



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sónia Raquel Fernandes Araújo

Otimização do processo de produção de Mosto

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação do (s)

Professora Doutora Maria Teresa de Jesus Simões Campos
Tavares

Engenheira Ana Isabel Marques Ribeiro

DECLARAÇÃO

Nome: Sónia Raquel Fernandes Araújo

Endereço eletrónico: sonia.araujo22@gmail.com

Telefone: 939 609 119/ 910 857 084

Número do Bilhete de Identidade: 13637623

Título da dissertação: Otimização do processo de produção de Mosto

Orientador (es): Doutora Maria Teresa de Jesus Simões Campos Tavares e Engenheira Ana Isabel Ribeiro

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia Biológica – Ramo da Tecnologia Química e Alimentar

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida
Pelo que me ensinaram e transmitiram
Pelo apoio incondicional e incessante
Pelo que sou

Aos meus pais e avós.

AGRADECIMENTOS

Pela excelente oportunidade proporcionada, pela ótima maneira como fui recebida e por todas as condições cedidas para a execução deste projeto, quero agradecer à Unicer Bebidas, S.A.. Foi sem dúvida uma experiência muito gratificante quer a nível profissional como pessoal.

Agradeço de forma sentida e profunda a todas as equipas da Sala de Fabrico de Mosto pelo ótimo acolhimento e integração. E também por toda a ajuda incansável prestada ao longo do estágio, assumindo um papel fundamental no sucesso deste projeto.

Às minhas orientadoras, Dra. Ana Bela Pinheiro e Engenheira Ana Isabel Ribeiro, agradeço o apoio incondicional, total disponibilidade, confiança depositada e todos os conhecimentos partilhados. Tiveram um papel fundamental no sucesso deste projeto.

Ao Engenheiro Pedro Frias, à Engenheira Dulce Barata Feio e Serafim Sales fico muito grata por toda a dedicação demonstrada na execução de todo o trabalho.

Aos departamentos de Qualidade, Produção e *ULean* da Unicer Bebidas quero também agradecer a maneira como me acolheram e apoiaram na execução de todo o trabalho e por todas as oportunidades. Ao Laboratório Central o meu muito obrigado pela disponibilidade e apoio na realização de todas as análises necessárias.

Pelo ótimo ambiente proporcionado, companheirismo, apoio e carinho, agradeço aos meus colegas de estágio. Em especial ao Zé Miguel, Marisa, João, Filipa, Pedro e Cátia.

Agradeço, também, à Isabel Gonçalves pela ajuda prestada no desenrolar do presente projeto.

À minha orientadora do Departamento de Engenharia Biológica, da Universidade do Minho, Doutora Teresa Tavares, dirijo um especial agradecimento pelo acompanhamento e dedicação.

À Universidade do Minho agracio a formação indiscutível e as oportunidades concedidas ao longo da minha formação.

Aos meus avós e pais, dedico o sucesso desta etapa, e agradeço o carinho e esforço que fizeram.

Aos meus amigos fico grata pelo carinho, motivação e suporte sempre prestados. Em especial à Sara e à Daniela por estes cinco de amizade, ajuda e carinho. Assim como aos meus amigos de sempre Márcia, Daniel, Patrícia e Mário, por nunca me deixarem cair.

Por último, agradeço à pestinha da minha irmã, pela inconsciente motivação concedida, que me fizeram lutar pela conclusão desta importante etapa profissional e pessoal.

RESUMO

No âmbito da centralização das operações de produção de cerveja na unidade de Leça do Balio, a Unicer Bebidas, S.A. teve a necessidade de aumentar a sua capacidade de produção. Assim ao nível do fabrico de mosto, surgiu a necessidade de instalação um novo filtro de mosto, na sala Nordon.

A filtração é uma das principais etapas durante a fabricação de mosto e que requer especial atenção.

O presente trabalho teve como principal objetivo a monitorização de parâmetros, previamente acordados com o fornecedor do novo filtro de mosto, a Meura S.A.. Os parâmetros acompanhados durante a arranque e posterior aceitação do novo sistema de filtração- Meura 2001, foram: o rendimento em extrato do mosto no final do fabrico, tempo máximo de filtração (enchimento e etapa de filtração), tempo máximo para abertura, descarga e fecho do filtro, tempo máximo até se obter o tegão da drêche vazio, o volume de água gasto durante a lavagem por cada quilograma de malte equivalente, extrato de mosto fraco, matéria seca da drêche. Ficando, no final, por aceitar parâmetros como tempo máximo de filtração, volume de água gasto durante a etapa da lavagem e extrato de mosto fraco.

Ao longo do estágio foram propostos outras tarefas, como o acompanhamento de problemas surgidos após a instalação de uma nova caldeira de caldas, na sala Nordon. Tais problemas relacionavam-se com a limpeza ineficaz da caldeira, entre fabricos e final de plano de higienização CIP (*Cleaning in Place*). E com a falta de agitação em fabricos de maior volume, como era o caso do mosto Cristal. As duas situações acompanhadas ficaram resolvidas depois das várias ações implementadas.

Compreendeu-se também a necessidade de aprovação de alguns manuais técnicos de fabrico de mosto, devido à incorporação/aumento da quantidade de cevada em mostos de Super Bock Abadia, Stout e Sem Álcool e Cristal. Para isso foram acompanhados o processo de fabrico destes mesmos mostos e posteriormente os resultados de mosto frio, maturação e fermentação e de produto acabado. Ficando apenas, pendente a aprovação do manual técnico dos mostos de Super Bock Stout e Cristal.

Pelo reconhecido sucesso da Manutenção Autónoma e da metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*) no panorama industrial, recorreu-se à implementação desta metodologia, no filtro Meura. Para uma eficaz deteção de falhas, minimização de avarias, aumento da operacionalidade, disponibilidade do equipamento. No entanto, devido à escassez de tempo apenas se concretizou a implementação da etapa 0 da referida metodologia no filtro de mosto.

PALAVRAS-CHAVE

Fabricação de mosto, filtração de mosto, caldeira de caldas, TPM, cerveja.

ABSTRACT

Under the option of centralized the brewing operations, in Leça do Balio's unit, the Unicer Bebidas, S.A., had the need to increase its production capacity. So, at level of wort production, emerged the need of install a new mash filter, in the Nordon room.

Filtration is one of the main stages of brewer wort production and one that requires special attention.

The present work had as main objective the monitoring of parameters previously agreed with the supplier of the new mash filter, the Meura S.A. The parameters monitored during start-up and subsequent acceptance of the new filtration system - Meura2001 Hybrid, were: extract yield of the wort at the end of the brew, maximum time of filtration (filling and filtration steps), maximum time for opening, discharge and closing the filter, maximum time for emptying spent grains hopper, rate sparging water/ kilogram of malt equivalent, weak wort extract, spent grains dry matter. Staying, in the end, to accept parameters such as maximum time of filtration water volume spent during the sparging step and weak wort extract.

Throughout in this internship were proposed other tasks such as the following of problems occurred after the installation of the new mash kettle, in the Nordon room. Those problems were related to ineffective cleaning of the kettle, between brews and in the final of the CIP (Cleaning in Place) procedure. Another problem observed was the lack of stirring, in brews, of greater volume, as was the case of Cristal wort. The two situations were resolved after several actions implemented.

It is also understood the need for update of some technical manuals of wort production, for the incorporation / increased of the amount of barley in Super Bock Abadia, Super Stout, Super Sem Álcool and Cristal worts recipes. To this was followed the manufacturing process of these same worts and after the results of the cold wort, maturation and fermentation and the finished product. Staying, only, pending the approval of the technical manual for Super Bock Stout and Cristal wort recipe.

For the recognized success of the Autonomous Maintenance and TPM methodology (Total Productive Maintenance) in the industrial landscape, was decided to implement this methodology in the mash filter Meura. With the objective of promote, for the mash filter one effective detection of failures, the minimization of the damages, and to increase operability and availability of equipment. However, due to shortage of time available, only was completed the implementation of the step 0 of this methodology, in the mash filter.

KEYWORDS

Wort production, mash filtration, mash vessel, TPM, beer.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	ix
Abstract.....	xi
Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Tabelas.....	xix
Índice de Equações.....	xx
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxi
1. Introdução.....	23
1.1 Apresentação da empresa Unicer Bebidas S.A.....	23
1.2 Enquadramento e apresentação do projeto.....	25
1.3 Estrutura do Relatório.....	26
2. Revisão Bibliográfica.....	27
2.1 Introdução Histórica.....	27
2.2 Processo industrial de produção de cerveja.....	28
2.2.1 Matérias- Primas.....	28
2.2.2 Fabrico de mosto.....	29
2.2.3 Fermentação, maturação, estabilização a frio e enchimento.....	32
2.3 Etapa da filtração de mosto.....	34
2.3.1 Introdução.....	34
2.3.2 Descrição do filtro.....	36
2.3.3 Descrição das operações do filtro.....	38
2.3.4 Parâmetros importantes durante a filtração de mosto.....	41
3. Descrição da técnica.....	45
3.1 Levantamento de características da filtração de mosto.....	45
3.2 Definição dos parâmetros em estudo.....	45
3.2.1 Rendimento de extrato.....	47
3.2.2 Extrato de mosto fraco e extrato solúvel.....	47
4. Acompanhamento do Arranque e Aceitação de um novo filtro de mosto – Meura 2001.....	49
4.1 Sistema de Filtração.....	49

4.2	Acompanhamento do novo filtro de mosto Meura 2001 Hybrid	50
4.2.1	Rendimento de extrato.....	50
4.2.2	Tempo máximo de filtração.....	50
4.2.3	Tempo máximo para abertura, descarga e fecho do filtro.....	51
4.2.4	Tempo máximo até tegão de drêche vazio (desde abertura do filtro)	52
4.2.5	Rácio: Volume de água de lavagem/Malte equivalente	53
4.2.6	Extrato de mosto fraco.....	54
4.2.7	Matéria seca da drêche	55
4.2.8	Extrato solúvel da drêche	56
4.2.9	Tempo máximo do ciclo de filtração	57
4.3	Propostas de melhorias futuras	58
5.	Otimização do funcionamento da Caldeira de Caldas.....	59
5.1	Descrição dos problemas ocorridos e soluções implementadas.....	59
5.1.1	Problemas com limpeza	59
5.1.2	Problemas com agitação.....	61
5.2	Propostas de melhoria futuras.....	62
6.	Incorporação/aumento de cevada em alguns mostos.....	63
6.1	Ensaio realizados.....	63
6.2	Impactos da incorporação/aumento de cevada no fabrico	64
7.	Implementação do TPM no Filtro Meura 2001.....	67
7.1	Manutenção, perspectiva histórica e pertinência atual	67
7.2	Total Productive Maintenance (TPM).....	68
7.3	Manutenção Autónoma	70
7.4	Modelo Carlsberg para a Implementação da Manutenção Autónoma.....	71
7.5	Pertinência da Implementação da Manutenção Autónoma	72
7.6	Concretização da Implementação da Manutenção Autónoma	73
7.6.1	Concretização da etapa 0	73
8.	Conclusão	77
8.1	Acompanhamento do arranque e aceitação do novo filtro de mosto - Meura 2001.....	77
8.2	Otimização do funcionamento da caldeira de caldas	77

