresa ARCH, S.A.

A diversidade das peças e as várias técnicas que eram aplicadas no desenho da loiça decorativa portuguesa foram dois pontos que tornaram a empresa cada vez mais conhecida, nos anos 30, dando início ao processo de fabrico da louça de faiança [30].

Com o passar dos anos, a Valadares passou a ser reconhecida a nível nacional e internacional, a qualidade dos seus produtos deu-lhe prestígio.

Por volta da década de 80, a Valadares dedicou-se unicamente ao fabrico de louça sanitária e de peças para quartos de banho, tendo em conta a preocupação com as mudanças verificadas nos mercados nacional e internacional e com a produção especializada [31].

Em 2005 a empresa recebeu um prémio por parte da *Tektónica* (feira dedicada à inovação em materiais de construção) pelo desenvolvimento de um material cerâmico inovador,

designado por *Gresanit*, capaz de ultrapassar as limitações dos materiais existentes até então [32]. No ano de 2008, voltou a destacar-se no mesmo evento com a apresentação da louça sanitária designada por “*Série Light*”.

Dando continuação à marca histórica Valadares e com o pensamento direcionado para o futuro, no ano de 2015, foi criada uma nova empresa, após a insolvência, com o nome ARCH S.A, em que a mesma produz e comercializa os produtos com a marca Valadares [33]. No início desta construção, o significado de cada uma das iniciais estava relacionado com profissionais de uma enorme experiência que já pertenciam à antiga empresa e que quiseram dar continuidade a este novo projeto. Esta sigla, com o passar do tempo, passou a designar-se *Advanced Research Ceramic Heritage*. Na figura 2.2 encontra-se a explicação para cada uma das atuais iniciais.

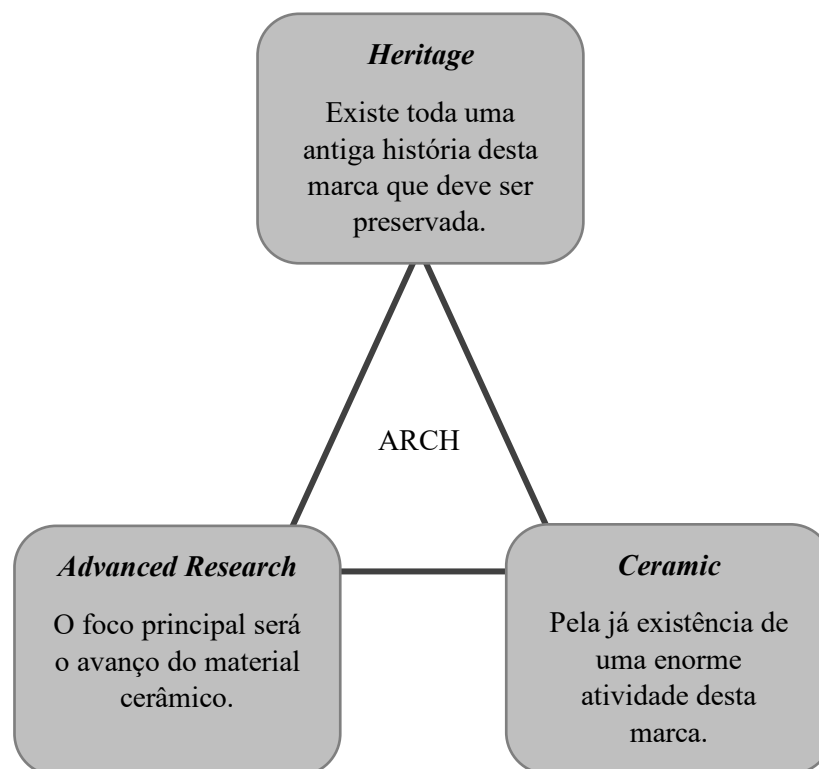


Figura 2.2. Explicação das respetivas iniciais da nova empresa [31].

Um novo material cerâmico foi desenvolvido e lançado no mercado no ano de 2017, designando-se por *HighCer*. A característica que se destaca neste tipo de material é que apresenta uma resistência mecânica significativamente superior relativamente aos outros

materiais existentes no mercado ^[30] e não necessitar de aplicação de revestimento cerâmico (vidrado).

Neste ano irá ser apresentado no mercado, um novo revestimento cerâmico desenvolvido pela ARCH – *HighPor*. A principal característica que o distingue será o revestimento de peças, nomeadamente, bases de chuveiro, em que as propriedades antiderrapantes são o ponto chave. Este material, apresenta a mesma durabilidade e impermeabilidade relativamente a outros materiais já desenvolvidos pela ARCH. Com isto, o *HighPor* tem a vantagem de poder ser ainda aplicado noutros artigos ao nível sanitário, sendo o resultado visual bastante inovador e chamativo dado as texturas que se encontram presentes. Este ponto, será uma porta aberta para um novo campo no que diz respeito aos acabamentos nos produtos sanitários.

A ARCH tem como principais aliados a tradição, a produção 100% nacional, a inovação, a aposta num design moderno e um foco na gestão ambiental. O seu objetivo atual é aumentar a sua posição no mercado da indústria sanitária, continuando com a investigação e o desenvolvimento de novos produtos com aplicações em diversos domínios ^[32].

Deste modo, o cronograma dos acontecimentos mais importantes que marcaram toda esta evolução e fizeram renascer a Valadares, está presente na figura 2.3 Para uma melhor visualização ao nível da organização e dimensão de toda a empresa, encontra-se no anexo A a planta da ARCH.

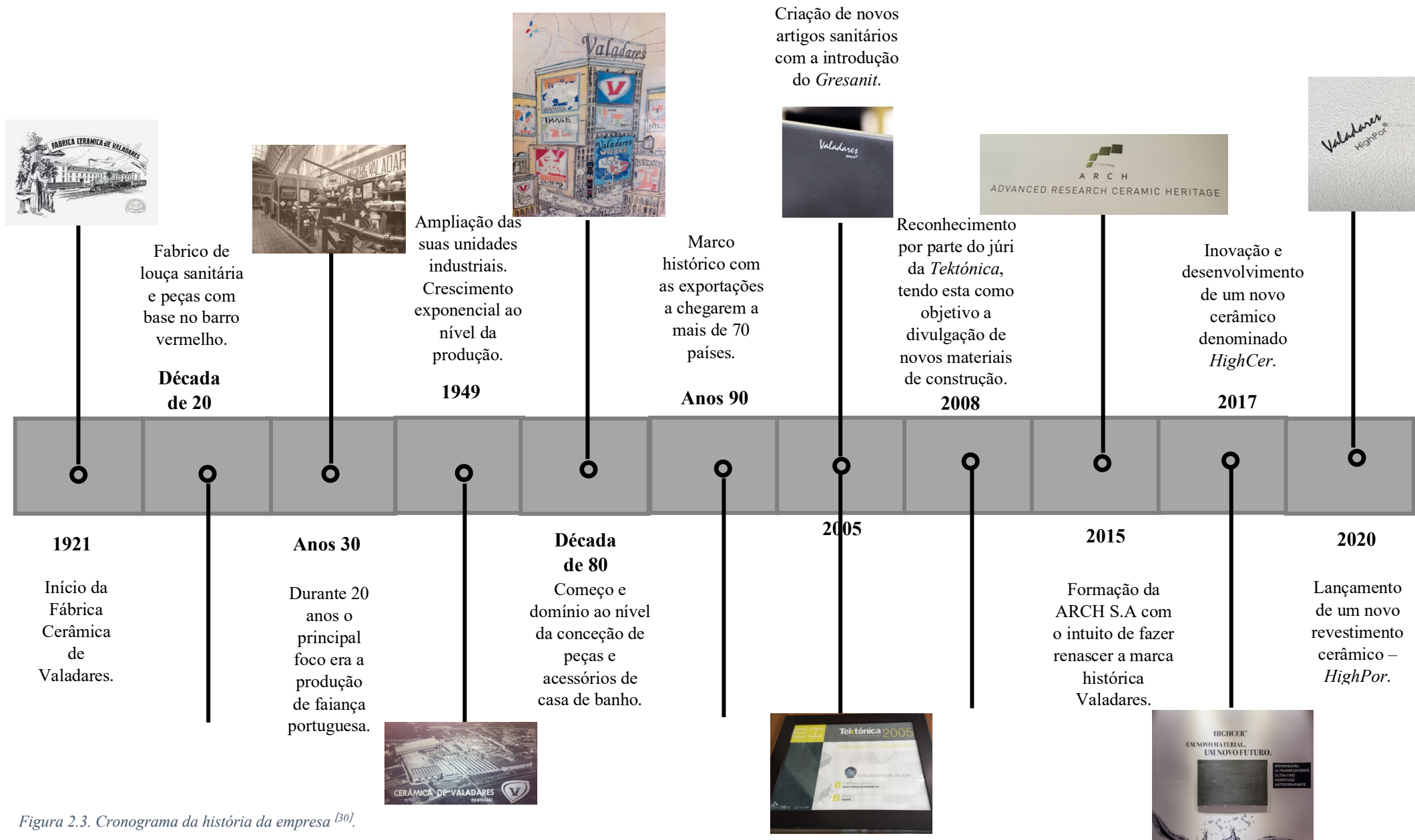


Figura 2.3. Cronograma da história da empresa [30].

2.2. Processo produtivo

A produção de loiças sanitárias na ARCH é feita interna e exclusivamente na empresa, de forma, a não depender de qualquer tipo de subcontratação oriunda do exterior, sendo isto, uma enorme vantagem. Por isso, é que todo o seu processo é longo e complexo. Aliada à independência da parte fabril, existe também um departamento responsável pela produção e manutenção de todo o equipamento mecânico necessário a todas as etapas produtivas.

Qualquer que sejam os materiais que constituem as peças, a característica que irão ter sempre em comum será sempre a essência do seu processo.

Na sua generalidade, as etapas por onde uma peça sanitária terá que transitar serão as seguintes:

- Desenho técnico;
- Modelação;
- Fabrico dos moldes;
- Preparação da pasta e do vidrado;
- Conformação;
- Secagem;
- Vidragem;
- Cozedura;
- Embalamento;
- Armazenamento.

Na figura 2.4 está representado o fluxograma que engloba todos os passos anteriormente referidos. De seguida, irá ser descrito com um maior detalhe cada uma das etapas do processo produtivo.

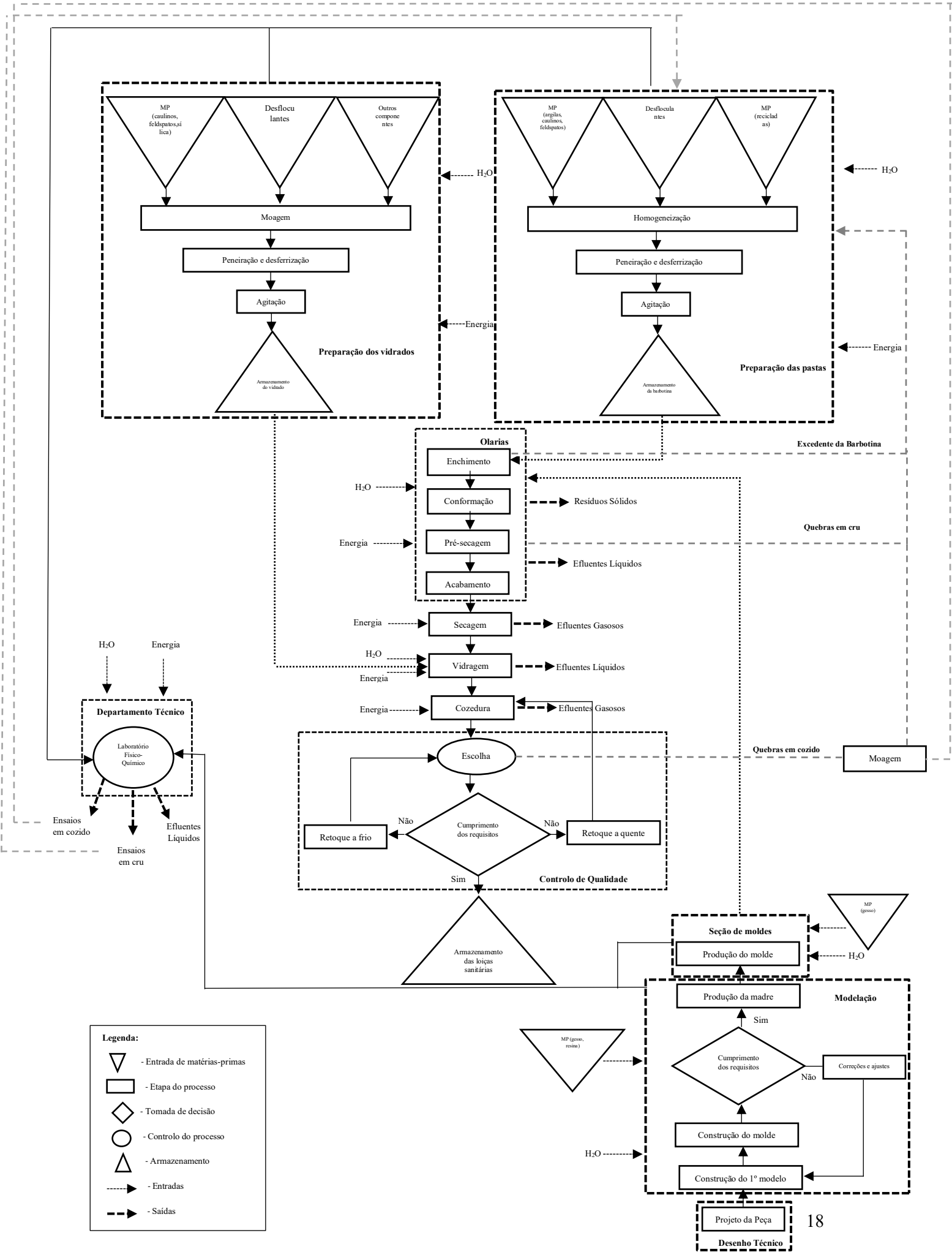


Figura 2.4. Fluxograma do processo produtivo.

Laboratório Físico-Químico

O controlo de qualidade aplica-se a todas etapas produtivas, de forma a garantir a obtenção de um produto com a qualidade desejada e com as especificações necessárias.

De forma que isso aconteça, o laboratório de parâmetros físico-químicos assegura a seleção de todas as matérias-primas que satisfaçam os requisitos pretendidos, a produção de barbotinas e a produção de vidrados. É também responsável pelo controlo de qualidade de todos os materiais presentes no processo de fabrico, nomeadamente, gesso, barbotina e vidrados.

Para além disso, realiza uma panóplia de teste físicos e químicos (como exemplo da figura 2.5 que mostra o teste da fusibilidade ao vidrado) que são essenciais para controlar todas as etapas processuais e obter-se um produto final de alta qualidade.



Figura 2.5. Teste de fusibilidade realizada ao vidrado^[30].

Desenho técnico

Esta primeira fase caracteriza-se pelo desenvolvimento do produto numa escala apropriada (figura 2.6), com o objetivo de definir toda a sua estética e funcionalidade que irá dar origem à peça final. Todos os projetos têm como suporte as alterações do ponto de vista físico e químico que a peça cerâmica é colocada ao nível da conformação, secagem e cozedura. Os objetivos anteriormente referidos são atingidos, tendo já um vasto entendimento e experiência prática, tanto ao nível dos materiais como do processo em si. Isto irá permitir que se possam superar acontecimentos que possam acontecer nas mais diversas fases produtivas, tais como, deformações e contrações da peça.

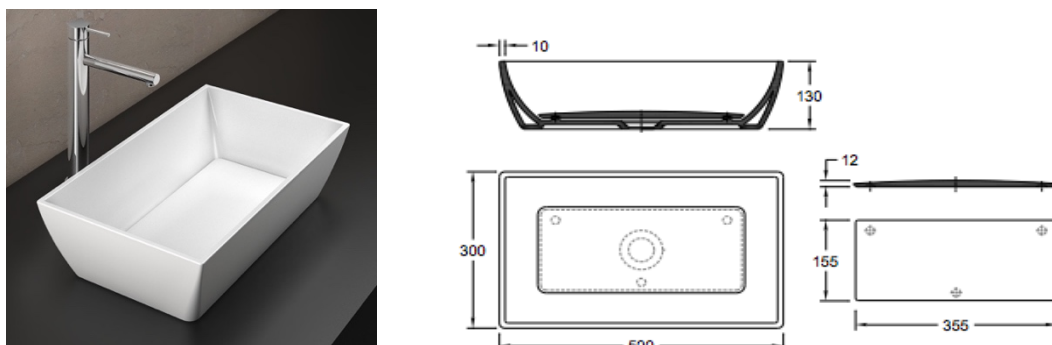


Figura 2.6. Lavatório Picasso e o respetivo desenho técnico [30].

Modelação

É responsável por executar os modelos, os moldes originais e as madres de maneira para se produzirem moldes em série, na seção seguinte. Com o projeto da peça definido, é elaborado um primeiro modelo de gesso com um determinado tamanho, tendo em conta a contração que irá ter no processo final de cozedura. Na próxima etapa, e após o modelo ter sido considerado como aceitável é construído um “molde original” utilizando também o gesso como base. Esta fase é de extrema importância, uma vez que quanto mais perfeito estiver o molde, maior será o sucesso na execução, quer da madre, quer das peças que sairão dos moldes. Através deste molde são realizados vários ensaios de forma a verificar-se se realmente cumprem com todos os requisitos técnicos e funcionais necessários para se passar à fase seguinte.

As madres (figura 2.7), “mães” dos moldes, podem ser feitas de dois materiais diferentes: resina (maioria dos casos) ou de gesso (ainda que em menor quantidade), dado que são adequadas para peças com uma maior resistência e durabilidade. Estas, são feitas com base no molde original que posteriormente irá ser usada na produção de moldes fazendo uma replicação. Ou seja, a madre é considerada o negativo do molde original. É importante realçar que na madre estão incorporados o molde e a peça em questão. Para que a madre fique realmente pronta para uma determinada peça são necessários ensaios e testes para garantir que todos os pormenores da peça fiquem perfeitamente definidos.



Figura 2.7. Construção de uma matriz em gesso correspondente a um lavatório.

Fabrico dos moldes

Nesta seção as matérias-primas utilizadas para o fabrico dos moldes são gesso e água. Neste passo, dá-se o enchimento da matriz, com uma mistura dos componentes anteriormente referidos. Concluída a construção do molde, ocorre a abertura das matrizes e com isto retira-se o molde em si, sendo transportado para secadores onde irá extrair-se a água (primeira secagem) antes da sua utilização. Em média, a duração de cada molde é de 200 enchimentos. Isto significa que quando estes apresentam algum desgaste ou alguma fragilidade terão de ser substituídos. Quando tal acontece, estes moldes são partidos internamente para posteriormente serem enviados e reintroduzidos no processo de produção de gesso.



Figura 2.8. Molde de uma bacia (lado direito).

Preparação da pasta

Dá-se o nome técnico de barbotina à suspensão que se encontra na sua fase inicial, resultante da envolvimento das matérias-primas com a água. Na sua preparação são usadas determinadas matérias, nomeadamente, argilas, caulinos, fundentes (feldspato), inertes (areia) e alguns aditivos.

O seu transporte é feito por camião a granel, seguindo-se a deposição em tulhas cobertas, isto é, em locais apropriados de forma a serem protegidas de possíveis contaminações e humidade (figura 2.9). No caso de serem matérias-primas moídas, estas vêm em sacos. As matérias-primas rececionadas são pesadas, descarregadas e é retirada uma amostra para fazer os ensaios em laboratório, de forma a fazer-se um controlo de qualidade destas matérias. Se todos os parâmetros estiverem em conformidade com os valores definidos, inicia-se o seu consumo segundo uma ficha de carga. Nesta, estão descritas as quantidades de cada matéria-prima a pesar para adicionar ao misturador ou turbo-diluidor, conforme a barbotina a produzir. Para a obtenção de uma determinada barbotina, é utilizada uma composição, recorrendo a diferentes proporções de cada constituinte de forma a serem atingidas características diferenciadas.

Após a pesagem rigorosa de todas as matérias-primas necessárias, estas irão ser incorporadas numa mistura adicionando-se uma determinada quantidade de flocculantes e água, tendo esta a função de transporte de todos os componentes cerâmicos até ao molde, onde irá ser realizada a peça. Após esta mistura e sua homogeneização, obtêm-se a barbotina, que se encontra em suspensão.

A barbotina é peneirada, desmagnetizada e transferida para tanques de armazenamento onde está em constante agitação lenta durante 48 a 72 horas (figura 2.10). Os tanques de agitação onde a barbotina se encontra permitem que esteja pronta a ser usada no processo logo após serem afinadas determinadas características reológicas, tais como, a densidade, a viscosidade e a tixotropia.

Com isto, a barbotina estará em ótimas condições para ser enviada para as olarias, continuando o processo de produção de peças cerâmicas.



Figura 2.9. Armazenamento das matérias-primas em tulhas (em cima) e big-bags (em baixo).



Figura 2.10. Três tanques de armazenagem da barbotina (lado esquerdo) e interior do tanque (lado direito).

Preparação do vidrado

O vidrado caracteriza-se por ser uma mistura de matérias-primas que depois de pulverizado sobre uma peça cerâmica é cozido conjuntamente com esta, passando por um estado próximo da fusão completa e reação com o suporte onde se encontra depositado. Este destina-se exclusivamente a cobrir uma peça cerâmica e não a ser utilizado individualmente.

A preparação dos vidrados realiza-se da mesma forma que a das pastas, sendo também produzido internamente pela empresa. A sua preparação envolve operações de pesagem, moagem a húmido (moinhos de bolas), peneiração (figura 2.11) e desferrização, entre

outros. Aqui, são acertadas as características da moagem do vidro (densidade, viscosidade e resíduo). Por fim, é armazenado em barricas seguindo para a seção da vidragem, de maneira a ser aplicado nas peças. Antes de ser utilizado é novamente agitado (figura 2.12), peneirado e acertado com as características que se pretende para a vidragem.