8.3	Incorporação/aumento de cevada em alguns mostos	78
8.4	Implementação do TPM no filtro Meura	79
	Referências Bibliográficas	80
	Anexo A- Características Recomendadas pela Meura para o Malte.....	82
	Anexo B- Tempos das principais etapas da filtração.....	83
	Anexo C – Gráfico perfil de uma boa filtração.....	85
	Anexo D - Calculo da taxa de aquecimento efetuado para a caldeira de caldas.....	87
	Anexo E - Parâmetros acompanhados durante a empastagem/brassagem	88
	Anexo F - Parâmetros monitorizados ao longo de cada etapa.....	89
	Anexo G – Diagrama de Máquinas	90
	Anexo H – Avaliação de Riscos	93
	Anexo I - Plano de Manutenção Autônoma para o Filtro Meura	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Cronograma histórico da Unicer- Bebidas de Portugal, S.A.....	23
Figura 2 - Estrutura acionista da Unicer - Bebidas de Portugal, S.A.	24
Figura 3 - Marcas de produtos comercializadas pela Unicer Bebidas, S.A.	24
Figura 4 - Organigrama da Unicer Bebidas, S.A.	24
Figura 5 - Representação do Filtro de Mosto Meura 2001.....	36
Figura 6 - Placas de Filtração.....	36
Figura 7 - Representação da câmara de filtração e das entradas e saídas de mosto (com e sem drêche em suspensão).....	37
Figura 8 - Representação gráfica do ciclo de filtração.	39
Figura 9 - Esquema representativo do novo sistema de produção de mosto da Sala Nordon	49
Figura 10- Rendimento de extrato para o mosto Super Bock e Cristal.	50
Figura 11 – Tempo máximo de filtração, para o mosto de Super Bock e Cristal, nos fabricos acompanhados.....	51
Figura 12 – Tempo máximo para abertura, descarga e fecho do filtro de mosto.....	52
Figura 13 – Volume de água de lavagem utilizado por quilograma de malte equivalente de mosto Super Bock e Cristal.	53
Figura 14 – Extrato de mosto fraco do mosto de Super Bock, para o filtro 1 e 2.	54
Figura 15 - –Extrato de mosto fraco do mosto de Cristal para o filtro 1 e 2.	55
Figura 16 – Matéria seca do filtro 1 e 2 para a drêche dos mostos de Super Bock e Cristal.	56
Figura 17 – Extrato solúvel da drêche do filtro 1 e 2 para mosto Super Bock.	57
Figura 18 - Extrato solúvel da drêche do filtro 1 e 2 para mosto Cristal.	57
Figura 19 – Tempo máximo do ciclo de filtração do mosto Super Bock e Cristal.	58
Figura 20 - Estado inicial da caldeira caldas.	60
Figura 21 – Estado da caldeira após o processo de CIP e de um fabrico, após alterações no agitador.	61
Figura 22 – Alteração efetuada ao agitador da caldeira de caldas.....	62
Figura 23 – Evolução do conceito manutenção.	68
Figura 24 - Pilares do TPM.....	70
Figura 25 - Modelo de implementação da Manutenção Autónoma da Carlsberg.....	72
Figura 26 - Equipa TPM.....	74

Figura 27 - Diagrama de máquina do tegão de descarga do filtro Meura 2001.....	75
Figura 28 – Avaliação de Riscos para o tegão de descarga da drêche do filtro Meura.....	76
Figura B.1 - Tempo da etapa da filtração, em mosto Super Bock e Cristal.....	83
Figura B.2 - Tempo da etapa da pré-compressão, em mosto Super Bock e Cristal.	83
Figura B.3 - Tempo da etapa da lavagem, em mosto Super Bock e Cristal.	84
Figura B.4 - Tempo da etapa da compressão, em mosto Super Bock e Cristal.	84
Figura B.5 - Tempo da etapa de descarga, em mosto Super Bock e Cristal.	84
Figura C.1 – Gráfico perfil de uma boa filtração, obtido a partir do autômato da sala Nordon.....	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1-Intervalos de temperatura e pH ideais para a atuação das enzimas ativas no processo de fabrico de mosto.....	30
Tabela 2- Duração ideal para cada etapa do ciclo de filtração.	40
Tabela 3 – Coeficientes de malte equivalente para as principais matérias-primas utilizadas na produção de cerveja.	42
Tabela 4- Recomendações para a moagem ideal.....	42
Tabela 5- Situação atual (valores médios) para a filtração do mosto Pilsen, na sala Nordon.	45
Tabela 6 – <i>Check-list</i> com os parâmetros acompanhados durante o arranque e aceitação do no filtro de mosto Meura 2001.....	46
Tabela 7 – Parâmetros extra acompanhados durante o acompanhamento e aceitação do Filtro de Mosto.	46
Tabela 8 – Média do tempo para se obter o tegão da drêche vazio, para o mosto Super Bock e Cristal.	52
Tabela 9– Requisitos para uma correta operação da caldeira de caldas.	59
Tabela 10 - Média da Taxa de aquecimento da caldeira de caldas.	60
Tabela 11- Ensaio realizados com a incorporação/aumento da quantidade de cevada no fabrico de alguns mostos.	63
Tabela 12 – Principais resultados, de mosto frio, maturação e produto acabado, obtidos nos ensaios de incorporação/aumento da quantidade de cevada.	64
Tabela A.1 - Caraterísticas ideais para o malte, recomendadas pela Meura.....	82
Tabela E.1 – Parâmetros monitorizados ao longo durante a empastagem/brassagem.....	88
Tabela F.1 – Parâmetros monitorizados para o mosto frio, fermentação e maturação e produto acabado.....	89

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1	35
Equação 2	47
Equação 3	87

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CIP- *Cleaning in Place*

MA- Manutenção Autónoma

OEE- *Overall Equipment Effectiveness*

PVPP- Polivinilpolipirrolidona

TCF- Tanque de cerveja filtrada

TPM- *Total Productive Maintenance* – Manutenção Total Produtiva

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação da empresa Unicer Bebidas S.A.

A Unicer Bebidas de Portugal, S.A. é a maior empresa de bebidas em Portugal. Esta nasceu da fusão de sete cervejeiras em 1890 CUPF - Companhia União Fabril Portuense das Fábricas de Cerveja e Bebidas Refrigerantes - que é considerada a mãe da atual empresa.

Em 1977, o Conselho de Ministros nacionalizou a CUPF, e esta sofre um processo de fusão com a Copeja e a Imperial, formando a Unicer-União Cervejeira E.P. mantendo-se com capital público até 1990. Em 2001, a Unicer passa a designar-se por Unicer- Bebidas de Portugal, S.A., com o objetivo de afirmar, definitivamente, a posição de empresa de bebidas, deixando para trás a ideia de uma empresa cervejeira com atividade secundária em outros segmentos de mercado de bebidas.

Em Junho de 2006, o Dr. António Pires de Lima torna-se Presidente Executivo da Unicer e inicia-se uma nova fase para a empresa. Atualmente a empresa é liderada pelo Dr. João Rego Abecasis. Orientada para uma cultura de resultados, em que há uma aposta clara nos negócios da Cerveja e Águas, simplificação da estrutura organizacional da empresa, desenvolvimento das áreas comercial e de marketing e crescimento a nível internacional. A Figura 1 mostra de forma esquemática a evolução histórica da Unicer - Bebidas de Portugal, S.A..



Figura 1 - Cronograma histórico da Unicer- Bebidas de Portugal, S.A. (DSI Unicer, 2013).

A atividade de negócios, da Unicer, centra-se no setor das Cervejas e das Água engarrafadas. Mas também está presente no segmento dos refrigerantes, dos vinhos, na produção e comercialização de malte e na área do turismo, onde detém dois ativos de referência na região de Trás-os-Montes: os Parques Lúdico-Termiais de Vidago e Pedras Salgadas.

A Unicer é uma empresa de capital maioritariamente português, em que 56% pertence ao Grupo VIACER (BPI, Arsopi e Violas) e 44% ao grupo Carlsberg (Dinamarca), como mostra a Figura 2 (DSI Unicer, 2013).

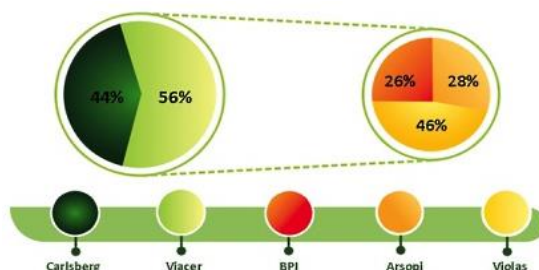


Figura 2 - Estrutura acionista da Unicer - Bebidas de Portugal, S.A. (DSI Unicer, 2013).

Atualmente a Unicer conta com 1500 colaboradores, distribuídos por cerca de 9 centros de produção, localizados em: Leça do Balio, Santarém, Poceirão, Pedras Salgadas, Castelo de Vide, Caramulo, Envendos, Melgaço e Póvoa de Lanhoso. Estes centros incluem centros de produção, captação e engarrafamento de água (DSI Unicer, 2013).

A nível internacional, a Unicer, está presente em mais de 50 países, distribuídos por cinco grandes mercados: Angola, Resto de África, Europa, América e Ásia, Pacífico e Médio Oriente. (DSI Unicer, 2013)

As marcas produzidas e comercializadas pela Unicer estão descritas na Figura 3 (DSI Unicer, 2013).

Cervejas	<ul style="list-style-type: none"> • Super Bock, Super Bock Stout, Super Bock Abadia, Super Bock Sem Álcool, Super Bock Green, Cheers, Cheers Radler, Cheers Preta, Carlsberg, Cristal, Cristal Preta, Clock, Marina.
Águas	<ul style="list-style-type: none"> • Vitalis, Vitalis Sabores, Caramulo, Água das Pedras, Água das Pedras Levíssima, Água das Pedras Sabores, Vidago e Melgaço.
Refrigerantes	<ul style="list-style-type: none"> • Frutis Natura, Frutis, Frutea Ice Tea, Frisumo, Guaraná Brasil, Snappy.
Vinhos	<ul style="list-style-type: none"> • Quinta do Minho, Campo da Vinha, Porta Nova, Vinha das Garças, Vinha de Mazouco, Vinha de Mazouco Reserva, Planura, Planura Reserva, Planura Syrah, Monte Sacro, Vini , Vini Sangria e Tulipa.
Sidras	<ul style="list-style-type: none"> • Somersby.

Figura 3 - Marcas de produtos comercializadas pela Unicer Bebidas, S.A. (DSI Unicer, 2013).

A empresa está organizada segundo o organigrama apresentado abaixo (Figura 4). O Departamento das Qualidade, no qual decorreu este projeto, está inserido no *Suplly Chain*. (DSI Unicer, 2013)



Figura 4 - Organigrama da Unicer Bebidas, S.A. (DSI Unicer, 2013).

1.2 Enquadramento e apresentação do projeto

Em prol de fomentar a liderança que detém no mercado nacional de bebidas a Unicer, Bebidas S.A., a maior empresa nacional da área, adotou uma estratégia empresarial que contempla a centralização das operações de produção de cerveja na unidade de Leça do Balio (encerrando a produção de cerveja em Santarém) como fator central para o aumento da sua competitividade. Esta visão requer a reestruturação do referido centro produtivo com o objetivo de aumentar a sua capacidade atual.

No sentido de conseguir corresponder ao referido aumento de capacidade a Unicer desenvolveu um projeto interno, o MASTERPLAN, que contemplou todas as necessidades inerentes ao volume de produção desejado, o que representa um investimento em torno dos 80 milhões de euros, e prevê um projeto de reformulação da unidade de produção de cerveja com a instalação de novos equipamentos.

Neste projeto de reformulação da central de produção de cerveja, ao nível da fabricação de mosto, que decorre na sala Nordon, ou simplesmente sala de Fabrico, houve a necessidade de instalação de um novo filtro de mosto a par de uma nova caldeira de caldas. Decorrente da instalação de novos equipamentos numa unidade industrial surge a natural necessidade de validar a conformidade das especificações da encomenda, acompanhar o arranque do equipamento levantando os principais problemas nesta fase. Subsequente a isto compreende-se a pertinência de que se reveste o trabalho desenvolvido ao longo do estágio curricular.

Descriminando os pontos de enfoque principais do estágio curricular pretendeu-se inicialmente acompanhar o arranque do novo filtro de mosto, acompanhando os indicadores de desempenho tipicamente aplicados a estes sistemas fazendo em paralelo o reporte de problemas técnicos que ocorreram na fase de arranque do mesmo e conseqüente seguimento até à resolução dos mesmos. Posteriormente, e ainda no âmbito do filtro de mosto, realizou-se uma validação, ainda que parcial, de funcionamento de acordo com as especificações e rendimentos enunciados pelo fornecedor. O levantamento de falhas técnicas no funcionamento do equipamento foi uma atividade transversal a todas as etapas do processo. Ao longo do estágio pretendeu-se, ainda, dar formação aos técnicos do Serviço de Produção sobre os novos equipamentos instalados, a otimização do filtro e atualização de toda a documentação técnica associada ao novo filtro (Manual Técnico).

Seguindo a metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*), desenvolvida no Japão, que tem por base o envolvimento de todos para garantir que a manutenção básica do equipamento passa à responsabilidade dos operadores, libertando as equipas de manutenção para intervenções mais profundas e preventivas efetivando assim o conceito de Manutenção Autónoma (MA). Pretendeu-se assim a obtenção de uma *check-list* de verificação, com um respetivo circuito associado, de pontos de limpeza,

Otimização do processo de produção de mosto

inspeção, lubrificação e ajustes e afinações com o objetivo de guiar, com uma periodicidade definida os operadores de forma autónoma para garantir uma maior fiabilidade e consequente operacionalidade do equipamento por via de um seguimento mais próximo garantido pelo maior envolvimento do respetivo operador.

Por último, paralelamente, ao projeto da filtração, surgiu a necessidade de otimizar outros processos e etapas no fabrico de mosto, como a otimização do funcionamento da nova caldeira de caldas, onde se detetaram alguns problemas após o arranque.

1.3 Estrutura do Relatório

Este relatório encontra-se dividido em 8 capítulos, nos quais são apresentados todos os trabalhos desenvolvidos ao longo do estágio curricular desenvolvido na Unicer Bebidas, S.A..

No capítulo 1 é apresentada a empresa Unicer Bebidas, S.A. e descrito o objetivo do projeto desenvolvido. O capítulo 2 “Revisão Bibliográfica”, inicia com uma breve descrição histórica sobre a cerveja, de seguida é apresentado passo a passo o processo industrial de produção de cerveja efetuado na Unicer Bebidas, S.A. e por fim é descrito o processo de filtração em maior pormenor.

No terceiro capítulo denominado por “Descrição da Técnica”, é feito um levantamento da situação inicial da filtração de mosto, seguida da apresentação e explicação dos parâmetros monitorizados no acompanhamento do arranque e posterior aceitação do novo filtro de mosto.

No capítulo 4, “Acompanhamento do arranque e aceitação de um novo filtro de mosto – Meura 2001” é descrito o sistema de filtração da sala Nordon, e apresentados os principais resultados obtidos durante o acompanhamento e aceitação do novo filtro.

No quinto capítulo “Otimização do funcionamento da Caldeira de Caldas”, são descritos os principais problemas levantados, após a instalação da caldeira e as principais ações implementadas para a resolução dos referidos problemas.

No capítulo 6 “Incorporação/Aumento da quantidade de cevada em alguns mostos” são descritos os principais ensaios realizados em alguns mostos e os principais resultados obtidos após a realização dos mesmos.

O capítulo 7, denominado por “Implementação do TPM no filtro Meura 2001”, é feita uma breve contextualização histórica acerca da manutenção autónoma e da metodologia TPM, e por fim apresentada a implementação, possível, da Manutenção Autónoma.

No último capítulo, “Conclusão”, são expostas as principais conclusões acerca de todos os trabalhos executados ao longo do projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução Histórica

A cerveja é das bebidas alcoólicas mais consumidas em todo o Mundo, e pensasse ter sido das primeiras bebidas a ser produzida pelo ser humano. Esta bebida já é conhecida, há mais de 6000 anos antes de Cristo, pelos sumérios, egípcios, mesopotâmios e ibéricos, onde, na altura, era uma bebida muito popular e de grande importância social (EBlinger, 2009).

Ao longo dos anos, a cerveja, foi tendo diferentes caracterizações. Contudo só no século XVI, é que se percebeu, verdadeiramente, na Europa, o conteúdo da palavra cerveja- bebida obtida pela infusão de cevada e grãos de outros cereais, à qual é adicionado o lúpulo e fermentada por leveduras (Kunze & Weber, 2004).

No século XIX, o fabrico de cerveja sofre um grande impulso, pois foi neste século que o Professor Emil Hansen, do Laboratório da Carlsberg, conseguiu isolar as leveduras responsáveis pelo processo fermentativo da cerveja. E que foi possível a manutenção de tanques de fermentação e o armazenamento de cerveja em caves de baixa temperatura ao longo de todo o ano (EBlinger, 2009).

Em Portugal, a cerveja é consumida desde o século XVII, onde se mantém como uma bebida muito conhecida e apreciada por todos até a atualidade. A prova disso foi o enorme crescimento da indústria cervejeira no país, desde o século XIX até à atualidade.

A palavra cerveja, etimologicamente, surge do latim “*cervesia*”, designação para bebida fermentada. Os Gauleses chamavam-lhe “*cerevisia*”, pois acreditavam que vinha de Ceres (Deusa das Colheitas). Em todo o caso, a raiz comum da palavra é a expressão “*cervesiam bibere*” que terá estado na origem das várias traduções europeias da palavra cerveja (*bier*, no Alemão, *beer*, no Inglês, *bière*, no Francês, etc). A cerveja é uma bebida obtida a partir da fermentação alcoólica, de um mosto de cereais, constituído sobretudo por malte, e outras matérias ricas em amido, ao qual se adiciona o lúpulo ou seus derivados e água potável. Com o auxílio de leveduras selecionadas do género *Saccharomyces*, os açúcares mais simples, obtidos a partir do amido, existente no mosto (mistura de água, cevada e lúpulo) são transformados em álcool (Kunze & Weber, 2004).

A levedura utilizada no processo de fabrico da cerveja é do género *Saccharomyces*, sendo que as principais espécies são a *S. cerevisiae* (alta fermentação) e a *S. pastorianus* (baixa fermentação). Esta levedura é um fungo unicelular que se adiciona ao mosto arrefecido (já com o lúpulo) e que favorece a conversão do açúcar, presente neste, em etanol e CO₂- fermentação. Esta transformação origina diversos

Otimização do processo de produção de mosto

metabolitos secundários, como glicerol, álcoois superiores, ácidos orgânicos, entre outros, que são responsáveis pelas características finais do produto (Esslinger & Narziss, 2005).

2.2 Processo industrial de produção de cerveja

2.2.1 Matérias- Primas

A cerveja é uma bebida obtida a partir de água, malte, lúpulo, outros cereais não maltados, e fermentada por leveduras do género *Sacharomyces* (Kunze & Weber, 2004).

O malte é das matérias-primas mais importantes no fabrico de cerveja. Obtém-se da germinação e posterior secagem da cevada, sob condições controladas - maltagem. A maltagem tem como finalidade desenvolver, na cevada, enzimas necessárias para a fabricação correta do mosto, dar ao grão a friabilidade indispensável para uma boa sacarificação e filtração do mosto, e dotá-lo do aroma que contribuirá para o carácter correto da cerveja. Uma outra finalidade da maltagem é produzir enzimas que convertem o amido em açúcares fermentáveis, que a diferentes tempos e temperaturas podem produzir diferentes cores de malte que, numa fase posterior do processo dão origem a diferentes cores de cerveja (Kunze & Weber, 2004).

Os cereais não maltados, não sofrem processo de maltagem e são caracterizados por não conterem enzimas e possuírem um elevado teor de amido (acima de 75%), 10 a 15% de humidade, conterem 1% de matérias gordas (no máximo) e um baixo teor em matérias azotadas (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985) (EBC, 2007).

Os cereais não maltados mais utilizados na produção de cerveja são a cevada, o milho (“gritz”), o arroz ou o trigo. O elevado teor de amido dos cereais não maltados, quando sacarificado pelas enzimas do malte, origina um mosto límpido e adocicado, que, por não conter proteínas solúveis, não formará precipitados na cerveja depois da fermentação.

Este tipo de cereais permite corrigir a composição do mosto quando o malte contém demasiadas matérias azotadas, que, quando solubilizadas, podem originar precipitados, no produto final. Portanto, usando, os cereais não maltados, em quantidades adequadas, de modo a manter a sua proporção de acordo com a quantidade de enzimas presente no malte, o conteúdo excessivo de proteínas solúveis deste é diluído de maneira a que o problema de precipitação seja atenuado ou até mesmo evitado.

Os cereais não maltados apresentam uma grande vantagem económica, pois o seu preço é mais acessível que o preço do malte, o que permite reduzir custos na produção de cerveja (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

O lúpulo pertence à espécie *Humulus lupulus* da família *Cannabaceae*. É uma planta aromática que confere à cerveja aroma e o amargo característicos. O lúpulo protege a cerveja de contaminações microbiológicas funcionando como um conservante natural. Este contribui também para a formação de uma boa espuma. Atualmente, a sua utilização a nível industrial é feita através de extratos da planta, conservando as suas propriedades. Assim conforme a quantidade de resina e de óleos essenciais do lúpulo, este é classificado segundo as variedades de amargo e de aroma (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

A água é uma das matérias-primas mais importantes no processo de produção de cerveja. Esta deverá respeitar uma série de propriedades específicas, para ser considerada própria para consumo, e assim ser considerada adequada para o fabrico de mosto, tal como, ser incolor, inodora e ter um pH entre os 6,5 e 8. Esta é a gama, de pH, ótima para que as enzimas do malte atuem durante a transformação do amido em açúcares fermentescíveis. É também importante que a água não contenha sais de ferro que são altamente prejudiciais para a cerveja e que esta seja microbiologicamente pura (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

Assim a água utilizada no processo de produção de cerveja, quer seja no fabrico de mosto ou na diluição da cerveja, deverá cumprir as normas, que regulam a sua qualidade, de acordo com as características do produto final a obter (Kunze & Weber, 2004).

2.2.2 Fabrico de mosto

O mosto é uma solução aquosa de açúcares, matérias azotadas e sais-minerais. É muito importante a sua qualidade para garantir a estabilidade e os caracteres da cerveja a obter. A finalidade do processo de fabrico de mosto, é a de extrair as substâncias solúveis, transformar a maioria das insolúveis, em solúveis, do malte e de outras matérias-primas utilizadas (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985) (Kunze & Weber, 2004).

A água enquanto agente solubilizante deve agir a temperaturas previamente escolhidas, para uma correta solubilização, uma vez que esta condiciona a eficaz atuação das enzimas que se formaram no malte durante o processo de maltagem. As enzimas, condicionadas pela água, temperatura, tempo e pH transformam grande parte das substâncias insolúveis em solúveis. As substâncias insolúveis do malte são essencialmente constituídas por amido e proteínas e os cereais não maltados por amido. As enzimas mais ativas durante o processo de decomposição das substâncias insolúveis em solúveis, são a α e β amilases (enzimas amilolíticas) e protéases e peptidases (enzimas proteolíticas) (EBC, 2007) (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

Otimização do processo de produção de mosto

O efeito das enzimas, referidas anteriormente, está intimamente dependente do pH (ácido) da mistura (água malte e cereais não maltados), assim como com os intervalos de temperatura e tempo seguidos ao longo do processo. Na Tabela 1 seguinte é possível observar as temperaturas e pH ideais para a atuação das enzimas mais importantes no fabrico de mosto (EBC, 2007) (Kunze & Weber, 2004).

Tabela 1-Intervalos de temperatura e pH ideais para a atuação das enzimas ativas no processo de fabrico de mosto.

Enzima	Temperatura ideal (°C)	pH ideal
α -amilase	70 - 75	5,6 -5,8
β -amilase	60 -65	5,4 -5,6
Protease	50 -60	5,0 -5,2

Tendo em conta os intervalos de temperatura, em que as enzimas atuam com mais eficácia, como se observa na Tabela 1, podem ser considerados dois tipos de métodos de fabricação de mosto. Sendo eles o método por infusão e o método por decocção.

O método por infusão baseia-se na elevação da temperatura, do empastado, de forma progressiva, ao qual é adicionada água quente, gradualmente. Nenhuma porção do empastado é levada à ebulição, em separado, o que provoca a destruição de uma parte das enzimas.

No caso do método por decocção há a elevação da temperatura, pela cozedura de algumas partes do empastado, em separado, e que posteriormente se voltam a juntar, depois de serem levados à ebulição, na caldeira de empastagem.

Assim selecionando os intervalos de temperatura durante os períodos adequados e ajustando o pH a cerca de 5,6 (pH ótimo para a atividade das enzimas presentes na mistura) é possível influenciar, de forma decisiva, o grau de atenuação¹, a estabilidade da espuma e o corpo da cerveja a produzir, o que permitirá obter um produto final onde serão necessárias menos correções e de melhor qualidade (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

O fabrico do mosto compreende as seguintes etapas: ensilagem das matérias-primas, limpeza e moagem do malte e de alguns cereais não maltados, a brassagem, filtração, ebulição do mosto e a decantação. O processo de fabrico do mosto inicia-se com a receção e ensilagem das matérias-primas (malte e milho). Estas matérias-primas são conduzidas para silos, onde são armazenados e acondicionados separadamente.

¹ O grau de atenuação refere a quantidade ou percentagem de extrato que foi fermentado.

Segue-se a moagem do malte que consiste na transformação do grão em farinha, de modo a permitir que todos os nutrientes estão disponíveis às enzimas, em especial o amido, que se pretende degradar em açúcares mais simples. A moagem do malte é uma etapa muito importante para a qualidade do mosto e conseqüentemente da cerveja. (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985)

Após a moagem segue-se a brassagem, que é realizada nas caldeiras de caldas e empastagem. Nesta fase promove-se o desdobramento do amido em açúcares, por ação de enzimas α e β amilases (EBC, 2007).