Figura 2.11. Moagem a húmido e peneiração do vidro.



Figura 2.12. Preparação do vidro.

Conformação

Este processo decorre na olaria (figura 2.13) e resulta da obtenção das peças em moldes de gesso que se encontram instalados em máquinas apropriadas (baterias). A barbotina é bombeada através da tubagem existente e alimenta cada molde presente em cada bateria destinado à produção. Dá-se o enchimento do molde por um processo de baixa pressão, onde ocorre o endurecimento da barbotina com a perda de água para o molde, que vai ser absorvida pelos seus poros. Cada peça permanece no molde cerca de 2 horas, de forma a completar o seu endurecimento até que é desmoldada e acabada pelo oleiro (furação e limpeza). De seguida, passa por um processo de secagem lenta com uma duração entre 24 e 36 horas num ambiente onde há um controlo ao nível da temperatura e humidade. No final, o acabamento da peça é realizado de forma a eliminar as rebarbas que ficam nas peças do processo anterior, o retoque da superfície é realizado com o auxílio de raspadores.

Todos os resíduos de barbotina que resultam dos vazamentos e acabamentos das peças serão recuperados de forma a serem reciclados, enviando-os novamente para a preparação das pastas.



Figura 2.13. Enchimento do molde (lado esquerdo), peça desmoldada (centro) e respetivo acabamento (lado direito).

Secagem

Esta etapa ocorre em secadores tipo túnel (figura 2.14) e contínuos que utilizam ar quente recuperado, proveniente do arrefecimento dos produtos do forno, como principal objetivo de remover a humidade restante da pré-secagem, com uma duração nunca inferior a 18 horas. Nesta fase existe uma sensibilidade acrescida para a peça, uma vez que vai contraindo conforme vai havendo a libertação da água, o que deverá ocorrer de uma forma lenta de modo que a peça não fique danificada e que não tenha defeitos que poderão ser difíceis de recuperar.



Figura 2.14. Processo de secagem das peças à entrada (lado esquerdo) e saída do secador (lado direito).

Vidragem

Ao material cerâmico que tem como objetivo o revestimento das peças de forma a conceder-lhe características, como cor, brilho e proteção, dá-se o nome de vidrado.

A preparação do vidrado é realizada na seção anteriormente referida, onde passa por todos os procedimentos necessários e posteriormente será aplicado nas peças.

O processo de vidragem é iniciado pela limpeza das peças com ar comprimido, seguindo-se a aplicação do vidrado que é efetuado por pulverização de todas as superfícies visíveis (figura 2.15).

Após a vidragem, as peças serão enviadas em vagonas (carros apropriados) para a zona de carga do forno.

Recentemente, foram colocadas aparadeiras em todas as cabines de vidragem de forma a recuperar e reutilizar o vidrado que provém da pulverização e que não fica retido nas peças.



Figura 2.15. Vidragem de um bidé.

Cozedura

A cozedura (figura 2.16) é o processo chave que irá definir as características na cerâmica. As peças, colocadas em vagonas (carros apropriados) são cozidas num forno em contínuo a uma temperatura que ronda os 1200 °C num intervalo de tempo superior a 20 horas. Tal como a secagem, é nesta fase que o seu desenvolvimento tem de ser lento para assegurar que todas as transformações (físicas e químicas) não põem em causa a estética e a segurança da peça. É através da cozedura que o produto final irá possuir determinadas propriedades tais como, uma elevada resistência mecânica, absorção de água nula e elevada densidade, que no quotidiano, assegura características de impermeabilidade, durabilidade e beleza.

É neste procedimento que as peças sofrem uma deformação, continuando a contrair até à dimensão que se pretende. No final deste processo, estas irão apresentar uma contração de 12% quando comparadas com as peças que saíram do molde.

O toque suave ao nível da superfície da peça permite à peça cerâmica que esta possua uma elevada resistência ao ataque de químicos (ácidos e bases) e manchas, bem como uma enorme facilidade no que toca à limpeza. Para além disto, e não sendo de menor importância concede brilho à peça final.



Figura 2.16. Peças à entrada (lado esquerdo) e saída (lado direito) do forno.

Controlo de Qualidade

Na escolha (figura 2.17) existe um controlo de qualidade das peças, estas são inspeccionadas e sujeitas a testes, para se verificar se cumprem com as especificações que são necessárias, com base nas normas de qualidade. São testados determinados aspetos, tais como, a dimensão, o empeno ou defeitos de superfície. As peças cozidas são escolhidas e separadas. As que apresentarem algum defeito são enviadas para posterior reparação e reavaliação, se houver a possibilidade de recuperação estas podem sofrer um processo de retoque e posteriormente irão ser novamente cozidas. As peças irrecuperáveis são segregadas, enviadas para moagem e recuperação como matéria-prima das barbotinas. Todas as quebras que resultam da escolha são enviadas para um fornecedor exterior, passando por uma moagem, voltando a entrar novamente no processo como matéria-prima.



Figura 2.17. Escolha de uma peça.

Embalamento

De forma a assegurar a proteção das peças no transporte e armazenamento é realizada o seu embalamento recorrendo a caixas de cartão, que contêm a referência do artigo e da marca. Por sua vez, são colocadas em paletes de modo a estarem protegidas e resguardadas, com recurso a papel aderente. Após este passo, estarão prontas a serem enviadas aos clientes (figura 2.18).



Figura 2.18. Embalamento das peças destinada à expedição.

3. Caracterização da ETARI

Neste terceiro capítulo é apresentada a Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI) a origem e a descrição do processo de tratamento de todos os efluentes provenientes do processo produtivo que são feitos na Advanced Research Ceramic Heritage (ARCH).

3.1. Constituição da Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Foi no ano de 1997 que as águas residuais industriais provenientes de todas as seções bem como as águas domésticas começaram a ser enviadas para uma estação de tratamento que foi projetada com base no caudal que a empresa produzia. Este passo foi de extrema importância uma vez que veio impedir a descarga de águas residuais não tratadas, mas também pela implementação de medidas que todo o processo de fabrico o exige, nomeadamente ao nível da redução da carga poluente. Todo o efluente tratado é encaminhado para a ribeira da Madalena, pertencente a Vila Nova de Gaia. Nesta estação apenas são realizados dois tipos de tratamento: primário e secundário. Ao efluente tratado é realizado um controlo mensal dos parâmetros: pH, Carência Química de Oxigénio (CQO), Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅) e sólidos suspensos totais (SST). O azoto e fósforo total são controlados trimestralmente. Todos estes parâmetros encontram-se dentro dos valores limites de emissão (VLE) impostos pelo Decreto Lei 238/98 de 1 de Agosto ^[33]. Isto significa que esta água residual está conforme e poderá ser descarregada no meio recetor.

3.2. Descrição da origem dos principais efluentes produzidos

As principais etapas do processo produtivo onde há uma maior produção de efluentes residuais são as olarias, nomeadamente no acabamento das peças uma vez que os oleiros necessitam de muita água para ter sempre a esponja limpa. Outro ponto nesta seção onde há a produção de uma grande quantidade de efluentes líquidos é a lavagem diária dos compensadores que alimentam as baterias para o enchimento dos moldes (onde se dá a formação do corpo cerâmico) e dos tubos/poços de vazamento onde ficam armazenados todos os resíduos provenientes do enchimento. Os principais efluentes produzidos e que têm como destino a ETARI são resultantes do acabamento das peças e das lavagens dos compensadores e tubagens (olarias), lavagens da produção, preparação e aplicação do vidrado (preparação de vidrados e vidragem).

A vidragem tal como as olarias, é também uma seção onde parte dos efluentes irá para a ETARI. Nas cabines de vidragem, local onde os vidradores vidram as peças, existe um reservatório que é cheio à segunda-feira e durante as oito horas de trabalho de toda a semana contém água com vidrado que provém das paredes da cabine e que lá se deposita durante a vidragem das peças. Como a água tem de estar sempre a circular na cabine, para que a cuba não transborde, há produção contínua de efluente que irá em direção à ETARI. Ou seja, tanto na olaria como das cabines da vidragem, existe a produção de um caudal elevado efluente produzido, uma vez que as torneiras estão constantemente abertas.

De forma a esquematizar-se todas as seções do processo produtivo bem como as que estão fora dela, recorreu-se à planta da ETARI fornecido pela empresa (figura 3.1) e representou-se as entradas e saídas da mesma.

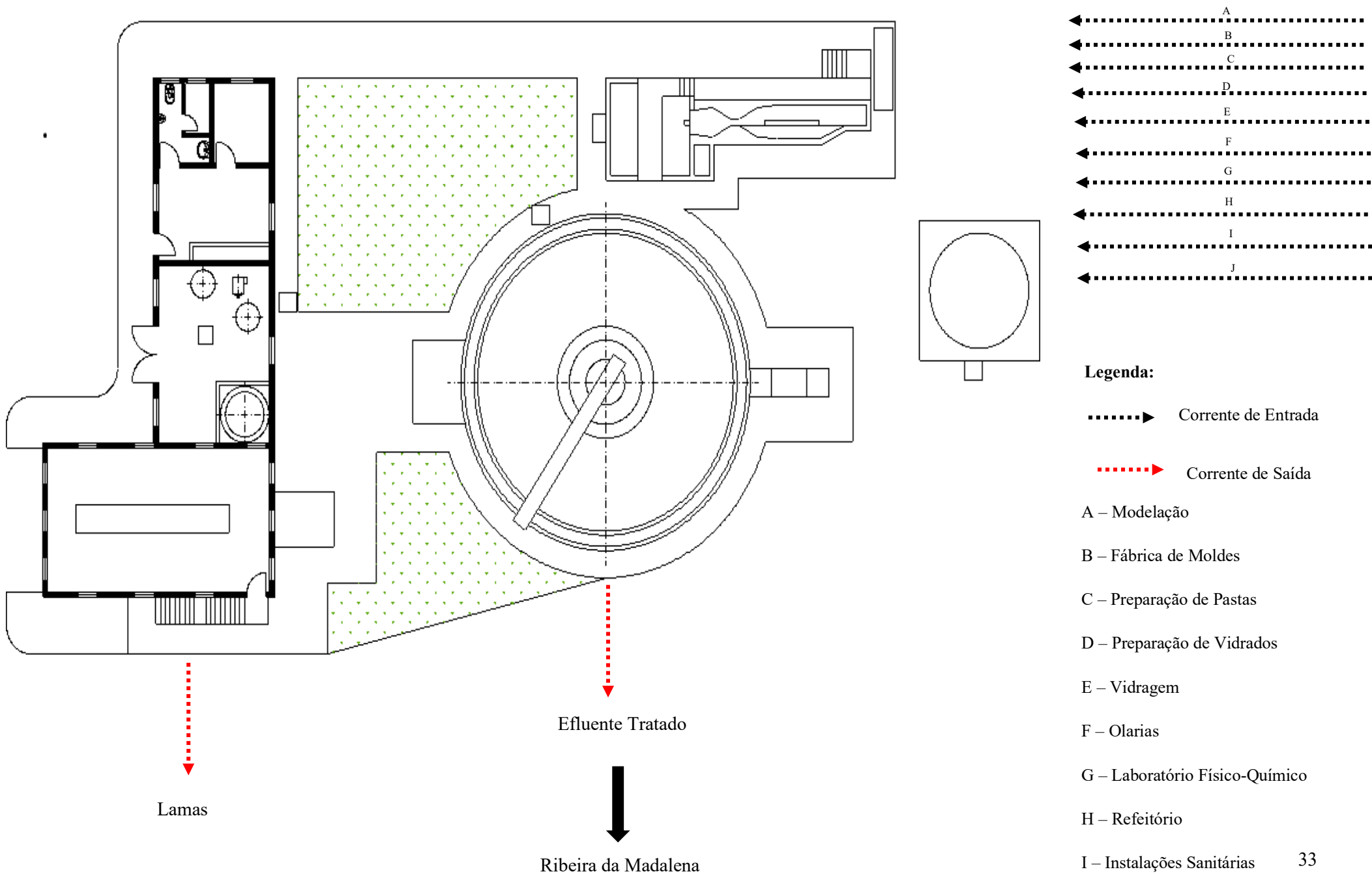


Figura 3.1. Entradas e saídas da ETARI.

3.3. Processo de tratamento realizado aos efluentes brutos

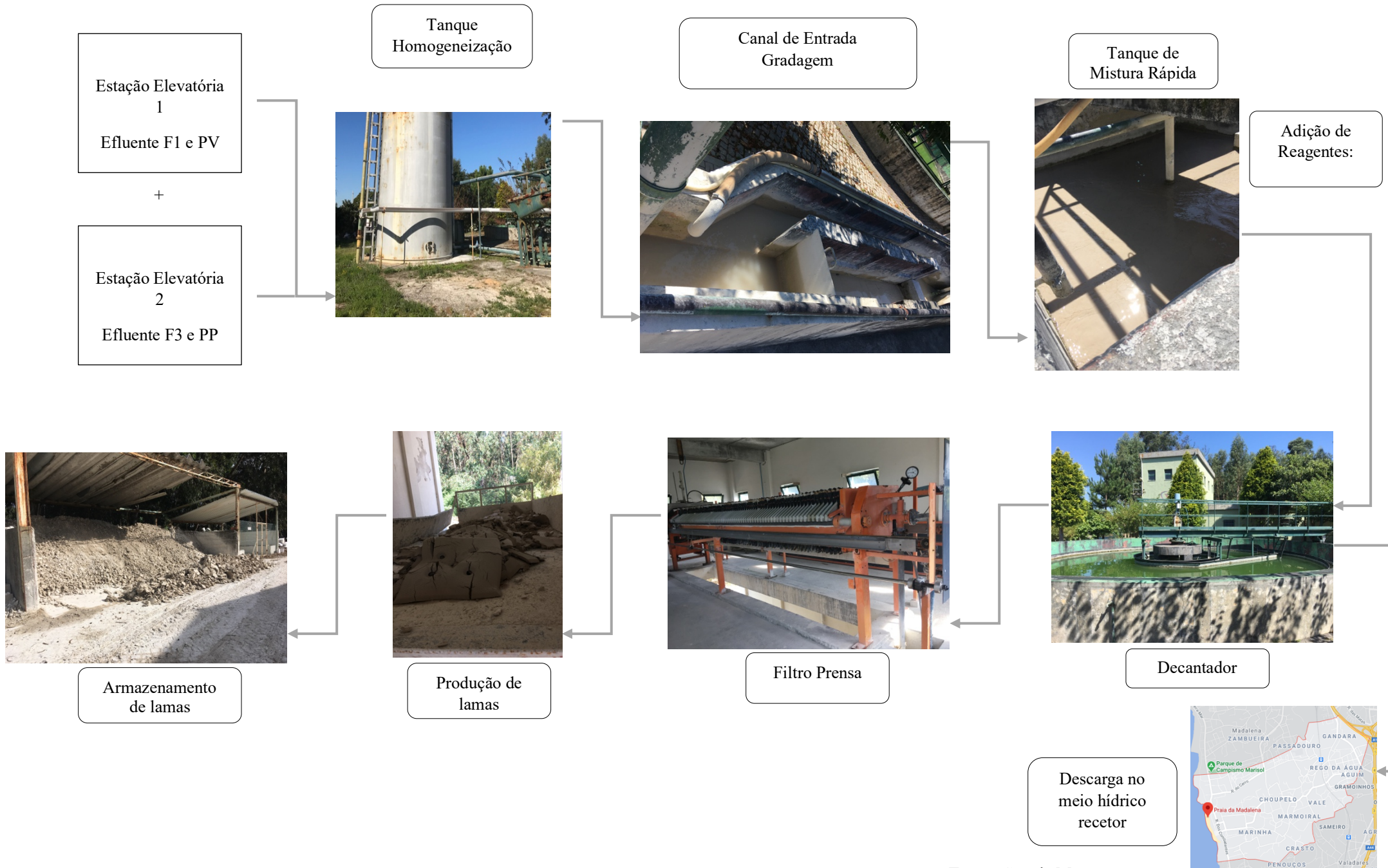
Tal como ilustrado no esquema do ponto anterior, a Advanced Research Ceramic Heritage (ARCH) recebe na sua ETARI todos os efluentes provenientes do processo de fabrico, lavagens das seções bem como águas residuais domésticas, nomeadamente sanitárias e refeitório, bem como as das chuvas. Neste momento, as águas pluviais não estão a ser drenadas através de um sistema independente com um coletor. O tratamento principal da ETARI tem por base a coagulação/floculação. O coagulante é misturado através de uma agitação adequada para permitir que ocorra a agregação das partículas, favorecendo a sua precipitação ^[34]. Posteriormente, é adicionado o floculante que tem como função a aglomeração de flocos em agregados de maiores dimensões, facilitando assim a sua sedimentação. Geralmente, esta etapa caracteriza-se por ser efetuada com uma agitação lenta, de modo que a velocidade de colisão entre as partículas aumente, mas de forma que os agregados ou flocos não sejam destruídos ^[35]. Na figura 3.1 está representado o esquema do funcionamento da ETARI.

As águas residuais industriais oriundas da Fábrica 1 e da Preparação de Vidros são conduzidas para o poço de bombagem da Estação Elevatória 1 (EE1), enquanto as águas da Fábrica 3 e da Preparação de Pastas são encaminhadas para o poço de bombagem da Estação Elevatória 2 (EE2). Daqui, são bombeadas até à ETARI através de quatro bombas pneumáticas, duas para cada estação, respetivamente. Posteriormente, os efluentes são encaminhados para um tanque de homogeneização que permite que todo o efluente bruto fique homogeneizado. A água passa por um canal de entrada onde está colocada uma grade. A gradagem ^[36] permite a separação de objetos de maiores dimensões, como folhas e ramos, que ficam impedidos de passar através das grades.

Adiciona-se o coagulante ao efluente bruto através do auxílio de duas bombas doseadoras. Após a adição do coagulante a água é encaminhada para um tanque de mistura rápida, assegurada por um electroagitador com velocidade regulável. Seguidamente adiciona-se o floculante, de forma a favorecer a aglomeração dos flocos formados na etapa anterior. No decantador, os sólidos tendem a depositar-se no fundo, por ação da gravidade uma vez que são mais densos do que a água, e pela parte superior sai a água tratada através de

descarregadores superficiais ^[36] e é direcionada para o meio recetor, a ribeira da Madalena.

As suspensões de sólidos que resultam deste processo são bombeadas para um filtro prensa, com o auxílio de uma bomba pneumática. Neste passo, sofrem um processo de desidratação mecânica, em que é retirado o excesso de água dando origem a placas de lamas com uma humidade de cerca de 22%, as quais caem num contentor que se encontra por baixo do filtro prensa. Em seguida, são depositadas num local apropriado (tulha) para posterior recolha e valorização externa (reciclagem).



Fonte: Google Maps

Figura 3.2. Funcionamento da Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI).

3.4 Quantificação dos efluentes provenientes das EE1, EE2 e produção de lamas

Com base nos dados fornecidos pela empresa referentes ao ano de 2019 foi possível recolher os dados quanto ao volume tratado dos efluentes brutos das Estações elevatórias 1 e 2 (EE1 e EE2) e à produção de lamas. Estes valores serão importantes para se poder fazer uma comparação entre o ano de 2019 e o ano de 2020, já com algumas das medidas implementadas, que serão descritas no capítulo seguinte. O ano de 2020, pelo aparecimento da pandemia não será o melhor para se fazer uma comparação, no entanto foram considerados os meses de janeiro a março de ambos, para permitir a comparação com um período igual de laboração para os dois anos. Este fator irá ter influência nos valores obtidos.

A empresa possui três furos para captação de água para os quais foram fornecidos dados dos caudais de água captada. O valor total para este consumo com base no ano de 2019 foi de 32 473 m³. O gráfico (figura 3.3) referente ao mesmo ano revela que o volume de efluentes brutos proveniente de ambas as estações elevatórias foi de 1709 m³. Para o mesmo período de 2020 foi obtido um valor de 1 911 m³, superior ao produzido no ano anterior, apresentando uma diferença de 202 m³. Esta diferença poderá estar relacionada com a quantidade de precipitação que ocorreu naquele período. Seria esperado que devido à implementação da redução das lavagens nas seções de maior consumo, vidragem e olaria, se verificasse uma redução na captação de água e rejeição de águas residuais a partir do mês de novembro de 2019. No entanto devido ao início da implementação das medidas, as mesmas nesta altura ainda não se tinham verificado significativas ao nível de resultados.

Por outro lado, os registos indicam que foram tratados cerca de 4 170 m³ no primeiro trimestre de 2019. A razão pela qual este valor é o dobro do volume de EE1+EE2 deve-se ao facto de a água proveniente do filtro de prensa voltar novamente ao canal de entrada, resultando num novo registo no caudalímetro. Para o efluente tratado em 2020, o volume obtido foi de 6 222 m³. Comparativamente ao valor de 2019, existe uma diferença que se pode considerar significativa, 2 052 m³. Este valor pode também ser justificado pela razão referida inicialmente (aumento da precipitação). A produção de lamas nos primeiros três meses em 2019 apresentou um valor de

42000 kg, representando uma percentagem de 14,3% em relação ao consumo de barbotina e vidro. Um dos principais objetivos da empresa seria a redução da produção de lamas, em pelo menos 5%, dado que estas sendo um resíduo, o custo de as retirar do interior das instalações, é bastante elevado. Isto traduz-se, em produzir o mínimo de lamas e com vista a que futuramente possam ser valorizadas internamente. Em 2020, obteve-se um total de 42 400 kg, traduzindo-se numa percentagem de 18,6% quanto à barbotina e vidro consumido. A diferença apresentada entre os trimestres foi de 400 kg. O aumento percentual quanto às lamas produzidas foi de 4,3%. Contrariamente ao esperado, houve um aumento significativo sendo que será necessário continuar a implementação das medidas já estipuladas bem como de outras, nomeadamente a recuperação da própria barbotina e vidro, a diferença poderá tornar-se mais significativa.