Na caldeira de empastagem ocorre, inicialmente a mistura dos grãos de malte à água quente (em geral a 65°C), de modo a ativar as enzimas presentes nos grãos. Estas enzimas promovem a quebra de substâncias complexas (hidratos de carbono de cadeia longa como o amido) em substâncias mais simples e solúveis em água. Deste modo, as proteínas são convertidas em peptídeos e outras substâncias orgânicas azotadas e numa fase posterior em aminoácidos, enquanto, que o amido é convertido em moléculas de glicose e maltose assimiláveis pelas leveduras que irão realizar o processo fermentativo. Esta conversão é denominada por sacarificação e ocorre a temperaturas mais elevadas, cerca de 75°C. A brassagem dura cerca de 2 a 4 horas e termina a uma temperatura de aproximadamente 75°C (Esslinger & Narziss, 2005) (O'Rourke, 2002) (EBC, 2007).

Do ponto de vista industrial, podem ser utilizadas outras fontes de açúcar, como já foi referido anteriormente. Para além do malte de cevada, pode ser utilizado também o milho, que ao contrário do malte não possui enzimas. Assim a empastagem, deste, é feita num recipiente próprio, denominado de caldeira de caldas, onde se adiciona o milho à água e ainda malte, como fonte de enzimas. Após uma hora e quando a mistura estiver aproximadamente a 100° C, o conteúdo da caldeira de caldas é transferido e misturado com o das caldeiras de empastagem. Onde se encontra o malte misturado com água, dando assim origem ao empastado que posteriormente será o mosto. A mistura do conteúdo da caldeira de caldas com o da caldeira de empastagem (brassagem) ocorre muito antes da sacarificação (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

Depois de completa a brassagem inicia-se a filtração do mosto. Esta etapa é de grande importância para a qualidade do produto final e rendimento em extrato obtido no fabrico de cerveja. Esta filtração serve para separar a parte insolúvel (drêche) da parte solúvel (mosto), e é realizada num filtro prensa, cujo seu funcionamento será desenvolvido mais adiante. Esta etapa tem uma duração de cerca de 2 horas e é realizada a uma temperatura entre os 77-80°C (Kunze & Weber, 2004).

No filtro prensa, o mosto é bombeado para os quadros que possuem placas de suporte com telas de polipropileno que além de segurarem os grãos, funcionam como filtro, pois têm porosidade fina. De uma

forma geral, o mosto depois da brassagem é conduzido para o filtro que depois de estar cheio procede a uma primeira filtração (cerca de 30 minutos), depois efetua uma pré-compressão, cujo intuito é comprimir e homogeneizar o bolo, que posteriormente será lavado, com água, de modo a ser recuperado o maior extrato possível. Por fim é feita uma última compressão de modo a concentrar a matéria seca da drêche e esta é descarregada seguindo para um silo onde depois é recolhida e vendida para alimentação animal. Este é um alimento rico em proteínas, sais minerais, celulose, etc. (O'Rourke, Sedimentation- liquid/solid separation in the brewing process, 2002) (Esslinger & Narziss, 2005).

Após a filtração do mosto, este é levado à ebulição entre 1 a 2 horas, na caldeira de ebulição. É nesta etapa que se adiciona o lúpulo. Os principais objetivos da ebulição são:

- Estabilização biológica do mosto, ou seja destruição de microrganismos que possam ter sido introduzidos em etapas anteriores;
- Estabilização bioquímica, inativando as enzimas que mantiverem ativas (caso da α -amilase);
- Estabilização físico-química do mosto, promovendo a desnaturação de proteínas de peso molecular elevado que posteriormente precipitam e com elas arrasta polifenóis e outras substâncias que depois serão retiradas, e assim tornam o mosto mais limpo e estável;
- Solubilização e transformação dos componentes do lúpulo, ou seja, através da fervura, os ácidos α do lúpulo são transformados em ácidos iso- α que dão o amargor característico da cerveja. É também feita uma extração dos componentes aromáticos, onde apenas uma parte fica no mosto, uma vez que a outra volatiliza e se perde juntamente com o vapor inerente à ebulição.
- Concentração final do mosto que, como foi visto na filtração, é diluído. Assim durante a ebulição faz-se a evaporação do excesso de água usada deixando, assim, o mosto com o grau de extrato ideal (O'Rourke, The function of wort boiling, 2002).

De seguida o mosto é enviado para um decantador onde fica em repouso, e os constituintes mais pesados se agregam e sedimentam, constituindo o *trub*.

Antes de o mosto seguir para o processo de fermentação, este é arrefecido e arejado em condições estéreis (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

2.2.3 Fermentação, maturação, estabilização a frio e enchimento

Depois de o mosto estar devidamente preparado este é enviado para a adega. Na adega decorrem essencialmente três fases: a fermentação, a maturação e a estabilização a frio, que ocorrem em cubas de fermentação. Depois destas etapas segue-se a fase de clarificação da cerveja, antes de esta ser acondicionada para que depois possa seguir para o enchimento.

Na fermentação os açúcares do mosto (glucose, frutose, sacarose, maltotriose e maltose), são consumidos e forma-se etanol e dióxido de carbono (CO₂), através da ação da levedura. Nesta etapa a levedura consome a maior parte dos aminoácidos e excreta ésteres e álcoois superiores, importantes o aroma da cerveja (Esslinger & Narziss, 2005).

A fermentação ocorre aproximadamente à temperatura de 14° C e dura cerca de sete dias, em cubas cilindro-cônicas. A levedura utilizada, no processo de fermentação, deverá ter um pH ótimo de 4.

Durante o período de fermentação são colhidas amostras para se verificar se parâmetros como o pH, o teor em extrato, a atenuação e o volume alcoolométrico (% álcool (v/v)) estão dentro das especificações requeridas (Kunze & Weber, 2004).

Depois de completa a fermentação, onde cerca de 70 a 90% dos açúcares, presentes no mosto, são convertidos, em álcool, inicia-se a maturação. A maturação tem como principal objetivo corrigir o aroma e sabor da cerveja. Nesta fase, dá-se a conversão completa dos açúcares, redução da saturação do CO₂ e a redução completa de compostos secundários, como o diacetilo, aldeídos e sulfuretos de hidrogénio, importante para melhorar as propriedades organolépticas da cerveja (Kunze & Weber, 2004).

A maturação decorre a uma temperatura de, aproximadamente, 7° C, e tem uma duração variável, depende do tipo de cerveja. Após esta etapa, a cerveja sofre um processo de estabilização a frio.

Antes de a cerveja seguir para o enchimento, é feita a clarificação da cerveja. Nesta fase, todas as partículas que se encontram em suspensão e que, por isso, causam turvação são removidas.

Assim, no final da clarificação, é possível obter uma cerveja límpida, transparente e brilhante e ainda manter a sua estabilidade coloidal. Assim este processo inicia-se com a passagem da cerveja por uma centrífuga, o que permite retirar grande parte da levedura que lá exista. Posteriormente a cerveja passa por um filtro de *Kieselguhr*², para se eliminar células de levedura, algumas proteínas, complexos proteína-polifenóis e outras substâncias em suspensão (Briggs, Boulton, & Peter A. Brookes, 2004).

Depois adiciona-se polivinilpolipirrolidona (PVPP), para que os polifenóis e as proteínas que se aglomeraram, anteriormente, sejam removidos. Após esta adição a cerveja passa por um filtro de polivinilpolipirrolidona (PVPP), seguindo-se o filtro de *trap*, para que as últimas impurezas sejam retiradas. Após ser devidamente filtrada, o teor de extrato da cerveja é corrigido, assim como o teor de dióxido de carbono (CO₂) e de dióxido de enxofre (SO₂) que evita a oxidação desta (EBlinger, 2009).

² *Kieselguhr* é um mineral, constituído por esqueleto de algas de diatomáceas. Devido à sua elevada porosidade e boas propriedades filtrantes, utiliza-se em grande escala na indústria alimentar.

Por último a cerveja é enviada e armazenada em tanques de cerveja filtrada (TCF) até à altura do enchimento. Estes tanques devem ser mantidos sob pressão e a baixas temperaturas para que a cerveja mantenha as características desejadas (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

No final do todo o processo de produção de cerveja segue-se o enchimento. A cerveja pode chegar ao consumidor final em três diferentes tipos de embalagem: em garrafa de vidro (tara perdida ou tara recuperável), em lata ou em barril. Antes de se proceder ao enchimento, todas as embalagens são lavadas e revistas de modo a evitar possíveis contaminações do produto. (Kunze & Weber, 2004)

A cerveja como é um produto natural e para que se garanta a eliminação de microrganismos que possam estar presentes na embalagem sofre um processo de pasteurização, onde se aquece a cerveja já dentro da embalagem. No final as embalagens são devidamente rotuladas e embaladas.

2.3 Etapa da filtração de mosto

2.3.1 Introdução

O processo de filtração do mosto é uma operação muito importante, no processo de fabrico do mosto, pois tem grande influência na qualidade fina e na eficiência (rendimento) do produto que se obtém na sala de fabrico do mosto.

A filtração do mosto tem como finalidade a separação de substâncias sólidas insolúveis, como invólucros do malte e outras matérias que não solubilizaram durante o processo inicial de fabricação do mosto, aos quais se dá o nome de drêche, por forma de obter um líquido límpido, sem qualquer suspensão que possa dificultar a clarificação da cerveja (Esslinger & Narziss, 2005).

Este processo de separação sólido líquido pode ser realizado numa cuba-filtro ou num filtro de placas e quadros, o qual foi objeto de estudo neste projeto.

A cuba- filtro é caracterizada por um fundo duplo sendo o primeiro perfurado onde ficam retidos os invólucros do malte e que contém uma abertura retangular obstruída por uma chapa que, quando deslocada, permite a descarga da drêche, depois da sua lavagem. O fundo inferior, recebe o mosto filtrado através dos resíduos do malte e do milho, que ficaram retidos no fundo superior e permite a sua saída, através de um tubo que com o auxílio de uma bomba o aspira e comprime, fazendo-o regressar de novo à cuba-filtro, no caso de ainda se encontrar com resíduos em suspensão, ou então para a caldeira de ebulição- processo de Steinecker (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

No caso do processo de fabrico de mosto na Unicer, Bebidas S.A. a etapa de filtração de mosto é realizada num filtro de placas do tipo de filtro-prensa- o MEURA 2001 (designação da empresa Belga que

o desenvolveu). Tal como o nome indica este filtro é constituído por placas e quadros distribuídos alternadamente entre um fundo fixo e outro móvel, ao longo de dois suportes longitudinais (como será descrito mais pormenorizadamente na seguinte secção) (Meura S.A., 2011).

O filtro de placas Meura 2001 recebe o mosto, ainda com partículas em suspensão, e este vai saindo para os sulcos das placas, através das telas filtrantes, uma de cada lado do quadro. Enquanto isso, os resíduos, que nelas ficam retidos, formam um bolo dentro da câmara de filtração que depois é lavado, de maneira a recuperar-se a maior quantidade de extrato, contido nas matérias-primas, possível. As partículas, cascas de grãos de cereais, que ficam retidas nas placas do filtro formam um bolo sólido, a drêche, produto que é vendido para ração animal (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

Os principais objetivos do filtro Meura 2001 e porque consequente da etapa de filtração de mosto são a produção de mosto com turvação reduzida e com baixa percentagem de ácidos gordos, a alta eficiência na recuperação de extrato das matérias-primas, idêntica à obtida à escala laboratorial. Este tipo de filtro permite a incorporação mínima de oxigénio. Tem uma alta performance, permitindo atingir os 12 fabricos por dia. Permite a produção de drêche mais seca e de mosto concentrado, compatível com o conceito HGB – *High Gravity Brewing* (Meura S.A., 2011).

A eficácia da filtração é influenciada pela viscosidade do mosto (com partículas em suspensão), pelo tempo de vida das telas que constituem o filtro, pela quantidade de mosto que se envia ao filtro, e pelas características físico químicas deste (Briggs, Boulton, & Peter A. Brookes, 2004).

A lei fundamental que rege o processo de filtração é dada por: (EBC, 2007)

Equação 1

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{P \cdot A}{\mu \cdot R_f}$$

Esta equação refere que o caudal de filtração (Q) é proporcional à área da superfície (A), e que a pressão (P) que é aplicada durante o processo é reduzida pela viscosidade dinâmica (μ) e a resistência (R) do “bolo” formado durante a filtração. É possível ainda perceber que o tempo de filtração é proporcional ao quadrado da espessura, da camada que está a ser filtrada (Briggs, Boulton, & Peter A. Brookes, 2004). Através destas relações percebe-se que é importante reduzir a porosidade da drêche produzida, ou seja, é necessário que a moagem dos cereais de malte seja fina. Deste modo, é possível obter-se uma camada “bolo” eficiente, durante a filtração, para que se obtenha um mosto com baixa turvação, brilhante e de alta qualidade (Eblinger, 2009).

2.3.2 Descrição do filtro

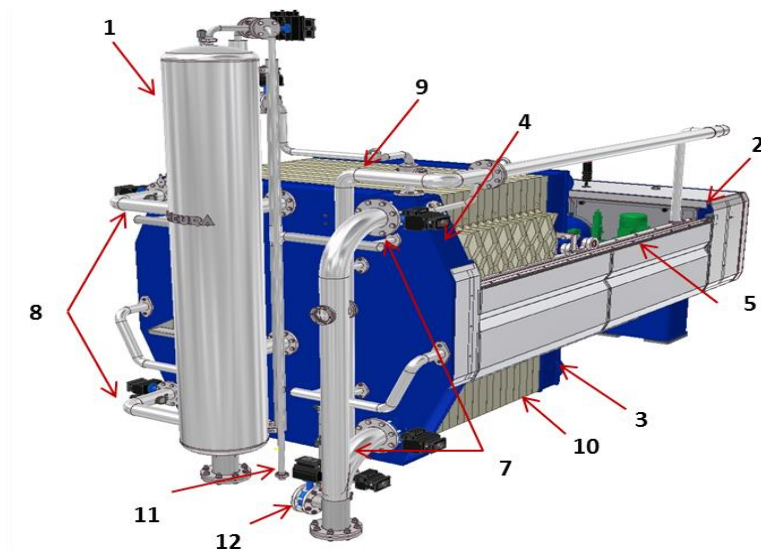


Figura 5 - Filtro de Mosto Meura 2001. Partes funcionais: 1 - Tanque Tampão; 2 - Central hidráulica; 3 - Extremidade móvel; 4 - Extremidade fixa; 5 - Corrente longitudinal; 6 - Transportador de placas; 7 - Tubagem de entrada de mosto; 8 - Tubagem de saída de mosto; 9 - Tubagem de entrada de ar comprimido; 10 - Placas de filtração (Meura S.A., 2011).

O filtro de mosto é constituído por uma série de placas que se encontram entre dois suportes longitudinais, dentro de uma estrutura de construção pesada, como é possível ver na Figura 5. As placas estão colocadas entre um fundo fixo e um fundo móvel (acionado por um cilindro hidráulico que se encontra junto do fundo fixo e que assegura a abertura e o fecho do filtro). Na parte lateral existe um coletor que permite a distribuição de ar comprimido, através de tubos flexíveis, a cada uma das membranas, ao longo do ciclo de filtração (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

O número de placas de filtração varia de acordo com a quantidade e o tipo de matérias-primas utilizadas durante um fabrico.

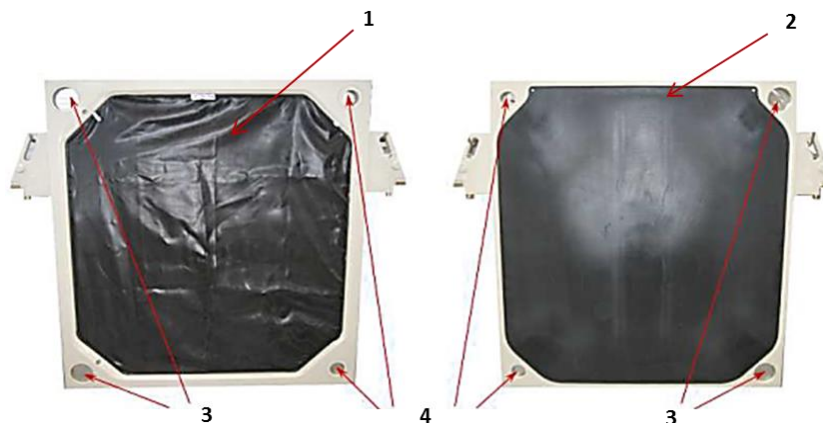


Figura 6 - Placas de Filtração. Partes funcionais: 1 – Tela de filtração; 2 – Membrana de filtração; 3 – Canais de entrada do mosto; 4 – Canais de saída do mosto (Meura S.A., 2011).

As placas e quadros, como se observa na Figura 6, colocados alternadamente entre o fundo fixo e o fundo móvel, são fabricados em polipropileno de tipo alimentar, que é um material de alta qualidade, e

de grande eficiência na separação sólido/líquida, tal como o processo de filtração de mosto. O espaço formado entre cada placa e o quadro é denominado de câmara de filtração, e é nesse espaço que se forma o bolo de filtração (Briggs, Boulton, & Peter A. Brookes, 2004).

A longevidade deste tipo de placas depende das condições de operação. Para garantir a integridade dos elementos de polipropileno é importante evitar variações acentuadas de temperatura (variações acima dos 50°C). Assim depois de um período de paragem do filtro de mosto é necessário efetuar-se um processo de pré-aquecimento do equipamento, de modo a evitar estes choques de temperatura. E durante o processo de limpeza do filtro a água deve estar no mínimo a entre os 50 e os 55°C, tal como será descrito adiante no processo de CIP (*Cleaning in Place*). O tempo de vida das placas de polipropileno também depende da pressão durante o processo de filtração, da qualidade das matérias-primas utilizadas e do método de fabricação utilizado (Meura S.A., 2011).

O objetivo das placas de filtração, é por um lado (lado de filtração) recolher o mosto filtrado e no outro (lado da membrana) comprimir o bolo que é formado durante a filtração, contra a tela de filtração (da placa seguinte). O espaço entre a tela de filtração e a membrana de filtração da placa seguinte é definido como câmara de filtração, como se pode observar na Figura 7 (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985). A câmara de filtração é a única parte funcional do filtro de mosto, esta é preenchida com mosto (com drêche em suspensão), através do canal de entrada e o “bolo” começa a formar-se dentro da câmara de filtração. O mosto, sem drêche em suspensão, ou seja, devidamente filtrado, sai pelo canal de saída (como se observa na Figura 7). As membranas têm como principal função pressionar o “bolo” formado contra a tela de filtração, várias vezes ao longo do ciclo, de modo a aumentar a eficiência do extrato recuperado e a produzir uma drêche seca (Meura S.A.).

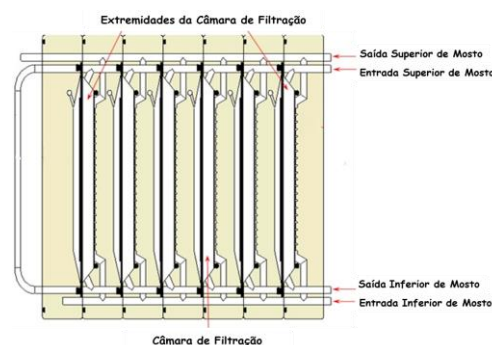


Figura 7 - Representação da câmara de filtração e das entradas e saídas de mosto (com e sem drêche em suspensão) (Meura S.A., 2011).

A drêche que se encontra no interior das câmaras de filtração, cai para o interior de um tegão que se encontra debaixo do filtro de mosto e que posteriormente é armazenada num silo próprio para esta (Meura S.A., 2011).

2.3.3 Descrição das operações do filtro

Ciclo de filtração

O ciclo de filtração compreende essencialmente 8 etapas, sendo elas: o enchimento, a filtração, a pré-compressão, a lavagem, a compressão, a descompressão e a abertura e descarga do filtro.

Para que o processo se inicie corretamente, o filtro deve estar fechado e com a pressão hidráulica superior a 50 bar, deve estar vazio e com todas as válvulas e motores em bom estado de funcionamento. Verificando-se todas estas condições dá-se início ao enchimento do filtro que dura cerca de 4 a 6 minutos. O enchimento termina quando a sonda deteta produto no nível máximo, o que faz com a válvula de desarejamento se feche fazendo com que o ar contido no filtro seja purgado (Meura S.A., 2011).

De seguida dá-se a filtração, onde inicialmente o caudal de filtração é constante, regulado pela velocidade da bomba. No entanto à medida que o bolo de filtração se vai formando, a pressão aumenta à entrada do filtro. A pressão não deverá exceder os 0,4-0,6 bar, pois pode ser prejudicial para a filtração e para o filtro. Após se atingir esta pressão, esta mantém-se constante ao longo da etapa da filtração o que fará com que o caudal diminua de forma progressiva e a espessura do bolo aumente. Quando a caldeira de empastagem estiver quase vazia esta é enxaguada. A filtração termina após o enxaguamento da caldeira e quando esta estiver vazia (Cabrita, Maria, Leão, & Martins, 1985).

A filtração é seguida da pré-compressão, nesta etapa o principal objetivo é compactar o bolo de filtração, o que permite homogeneizar a porosidade favorecendo e reduzindo a quantidade de água gasta durante a lavagem. A pressão e o tempo de pré-compressão são dois parâmetros de grande importância e devem ser ajustados em função das condições de filtração (EBlinger, 2009).

Após a pré-compressão dá-se início à lavagem. Esta etapa é constituída por três fases, ou seja por três lavagens, que diferem no caudal de água à entrada. Assim a primeira lavagem consiste em preencher o espaço libertado, durante a pré-compressão, com água. Por isso, é normal que o caudal de entrada seja elevado e baixo à saída (Briggs, Boulton, & Peter A. Brookes, 2004).

Assim que as membranas estejam completamente cheias, o caudal à saída do filtro aumenta gradualmente. Começa, então a segunda lavagem, na qual se aumenta o caudal de entrada de água, até se atingir o volume de água pré-definido.

Por último, inicia-se a terceira lavagem, na qual se faz a extração final do mosto do bolo de filtração. Esta operação também decorre a caudal constante, até se atingir o volume de água definido previamente.

A etapa da lavagem é a etapa mais longa do processo de filtração dura cerca de 45 minutos. Durante esta etapa a pressão de entrada vai diminuindo devido à queda da viscosidade do líquido.

Na compressão final, o objetivo é terminar a lavagem e concentrar a matéria seca da drêche. Numa primeira fase de compressão, o ar é enviado para as membranas a uma pressão idêntica à da pré-compressão. A compressão permite terminar a lavagem, eliminando o excesso de água que existe entre as membranas e o bolo de filtração. Terminada esta fase, faz-se uma segunda compressão com uma pressão de ar ligeiramente acima o que permite eliminar a água do bolo de filtração para que se consiga obter uma percentagem de matéria seca, da drêche, que pode variar entre 25 a 30% (Meura S.A., 2011). Após a última compressão o canal de entrada da empastagem é enxaguado, abrindo o circuito de água de lavagem. A válvula de esvaziamento é aberta permitindo, assim, o escoamento da água de lavagem das placas em direção ao tanque tampão. Antes de se abrir o filtro, as membranas são rapidamente descomprimidas. Logo que o filtro se encontra vazio e a pressão nas membranas é igual à pressão atmosférica, o filtro é aberto e a drêche cai para a tremonha que se encontra abaixo do filtro. É importante haver um controlo visual desta tarefa para certificar que não ficam resíduos de drêche nas telas de filtração, e prejudique o processo seguinte de filtração. No final da operação, o filtro é fechado e pode iniciar-se um novo ciclo de filtração de mosto (Meura S.A., 2011).

Na Figura 8 podem observar-se as diferentes fases do processo de filtração, este gráfico representa um processo de filtração que ocorre de forma eficiente. Onde é possível observar-se a curva com o extrato (em °P- graus plato) recuperado ao longo de todo o ciclo, a variação do caudal de entrada de água (HI/h) e o volume de mosto (HI) (EBlinger, 2009).