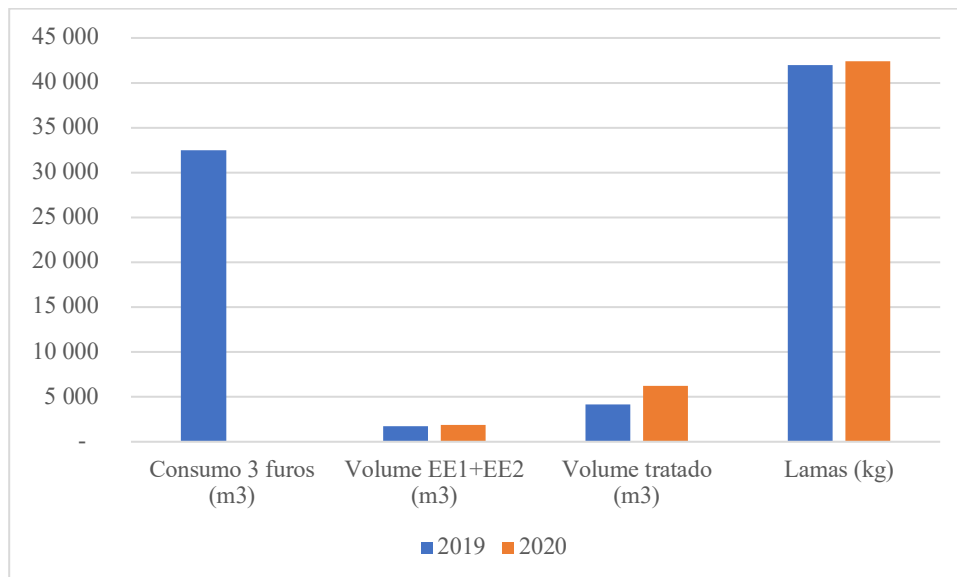


Figura 3.3. Consumo dos 3 furos, Volumes das EE1+EE2, Volume tratado e lamas dos anos de 2019 e 2020.

4. Medidas a implementar no processo produtivo

4.1 Apresentação das seções do processo produtivo que foram estudadas

O quarto capítulo desta dissertação inicia-se com o levantamento de todas as tarefas realizadas ao nível das lavagens em todas as seções de forma a poder-se posteriormente sugerir medidas a implementar. Para complementar este ponto, foi feita uma estimativa do consumo de água por equipamento lavado em cada seção, levando ao consumo total de água da seção por mês e por ano. Posteriormente, o valor obtido será comparado com o valor fornecido pela empresa relativamente ao volume que envolve a Estação Elevatória 1 (EE1) e Estação Elevatória 2 (EE2) bem como o consumo de água dos poços distribuídos internamente.

Inicialmente foi feito um levantamento das lavagens realizadas em cada seção, nomeadamente, número de lavagens realizadas por semana e por mês de todos os equipamentos, de modo a se poder perceber quais as seções que gastam uma maior quantidade de água e onde se pode atuar.

Posteriormente, foi feito um acompanhamento nas várias seções para se ter uma perceção do tempo que cada equipamento demora a ser lavado e uma estimativa da quantidade da água gasta.

O principal objetivo deste estudo é obter uma estimativa da quantidade de água gasta por cada seção e com isto implementar medidas de redução de consumo e/ou reaproveitamento nas seções onde o seu consumo é maior.

Foram recolhidas imagens das lavagens dos equipamentos por seção de modo a facilitar a sua compreensão.

Todos os cálculos auxiliares realizados para a determinação das respetivas quantificações estão presentes no anexo B.

4.1.1 Modelação

A modelação é das seções onde se gasta uma quantidade pouco significativa de água, uma vez que esta apenas é lavada no seu todo uma vez por semana, tendo sido estabelecido a sexta-feira. No anexo B.1 está presente a tabela que dá a indicação dos dados recolhidos na seção referida, as tarefas que são realizadas quanto às lavagens, quantas vezes por mês são lavados todos os equipamentos, o volume gasto nessa mesma lavagem e o respetivo

consumo por mês e por ano. Na figura 4.1 é possível visualizar parte da seção bem como a respetiva lavagem.



Figura 4.1. escoamento da água de lavagem à entrada da seção (lado esquerdo) e no seu interior (lado direito).

4.1.2 Fabrico dos moldes

No fabrico dos moldes, tal como na modelação, o consumo de água não é tão significativo como nas seções a serem apresentadas mais à frente.

É importante referir que na data em que a lavagem desta seção foi realizada, não foi possível recolher as respetivas imagens. Contudo, foram retiradas fotografias da própria seção para mostrar as suas dimensões bem como a localização onde está do local de lavagem. Na primeira imagem (figura 4.2) é possível visualizar onde se encontra a mangueira da lavagem da seção bem como os recipientes onde é preparado o gesso destinado à produção de moldes.



Figura 4.2. Interior da seção de moldes.

Este conjunto de imagens (figura 4.3) representam o exterior à seção de moldes, onde também é da responsabilidade dos colaboradores da mesma procederem à respetiva lavagem. Apresenta uma área considerável, sendo lavada apenas duas vezes por ano, correspondente ao período de férias da empresa. Para além do uso da mangueira da seção representada na imagem anterior, é usada uma torneira auxiliar situada neste mesmo local, onde é colocada outra mangueira para uma lavagem mais rápida e eficaz. Tal como referido anteriormente, estas imagens também foram recolhidas no período após a lavagem, uma vez que não foi possível a recolha na altura devida.



Figura 4.3. Exterior da seção de moldes.

4.1.3 Preparação de pastas

A preparação de pastas tem vários equipamentos que são lavados com alguma regularidade. Através da tabela apresentada no anexo B.3 foi possível fazer o levantamento de todos os equipamentos da mesma, número de lavagens efetuadas por mês, volume de água gasta e por fim o consumo mensal e anual.

Na figura 4.4 está representado em gráfico, para uma melhor visualização, de todos os consumos referentes aos vários equipamentos da seção. De realçar que o equipamento que gasta uma maior quantidade de água é o tanque tampão do misturador, pelo facto de necessitar de ser lavado duas vezes por mês, de forma a evitar que se deposite barbotina no fundo do tanque. Outro motivo é a quantidade de barbotina produzida, que irá para

este tanque em maior quantidade do que a barbotina *Gresanit* que se encontra no tanque tampão dos turbos, que só necessita de ser lavado duas vezes por ano. O equipamento que envolve o menor gasto de água é a retroescavadora uma vez que como a sua utilização é inferior aos restantes equipamentos, esta só necessitará de uma lavagem no tempo em que a empresa fecha para férias.

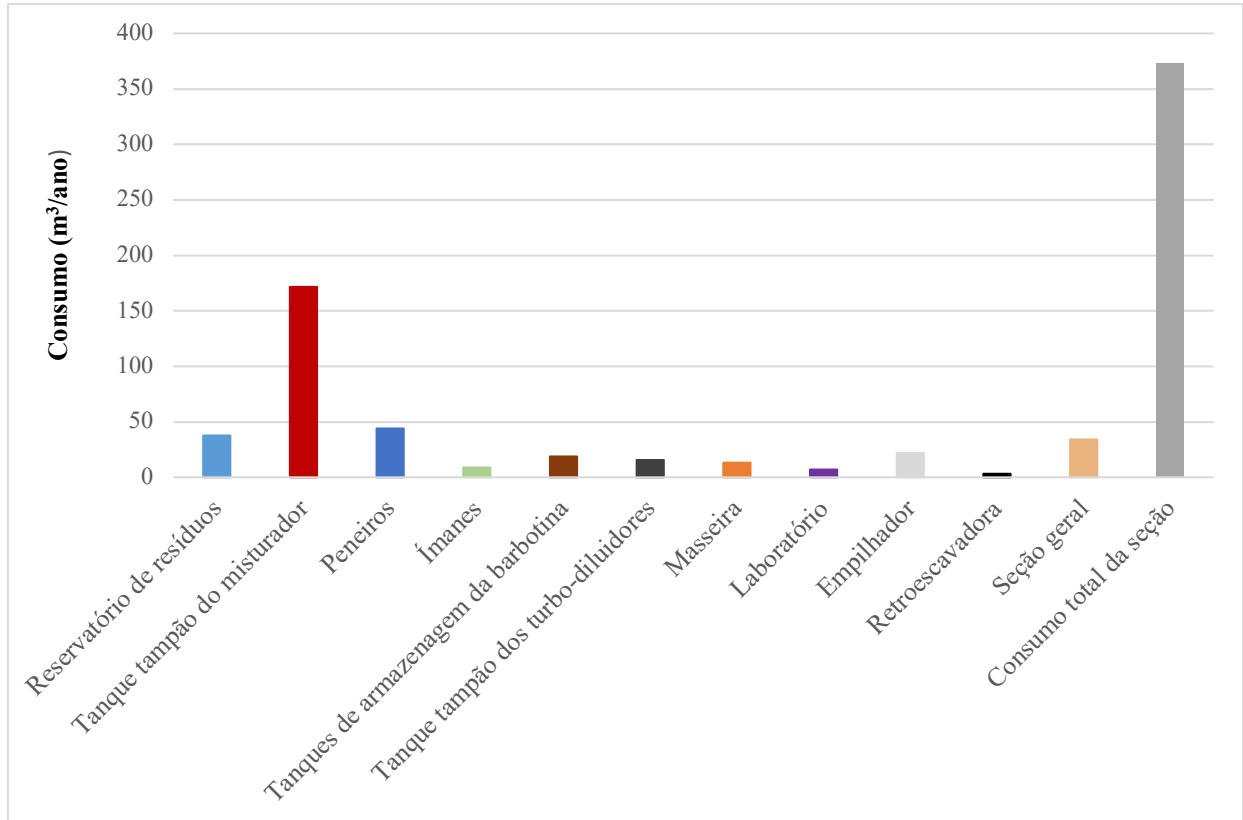


Figura 4.4 Consumo anual de água de cada equipamento da preparação de pastas.

A figura 4.4 mostra o acompanhamento que foi feito durante o período de lavagens. A figura 4.4 a) é ilustrativa do reservatório de resíduos pertencente ao tanque tampão do misturador. As matérias-primas vindas dos fornecedores trazem consigo resíduos provenientes da sua extração que têm de ser selecionados e separados. Este reservatório tem essa mesma função. Ao lado, a figura 4.4 b) mostra os peneiros a serem lavados. Depois da barbotina estar no tanque tampão do misturador é passado neste equipamento de forma a reter as partículas de maiores dimensões. Após esta passagem, irá sofrer uma passagem por um íman, em que a sua lavagem está referenciada na figura 4.4 c), que remove as partículas de ferro, de forma a não prejudicar a composição da barbotina. A figura 4.4 d) ilustra a lavagem do matraz onde o colaborador determina a densidade da

barbotina. Por último, a letra e) que corresponde à última imagem, exemplifica a masseira, equipamento que faz a lambugem, que se define como sendo, barbotina com uma viscosidade muito superior à normal, e que se destina à colagem dos arcos cerâmicos para as bacias.

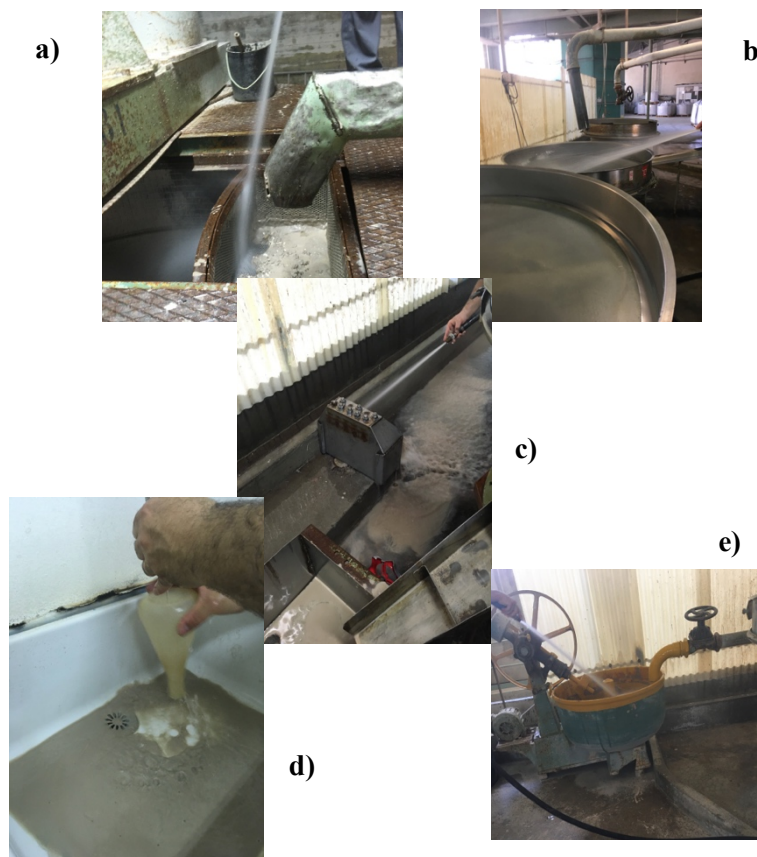


Figura 4.5. Exemplos de lavagens realizadas na preparação das pastas.

4.1.4 Preparação de vidrados

Na preparação de vidrados, tal como na preparação de pastas, o processo de vidrados tem de passar por vários equipamentos. No entanto, o tempo gasto na lavagem desses equipamentos não é muito extenso. Na figura 4.6, são apresentados todos os dados recolhidos referentes aos consumos dos vários equipamentos desta seção.

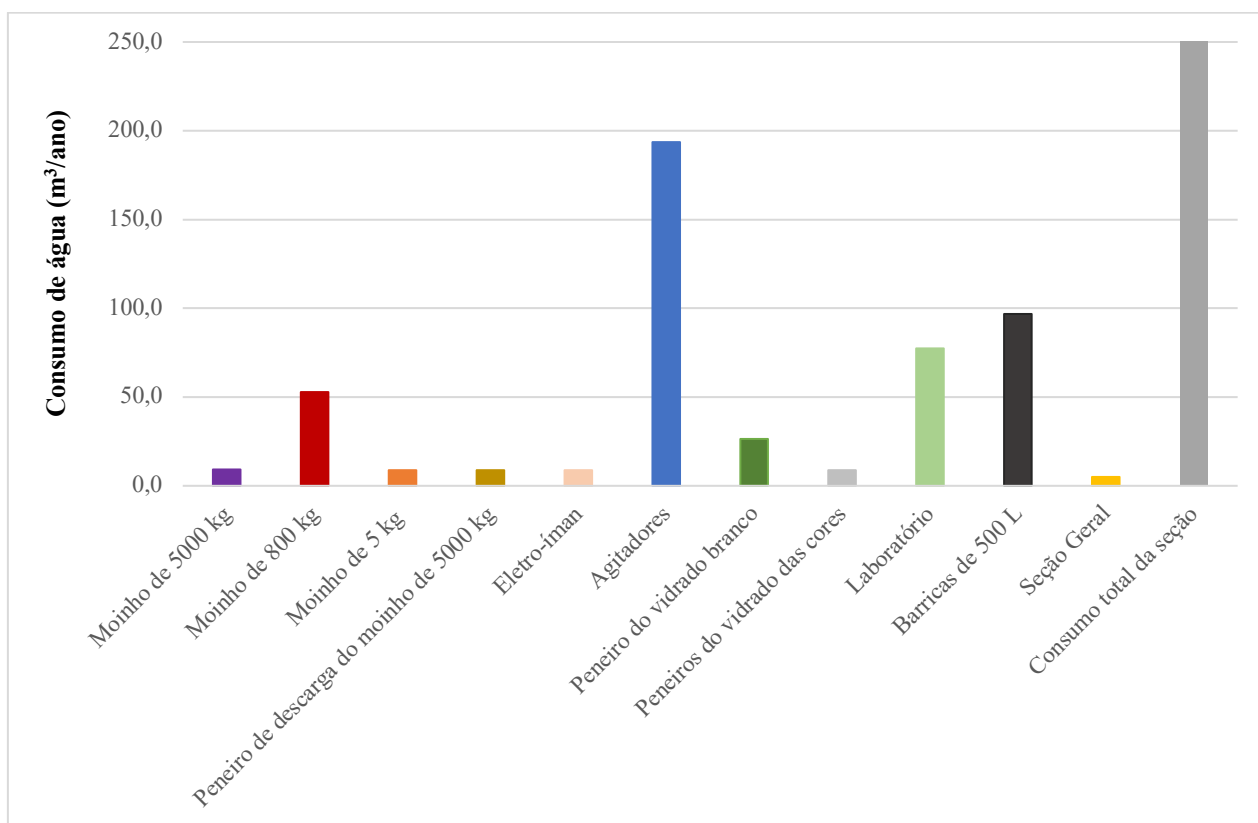


Figura 4.6. Consumo anual de cada equipamento e seção da preparação de vidrados.

Pela análise da figura 4.6 é possível concluir que os equipamentos que mais quantidade de água envolvem na sua lavagem são os agitadores uma vez que para a preparação do vidro é necessária à sua constante agitação e a posterior lavagem, de forma a não contaminar os restantes vidrados. A seção geral é a que apresenta uma menor quantidade de água gasta dado que como só engloba os pavimentos, que apenas são lavados duas vezes por ano.

Na figura 4.7 estão representados alguns dos equipamentos pertencentes à preparação de vidrados. A imagem identificada pela letra A corresponde ao moimho de 800 kg que mói as bases para a preparação das cores. Para a lavagem deste moimho, o colaborador coloca a mangueira dentro deste e deixa encher até meio. Para uma melhor desinfecção é colocado hipoclorito de sódio. Quanto à imagem apresentada como b), é possível visualizar o peneiro do vidro branco. Após a moagem das matérias-primas com o objetivo de preparar vidro de cor branca, estas passam por um peneiro com o objetivo de eliminar possíveis contaminações. Após este processo, é passado por um eletroíman como é possível ver na imagem c). Este possui já um circuito automático que inclui a passagem

do vidro, da água (imagem d) e do ar. A passagem de água aqui, tem a função de limpar o vidro que possa ficar no seu interior, enquanto que a passagem de ar será para expulsar o vidro e a água que poderá ter ficado no interior da tubagem de forma a não contaminar e não prejudicar as características do material que irá para as barricas. De referir que o peneiro ao ter uma ligação ao eletroímã, quando se lava o primeiro equipamento está a ser automaticamente lavado o segundo também. Ou seja, o eletroímã apresenta 2 lavagens. Na imagem e), vê-se a lavagem dos agitadores utilizados para a preparação do vidro branco. Estes equipamentos têm de ser sujeitos a uma lavagem cuidada, uma vez que qualquer resíduo que possa ficar, poderá posteriormente, contaminar qualquer vidro que venha a ser feito.

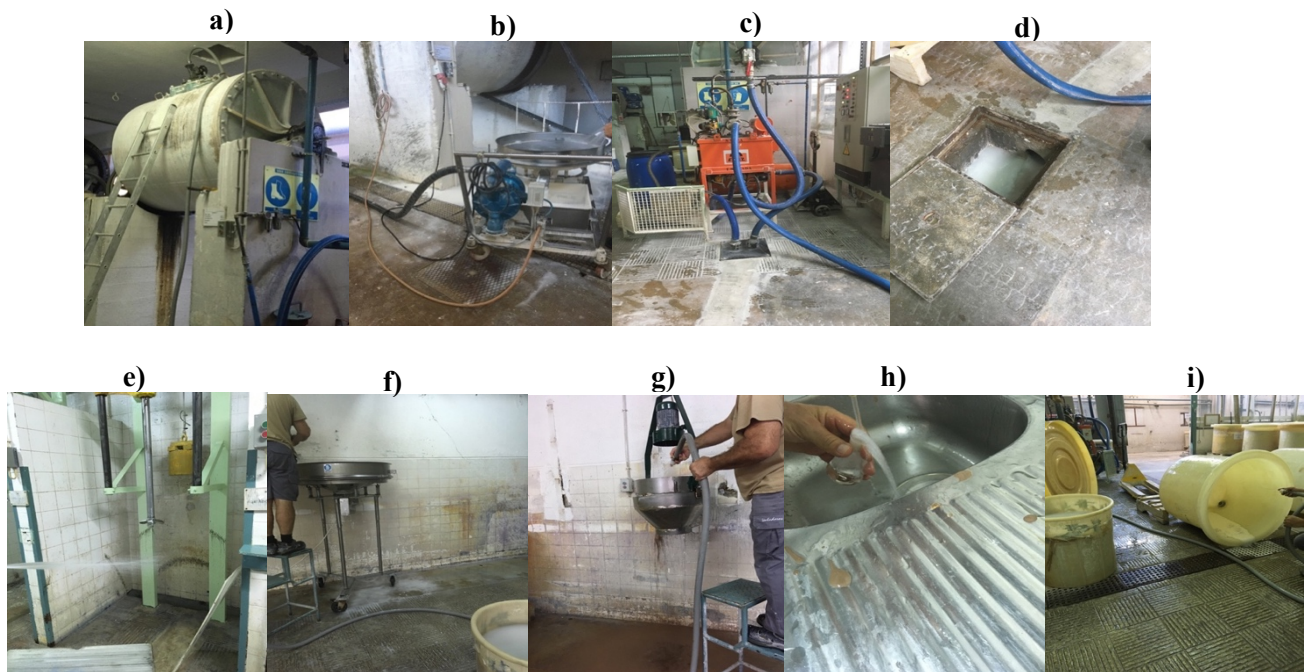


Figura 4.7 Exemplos de lavagens realizadas na preparação dos vidrados.

Na figura 4.7, imagem f), é possível encontrar o peneiro responsável pela seleção de partículas de pequenas dimensões, logo uma malha mais fina. Depois do vidro passar neste equipamento fica armazenado em barricas que terão como destino, a vidragem. A letra g) representa o peneiro do vidro com cores. Após a moagem das bases e dos corantes, estes dois componentes são adicionados e antes de irem para a produção, são passados neste peneiro de pequenas dimensões. O controlo do vidro é feito num laboratório que se encontra dentro da seção, onde a densidade, viscosidade e resíduo do

vidrado são controlados. Como exemplo, o colaborador está a proceder à lavagem do picnómetro depois de ter determinado a densidade do mesmo (vidrado). Por fim, (imagem i) encontra-se a lavagem das barricas onde o vidrado é armazenado para ser preparado/pronto para seguir para a vidragem.