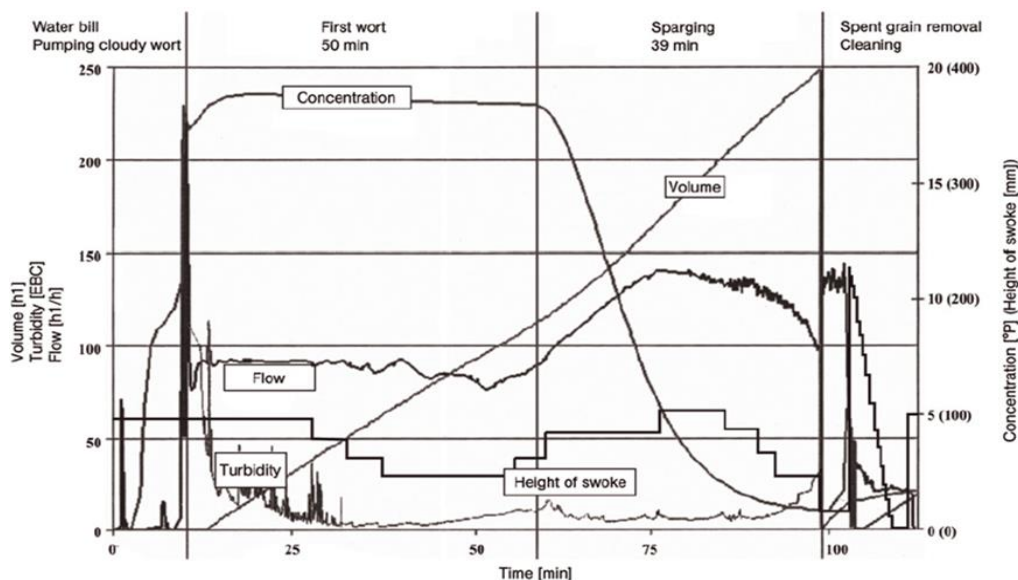


Figura 8 - Representação gráfica do ciclo de filtração. (EBlinger, 2009)

Na Tabela 2, são apresentados os tempos ideais, segundo o fornecedor do filtro (a Meura), para a duração de cada etapa durante o ciclo de filtração. O processo de filtração não deve exceder, em condições normais de fabricação, os 120 minutos (2 horas).

Tabela 2- Duração ideal para cada etapa do ciclo de filtração (Meura S.A., 2011).

Etapa	Duração (min)
Enchimento	6
Filtração	25
Pré-compressão	7
Lavagem	50
Compressão	12
Descompressão	3
Descarga	10
Total	120

CIP e Neutralização

Ao longo da semana de produção de mosto, as telas de filtração e por consequente o filtro vão ficando progressivamente com mais drêche, o que faz com que a eficiência do processo vá diminuindo, por isso há a necessidade de se proceder a um processo de limpeza que garanta o correto funcionamento e a integridade deste equipamento. Geralmente o processo de CIP (*Cleaning in Place*), ou seja, a limpeza do filtro é feito uma vez por semana, mas este pode ser ajustado de acordo com a quantidade e qualidade de fabricos efetuados (Meura S.A., 2011).

No processo de limpeza do filtro primeiro é feito o processo de CIP (limpeza caustica) seguido de uma limpeza intermédia das telas, através de enxaguamento manual das mesmas e por último o processo de neutralização.

Antes de se iniciar o processo CIP é muito importante verificar que não existem resíduos de drêche nas telas de filtração, para isso é recomendável um enxaguamento manual rápido. A água deve estar a uma temperatura de 50-55° C, de modo a evitar o choque térmico que é prejudicial para as membranas e telas que constituem o filtro de mosto (EBC, 2007).

O procedimento de CIP usual é feito usando hidróxido de sódio (NaOH) - soda cáustica- 2,5% (w/v) máximo, a uma temperatura que pode variar entre os 75 e 80° C durante um período de 60 a 240 minutos. Quando este tipo de limpeza, com detergência alcalina, não apresenta eficácia máxima, é adicionado um agente desinfetante, como o peróxido de hidrogénio (H₂O₂) (Meura S.A., 2011).

Neste tipo de procedimento CIP é utilizado hidróxido de sódio 2,5% (w/v) e peróxido de hidrogénio (H₂O₂) 0,5% (w/v), a uma temperatura que pode variar entre os 60 e 80° C, durante 30 a 60 minutos, usando

os dois produtos, seguido de um período de 30 minutos onde não é utilizado o agente desinfetante (H_2O_2). (Meura S.A., 2011).

Após o procedimento de CIP, com detergência alcalina (com NaOH), é necessário um enxaguamento manual, cuja finalidade é remover possíveis resíduos ainda existentes e o excesso de soda cáustica (NaOH) resultante do programa de CIP inicial. Durante este procedimento é, mais uma vez, necessário ter em atenção à temperatura da água que deve estar entre os 50 a 55°C, de modo a evitar o desgaste dos elementos polipropileno das membranas e telas do filtro de mosto (EBC, 2007).

Por fim realiza-se o processo de detergência ácida, que permite neutralizar a soda cáustica remanescente. Durante este procedimento, é utilizado ácido fosfórico alimentar (H_3PO_4) 0,1 a 0,5% (w/v). A concentração deste ácido deve ser adaptada à quantidade de soda que é necessário neutralizar no filtro. A dureza da água também pode influenciar a quantidade de ácido a utilizar (Meura S.A., 2011).

2.3.4 Parâmetros importantes durante a filtração de mosto

Para que a filtração de mosto ocorra nas melhores condições e para que o filtro de mosto o consiga fazer da melhor maneira existem parâmetros que podem ser otimizados. Sendo eles: a qualidade do malte a capacidade de operação do filtro, a composição de malte equivalente utilizada no processo, a qualidade da lavagem durante o ciclo de filtração e depois alguns parâmetros do processo de produção (pH, oxidação, *shear forces*, temperatura, sacarificação e extrato primitivo) (EBC, 2007).

Qualidade do Malte e cereais não maltados

As membranas do filtro de mosto foram desenvolvidas para diferentes tipos de malte e cereais não maltados. Por isso o uso de adjuntos na fabricação não representa qualquer problema para a filtração. Segundo a Meura as principais características para o malte estão descritas no Anexo A (Meura S.A., 2011).

Capacidade de operação

Para que o filtro realize as suas funções nas melhores condições, este não deve operar acima nem abaixo da sua capacidade total. Por isso, e como o espaço que cada matéria-prima ocupa no interior das câmaras de filtração é diferente, é importante ter em atenção ao seu “coeficiente de malte equivalente”. Assim quando se calcula a quantidade total de malte equivalente, ou seja, a quantidade total de todas as matérias-primas utilizadas no fabrico de mosto, é necessário multiplicar essa quantidade pelo respetivo coeficiente de malte equivalente. Na Tabela 3 encontram-se todos os coeficientes dos principais cereais utilizados na produção de cerveja (EBC, 2007) (Meura S.A., 2011).

Tabela 3 – Coeficientes de malte equivalente das matérias-primas usadas na produção de cerveja (Meura S.A., 2011).

Matéria- Prima	Coeficiente de malte equivalente
Malte	1
Arroz	0,35
Milho	0,5
Sorgo	0,7
Trigo	0,5
Cevada	0,9

A quantidade nominal de malte equivalente por cada câmara de filtração é de 87,5 Kg. O filtro de mosto permite operar de 80 a 110% da sua capacidade total (70 a 96 Kg de malte equivalente por câmara).

Um único filtro de mosto pode ter no máximo 130 câmaras de filtração, que corresponde a uma capacidade nominal de malte equivalente de 11 375 Kg (Meura S.A., 2011). No caso de ser necessário ter maior capacidade deve-se instalar um novo filtro que ligado, em paralelo, com outro trabalham em conjunto, como uma única unidade (EBC, 2007).

Moagem

A moagem deve ser homogênea. A sua granulometria tem influência na turvação, no rendimento e também sobre o tempo de filtração de mosto.

A moagem tipo é obtida utilizando um moinho de martelos (Meura S.A., 2011). A Tabela 4 indica a moagem tipo, recomendada para condições de funcionamento normais (analisada no "Pfungstadt Planschter"):

Tabela 4- Recomendações para a moagem ideal (Meura S.A., 2011).

Peneiro	Tipo de grãos	Tamanho da malha do peneiro (mm)	Conteúdo recomendado
1	Cascas	1,270	≤1%
2	Grãos grossos	1,010	≤9%
3	Grãos finos I	0,547	
4	Grãos finos II	0,253	≥55%
5	Farinha	0,152	
Fundo	Farinha fina		≤35%

Parâmetros do Processo

Existem parâmetros do processo que devem ser corretamente monitorizados para que o ciclo de filtração ocorra da melhor maneira. Esses parâmetros são:

- **pH:** Para que a filtração ocorra de forma favorável o valor do pH do fabrico deve estar entre 5,4-5,6 (Meura S.A., 2011).
- **Oxidação:** A oxidação do mosto poderá ser a principal dificuldade da filtração. Por isso, o oxigênio dissolvido poderá causar reações químicas que levam à formação de componentes de maior peso molecular, que tendem a obstruir a tela de filtração, levando a ciclos demasiado longos e influenciando negativamente a descarga de drêche (pois esta vai ficar colada às telas e membranas). Assim é necessário evitar ao máximo a oxidação do mosto (EBC, 2007).
- **Shear forces:** As tensões de corte durante o fabrico favorecem a formação de elementos de peso molecular maior que tendem a obstruir a tela de filtração (ciclos demasiado longos) e prejudicam a descarga de drêche. Estas tensões de corte podem ser provocadas por excesso de agitação no decorrer da empastagem (por isso é recomendado agitação mínima que garanta a homogeneidade da mistura), ou durante a transferência do mosto (com partículas em suspensão) para o filtro de mosto (EBC, 2007).
- **Temperatura:** É recomendado que o ciclo de filtração ocorra a 78°C para que a viscosidade diminua (EBC, 2007).
- **Sacarificação:** É importante verificar, regularmente se a sacarificação da mistura, foi completa e corretamente concluída. Se a sacarificação não estiver completa a filtração não ocorrerá da melhor forma (Meura S.A., 2011). Para ser verificado se a sacarificação está ou não completa deve retirar-se uma amostra da mistura no final da sacarificação e fazer o teste do iodo. Dependendo do estado da mistura em relação à sacarificação, esta exibe uma cor azul aquando da junção de uma gota de iodo (Fogh, 2000).
- **Extrato:** O filtro de mosto aceita mostos com extrato a partir de 16°Plato até 30°Plato. Teoricamente, quanto maior for a concentração do primeiro extrato de mosto melhor será a produtividade tendo em conta que todo o extrato é convertido e que a sacarificação foi completa). O primeiro extrato recomendado para a filtração de mosto varia entre 21° e 24°Plato (°P)³ (Meura S.A., 2011).

³ Por definição, graus Plato é uma medida da concentração (em massa) de sacarose, numa solução de água e sacarose. Assim, 1 grau Plato, significa que 1% da massa da solução é composta de sacarose e os 99% restantes são a massa da água, sendo 100%, a massa total. Como no mosto há diversas outras substâncias que têm massas diferentes da sacarose, o resultado é apenas uma aproximação da concentração dessas substâncias no mosto.

Lavagem

É recomendável não existir oxigénio dissolvido na água usada durante a lavagem do bolo de filtração de modo a evitar a oxidação do mosto, efeito indesejável. O pH da água de lavagem deve ser menor que o do mosto (pH entre 3 - 5) de modo a reduzir a extração de subprodutos indesejáveis (como polifenóis), durante a lavagem.

A temperatura da água de lavagem deve ser constante e definido entre 78 e 85°C (EBC, 2007).

3. DESCRIÇÃO DA TÉCNICA

3.1 Levantamento de características da filtração de mosto

Numa primeira fase, deste projeto, efetuou-se um estudo de todo processo de produção de cerveja de forma a compreender todas as etapas envolvidas, a importância e também as limitações que a etapa da filtração pode ter em todo o processo, tal como se descreveu no capítulo anterior. Após compreensão do processo global de produção, fez-se um estudo pormenorizado da etapa da filtração de mosto, recorrendo a bibliografia especializada, e acompanhando alguns processos *in situ*⁴, identificando as variáveis de maior importância para esta etapa em particular. Para a realização deste estudo procurou-se perceber, numa primeira fase parâmetros como tempo médio para cada etapa do ciclo de filtração, evolução do valor de extrato recuperado pelo filtro ao longo do ciclo, pressão inicial e final, caudal inicial e final. O levantamento, destas variáveis, fez-se para o mosto Pilsen, tipo de mosto sujeito a ensaio, como se pode observar na Tabela 5.

Tabela 5- Situação atual (valores médios) para a filtração do mosto Pilsen, na sala Nordon.