4.1.5 Olaria

A olaria está dividida em 4 zonas, designadas respetivamente por 1.1; 1,2; 2,1 e 2.2. Este estudo não foi aplicado à zona 2.2 uma vez que esta não seria das mais importantes ao nível do consumo de água nas lavagens, não sendo alvo da implementação de novas medidas.

Em primeiro lugar, a 1.1 é uma das quatro zonas que apresenta um maior consumo de água pelo facto de possuir na sua constituição um número elevado de equipamentos, que irão ser descritos mais à frente.

De forma a sintetizar-se todos os consumos quanto aos equipamentos da seção, foi esquematizado uma tabela com todos estes dados, presentes no anexo B.5.

Na figura 4.8 está representado em gráfico, para uma melhor visualização, todos os consumos de água referentes aos vários equipamentos da seção. A partir deste gráfico, é possível observar que as torneiras existentes na olaria representam o maior consumo. O motivo deste elevado consumo poderá ser devido a algumas razões que durante o acompanhamento foram observadas: muitas vezes os colaboradores abrem excessivamente as torneiras para o acabamento da peça, quando na verdade poderiam racionalizar melhor essa quantidade, e por algumas delas, mesmo no momento em que não necessitam, continuam abertas. Por outro lado, as sete barricas internas da barbotina são as que menores quantidades de água gastam na sua lavagem. Embora exista mais do que uma na olaria, o facto de apenas serem lavadas duas vezes por ano envolve um menor consumo de água.

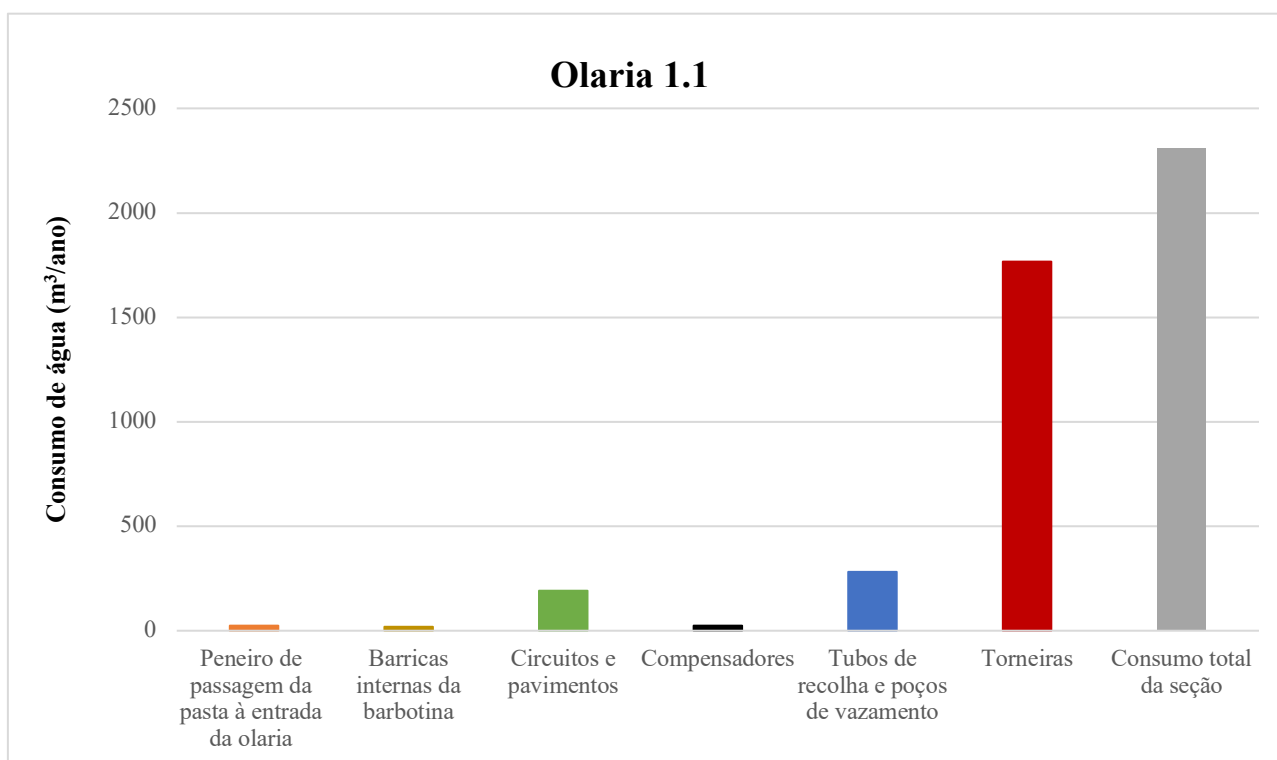


Figura 4.8. Consumo anual de todos os equipamentos da olaria 1.1.

Na figura 4.9 estão presentes alguns exemplos das lavagens realizadas na zona 1.1 da olaria 1.1. A primeira imagem referenciada pela letra a) mostra o peneiro que se encontra à entrada desta olaria. Funciona como peneiro de segurança, no caso de rasgamento do peneiro presente na preparação de pastas, e tem como função, a separação das partículas de barbotina dos vazamentos e de circulação. De realçar que, esta barbotina já sofreu um processo de peneiração e desferrização na preparação de pastas. Aqui, voltará a ser depurada de maneira a reter algumas partículas que anteriormente não tenham sido selecionadas. No final, o peneiro deverá ser lavado de forma a eliminar todos os resíduos para não provocar futuras contaminações, logo a sua lavagem deverá ser cuidada.

Na figura, na imagem b) é visível a lavagem de uma das barricas localizadas no interior da olaria. No seu interior está a barbotina pronta a ser bombeada para os circuitos. A sua lavagem apenas é feita quando a produção encerra, isto é, duas vezes por ano. Pela imagem c) é possível ver as lavagens dos dois compensadores (Norte e Sul) situados nos extremos da olaria. Alimentam quatro das quinze baterias presentes na olaria. A sua lavagem é feita diariamente uma vez que estes equipamentos são cheios todos os dias com barbotina, logo também terão de ficar sem qualquer tipo de resíduo, de forma a não

haver entupimentos e com isto não haver problemas no enchimento dos moldes e nas peças. Este equipamento tem a função de exercer um determinado peso e pressão de forma que as partículas tenham uma maior compactação durante a conformação. Nas imagens d) e e) apresenta-se a tubagem de recolha para o vazamento e o respetivo poço. Por esta tubagem passam os vazamentos que são todos os dias colocados nos poços norte e sul, respetivamente. A sua lavagem apenas acontece uma vez por semana (sexta-feira). É uma lavagem algo demorada pois os colaboradores inicialmente têm de retirar toda a barbotina seca que fica retida nesta tubagem, sendo esta direcionada para as quebras em cru. Existe a necessidade de realizar todo este processo uma vez que se a barbotina permanecer na tubagem, quando se der o enchimento irá ocorrer o entupimento dos tubos bem como originar problemas nas peças. Só depois deste procedimento é que os tubos são lavados. Esta água é reencaminhada para os poços, que terminando o processo são lavados.

Por fim, a imagem f) mostra as torneiras que se encontram nas bancas de acabamento da loiça cerâmica onde os oleiros tornam a superfície das peças o mais uniforme possível.

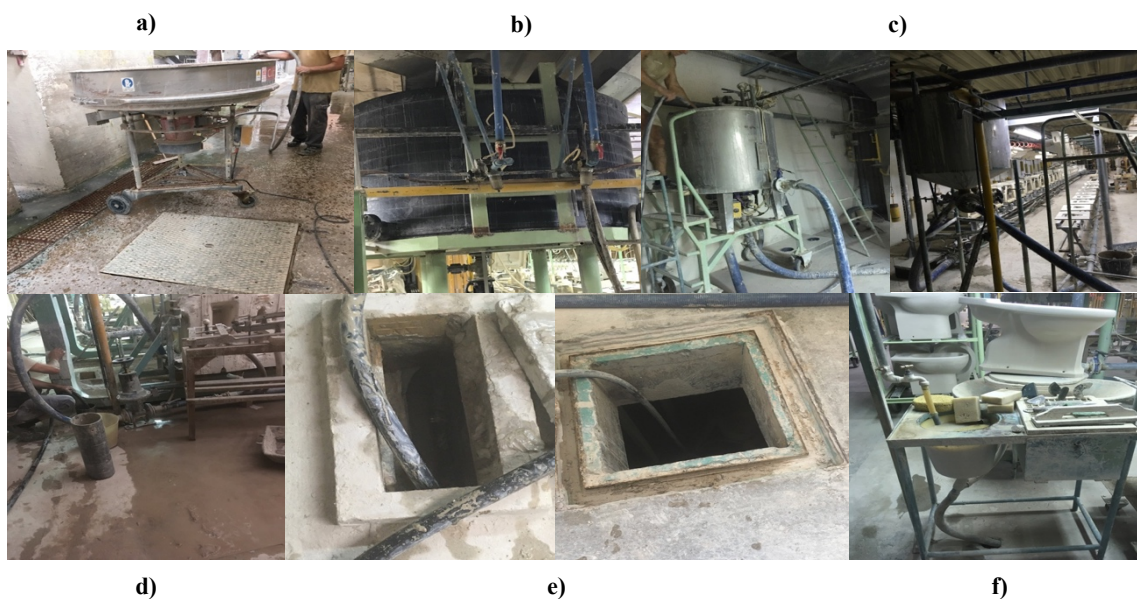


Figura 4.9. Exemplos de lavagens realizadas na olaria 1.1.

A zona a seguir apresentada é a zona 1.2. Caracteriza-se por ser uma zona mais recente relativamente às restantes e que tem uma área menor comparativamente à 1.1. De alguma forma esta olaria está interligada com a anterior dado que a mesma é abastecida pelos mesmos poços e os vazamentos da 1.1 e 1.2 têm o mesmo destino. De referir que as

torneiras são um auxílio à banca de acabamento e não como equipamento que tem de ser lavado.

Pela figura 4.10 que representa o consumo de água ao longo de todo o ano destes equipamentos, é notório que as torneiras se destacam pelo elevado consumo de água. Enquanto os compensadores e as barricas de vazamento são os equipamentos que apresentam um menor consumo por envolverem tempos de lavagem rápidos, embora lavados diariamente.

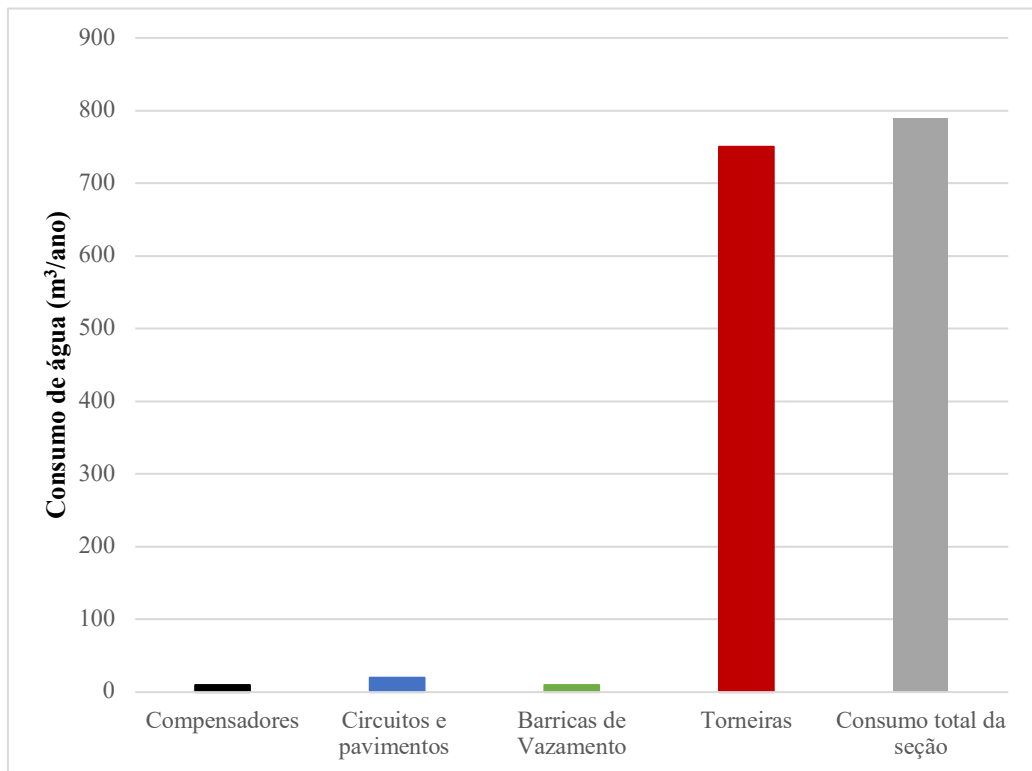


Figura 4.10. Consumo anual de todos os equipamentos da olaria 1.2.

A figura 4.11 mostra algumas das lavagens que são feitas nesta zona.



Figura 4.11. Exemplos de lavagens realizadas na olaria 1.2.

A imagem representada pela letra a) evidencia a lavagem de um dos compensadores existentes na olaria 1.2. Este compensador alimenta uma das quatro baterias. Esta lavagem é feita diariamente. Na imagem b) estão presentes as duas baterias existentes num dos lados da olaria, constituídas pelos moldes onde se fazem as peças e onde é feita a lavagem dos circuitos correspondentes. Numa delas são feitos os arcos para as bacias e na outra é produzida um tipo específico de bacia. Esta lavagem é realizada uma vez por mês. Neste caso, foi possível acompanhar a mesma, sendo que uma das dificuldades aqui observadas foi o tempo gasto, e foram necessárias mais de duas pessoas para a executarem. Para além de que como a olaria não tem o descaimento necessário para escoar toda a água, esta fica acumulada no meio da olaria, sendo necessário um colaborador para a empurrar e no final um aspirador de forma a tornar a secagem do pavimento mais rápida. As duas imagens c) mostram parte da lavagem do pavimento da olaria, onde as dificuldades anteriormente referidas se podem evidenciar. Outra dificuldade verificada é o entupimento das valetas que faz com que a água proveniente da lavagem não escoe. A seguir, na imagem d) mostra-se a lavagem de uma das barricas que recebe os vazamentos provenientes do compensador e dos circuitos. Estes vazamentos terão como destino um dos poços que se encontram na olaria 1.1 que recebem os excedentes de barbotina. Tal como a lavagem dos compensadores, esta também é feita diariamente.

Por fim, na imagem e) é possível visualizar as torneiras que se encontram presentes nas bancas de acabamento que auxiliam os oleiros para o aperfeiçoamento das superfícies das peças. Deste modo, e de acordo com todos os equipamentos analisados, este setor é aquele que apresenta um maior consumo de água.

A zona que se segue é a olaria 2.1. Apresenta um maior número de equipamentos relativamente à zona anterior (olaria 1.2). A diferença relativamente à olaria 1.1 é que esta já não efetua a lavagem dos tubos de recolha e poços de vazamento uma vez que essa lavagem é realizada com a própria barbotina. O próprio circuito da pasta nesta olaria efetua-se de maneira diferente em relação à zona 1.

O gráfico apresentado pela figura 4.12 representa o consumo anual de todos os equipamentos da zona desta olaria. A partir deste gráfico é possível destacar o elevado consumo que as torneiras representam. Os ímanes, dado serem um equipamento de pequenas dimensões e de ter uma lavagem de fácil leva a que tenha sido o que menos gasto de água envolve.

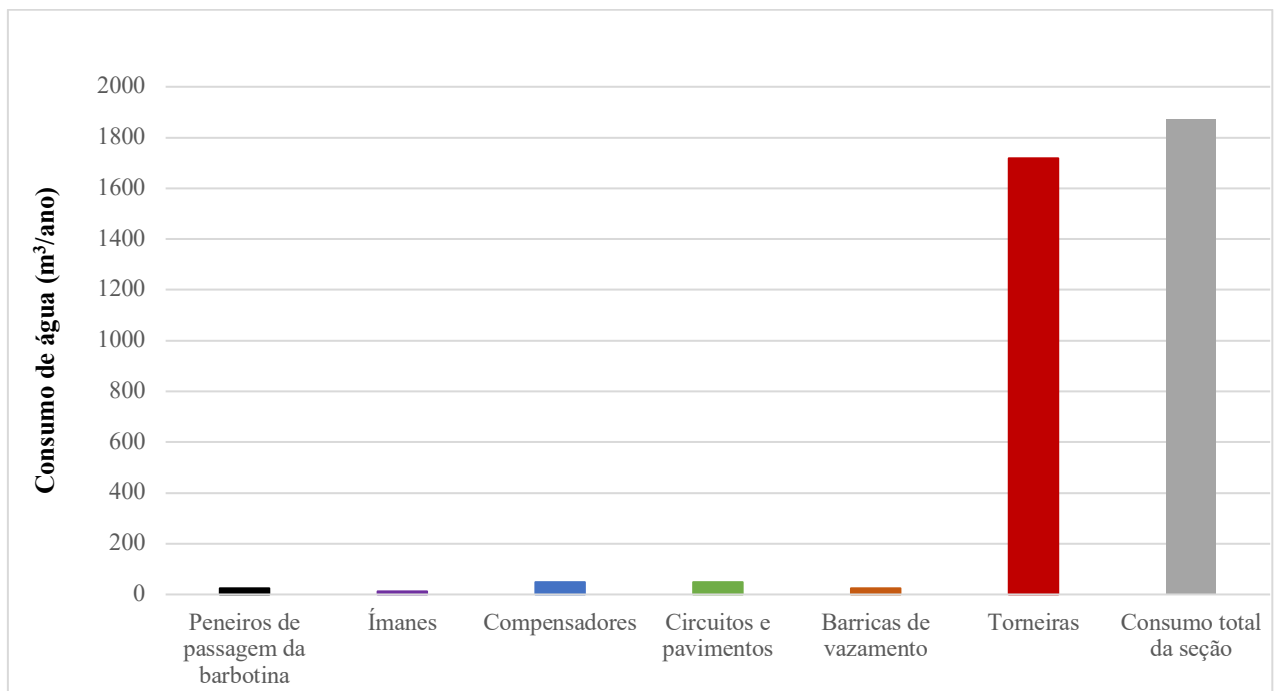


Figura 4.12. Consumo anual de todos os equipamentos da olaria 2.1.

A figura 4.13 representa alguns dos exemplos das lavagens que foram acompanhadas nesta zona. A imagem a) representa os ímanes que estão numa caixa por baixo do peneiro que se encontra à entrada da olaria com uma malha de 420 μm responsável por reter as

partículas de maior dimensão provenientes do poço de vazamentos que transportará posteriormente para os dois poços que alimentam esta olaria. De referir que ao contrário da olaria 1 que trabalha apenas com um tipo de barbotina, na olaria 2 existem dois tipos de barbotina, dependendo das peças a produzir. Para além deste peneiro, existe ainda outro que se encontra fora da olaria com uma malha mais fina que o anterior, de 597 μm , por onde a barbotina vinda do tanque tampão dos turbo-diluidores da preparação de pastas passa. Depois deste processo, esta volta a passar pelo processo inicialmente referido.

Na imagem c) está presente a barrica de vazamentos, que tal como acontece nas outras olarias, recebe todos os vazamentos provenientes dos compensadores e circuitos. Por fim a imagem d) apresenta uma das torneiras existentes na olaria, onde os oleiros mergulham a esponja com água limpa com o objetivo de melhorar a peça ao nível da sua forma.

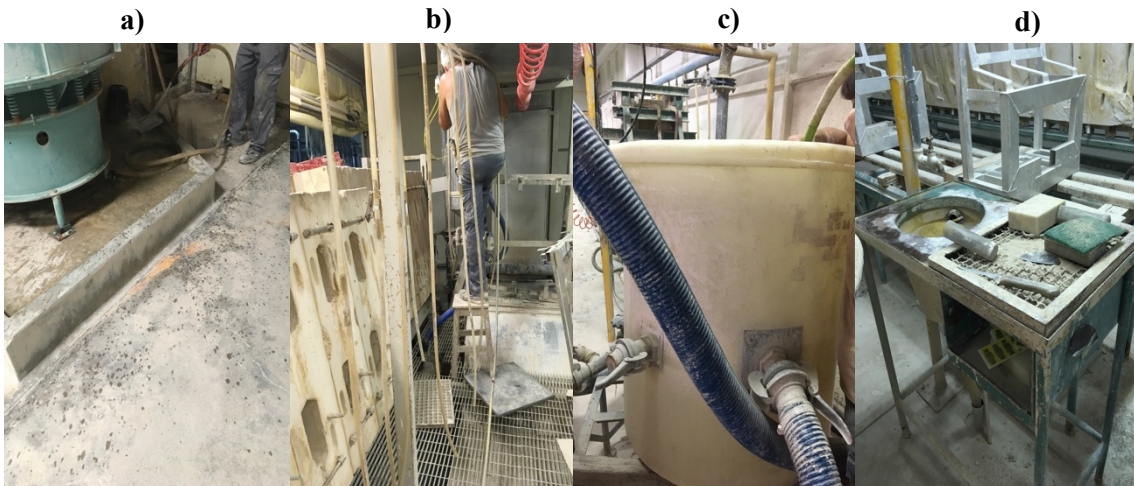


Figura 4.13. Exemplos de lavagens realizadas na olaria 2.1.

4.1.6 Vidragem

A última seção a ser apresentada será a vidragem. Na figura 4.14 está representado de uma forma mais visível os consumos de todos os equipamentos. Pela análise do gráfico é possível verificar que as torneiras das cabines são os equipamentos que apresentam o maior gasto de água. Tal como acontece na olaria, os colaboradores muitas das vezes abrem em demasia a torneira sem a devida necessidade, o que leva a um consumo elevado de água. Em contrapartida, a lavagem do circuito e da barrica de alimentação do vidrado é a que apresenta uma menor quantidade de água gasta uma vez que é apenas lavada uma vez por semana e será esta a lavagem que envolve o menor tempo possível.

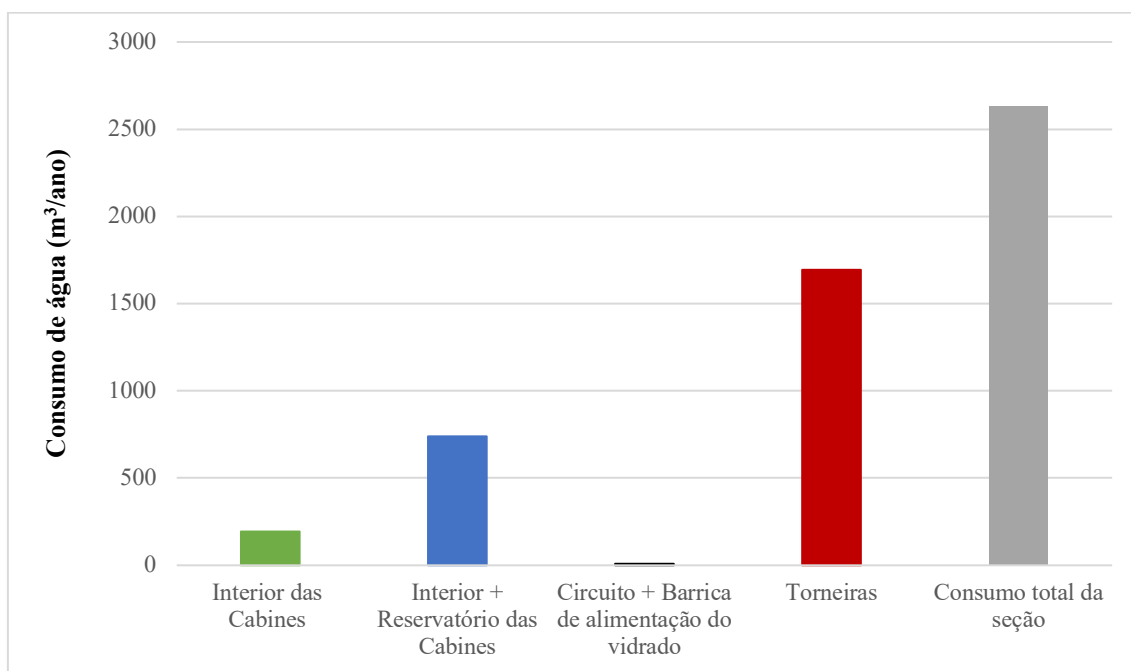


Figura 4.14. Consumo de água anual de todos os equipamentos da vidragem.

Após a esquematização dos consumos dos equipamentos, foram também recolhidas algumas imagens das respetivas lavagens (figura 4.15) de forma a ter-se uma melhor perceção do gasto de água e o que é possível melhorar.

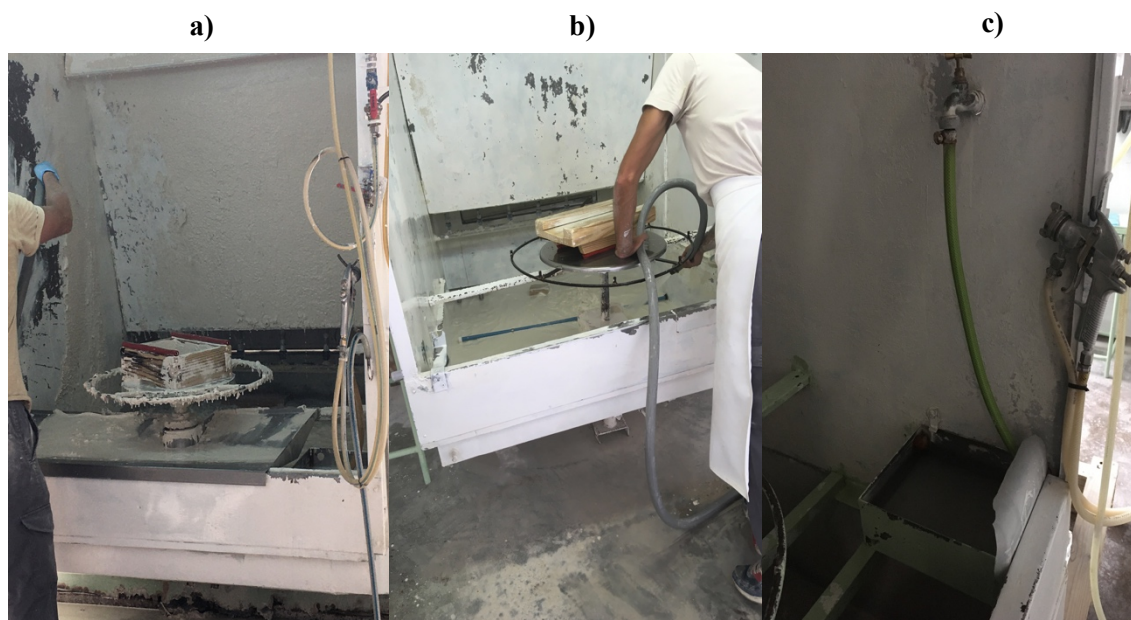


Figura 4.15. Exemplos de lavagens realizadas na vidragem.

A imagem a) evidencia a lavagem do interior das cabines, incluindo as paredes laterais e frontal. Esta lavagem é realizada todos os dias. Pela sua visualização é possível observar

que o vidro se acumula de tal forma nestas paredes que forma uma espécie de camada. A imagem b) mostra a lavagem do reservatório da cabine. Esta lavagem torna-se demorada uma vez que o vidro se acumula de tal forma no seu fundo que é necessário algum tempo para o remover. Todos estes recipientes com água são cheios duas vezes por semana de forma a diluir o próprio vidro e para que a própria cabine funcione corretamente. No procedimento diário da lavagem das cabines, os vidradores procedem ao vazamento de uma parte da suspensão de sólidos que está no interior do reservatório de modo que no dia seguinte não haja um transbordo.

Por fim, na imagem c) é visível a torneira que está dentro da cabine de vidragem, usada antes e após o processo de vidragem. Antes, o vidrador usa a esponja húmida de forma a remover a acumulação de possíveis resíduos de pasta, eliminação de imperfeições ou para molhar partes das peças de forma a evitar o aparecimento de defeitos após a cozedura. Depois da aplicação do vidro, o vidrador remove o vidro da superfície dos fretes das peças, que são as zonas das peças que estarão em contacto com a superfície das vagonas ou a mobília refratária durante a cozedura. Para além disso, o tornil de vidragem é limpo de forma a receber a peça seguinte.

4.1.7 Comparação dos consumos de água nas diferentes secções

Após o estudo das lavagens dos equipamentos de todas as secções, representou-se através de um gráfico de barras (figura 4.16) o consumo de água para cada uma das fontes de forma a poder-se fazer uma comparação, relativamente ao gasto de cada uma delas. De referir, que não foi realizado o estudo da secção de manutenção.

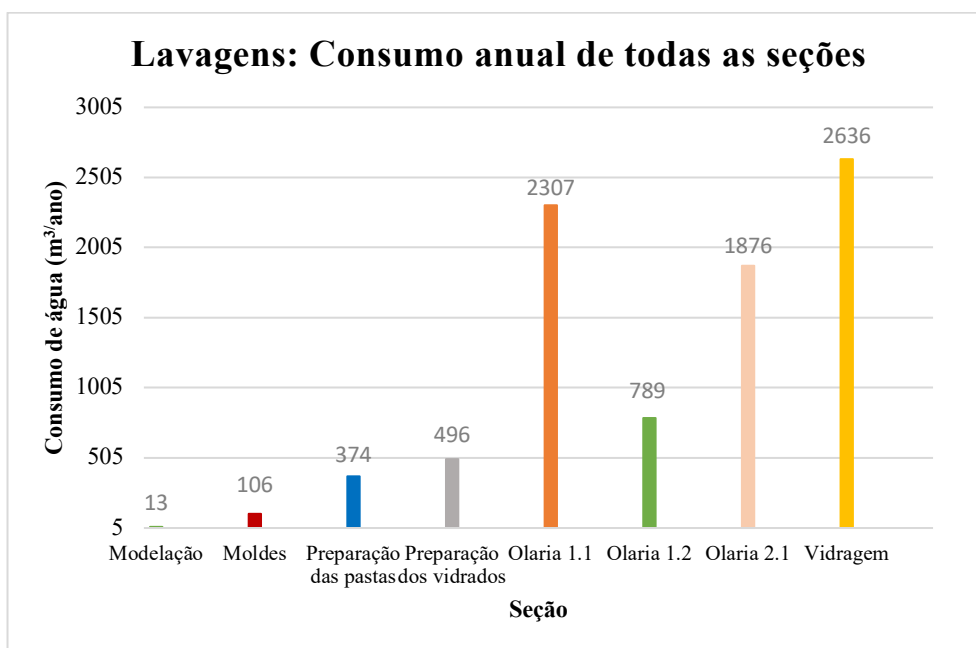


Figura 4.16. Consumo anual de água proveniente das lavagens anuais das seções.

Pela análise do gráfico da figura 4.16 é possível observar que a modelação apresenta um valor muito baixo ($13 \text{ m}^3/\text{ano}$), relativamente aos restantes. Para a seção de moldes obteve-se um valor de $106 \text{ m}^3/\text{ano}$. O consumo foi superior relativamente à modelação dado que a área que engloba a sua lavagem é relativamente superior. A preparação de pastas apresentou um valor inferior comparativamente à preparação de vidrados, havendo apenas uma diferença de $122 \text{ m}^3/\text{ano}$. Ambas têm nas suas seções o mesmo número de equipamentos, embora a área e o número de lavagens sejam superiores na seção dos vidrados.

Quanto às olarias, a 1.1 foi a que se destacou pelo maior volume de água gasto. De realçar que tal como referido anteriormente na zona 2.2 não foi feita a sua contabilização como nas restantes. O valor obtido para a olaria 2.1 aproxima-se de certa forma do valor para a 1.1 uma vez que na olaria 1.1 apenas foram consideradas as torneiras que à data (mês de julho de 2020) estariam a funcionar, o que neste caso poderia levar a um valor ainda mais elevado.

Por fim, a seção que demonstrou o maior valor em água gasta foi a vidragem ($2636 \text{ m}^3/\text{ano}$). A água utilizada na lavagem das cabines/reservatórios, o tempo gasto e as torneiras constantemente abertas num dia de trabalho serão os fatores que podem contribuir para a justificação de este valor ser tão elevado.

4.2 Implementação de medidas que contribuem para uma redução do consumo de água

Desta forma, após se terem todos os valores correspondentes a cada uma das seções e destacando a olaria 1.1 e a vidragem pelas maiores percentagens quanto a este consumo, foi preparado um quadro (tabela 4.1) com medidas a sugerir para cada uma das origens das águas residuais, dando um maior foco às seções anteriormente referidas.

Tabela 4.1. Medidas a implementar nas respetivas seções.

Seção	Tipo de substância			Medidas a implementar na seção		
	Água	Efluentes líquidos	Resíduos			
				Água	Efluentes líquidos	Resíduos
Modelação	X			Realização de um controlo regular ao consumo da água de forma a sinalizar possíveis perdas ou fugas ou até a utilização não adequada da mesma com a aplicação das seguintes medidas: - Colocação de redutores de caudal de água nas mangueiras para a lavagem dos equipamentos e instalações; - Introdução de contadores de água à entrada da seção; - Implementação de um conjunto de requisitos para a racionalização da água; - Manutenção dos equipamentos onde é realizada a captação da água e sua distribuição;		
Seção de moldes	X					
Preparação de pastas	X			O conjunto de medidas anteriormente sugeridas serão também aplicáveis nesta seção.		
Preparação de vidrados	X			O conjunto de medidas anteriormente sugeridas serão também aplicáveis nesta seção.		

Tabela 4.1. Medidas a implementar nas respetivas seções. (Continuação da tabela anterior).

Seção	Tipo de substância			Medidas a implementar na seção		
	Água	Efluentes líquidos	Resíduos	Água	Efluentes líquidos	Resíduos
Olaria 1.1	X	X	X	<p>O conjunto de medidas anteriormente sugeridas serão também aplicáveis nesta seção. Junta-se a estas, o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introdução de um regulador de caudal de saída das torneiras situadas nas bancas de acabamento (aplicável à 1.2 e 2.1); <p>Diminuição do consumo de água nas lavagens com o estudo da possibilidade de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lavagem das tubagens com barbotina de modo a eliminar ou diminuir este procedimento com o recurso de água bem como a perda de pasta que provém dessas limpezas; <p>Manutenção dos locais de escoamento da água com a sugestão de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Criação de locais de acordo com a planta da seção para a introdução de valetas levando à diminuição do tempo de lavagem (aplicável à zona 1.2); - Desentupimento das estruturas anteriormente referidas onde possíveis resíduos do processo se possam depositar e impeçam a passagem da água (aplicável à zona 1.2); 	<p>Implementação de um sistema de separação para a recolha dos efluentes com a introdução das seguintes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Criação de dois poços, um primeiro para receber todos os efluentes provenientes das lavagens e um segundo para armazenar a água resultante da filtração dos respetivos sólidos, que poderá ser reutilizada na lavagem dos pavimentos. 	<p>Implementação de equipamentos com a finalidade do aumento da recuperação e reutilização de resíduos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peneiro de forma a separar os resíduos prejudiciais resultantes das limpezas do chão da olaria; - Filtro prensa para a recuperação dos sólidos presentes no efluente de lavagem;

Tabela 4.1. Medidas a implementar nas respetivas seções. (Continuação da tabela anterior).

Seção	Tipo de substância			Medidas a implementar na seção		
	Água	Efluentes líquidos	Resíduos	Água	Efluentes líquidos	Resíduos
Vidragem	X	X	X	<p>O conjunto de medidas inicialmente sugeridas serão também aplicáveis nesta seção. Em complemento destas, acrescenta-se o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lavagem total das cabines de vidragem bem como o vazamento total do respetivo reservatório passar a ser duas vezes por semana (quarta e sexta-feira) – Medida implementada e melhorada; - Lavagem total das cabines de vidragem bem como o vazamento total do respetivo reservatório passar a ser uma vez por semana (sexta-feira) – Medida implementada atualmente; - Lavagem do circuito de vidro a passar a ser feita uma vez por mês – Medida implementada; - Elaboração de uma ponteira em aço inoxidável / PVC. Com o auxílio do ar comprimido este objeto irá ajudar no levantamento do vidro que se encontra depositado no fundo do reservatório de forma a diminuir o tempo de lavagem – Medida implementada. 	<p>Recuperação de resíduos com a finalidade de os reciclar futuramente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recuperação do vidro proveniente da pulverização das pistolas introduzindo uma aparadeira nas cabines de vidragem – Medida implementada em duas cabines; - Recuperação do vidro com a colocação de cortinas amovíveis (lamelas) nas paredes frontais das cabines de vidragem. 	

Tabela 4.1. Medidas a implementar nas respetivas seções. (Continuação da tabela anterior).

Seção	Tipo de substância			Medidas a implementar na seção		
	Água	Efluentes líquidos	Resíduos			
				Água	Efluentes líquidos	Resíduos
Refeitório, Instalações sanitárias e águas pluviais	X	X	X	Sensibilização dos colaboradores de modo a terem comportamentos mais conscientes ao nível da racionalização da água.	Introdução de uma rede separativa de efluentes tendo como objetivo a separação das águas pluviais e sanitárias que passariam a ter como destino um coletor da rede municipal.	
ETARI (Estação de Tratamento de Águas Residuais)		X	X		Aumento da reutilização das águas residuais: - Introdução de um tratamento terciário à água residual tratada com destino à ribeira da Madalena com o objetivo da sua reintrodução no processo produtivo. Outra alternativa seria a sua aplicação na lavagem das seções.	Valorização dos resíduos oriundos do tratamento dado às águas residuais: - Reciclagem interna com o objetivo da sua re-introdução no processo produtivo de materiais cerâmicos.

No quadro com as medidas acima sugeridas, foi dada uma maior importância às seções da olaria, nomeadamente a zona 1.1, e da vidragem uma vez que foram as seções que apresentaram uma maior percentagem no consumo de água. Uma vez que também a zona 1.2 foi acompanhada, no quadro acima também é referido que algumas das medidas sugeridas à zona 1.1, aqui também poderão ser aplicadas e posteriormente nas duas outras zonas. Quanto à vidragem, uma das medidas presentes no quadro, já está a ser implementada na seção – passagem da lavagem total semanal das cabines para apenas duas vezes por semana. Esta pequena alteração já diminuirá a quantidade de água consumida. Antes da aplicação desta medida, a lavagem era feita diariamente. Contabilizando esta lavagem com o interior das cabines, mensalmente gastava-se cerca de 202,4 m³. Com a aplicação desta medida, houve uma redução de 117,6 m³ passando para 84,8 m³. Considerando que grande parte do volume das Estações Elevatórias 1 e 2 (EE1 e EE2) provêm da olaria e da vidragem, pode-se saber qual o valor que a olaria representa. No ano de 2019, em média, foram para a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETARI) cerca de 1 827,4 m³ e em 2020 (não considerando o último trimestre do ano), 1 318,7 m³. Isto traduz-se numa diferença de 508,7 m³. A partir deste valor e do já obtido para a vidragem, a olaria apresentou um valor de 391,2 m³. Foi possível verificar que as seções não possuem contadores para se poder fazer uma contabilização da água que é gasta nas lavagens. Seria importante sugerir a instalação destes equipamentos para se poder quantificar de uma forma mais precisa o gasto de água nas seções onde há essa necessidade para no futuro, reduzir-se ao máximo.

Por outro lado, de modo a demonstrar aos colaboradores que determinados comportamentos no seu dia a dia podem contribuir para melhorar vários aspetos na empresa, mas que também podem influenciar a sua segurança pessoal, seria relevante o desenvolvimento de ações de sensibilização a nível interno.

4.3 Estimativa dos resíduos com potencial de reutilização no processo produtivo

Nesta seção foi realizado um estudo teórico quanto à percentagem de resíduos que se perdem no processo de moagem e na preparação do vidrado que terá como destino a vidragem (Tabela 4.2). Efetuou-se um esquema para se perceber melhor as etapas a considerar (figura 4.17). A explicação destes cálculos encontra-se no anexo C.

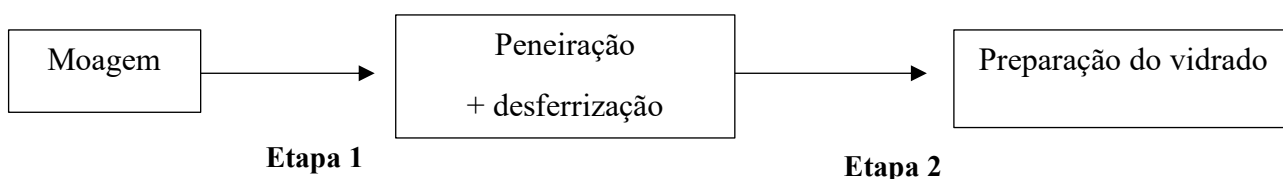


Figura 4.17. Etapas do processo de moagem, preparação/desferrização e preparação do vidrado.

Tabela 4.2. Valores obtidos nas etapas 1 e 2 da preparação de vidrados.

Seção	Etapa analisada	Matéria seca p/semana (kg)	Matéria seca p/mês (kg)	Matéria seca p/ano (kg)	Consumo anual de vidrado (kg)	% Resíduos	Produção anual de lamas (kg)	% Lamas
Preparação de vidrados	1	240	1 744	19 184	215 498	8,9	507 600	3,8
	2	196						

A etapa 1 engloba os processos de moagem, peneiração e desferrização. A matéria seca que se perde nestes três passos é cerca de 240 kg/semana. Fazem parte da etapa 2 a agitação, acerto das características de vidragem, peneiração e a transferência do vidrado para as segundas barricas que seguirão para a vidragem. Nesta etapa a matéria seca que se perde é de 196 kg/semana. Isto traduz-se em aproximadamente 9% de perda de vidrado, o que corresponde a uma percentagem de lamas de 4%. A partir destes valores, é possível verificar que a percentagem de resíduos que estas duas etapas envolvem é considerável.

5. Seções produtivas de maior enfoque: Olaria 1.1 e Vidragem

No presente capítulo irá dar-se uma maior ênfase às seções que apresentam uma maior percentagem de consumo de água, como se verificou no capítulo anterior, mas também pela necessidade de implementação das medidas, sugeridas anteriormente. Contudo, foi feito um estudo teórico às etapas de moagem e preparação de vidro na respetiva seção de forma a ter-se uma perceção da influência destas etapas na quantidade de lamas produzida.

De acordo com a ordem do processo produtivo, a primeira seção a ser estudada será a **olaria 1.1**. Nesta, irá ser apresentada a quantidade de sólidos e matéria seca que se pode recuperar e reciclar nos compensadores, tubos de recolha e poços de vazamento. Foram utilizados dois métodos, um com base na quantidade de sólidos totais e o outro baseado na fórmula de *Brongniart*. Para o primeiro método, foram recolhidas várias amostras da água de lavagem dos equipamentos referidos que sofreram, posteriormente, uma secagem na estufa a 120 °C.

Para a **vidragem**, inicialmente irá ser explicado o circuito do vidro, ou seja, o percurso desde o sair da barrica vinda da preparação de vidrados até às respetivas cabines. Depois irá ser mostrado o primeiro processo de recuperação do vidro através de uma centrífuga instalada na cabine 1. A seguir, apresentar-se-á o segundo processo de recuperação proveniente da pulverização das pistolas com a respetiva introdução das aparadeiras, os valores estimados para a sua recuperação, a quantidade de sólidos totais presentes nos reservatórios das cabines bem como a respetiva matéria seca que se poderá recuperar. Para a quantificação do primeiro, foram também recolhidas algumas amostras. Irá ser apresentada a curva da respetiva quantificação que mostra a evolução ao longo de uma semana comparando uma cabine com aparadeira e sem aparadeira. Os cálculos auxiliares efetuados estão presentes no anexo C.