Etapa	Tempo (min.)	Extrato inicial (°P)	Extrato final (°P)	Pressão inicial (bar)	Pressão final (bar)
Enchimento	7			0,34	0,45
Filtração	37	24,99		0,46	0,59
Pré-compressão	6			0,40	0,63
Lavagem	42		1,94	0,82	0,81
Compressão	13		2,76	0,63	0,11
Descarga	10				

Também se acompanhou processos de filtração de outros tipos de mosto, para se perceber alguns problemas que iam ocorrendo durante a filtração de mosto, mas que não serão incluídos neste trabalho.

3.2 Definição dos parâmetros em estudo

Para o acompanhamento do arranque e posterior aceitação do novo sistema de filtração de mosto Meura 2001 Hybrid, utilizou-se uma *check list* que foi previamente acordada com o fornecedor do equipamento

⁴ O estudo inicial da etapa de filtração de mosto, efetuado no terreno, fez-se com o antigo filtro Meura 2001.

Otimização do processo de produção de mosto

e que foi utilizada para perceber se todos os parâmetros estavam a ser cumpridos. Esta tabela de aceitação inclui parâmetros que devem ser cumpridos para o correto funcionamento do filtro de mosto como se mostra na Tabela 6.

Tabela 6 – *Check-list* com os parâmetros acompanhados durante o arranque e aceitação do filtro de mosto Meura 2001 Hybrid.

Descrição do parâmetro	Target pretendido
Capacidade de malte equivalente (2 filtros)	20 000 Kg
Rendimento de extrato (%)	Mosto Super Bock $\geq 99,4\%$ Mosto Cristal $\geq 99\%$
Tempo máximo de filtração (etapa de enchimento e filtração)	40 Min (Tempo de transferência do mosto)
Tempo máximo para abertura descarga e fecho do filtro	<15 Min
Tempo máximo até o tegão da drêche vazio	<60 Min. (apenas para o novo filtro)
Rácio: Volume de água de lavagem/Quantidade de Malte equivalente	$\leq 2,5$ L/Kg (Malte eq.)
Extrato de mosto fraco ($^{\circ}$ P)	Mosto Super Bock $<1,2$ $^{\circ}$ P Mosto Cristal $<2,0$ $^{\circ}$ P
Matéria Seca da drêche (%)	$> 25\%$

Para além destes parâmetros que foram acordados com o fornecedor, foram considerados mais dois critérios, que se encontram descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros extra acompanhados durante o acompanhamento e aceitação do Filtro de Mosto.

Descrição do parâmetro	Target pretendido
Extrato solúvel	Não se encontra especificado
Tempo máximo do processo de filtração	120 Min

Como um dos requisitos pedidos ao fornecedor, aquando da aquisição do novo equipamento era que os dois filtros tivessem um desempenho semelhante, ou seja, embora separados fisicamente, estes deveriam funcionar como um só. Por isso torna-se necessário comparar os extrato de mosto fraco, assim como o extrato solúvel da drêche, obtido no final da lavagem, quer para o novo filtro de mosto, quer para o filtro de mosto já existente na Unicer Bebidas. De modo a simplificar a apresentação de resultados designou-se o filtro já existente, como filtro 1 enquanto, que o novo filtro se designou por filtro 2.

Nas próximas secções apenas serão desenvolvidos alguns dos parâmetros acompanhados, uma vez que necessitam de um enquadramento prévio antes da apresentação dos resultados obtidos.

3.2.1 Rendimento de extrato

O rendimento é definido como o extrato total no final do processo de fabrico de mosto comparando com o extrato original de cada matéria-prima utilizada (malte e milho).

Um bom rendimento de extrato está dependente da qualidade das matérias-primas (quantidade de extrato delas), qualidade e eficácia do processo de empastagem/brassagem, no qual é importante respeitar os diferentes tempos e temperaturas, e pH, para uma ação eficaz das enzimas. E também de um processo de filtração de mosto eficiente (Fogh, 2000).

Esta medida de performance foi calculada para cada fabrico individualmente, considerando a quantidade de cada matéria-prima introduzida e o seu rendimento de extrato (obtido laboratorialmente), o extrato (p/v) obtido através análise laboratorial (no Anton Paar⁵), e o volume total do fabrico. O rendimento de extrato é dado pela seguinte fórmula:

Equação 2

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Extrato} \left(\frac{P}{V} \right) \times \text{Volume}_{\text{fabrico}} \text{ (Hl)}}{\text{Quant.}_{\text{matéria-prima}} \text{ (kg)} \times \text{Rendimento}_{\text{matéria-prima}}} \times 100$$

O rendimento deve ser calculado para todos os fabricos de forma a prevenir perdas na sala de fabrico de mosto (Fogh, 2000).

3.2.2 Extrato de mosto fraco e extrato solúvel

O extrato de últimas águas, também chamado de extrato de mosto fraco, corresponde à densidade de extrato do mosto no final da etapa da lavagem.

Quanto mais água é usada durante a lavagem mais eficiente é a recuperação de extrato. No entanto a concentração inicial de extrato do mosto define a quantidade limite de água a ser utilizada durante a lavagem do bolo que se forma ao longo da filtração.

Normalmente a concentração limite para o extrato de mosto fraco está definida entre 0,8 e 1°P, para um valor de pH de 6. É importante controlar o valor de pH regularmente, uma vez que se este ultrapassar

⁵ Anton Paar é um equipamento utilizado no laboratório que mede o álcool, densidade, extrato original, extrato real, grau de fermentação, pH, turvação e cor, para mostos, cervejas alcoólicas e não alcoólicas, cervejas fermentadas e/ou acabadas. (Anton Paar, 2013).

o valor de 6, pode levar ao aumento da quantidade polifenóis na drêche, algo que é indesejável. (Fogh, 2000)

A drêche contém sempre algum extrato, uma parte desse extrato é solúvel e o resto está no estado sólido. A quantidade de extrato na parte solúvel da drêche depende da eficiência da lavagem. A quantidade de extrato na parte sólida da drêche depende da intensidade da brassagem e da moagem. O extrato contido na drêche pode ser analisado medindo a concentração de extrato que está na parte líquida da drêche e que pode ser espremida desta. A concentração total de extrato na parte solúvel da drêche não deve ser superior a 1,3-1,8°P. É difícil obter uma amostra representativa da drêche de todo o filtro. Por isso optou-se por retirar a amostra de vários pontos do filtro, tendo sido colhidas amostras no início, a meio e no fim do filtro, que são misturadas, de modo a ter-se uma amostra representativa da real concentração em extrato da drêche. Os resultados obtidos para a concentração da parte solúvel da drêche foram medidos, laboratorialmente, no Anton Paar (Fogh, 2000).

4. ACOMPANHAMENTO DO ARRANQUE E ACEITAÇÃO DE UM NOVO FILTRO DE MOSTO – MEURA 2001

4.1 Sistema de Filtração

O sistema de filtração de mosto da sala Nordon é constituído por um filtro com capacidade total de 12 toneladas de malte equivalente acoplado a um novo filtro de mosto, Meura 2001 Hibryd , de menor capacidade, 8 toneladas de malte equivalente, como é possível verificar na Figura 9.

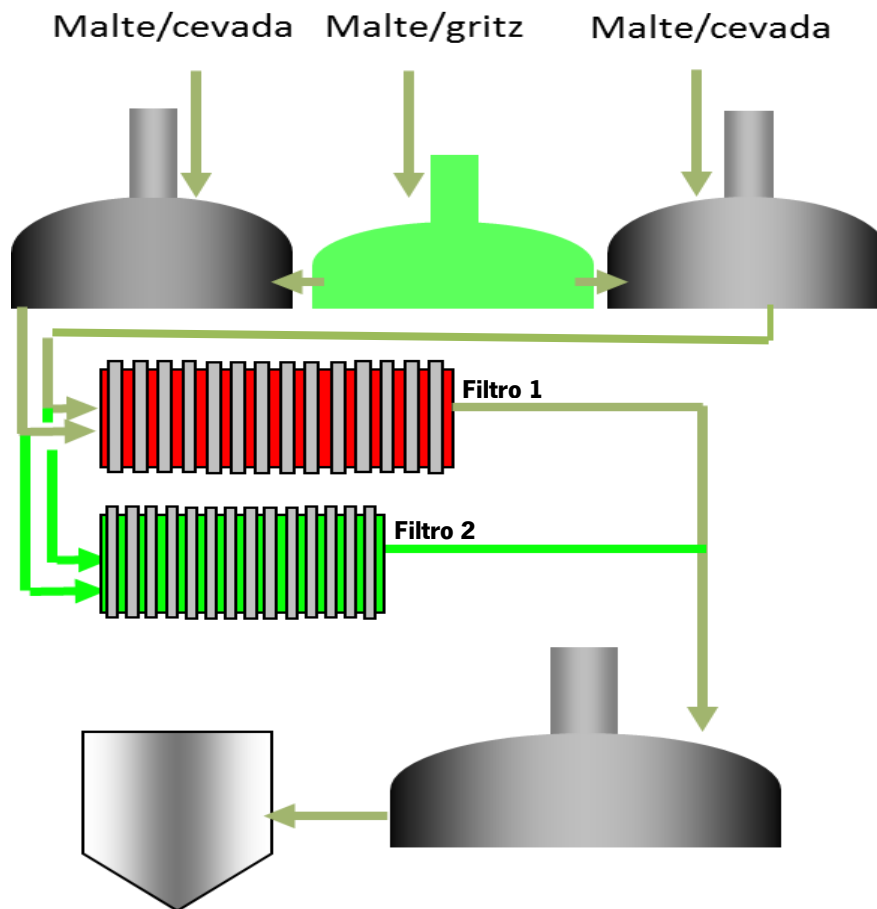


Figura 9 - Esquema representativo do novo sistema de produção de mosto da Sala Nordon (Documento interno Unicer).

O mosto (com partículas em suspensão) vindo de uma das caldeiras de empastagem é bombeado, através de uma tubagem própria até à tubagem de entrada de cada um dos filtros como se mostra na Figura 9. Depois de a filtração estar completa o mosto dos dois filtros segue para um tanque tampão onde aguarda a entrada para o tanque de ebulição. Com a instalação deste novo filtro e de uma nova caldeira de Caldas, a sala Nordon tem uma, uma maior capacidade de produção, conseguindo realizar 12 fabricos de 20 toneladas de malte equivalente por dia.

4.2 Acompanhamento do novo filtro de mosto Meura 2001 Hybrid

4.2.1 Rendimento de extrato

O rendimento de extrato, parâmetro já desenvolvido e explicado na secção 4.2.1, foi calculado para todos os fabricos realizados após o arranque da nova instalação de filtração.

Os resultados para o rendimento em extrato encontram-se descrito no gráfico da Figura 10.

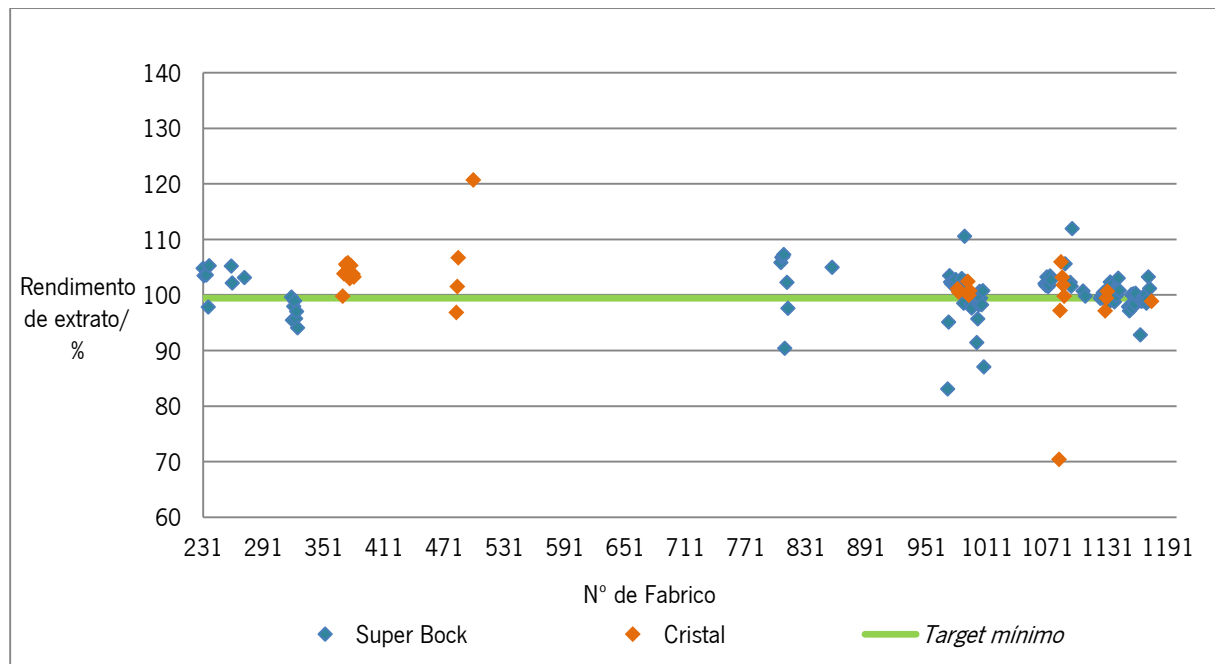


Figura 10- Rendimento de extrato para o mosto Super Bock e Cristal.