5.1 Olaria 1.1

A zona 1.1 que forma uma das quatro divisões da olaria é a que apresenta uma maior área. Na Olaria 1.1 os equipamentos nos quais haverá a possibilidade de recuperação dos resíduos são as sete barricas internas de barbotina que alimentam os circuitos. Dado que

estas são lavadas apenas duas vezes por ano (agosto e dezembro - período de férias da empresa) não foi possível fazer-se um estudo da quantidade de sólidos nelas presentes. A explicação para tal acontecimento deveu-se ao facto de a empresa não ter parado totalmente o enchimento de peças nesta olaria e, nas duas paragens, ter optado por não esvaziar as barricas.

Quanto à lavagem dos circuitos e pavimentos, estes contêm pasta e partículas de gesso provenientes dos moldes. Na possibilidade de se recuperar e reciclar estes resíduos, sem antes haver um processo de seleção, as partículas de gesso poderiam causar alguns problemas, futuramente. Por isso, para solucionar este problema foi sugerida a introdução de um peneiro na olaria de forma a remover as partículas provenientes da limpeza dos pavimentos.

Por fim, os compensadores que se encontram nos extremos desta Olaria, têm a função de fornecer a barbotina a duas baterias de forma a que esta quando entra no molde não sofra um abatimento repentino. Este é o motivo pela qual a barbotina não entra diretamente no molde. Se acontecesse tal coisa, a velocidade com que a barbotina entrava e a pressão do molde, faziam com que posteriormente a peça ficasse com bolhas de ar. Por esse motivo, os oleiros atestam o compensador (do lado sul) com barbotina (vinda do poço quatro). Antes disso, fecham as mangueiras dos circuitos que se encontram por baixo dos moldes por onde a barbotina entra. Depois do compensador estar cheio, abrem de novo e aqui a barbotina vai enchendo o molde de uma forma lenta permitindo que após cento e vinte minutos a peça já esteja conformada. O vazamento das peças tem como auxílio o ar comprimido. Inicialmente pensou-se em avaliar a possibilidade de recuperação da barbotina perdida na água de lavagem nos compensadores do lado norte e sul da olaria. Pela escassez de tempo, apenas foi possível fazer este estudo a um deles (lado norte), sendo este é o que tem um maior volume (figura 5.1).



Figura 5.1. Compensador do lado norte da olaria 1.1.

Tal como explicado no início deste capítulo, foram utilizados dois métodos. Um avalia a concentração de sólidos totais, expressa por quilograma por litro e o outro a quantidade de matéria seca expressa em quilogramas.

No caso do compensador, os dados correspondem a três dias da semana. O gráfico correspondente aos sólidos totais está representado na figura 5.2.

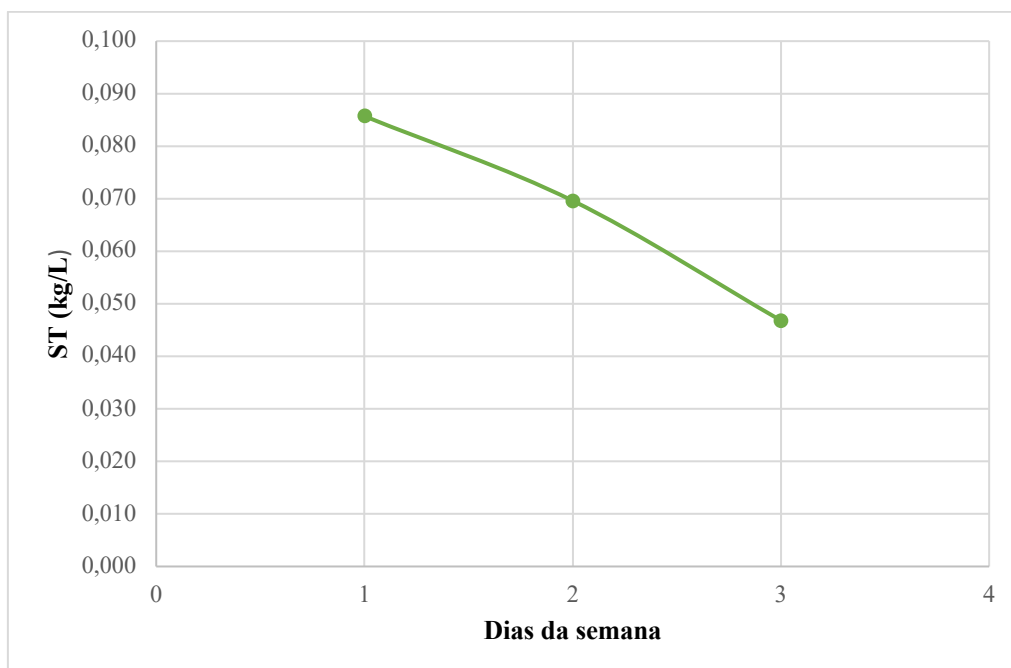


Figura 5.2. Quantificação dos sólidos totais (ST) referente ao compensador do lado norte da olaria 1.1.

A partir do gráfico da figura 5.2.1. é possível visualizar que no primeiro dia a quantidade de sólidos totais foi de 0,086 kg/L, no segundo dia de 0,070 kg/L e no terceiro dia de 0,047 kg/L. Para a quantificação da barbotina (sólidos suspensos) presente na água da lavagem existem fatores importantes a ter em conta, tais como:

- **vazamento** - se o colaborador vazar completamente o que está no compensador respetivo, para o poço de vazamentos, a quantidade de sólidos obtida será menor;
- **densidade** - a densidade da barbotina tende a variar de dia para dia. Por isso, as suas características reológicas são controladas ao início da manhã e ao final da tarde;
- **homogeneização** - a água de lavagem que se encontra na barrica não foi homogeneizada com um agitador mecânico (processo mais eficaz), mas sim manualmente, levando a uma redução da densidade das primeiras amostras recolhidas.

A seguir irão ser apresentados os valores referentes aos poços norte e sul. Estes poços recebem diariamente todos os vazamentos provenientes dos circuitos e dos compensadores. A sua lavagem é feita uma vez por semana. Neste dia, todos os vazamentos são colocados no poço 8 do lado sul que posteriormente irá encher os três poços que alimentam as barricas internas da olaria que por sua vez irão fornecer barbotina às baterias. Depois deste procedimento é feita a lavagem. Desta lavagem foram retiradas cerca de doze amostras de cada um dos poços para se poderem quantificar os sólidos totais e a matéria seca.

A tabela 5.1 mostra a evolução ao nível dos sólidos totais em duas sextas-feiras. O poço norte no primeiro dia apresentou um valor de 0,034 kg/L e no segundo dia 0,096 kg/L. O poço sul apresentou um valor mais baixo em relação ao poço norte (0,027 kg/L) no primeiro dia e no segundo dia o valor obtido foi de 0,033 kg/L. É possível concluir que o poço norte é o que apresenta uma maior quantidade de sólidos. Em geral os valores foram semelhantes, com exceção do segundo valor do poço 2, podendo-se dever a uma maior presença de barbotina nos tubos de recolha e posteriormente nos poços de vazamento.

Tabela 5.1. Quantificação dos sólidos totais (ST) referentes aos poços norte e sul da olaria 1.1.

Poço	Dia da Semana	ST (kg/L)
1 (Norte)	1	0,034
	2	0,096
8 (Sul)	1	0,027
	2	0,033

O fator da homogeneização neste caso não terá muito impacto uma vez que o agitador presente no interior do poço está em constante rotação. Contudo, aqui a densidade é um fator que tem um peso maior.

Com base na fórmula de *Brongniart* foi determinada a quantidade de matéria seca por dia, mês e ano presente em ambos os equipamentos analisados. Com base nos dados fornecidos pela empresa quanto ao consumo anual de barbotina no ano de 2019 foi possível calcular a percentagem de resíduos que a respetiva matéria seca representa (tabela 5.2). De seguida, com o valor da produção anual de lamas de 2019 determinou-se a percentagem que a matéria seca representa nas mesmas.

De referir que apenas se conseguiu analisar o compensador do lado norte da olaria que apresenta uma capacidade superior ao do lado sul. Para este obteve-se uma percentagem de 0,11% em resíduos e 0,28% em lamas. Para os dois poços de vazamento o processo de cálculo foi o mesmo que o anterior, tendo-se obtido uma percentagem de aproximadamente 6% em resíduos e cerca de 15% em lamas. Esta percentagem pode considerar-se significativa relativamente à anterior, sendo por isso possível o seu reaproveitamento.

Tabela 5.2. Valores obtidos para a recuperação da pasta proveniente das lavagens da olaria 1.1

Seção	Equipamento analisado	Matéria seca p/dia (kg)	Matéria seca p/mês (kg)	Matéria seca p/ano (kg)	Consumo anual de barbotina Vitreous (kg)	% Resíduos	Produção anual de lamas (kg)	% Lamas
Olaria 1.1	Compensador Norte	5,84	128,55	1 414,09	1 297 900,00	0,11	507 600,00	0,28
	Poço 1 (Norte)	1 724,42	6 897,66	75 874,26		5,85		14,95
	Poço 8 (Sul)							

5.2. Vidragem

A seção da vidragem é constituída pelas cabines onde os vidradores fazem a vidragem das peças, pelo circuito do vidro que irá ser explicado a seguir e pelos carros onde as peças já vidradas são colocadas de forma a seguirem para o forno.

Um dos instrumentos essenciais para vidrar qualquer tipo de peça sanitária e que está presente na cabine é a sua pistola. A sua constituição encontra-se na figura 5.3. Pela sua observação, é possível visualizar:

- Um corpo em alumínio;
- Uma agulha que regula o fluxo;
- Um bico por onde sai o vidro;
- Um espalhador que define o leque da nuvem do vidro;
- Um gatilho que comanda diretamente a agulha e o ar de pulverização, permite também o arranque/paragem da operação de vidragem.

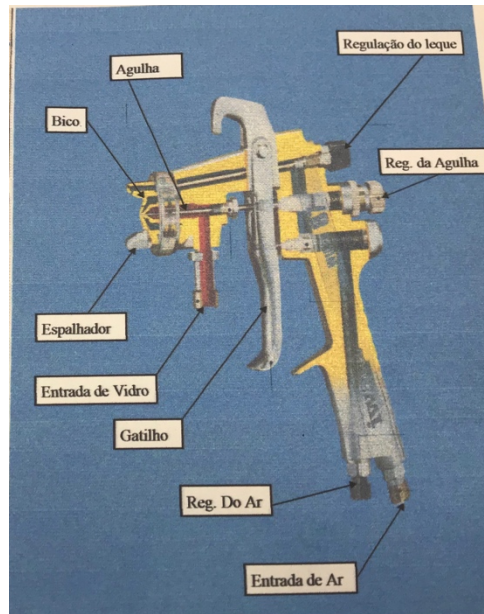


Figura 5.3. Constituição da pistola de vidragem.

A pistola tem 2 circuitos independentes, um de ar comprimido e outro de vidro. Cada um desses circuitos é comandado por diferentes pressões e regulado separadamente. Assim podemos ter o vidro a ser transportado com uma determinada pressão, enquanto que o ar para a pulverização pode ter (e normalmente tem) outra diferente. Estes 2 circuitos juntam-se na cabeça da pistola. O vidro sai pelo bico do centro da pistola e o ar de pulverização, sai pelo espalhador que determina a forma como a pulverização se dá (mais ou menos concentrada num ponto da peça).

O circuito do vidro (figura 5.4) representa o percurso que o vidro atravessa. Desde a barrica onde se encontra, vinda da preparação de vidradas até chegar às cabines onde irá ser pulverizado através das pistolas. A barrica enviada pela Preparação de Vidrados é colocada na vidragem. Após este passo, há uma ligação entre esta e um conjunto de ímanes por onde o vidro passa de forma a reter as partículas de ferro. De seguida, é direcionado para uma nova barrica que alimenta o circuito. Esta barrica está interligada a uma bomba que tem a função de bombear o vidro para o circuito, chegando a todas as cabines.

Este circuito sofre um retorno procedendo-se da seguinte forma: o vidro que não fica na pistola volta de novo à barrica de alimentação, voltando-se assim ao ponto inicial.

Existem alguns fatores importantes a ter em conta no processo de vidragem, nomeadamente a pressão do ar comprimido e do vidro (o seu ajuste deverá ser feito de acordo com o sistema de alimentação do vidro) bem como a regulação do caudal. O valor de referência do vidro para o circuito principal e de retorno deverá estar entre 2-

5 bar. Nesta análise, através dos manómetros de pressão, os valores observados foram de 2,7 e 3,9 bar, respetivamente. Para a cabine um, a pressão que o vidro apresentava era de 6 bar, ou seja, já se desviava um valor em relação à referência. Quanto à pressão do ar, o respetivo valor de referência terá de estar entre um intervalo de 5-7 bar, sendo que a cabine 1 apresentava 6,4 bar. A barrica de alimentação ao circuito terá de apresentar um valor que esteja entre o intervalo de valores de 5-6,5 bar. No dia que foi feita esta leitura, a mesma apresentava 3,5 bar. Este valor encontra-se 1,5 abaixo do que é suposto.

O manuseamento da pistola e as condições de pressão deverão ser afinadas de modo que haja um leque de produção de vidro estável e homogéneo, e que este possa ser colocado uniformemente em toda a superfície da peça.

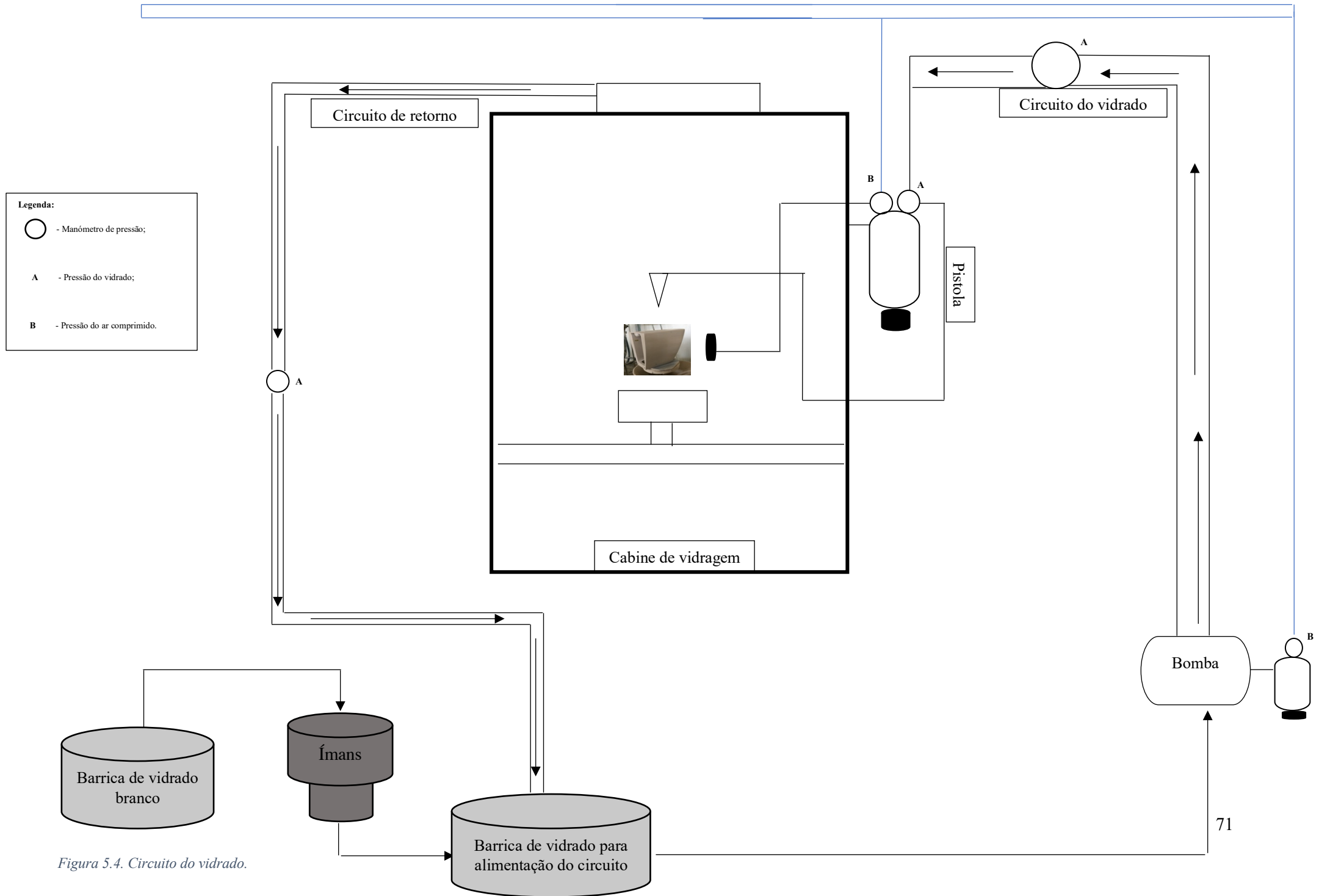


Figura 5.4. Circuito do vidro.

O caudal é uma variável que deverá ser controlada diariamente, de forma que a pistola esteja apta para vidrar, cumprindo com as condições do processo. Para tal os vidradores, desligando a pressão do ar comprimido, colocam cerca de 0,250 L num copo medidor e fazem a contabilização do respetivo tempo. O intervalo de referência estipulado é entre 16-22 segundos, traduzindo-se num caudal padrão de 0,011- 0,016 L/s.

Em tempos, a antiga cerâmica da Valadares, apresentava numa das suas unidades fabris, uma unidade de recuperação de vidro, sendo esta, a primeira a surgir em Portugal. Na altura, recuperavam cerca de 40% do vidro, oriundo das cabines de vidragem. O objetivo desta recuperação seria reduzir ao máximo as perdas, bem como reduzir o volume dos efluentes a tratar na ETARI da empresa. O processo realizava-se da seguinte forma: o vidro era encaminhado e armazenado em tanques, sendo de seguida, decantado com o auxílio da adição de um coagulante, o sulfato de alumínio. Nessa mesma fábrica, para além da unidade acima referida, existia também uma unidade de microfiltração. Tinha como objetivo principal, concentrar o máximo de vidro, de modo a que este fizesse o retorno para os decantadores. Com isto, seria possível reutilizar o vidro no processo produtivo, depois de estar 48 horas em repouso, bem como reutilizar a água resultante da decantação ^[32]. Dado que este procedimento é demorado e apresenta um custo económico elevado, uma vez que era necessário recuperar e investir nos equipamentos utilizados antigamente, a empresa atualmente pensou em adotar uma estratégia mais eficaz, obtendo-se melhores resultados sem ter que recorrer a equipamentos de custo elevado.

O primeiro processo de recuperação do vidro foi realizado com recurso a uma centrífuga experimental de um fornecedor que se encontra representada na figura 5.5 O respetivo equipamento foi instalado numa das cabines de vidragem, nomeadamente na cabine um. O seu processo de funcionamento tinha como base a separação da parte sólida e líquida, isto é, recuperava o máximo de vidro presente no reservatório da respetiva cabine.

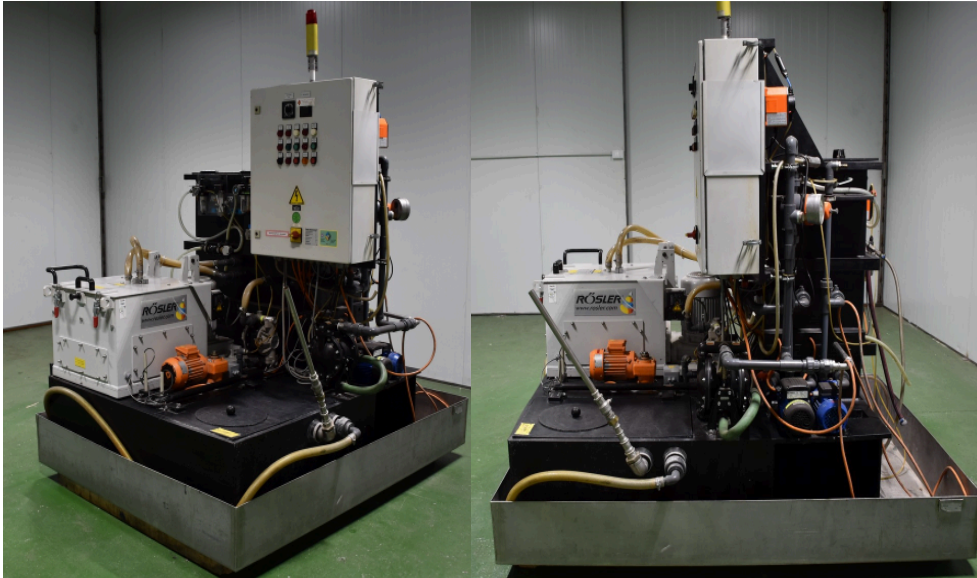


Figura 5.5. Centrifuga ROSLER – ZF 800 [37].

A vidragem das cabines 1 e 3 foi acompanhada durante dois dias de forma a determinar-se a percentagem de vidro que se poderia recuperar. O segundo processo de recuperação do vidro teve início no mês de junho em que foram colocadas duas aparadeiras, b) e d), para recolher todo o vidro que não é pulverizado na peça. O vidro após estar na aparadeira é transferido para uma barrica de pequenas dimensões, c) e e), que se encontra ao lado de cada cabine e posteriormente é colocado numa barrica de maiores dimensões onde fica armazenado, g).

De referir que a imagem a) da figura 5.6 representa a cabine 1 como se encontrava antes da recuperação iniciar, isto é, sem aparadeira. A imagem f) mostra a vidragem de um bidé bem como o vidro que fica no interior da respetiva aparadeira.

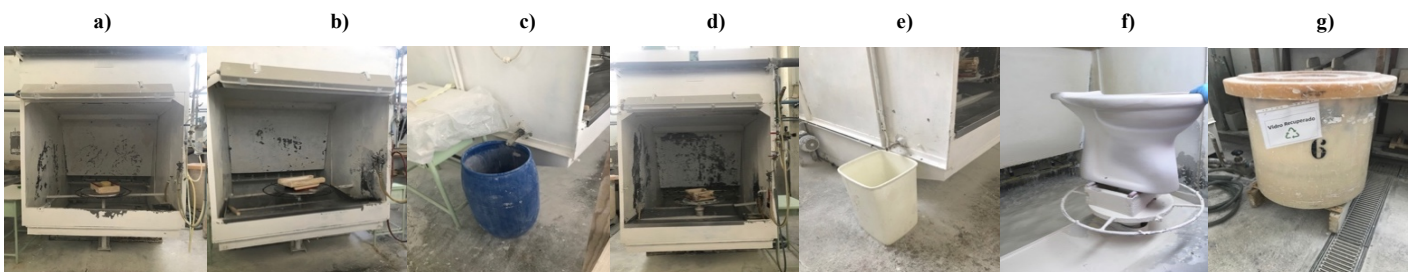


Figura 5.6. Processo de recuperação do vidro branco na vidragem.

Para este estudo experimental, teve-se em conta vários fatores, nomeadamente, o caudal de cada uma das pistolas, a quantidade/geometria/altura das peças, o vidrador, o cuidado que o mesmo deve ter ao limpar a peça e não introduzir água na aparadeira, influenciando

a sua densidade. Estes aspetos estão de um modo direto relacionados com quantidade recuperada.

A partir destes aspetos foi calculada a percentagem de vidro que se consegue recuperar por dia com base nos valores obtidos na cabine 1, dado que se está a considerar um valor de otimização uma vez que para a cabine 3 a percentagem obtida foi muito baixa.

A partir destes aspetos foi calculada a percentagem de vidro que se consegue recuperar por dia com base nos valores obtidos na cabine 1, dado que se está a considerar um valor de otimização uma vez que para a cabine 3 a percentagem obtida foi muito baixa.

Para complementar a informação pretendida, foram recolhidos os valores anuais de vidro consumido nesta seção no ano de 2019. A partir destes valores, obtiveram-se os custos mensais e anuais. Quanto ao recuperado, determinou-se a quantidade em quilogramas que será possível recuperar num ano e os respetivos custos com base no preço de um quilograma de vidro. Este ponto tem em conta os custos das matérias-primas necessárias, água, energia e mão-de-obra envolvida.

A percentagem de vidro recuperado pode aumentar se a técnica de recuperação melhorar.

Após serem efetuados os passos anteriormente falados e descritos na figura 5.6, nomeadamente a vidragem, recuperação e o armazenamento do vidro, este necessita de ser controlado para se verificar que o vidro estará em condições de ser utilizado na preparação de vidros ou nas pastas, assim este necessita de passar por vários ensaios laboratoriais. Se o mesmo estiver em conformidade, poderá seguir para a seção dos vidros de forma a ser adicionado ao vidro que é preparado de novo. Este também ser reciclado na preparação da barbotina tendo como função a dos fundentes. Em contrapartida, se apresentar características não conformes, isto é, se não estiver apto para ser adicionado a qualquer uma das misturas anteriores, terá como destino a ETARI. O fluxograma que representa todo o esquema da recuperação e valorização do vidro está presente na figura 5.7.

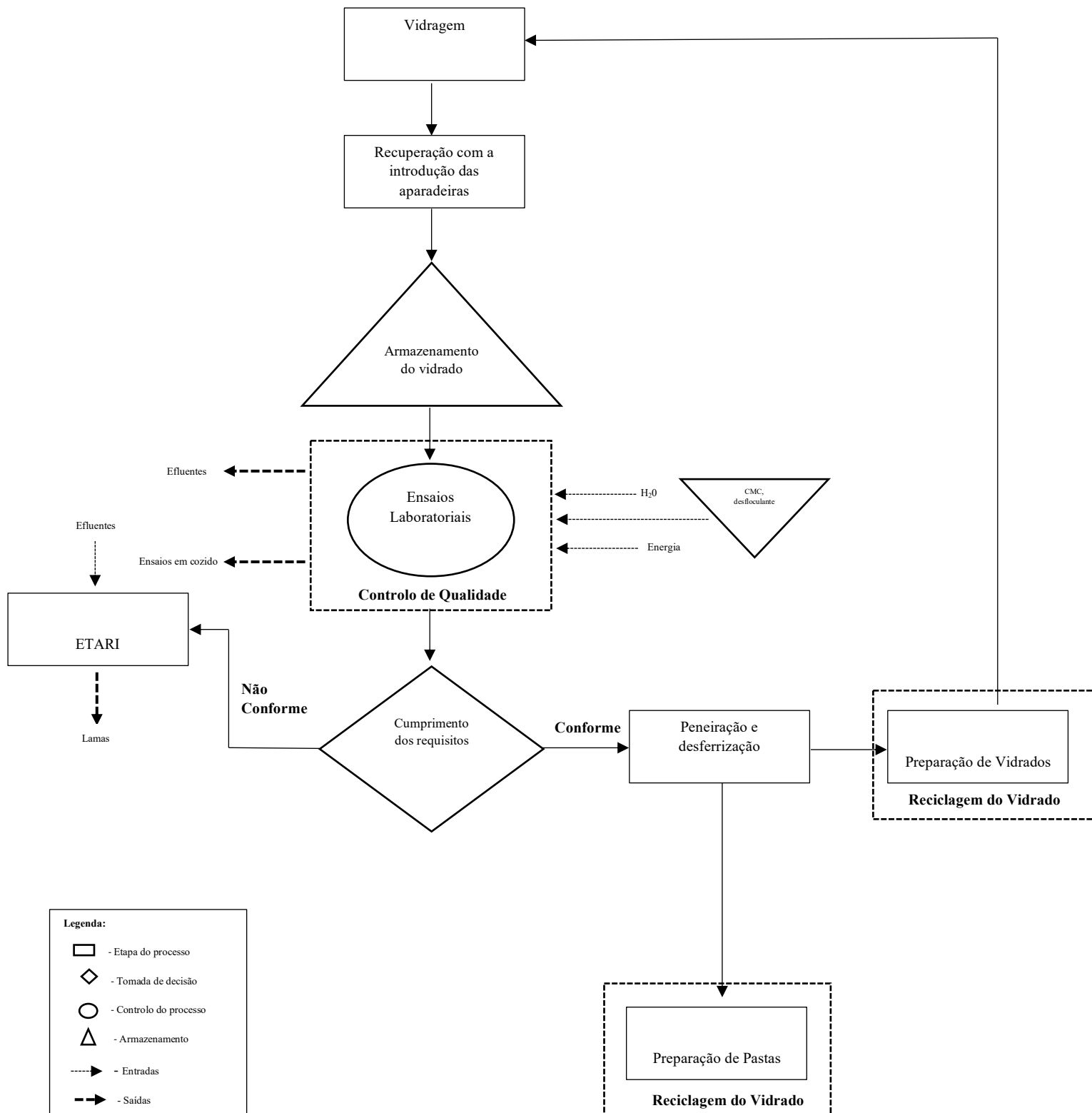


Figura 5.7. Recuperação e valorização do vidro.

A recolha de dados efetuada neste projeto foi de acordo ao que foi possível obter, ou seja, só foram acompanhadas duas cabines uma vez que eram as únicas a terem aparadeiras. De forma que futuramente se obtenham dados mais rigorosos, sugere-se a colocação de aparadeiras nas restantes três cabines, de forma a ser possível fazer-se uma média da quantidade recuperada em todas as cabines. Existem vários aspetos que futuramente devem ser melhorados: propõe-se o acompanhamento de todas as cabines uma vez que cada cabine difere das restantes, pois varia o caudal da pistola de cada uma delas, o vidrador e as peças vidradas; deve-se também alertar os colaboradores da vidragem para terem o máximo cuidado com o vidro que introduzem na barrica, isto é, possíveis resíduos que possam causar contaminações bem como água proveniente da lavagem das esponjas.

Antes das interrupções de operação (para lanches, almoço e lavagem das cabines), os vidradores devem: empurrar o vidro depositado na aparadeira para a barrica com o auxílio da esponja ou com uma espátula de borracha branca; inclinar as aparadeiras de forma a promover um maior escoamento do vidro; colocar uma ponteira com o objetivo do levantamento de sólidos nos reservatórios das cabines de vidragem. Cumprindo estas regras de procedimento, as lavagens das cabines necessitariam de um menor consumo de água.

Após ser efetuado o processo de recuperação e para complemento deste estudo, foram calculados alguns parâmetros para a obtenção do valor percentual de vidro recuperado. Numa primeira fase, foram fornecidos os valores de consumo de vidro branco, a quantidade consumida no ano de 2019, o respetivo preço tendo em conta as matérias-primas, água energia e mão de obra. De seguida, determinou-se este custo a nível mensal e anual (tabela 5.3).

Tabela 5.3. Valores obtidos para o vidro branco.

Tipo de Vidrado	Quantidade anual consumida (kg)	Preço vidro/kg (€)	Custo vidro/mês (€)	Custo vidro/ano (€)
Produção	215 498,00	0,74	14 407,02	158 477,23

A segunda fase do estudo teve como objetivo a determinação da percentagem do que se podia recuperar. Foram analisadas as cabines 1 e 3 (Tabela 5.4). Como se pode verificar, a cabine 1 foi a que apresentou uma maior percentagem de recuperação num dia de trabalho. Esta diferença pode-se dever aos fatores anteriormente referidos. A percentagem de vidro anual foi determinada com base na cabine 1, uma vez que, foi a que apresentou um maior valor. Com isto, foi determinado que quantidade era possível recuperar e posteriormente o seu respetivo custo.

Tabela 5.4. Valores obtidos para a recuperação do vidro branco.

Tipo de Vidrado	Cabine	% Vidrado Recuperado (dia)	% Vidrado Recuperado (ano)	Quantidade de vidro recuperado/ano (kg)	Custo vidro recuperado/ano (€)	Custo vidro recuperado/mês (€)
Recuperado	1	9	13	28 883,02	21 240,58	1 930,96
	3	1				

Foi determinada a concentração de sólidos totais nos reservatórios das cabines 1 (com aparadeira) e 4 (sem aparadeira), de forma a estabelecer-se uma comparação. A partir do gráfico da figura 5.8 é possível observar que no primeiro dia a cabine 1 apresentava uma quantidade de sólidos inferior à cabine 4, tal como se esperava, uma vez que na primeira já se estava a recuperar parte do vidro. No segundo dia a cabine 4 apresentou o maior valor de sólidos totais, sendo este de 0,065 kg/L. Como a lavagem total das cabines incluindo os reservatórios é realizada duas vezes (quarta e sexta-feira), a cabine 4 apresentou um decréscimo no quarto dia. Esperava-se que a cabine 1 pudesse ter uma descida ao nível de quantidade de sólidos, mas neste caso o colaborador desta cabine não procedeu à lavagem a meio da semana, como estaria estipulado. Isto justifica a diferença que foi quase insignificante entre o dia três e quatro. Para além de que nos últimos dois dias apresentou valores superiores ao da cabine sem aparadeira. A justificação para a obtenção de uma evolução crescente até ao terceiro dia e um decréscimo a partir deste poderá ser pelo facto de ser retirado do reservatório uma certa quantidade da mistura água + vidro. Outra possibilidade de justificar o aumento, por exemplo, do primeiro para o segundo dia será pelo facto de a mistura que é retirada, apresentar uma maior quantidade de água do que vidro, isto porque a mistura presente no reservatório não estará a ser homogeneizada devidamente.

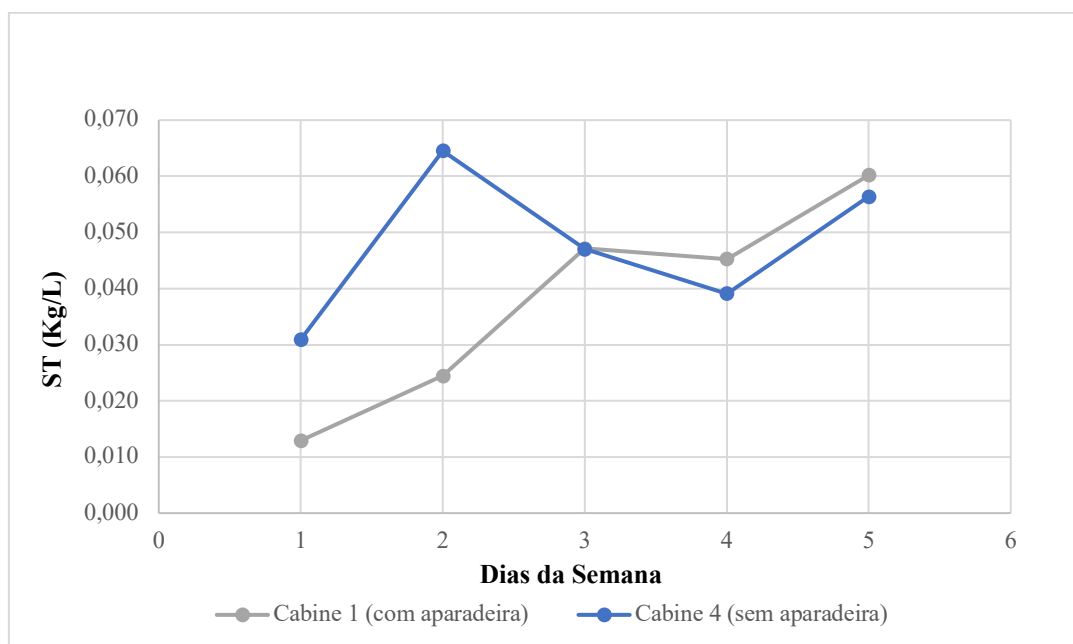


Figura 5.8. Evolução dos sólidos totais (ST) nas cabines 1 e 4.

A partir da matéria seca foi possível determinar a quantidade que é possível recuperar e que percentagem se traduz em lamas, de forma a reduzi-las. O valor do consumo anual do vidro em 2019 foi fornecido pela empresa. Com isto, determinou-se a percentagem de resíduos que esta quantidade de vidro representa. Por fim, tendo o valor da produção anual de lamas, foi possível obter a percentagem que o vidro presente nos reservatórios das cabines se traduz em quantidade de lamas.

De acordo com as informações da tabela 5.5, observa-se que fazendo a recuperação do vidro com a presença de uma aparadeira, existe uma redução de cerca de 4% na quantidade de resíduos produzidos, por cabine. Quanto às lamas, a diferença já é menor (2%), mas considerando que aqui se está a considerar apenas uma cabine e que em geral estão a funcionar cinco, a redução já será mais significativa.

Tabela 5.5. Valores obtidos para a recuperação do vidro nas cabines de vidragem.

Seção	Equipamento analisado		Matéria seca (kg/d)	Matéria seca (kg/mês)	Matéria seca (kg/ano)	Consumo vidro branco (kg/ano)	Resíduos (%)	Produção de lamas (kg/ano)	Lamas (%)
Vidragem	Reservatório das cabines	Cabine 1 (com aparadeira)	27,30	600,50	6 605,53	215 498,00	3,0	507 600,00	1,30
		Cabine 4 (sem aparadeira)	62,97	1 385,43	15 239,71		7,07		3,00

6. Valorização do vidro branco

Este último capítulo irá incidir no controlo de qualidade do vidro branco em produção bem como o estudo da incorporação de vidro recuperado. Foram realizadas várias incorporações com diferentes percentagens.

Inicialmente serão apresentados os resultados obtidos para os ensaios efetuados à centrífuga que foi colocada na cabine 1 da vidragem. O vidro analisado foi proveniente do reservatório que se encontra dentro desta cabine.

De seguida, e através da introdução da aparadeira na cabine 3 serão também apresentados os respetivos resultados.

Os cálculos auxiliares efetuados estão presentes no anexo D bem como a explicação dos ensaios realizados.

6.1 Descrição do procedimento experimental

De modo a obter-se o vidro final para este ser aplicado na peça, várias etapas têm de ser cumpridas tais como, a moagem, o controlo de qualidade, o armazenamento do vidro e a vidragem. Estas etapas devem obedecer a determinadas especificações internas que são estabelecidas pela empresa. A tabela 6.1. representa esquematicamente o controlo de qualidade que é feito ao longo do processo de preparação do vidro.

Tabela 6.1. Controlo da preparação do vidro.

Etapas	Ensaio	Metodologia	Especificação
<u>Moagem do vidro</u>	Densidade de suspensões	ISO 2811 -1:2011	1840 ± 30 g/L
	Viscosidade de suspensões	ASTM D1200 - 10	60 ± 30 segundos
	Resíduo via húmida	Procedimento interno da empresa	Resíduo retido no peneiro 37 µm: 2,5 ± 0,5%
<u>Armazenamento do vidro</u>	Vidragem de uma superfície	Procedimento interno da empresa	Análise realizada de forma a verificar se existem possíveis contaminações.
	Fusibilidade	Procedimento interno da empresa	Comparação com o padrão e medição.
	Contração		
	Medição da Cor	ASTM D2244 - 16	b = 1,5± 0,3
<u>Características da Vidragem</u>	Densidade de suspensões	ISO 2811 -1:2011	Branco: 1815 ± 0,005 g/L
	Viscosidade	ASTM D1200 - 10	Branco: 3 minutos ± 30 segundos
	Vidragem de uma superfície	Procedimento interno da empresa	Vidragem e cozedura de uma placa de 15x15 cm por cada 400 litros preparados para posterior análise.

Na figura 6.1 estão representados todos os ensaios que foram realizados no âmbito do controlo de qualidade realizado ao vidro recuperado.

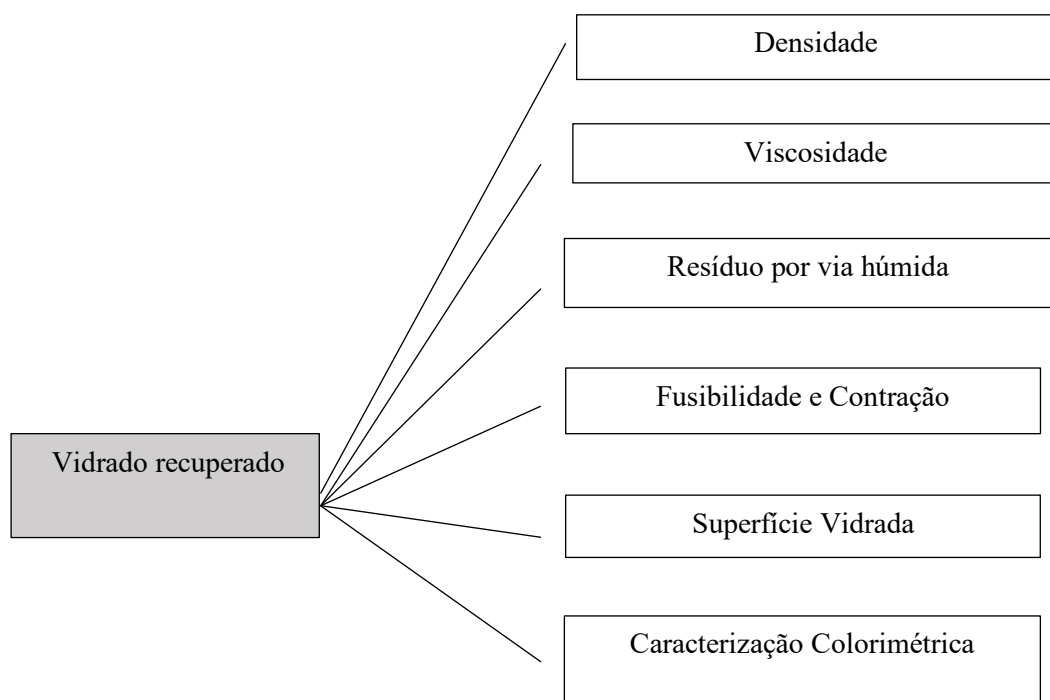


Figura 6.1. Determinações experimentais utilizadas na recuperação do vidro.

6.2 Recuperação do vidro através da centrífuga

Do vidro recuperado pela centrífuga foram recolhidas três amostras de dois dias diferentes cujas massas se apresentem na tabela 6.2. Posteriormente, estas amostras foram submetidas um controlo de qualidade em que, apenas as amostras 2 e 3 foram submetidas aos respetivos ensaios. Na caracterização das amostras, é importante referir que estas não sofreram o processo de moagem, uma vez que este resíduo sendo proveniente das cabines de vidragem, não necessita de ser novamente preparado.

Tabela 6.2. Massas das amostras obtidas da recuperação do vidro através da centrífuga.

Tipo de vidro	Amostra	(dd/mm/aa)	Quantidade (kg)
Vidrado branco recuperado	1	23/1/2020	9,6
	2	24/1/2020 (manhã)	19,5
	3	24/1/2020 (tarde)	16,5

Para além das análises realizadas, com o objetivo da caracterização do vidro branco, foram posteriormente, definidas duas incorporações (E1 e E2), de modo a estudar-se a melhor percentagem de vidro a introduzir ao vidro padrão (usado na produção). A incorporação inicialmente definida está representada na tabela 6.3.

Tabela 6.3. Incorporações definidas e respetivas percentagens de vidro branco recuperado e padrão.

Tipo de Incorporação	Vidrado Branco Recuperado (%)	Vidrado Branco Padrão (%)
E1	25	75
E2	75	25

É importante referir que para além dos ensaios realizados a estes dois tipos de incorporações foi também utilizado um ensaio com 100% de vidro recuperado e 100% de vidro padrão, de modo, a se poder estabelecer uma comparação. Foram realizadas as determinações referidas anteriormente, para comparação das suas características, estando os resultados obtidos representados nas tabelas 6.4 - 6.8.

A partir da análise da tabela 6.4 é possível observar que para as amostras de vidro padrão (1 e 2) analisadas não foi necessário fazerem-se correções. Para as amostras de vidro recuperado (2, 3 e uma mistura das anteriores) as densidades iniciais obtidas foram superiores à densidade com que o vidro é destinado à vidragem, tal como era esperado inicialmente.

De forma a se poder vidrar uma placa com as características desejadas foram necessárias realizar correções, tal como descrito no anexo C. As viscosidades obtidas na tabela 6.5 poderão ser inferiores ao que está estipulado na tabela 6.1, uma vez que este valor é estipulado para o vidro utilizado na vidragem em que as camadas de vidro a dar na peça, a quantidade utilizada e as condições atmosféricas são fatores com algum peso, e que podem influenciar estas características.

Tabela 6.4. Resultados das características de vidragem.

Tipo de Amostra	d_i (kg/L)	d_f (kg/L)	$Visc_i$ (s)*	$Visc_f$ (s)**
VP	1,816	1,816	155	155
VP 1	1,815	1,815	168	168
VP 2	1,814	1,814	145	145
Amostra 2	1,846	1,810	126	180
Amostra 3	1,939	1,813	210	149
Vidrado Recuperado	1,903	1,813	91	133
Incorporação E1	1,835	1,814	99	150
Incorporação E2	1,860	1,819	86	130

* - Viscosidade inicial expressa em segundos; ** - Viscosidade final expressa em segundos

Na tabela 6.5 estão representados os valores obtidos para as características do controlo do vidrado: resíduo, fusibilidade e contração. O resíduo é uma característica que é avaliada durante o processo de moagem do vidrado. Contudo, como o vidrado analisado já seria uma recuperação do vidrado utilizado, foi necessário novamente fazer esta análise. É possível verificar que as percentagens obtidas para as amostras 2 e 3 foram bastante inferiores às respetivas amostras de vidrado padrão (VP 1 e VP 2), respetivamente. Estes valores poderão dever-se ao facto de o resíduo proveniente não ser da matéria-prima em si, mas sim de outros componentes presentes no vidrado. Quanto aos valores da fusibilidade e da contração, estes foram superiores ao vidrado padrão. Na peça final, estas duas propriedades têm grande influência uma vez que se a fusibilidade for muito elevada poderá provocar um elevado escorrimento depois de ser cozida. A contração obtida para o vidrado recuperado também foi superior ao vidrado padrão. Esta característica não será muito desejável dado que poderá provocar alguns problemas ao nível do processo de cozedura. Por fim, estão indicadas as temperaturas obtidas na medição dos anéis de *Buller*, em que a retração do anel é diretamente proporcional ao aumento da temperatura.

Para além disso, permite ter o conhecimento da temperatura específica num determinado sítio da vagona.

Quanto a estas amostras, os resultados da colorimetria (tabela 6.6) demonstraram ser mais escuras do que o padrão uma vez que o valor de ΔL foi inferior a 0 e a diferença total da cor (ΔE) foi superior a 0 (mais claro que o padrão) devido ao parâmetro de b.

Pela análise da tabela 6.7 é possível observar que a percentagem do resíduo para as amostras de vidro recuperado e E2 demonstraram ter um valor significativamente baixo. Isto também foi observado para as amostras 2 e 3, anteriormente referidas. A única amostra onde a percentagem de resíduo se aproximou do vidro padrão foi a incorporação E1 dado que esta tem na sua constituição 75% do vidro padrão, o que poderá ser uma possível justificação para os resultados obtidos. Quanto ao ensaio da fusibilidade, tal como no parâmetro anterior, a incorporação E1 foi a que obteve um valor mais próximo do valor padrão, ainda que superior. A lágrima para as amostras de vidro recuperado e E2 foram superiores, tal como se pode verificar nas imagens apresentadas na tabela inicialmente referida. A temperatura, neste caso, foi de 1220°C.

Na tabela 6.8 estão representados os valores que se obtiveram para a colorimetria dos respetivos ensaios. Os resultados obtidos para as incorporações 1 e 2 foram semelhantes, contudo o desvio da tonalidade total da cor bem como a diferença entre a cor mais clara e a mais escura foi elevado comparativamente à amostra de 100% de vidro recuperado.

Tabela 6.5. Resultados da percentagem do resíduo e medições realizadas das amostras vp, vidro recuperado 2 e 3.

Designação	Resíduo (%)	Controlo da fusibilidade do vidro				
		Fusibilidade (mm)	Ilustração do ensaio	Contração (mm)	Ilustração do ensaio	Temperatura do anel de Buller (°C)
VP 1	2,6	50,65		29,80		1235
Amostra 2	0,2	60,33		31,27		
VP 2	2,5	50,75		29,40		1240
Amostra 3	0,1	60,10		31,17		

Tabela 6.6. Resultados obtidos para o controlo da cor das amostras VP e Amostra 1 e 2.



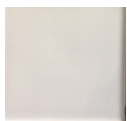
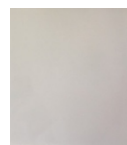




Designação	Ilustração da superfície vidrada	Desvio da cor da amostra em relação ao padrão			
		ΔE	ΔL	Δa	Δb
VP 1		-	-	-	-
Amostra 2		0,5	-0,3	0,1	0,2
VP 2		-	-	-	-
Amostra 3		0,6	-0,5	0,1	0,3

Tabela 6.7. Resultados da percentagem do residuo e medições da fusibilidade e contração para as amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2.

Designação	Resíduo (%)	Controlo da fusibilidade do vidro				
		Fusibilidade (mm)	Ilustração do ensaio	Contração (mm)	Ilustração do ensaio	Temperatura do anel de Buller (°C)
VP	2,7	51,90		28,00		1220
Vidrado recuperado	0,2	63,90		30,38		
E1	1,6	55,0		28,98		
E2	0,8	63,80		30,13		

Tabela 6.8. Resultados obtidos para o controlo da cor das amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2.

Designação	Ilustração da superfície vidrada	Desvio da cor da amostra em relação ao padrão			
		ΔE	ΔL	Δa	Δb
VP		-	-	-	-
Vidrado recuperado		0,5	-0,5	0,1	-0,2
E1		1,6	-1,5	0,1	-0,6
E2		1,8	-1,7	0,2	-0,5

6.3. Recuperação do vidrado através da introdução de uma aparadeira na cabine 3

No último tópico deste capítulo irão ser apresentados os resultados dos ensaios realizados para a recuperação do vidrado com base no segundo método (introdução de uma aparadeira numa das cabines de vidragem. Neste estudo comparativamente ao anterior as amostras de vidrado padrão e recuperado foram utilizadas novamente. A incorporação E1 foi preparada usando 75% de vidrado padrão e 25% de recuperado. Por fim, para a mistura E2 recorreu-se a 50% de vidrado padrão e 50% de recuperado, respetivamente. No anexo D estão descritos todos os cálculos auxiliares para a obtenção destes valores. Na tabela 6.9 está representada as características de vidragem para cada uma das amostras.

Tabela 6.9. Resultados das características de vidragem para a recuperação do vidrado a partir da aparadeira.

Tipo de Amostra	d_i (kg/L)	d_f (kg/L)	$Visc_i$ (s)	$Visc_f$ (s)
VP	1,849	1,814	120	150
Vidrado Recuperado	1,578	1,578	90	90
Incorporação E1	1,739	1,739	16	155
Incorporação E2	1,693	1,693	14	160

* - Viscosidade inicial expressa em segundos; ** - Viscosidade final expressa em segundos

Contrariamente à amostra de vidrado padrão utilizado para a comparação com as restantes amostras, para o vidrado recuperado foi necessário acertar a densidade e a viscosidade. A densidade obtida para o vidrado recuperado está abaixo do que era inicialmente esperado. Isto poderá dever-se à presença de água no mesmo, uma vez que o que seria previsível era este apresentar um valor acima da densidade que o vidrado presente na vidragem apresenta.

A incorporação E1, ao nível de características para a vidragem, foi a que apresentou melhores resultados uma vez que os seus valores comparativamente aos restantes, foram os que se aproximaram mais aos do vidrado padrão. Estes valores poderão dever-se ao facto de na sua mistura apenas se encontrar 25% de vidrado recuperado. Quanto a E2, os

seus valores foram um pouco abaixo dos do padrão, contudo com a continuação deste estudo estes resultados poderão ser melhorados.

Na tabela 6.10 estão representados os resultados obtidos para a fusibilidade e contração das amostras de vidro padrão, do vidro recuperado através da aparadeira e das incorporações realizadas juntando uma determinada percentagem de ambos os vidrados. Pela análise da tabela é possível observar que o vidro recuperado apresenta valores inferiores relativamente ao padrão, o que já é um resultado positivo comparativamente ao vidro recuperado pela centrífuga. Contudo, a percentagem de resíduo obtida ainda se encontra muito abaixo do esperado, o que poderá indicar que este resíduo poderá não ser do vidro. A fusibilidade de E1 foi superior ao do padrão, enquanto a contração e o resíduo apresentaram valores inferiores. Pelo contrário, para E2 o resíduo apresentou um valor igual ao do padrão. Na fusibilidade e na contração, os valores foram superiores embora a diferença entre ambos não seja tão significativa.

Na tabela 6.11 estão representados os valores obtidos para a caracterização colorimétrica, com recurso a um colorímetro. Para o parâmetro ΔE que permite identificar qual a diferença que existe ao nível da tonalidade da cor é possível observar que a incorporação E1 apresenta o menor valor relativamente aos restantes, tendo-se obtido o mesmo valor. Relativamente ao ΔL , o vidro recuperado apresentou um valor de -1,7, o que significa que a diferença entre a cor mais clara e escura é significativamente superior ao pretendido. Contrariamente a este valor, a amostra E1 voltou a apresentar o valor mais baixo em comparação aos restantes. De seguida, o parâmetro Δa apresentou valores semelhantes para as três amostras. Por fim, o resultado apresentado em Δb para as amostras E1 e E2, evidenciou que ambas apresentam uma tonalidade mais esverdeada.

Tabela 6.10. Resultados da percentagem do resíduo e medições da fusibilidade e contração para as amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2.













Referência	Resíduo (%)	Controlo da fusibilidade do vidro				
		Fusibilidade (mm)	Ilustração do ensaio	Contração (mm)	Ilustração do ensaio	Temperatura do anel de Buller (°C)
VP	2,5	50,90		29,60		1230
Vidrado recuperado	0,4	50,60		28,68		
E1	2,0	51,60		28,55		
E2	2,5	51,60		29,75		

Tabela 6.11. Resultados obtidos para o controle da cor das amostras VP, vidro recuperado, E1 e E2.

Referência	Ilustração da superfície vidrada	Desvio da cor da amostra em relação ao padrão			
		ΔE	ΔL	Δa	Δb
VP		-	-	-	-
Vidrado recuperado		0,9	-1,7	0,2	-0,0
E1		0,5	-0,3	0,1	-0,4
E2		0,9	-0,9	0,1	-0,3

Conclusões e Sugestões para Trabalho Futuro

A preocupação e a preservação do meio ambiente têm sido temas a que indústria tem vindo a dar cada vez mais importância. Em geral, para que uma peça de louça sanitária seja produzida são necessários extrair, em média, 30 kg de matérias-primas do ambiente e o resíduo produzido é de cerca 3 a 8 kg por cada peça. A ARCH ao longo dos anos tem vindo a criar novas alternativas de modo que o seu processo de fabrico se torne o mais sustentável possível de forma a minimizar o seu impacto no ambiente.

De acordo com os objetivos inicialmente propostos relativos à aplicação dos princípios da economia circular ao processo produtivo, o estudo desenvolvido incidiu na caracterização das várias etapas do processo e identificação/aplicação de medidas com vista à redução do consumo de água e à eliminação/redução dos resíduos produzidos.

Considerando o elevado consumo de água ao nível das lavagens por parte das olarias, especificamente a olaria 1.1 e a vidragem, representando cerca de 26% e 30%, respetivamente, durante o estudo realizado houve a preocupação da sugestão de medidas de forma a reduzir a água consumida. Também a possível reciclagem dos resíduos provenientes da olaria 1.1 e da vidragem de forma a diminuir o tratamento do efluente e por conseguinte a produção de lamas foi alvo de estudo. A matéria seca anual calculada proveniente da lavagem dos poços foi de 75 874 kg, o que se traduz numa percentagem de lamas de 15%. Desta forma foi sugerida a introdução de um filtro prensa na olaria com o objetivo de fazer a separação da fração líquida e sólida o que iria permitir reciclar a pasta, introduzindo-a na produção de nova barbotina. Desta forma, aplica-se um dos objetivos da economia circular, que permitirá uma diminuição da utilização de matérias-primas, energia, custo da barbotina e uma diminuição na produção dos resíduos.

Quanto à vidragem, também foram sugeridas medidas, e algumas delas já implementadas, tais como: a redução das lavagens das cabines de duas vezes por semana para apenas uma vez; a introdução de uma ponteira em aço inoxidável /PVC que irá ajudar no levantamento do vidro diminuindo o tempo de lavagem e a introdução de duas aparadeiras nas cabines de vidragem. Aqui, foi estabelecido um fluxograma de recuperação para o vidro de forma a facilitar este trabalho. Contudo, as condições de recuperação deverão ser melhoradas para que no futuro se consiga obter uma maior percentagem de recuperação.

Realizou-se um controlo físico-químico ao vidro recuperado proveniente da centrífuga e do vidro, tendo-se formulado duas incorporações. Os resultados obtidos revelaram que a incorporação que se aproxima mais do vidro padrão definido internamente é a E1 composta por 25% de vidro recuperado e 75% de vidro padrão. Contudo, a centrífuga não retém partículas entre os 5 e 10 μm o que poderá levar à alteração da composição do vidro. Para esta análise deveria ter sido realizada uma análise química de modo a saber-se quais os elementos/óxidos presentes no vidro. Por exemplo, o silicato de zircónio é dos mais importantes uma vez que é um agente opacificante muito presente na indústria cerâmica. A vantagem observada neste equipamento foi a possibilidade de recuperação do vidro contido nos efluentes gerados. Contudo, ao nível da reciclagem do vidro o manuseamento do resíduo para a introdução na preparação de vidro é exigente e demorado. Esta abordagem poderá ser novamente equacionada num projeto futuro.

A utilização da aparadeira nas cabines de vidragem permite uma recuperação do vidro de uma forma mais rápida e com menores custos em comparação com o uso da centrífuga, contudo o seu método de operação terá de ser melhorado.

No desenvolvimento deste trabalho, também foi realizado um estudo da incorporação do vidro proveniente das aparadeiras na barbotina *Gresanit*, tendo já sido realizados testes de controlo de qualidade, que comprovaram a sua viabilidade.

Como sugestão para trabalhos futuros, e dando continuidade ao trabalho desenvolvido, sugere-se a valorização interna das lamas produzidas na ETARI, que são o resíduo final proveniente do efluente tratado.

Bibliografia

- [1] Moutinho, S, Velosa, A (2017). *A produção cerâmica e a sua evolução na zona norte de Portugal*, 1-10.
- [2] The American Ceramic Society. A Brief History of Ceramics and Glass: Ceramic and Glass Material's role in civilization. <https://ceramics.org/about/what-are-engineered-ceramics-and-glass/brief-history-of-ceramics-and-glass> [acedido a 28 janeiro de 2021].
- [3] Pampuch, Roman, 2014. *Chapter 1 – A Brief History of Ceramic Innovation*. Springer (Switzerland), vol.86, 1-17. [versão PDF do documento descarregado em 20 fevereiro de 2021].
- [4] European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. August, 2007. [versão PDF do documento descarregado em 15 fevereiro de 2021].
- [5] Salminen, E, Mjöberg, J, Anhava, A, *Nordic Ceramic Industry*. TemaNord (2019). 83 pp.
- [6] Aicep Portugal Global. Exportações de cerâmica e cristalaria com forte crescimento, nº98, Maio, 2017. [versão PDF do documento descarregado em 24 fevereiro de 2021].
- [7] Pwc. 2012. APICER – Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica: Promoção do empreendedorismo e da criação de empresas com maior valor acrescentado. [versão PDF do documento descarregado em 26 janeiro de 2021].

[8] Pwc. 2016. Capacitação da indústria da Cerâmica Portuguesa: Um cluster, uma estratégia, mercados prioritários. [versão PDF do documento descarregado em 25 janeiro de 2021].

[9] APICER. Ceramics: Portugal does it better. [versão PDF do documento descarregado em 13 janeiro de 2021].

[10] CTCV. 2010. Definição das principais áreas de inovação setoriais – setor da cerâmica e do vidro. [versão PDF do documento descarregado em 14 janeiro de 2021].

[11] Comissão Europeia. 2014. Para uma economia circular: programa para acabar com os resíduos na Europa. [versão PDF do documento descarregado em 9 janeiro de 2021].

[12] Brocklehurst, Martin. 2015. Circular Economy: Trends and Emerging Ideas – Chapter 1. [versão PDF do documento descarregado em 15 janeiro de 2021].

[13] Leitão, A (2015). *Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI*, PJFMA 1(2), 150-171.

[14] Kowalski, M, 2011, Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. International Resource Panel. 174 pp.

[15] Comissão Europeia. 2015. A Economia Circular: Interligação, criação e conservação de valor. ISBN 978-92-79-37823-2. [versão PDF do documento descarregado em 30 janeiro de 2021].

[16] Patwa, N. *et al* (2021). *Towards a circular economy: An emerging economies context*, Journal of Business Research 122, 725-735.

[17] WWF. Living Planet Report, 2012. Biodiversity, biocapacity and better choices. Chapter 1: The State of Planet – Population, Development and Urbanization (pp.54). ISBN 978-2-940443-37-6. [versão PDF do documento descarregado em 20 fevereiro de 2021].

[18] Bartl, Andreas. 2015. Circular Economy: Cycles, Loops and Cascades – Chapter 2. [versão PDF do documento descarregado em 15 janeiro de 2021].

[19] Almeida, M. *et al* (2016). *Ceramic Industry contribution to a Circular Economy*, Congress of Innovation on Sustainable Construction.

[20] Morsetto, P (2020). *Targets for a circular economy*, Resources, Conservation and Recycling 153, 1-12.

[21] Hartley, K, Santen, R, Kirchherr, J (2020). *Policies for transitioning towards a circular economy: Expectations from the European Union (EU)* 155, 1-10.

[22] Manavalan, E, Jayakrishna, K (2019). *An Analysis on Sustainable Supply Chain for Circular Economy* 33, 477-484.

[23] Foster, G (2020). *Circular economy strategies for adaptive reuse of cultural heritage buildings to reduce environmental impacts*, Resources, Conservation and Recycling 152, 1-14.

[24] Akanbi, L. *et al* (2018). *Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator*, Resources, Conservation and Recycling 129, 175-186.

[25] Zils, M, Angelis, R, Hopkinson, P (2020). *Systemic building blocks for creating and capturing value from circular economy*, Resources Conservation and Recycling 155 (7): 104672.

[26] Ellen Macarthur Foundation. 2015. *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an accelerated transition*. [versão PDF do documento descarregado em 20 janeiro de 2021].

[27] República Portuguesa. 2017. *Liderar a transição: Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal: 2017-2020*. [versão PDF do documento descarregado em 20 janeiro de 2021].

[28] The Material Flow Analysis Portal. *Circular Economy: a smart way of using materials* - <http://www.materialflows.net/circular-economy/> [Acedido em 25 de janeiro de 2021].

[29] SIA – Sociedade Inovação Ambiental. *Cerâmica Valadares: A Indústria Cerâmica Sanitária*. [versão PDF do documento descarregado em 18 janeiro de 2021].

[30] Valadares. “História desde 1921”. <https://www.archvaladares.com/historia/> [Acedido em 25 de janeiro de 2021].

[31] Oliveira, M & Gonçalves, R (2017). *Estratégia, Inovação e Mudança: Casos de Estudo sobre Competitividade*, Universidade de Aveiro. 9-10 pp. [versão PDF do documento descarregado em 21 março de 2021].

[32] Collections Magazine. Catálogo Valadares. Junho, 2019.

[33] Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto. Diário Da República — I Série - A. Ministério do Ambiente. 3717-3722 pp. [versão PDF do documento descarregado em 15 março de 2021].

[34] Leite, A (2017). *Gestão da água na Revigrés*, Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro. 29-36 pp. [versão PDF do documento descarregado em 22 fevereiro de 2021].

[35]. Metcalf & Eddy (2013). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, New York. 4ª Edição. 412-414 pp.

[36] Águas do Norte: Grupo de Águas de Portugal. “Tratamento de Água”. 2015. <http://www.adnorte.pt/pt/educacao-ambiental/ciclo-urbano-da-agua/tratamento-de-agua/?id=115> [Acedido em 23 de dezembro de 2021].

[37] Exapro. “Rosler Z800 HA- Turbo Floc Washing finishing machine”. [https://www.exapro.com/rosler-z800-ha-turbo-floc-p90605024/#prettyPhoto\[p_gal\]/3/](https://www.exapro.com/rosler-z800-ha-turbo-floc-p90605024/#prettyPhoto[p_gal]/3/) [Acedido em 16 de março de 2021].

[38] Tem S.R.L. “Alumina jars for laboratory fast mills” <https://www.temsl.it/en/prodotto/alumina-jars-for-fast-mill-and-rev-24/> [Acedido em 16 de março de 2021].

[39] Hito. “Esferas de alumina de média- alta densidade Hito 82MD”. <http://www.hito.es/pt-br/produtos/esferas-de-alumina-de-media-alta-densidade-hito-82md/> [Acedido em 16 de março de 2021].

[40] Vasconcelos, L (2018). *Investigação e Desenvolvimento de Pasta de Grés resultante da Incorporação de Subprodutos e Resíduos Industriais*, Universidade de Aveiro. 30 pp. [versão PDF do documento descarregado em 11 de abril de 2021].

[41] Alves, T (2015). *Formulação de Pastas Cerâmicas a partir de Matérias-Primas Argilosas dos Concelhos de Vila Viçosa e Redondo para a produção de Olaria Tradicional*, (Escola de Ciências e Tecnologia) Universidade de Évora. 104-105 pp. [versão PDF do documento descarregado em 9 de abril de 2021].

[42] Freitas, C (2011). *Reutilização de Lamas da Indústria de Limas no Sector Cerâmico*, Tese de Mestrado em Tecnologia Cerâmica, Instituto Politécnico de Viana do Castelo. 20-21 pp. [versão PDF do documento descarregado em 13 de março de 2021].

**Anexos retirados por solicitação da
ARCH, S.A**