Da análise do gráfico é possível verificar que o rendimento de extrato, quer em fabricos Super Bock, quer em fabricos Cristal, se encontra dentro do limite de especificação definido com o fornecedor. Assim considerou-se que o filtro cumpre o requisito acordado e garante a obtenção do rendimento pretendido para a sala de fabrico, por isso este parâmetro encontra-se validado junto do fornecedor.

4.2.2 Tempo máximo de filtração

O tempo máximo de filtração de mosto corresponde ao tempo total de transferência do mosto (com partículas em suspensão) para o interior do filtro de mosto. A transferência de mosto compreende a etapa de enchimento e filtração no ciclo de filtração.

Segundo a *check-list* para aceitação do novo filtro de mosto, o tempo para a transferência de todo o mosto das caldeiras, após a brassagem, não deverá exceder os 40 minutos.

Os resultados acompanhados, durante a fase de arranque e posteriormente durante a fase de aceitação, encontram-se descritos na Figura 11.

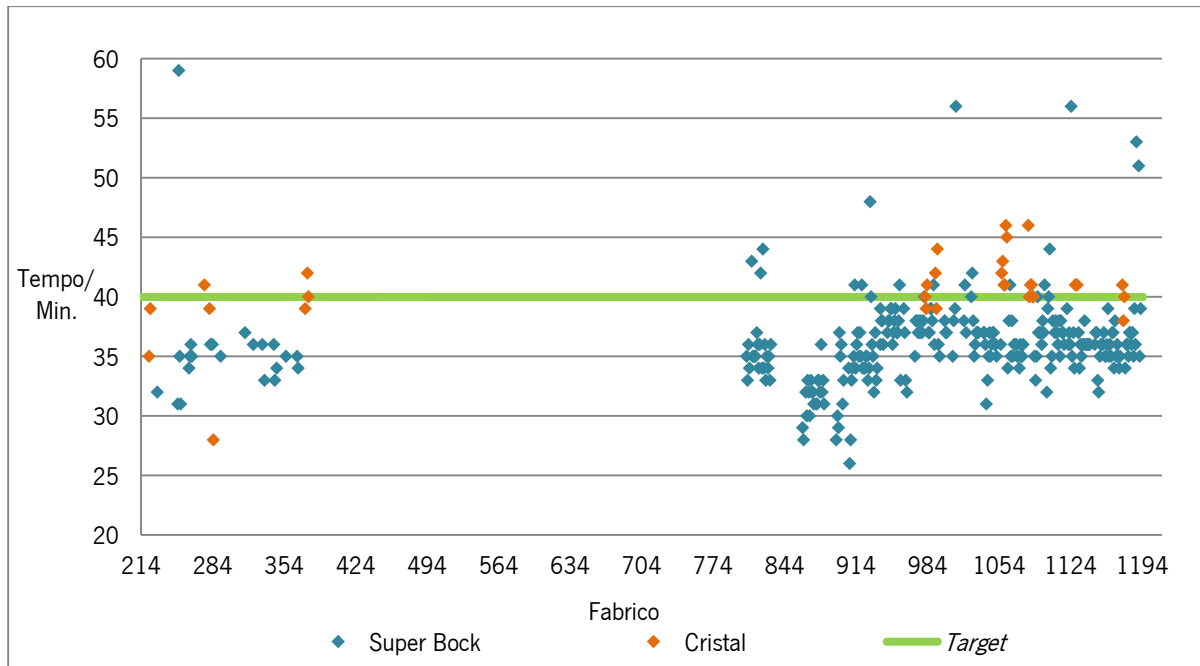


Figura 11 – Tempo máximo de filtração, para o mosto de Super Bock e Cristal, nos fabricos acompanhados.

Da análise do gráfico é possível perceber que este parâmetro, ainda não se encontra dentro de que seria esperado, sendo que isso é mais notório em fabricos Cristal do que no mosto Super Bock. No entanto, este parâmetro não pôde ser dado como validado junto do fornecedor, uma vez que compromete a qualidade e eficiência do ciclo de filtração. É possível que seja necessário otimizar alguns parâmetros durante a empastagem e brassagem, de modo a ser possível cumprir o tempo máximo de transferência de mosto.

4.2.3 Tempo máximo para abertura, descarga e fecho do filtro

O tempo para a abertura, descarga e fecho do filtro é um dos parâmetros que foi monitorizado ao longo da fase de aceitação do filtro de mosto. Este parâmetro contabiliza o tempo que decorre desde a abertura até ao fecho do filtro, momento em que o filtro de mosto está pronto para receber um novo fabrico. De acordo com o fornecedor a abertura, descarga e fecho do filtro de mosto, através do motor hidráulico, não deve ultrapassar os 15 minutos, em condições normais, ou seja, caso não haja avarias em nenhum dos elementos da central hidráulica que constitui o filtro de mosto, ou então enquanto a descarga é feita no modo automático.

Os resultados obtidos, do acompanhamento, parâmetro encontram-se descritos no gráfico da Figura 12.

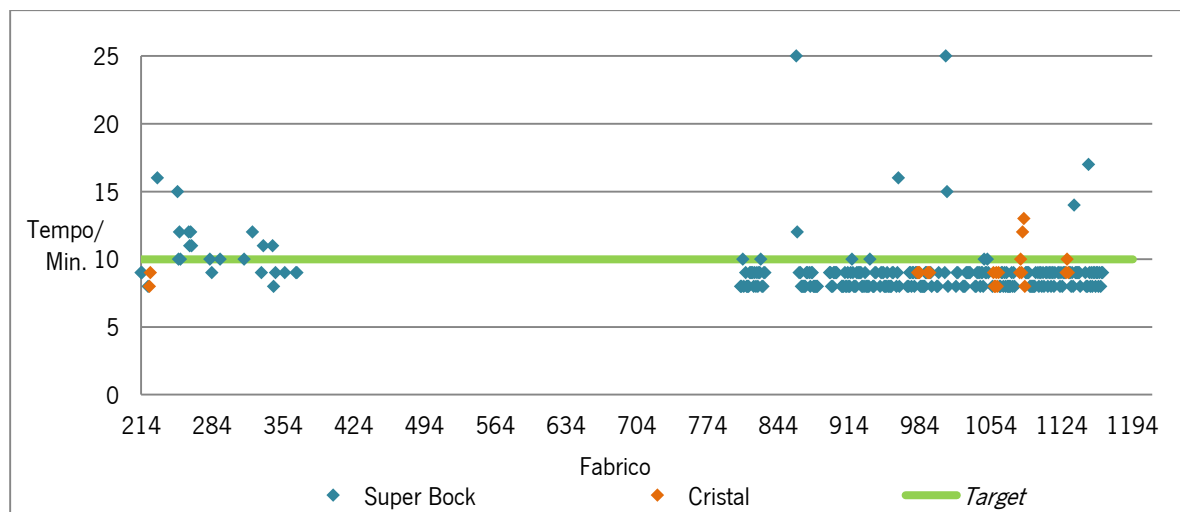


Figura 12 – Tempo máximo para abertura, descarga e fecho do filtro de mosto.

De acordo com o gráfico é possível perceber que a maioria dos fabricos acompanhados cumpre o requisito acordado com o fornecedor. Na maioria das vezes que o tempo máximo não é cumprido é porque o programa de descarga se encontra em modo manual, no automático. O que faz com que a descarga tenha de ser acompanhada por um operador, garantindo, que não fique drêche nas telas do filtro o que pode prejudicar outros ciclos de filtração, o que atrasa a operação de descarga do filtro.

No entanto e como na maioria dos fabricos o tempo máximo de 15 minutos é cumprido, considerou-se validado este parâmetro junto do fornecedor.

4.2.4 Tempo máximo até tegão de drêche vazio (desde abertura do filtro)

Depois de a filtração estar concluída o filtro de mosto abre, e individualmente vai deixando cair a drêche que se encontrava no interior das câmaras de filtração. Esta drêche cai para o interior de um tegão que se encontra abaixo do filtro. Depois com o auxílio de um sem-fim esta drêche é empurrada ao longo de uma tubagem até ao interior de um silo, onde aguarda até ser recolhida.

O tempo que a drêche demora a ser recolhida da tremonha é importante, pois é um indicador do funcionamento do sem-fim ali existente e pode indicar se a drêche está ou não com muita humidade o que pode dificultar a sua saída.

Tabela 8 – Média do tempo para se obter o tegão da drêche vazio, para o mosto Super Bock e Cristal.

Tipo de mosto	Nº de Fabricos Acompanhados	Tempo máximo até tegão vazio (Min.)	Desvio Padrão	Target
Super Bock	19	37,95	5,74	< 60 Min.
Cristal	8	37,75	2,71	

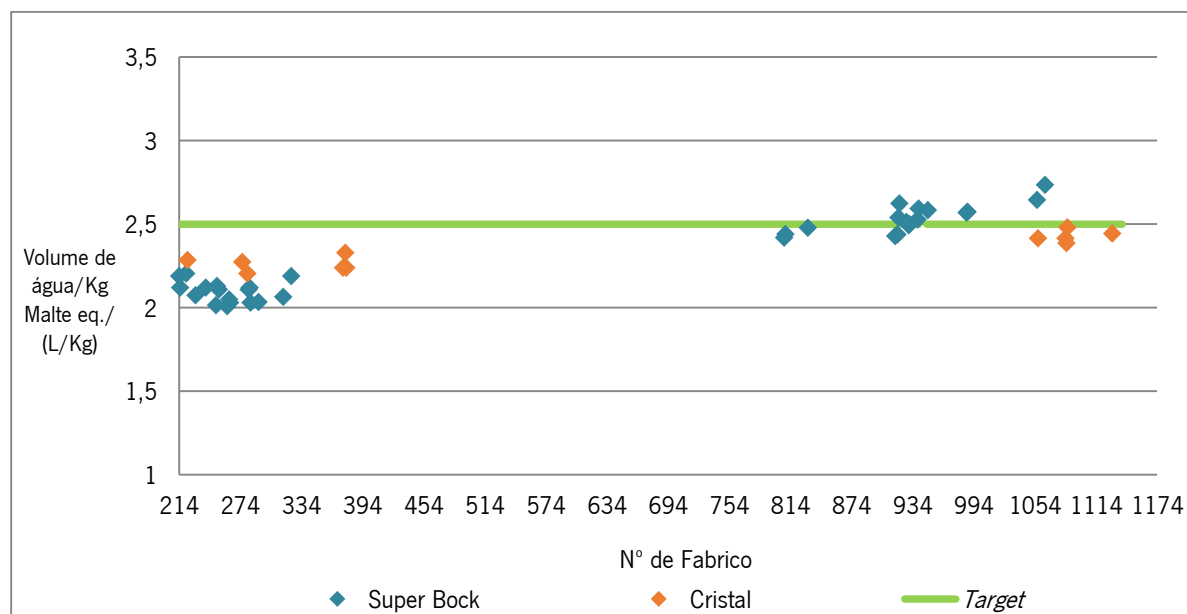
Como é possível verificar, da leitura da Tabela 8, em média o tempo máximo para se conseguir ter o tegão de drêche vazio está abaixo do valor máximo acordado com a Meura, assim este é também um parâmetro validado junto do fornecedor.

4.2.5 Rácio: Volume de água de lavagem/Malte equivalente

O volume de água de lavagem corresponde à quantidade de água necessária para lavar corretamente o bolo que se forma durante o período inicial deste processo.

A água usada durante esta etapa deverá ser suficiente, para no final garantir uma concentração de extrato de mosto fraco abaixo do limite específico. O volume de água e a qualidade da lavagem efetuada está também dependente da eficiência da etapa da pré-compressão. Uma vez que, se o bolo formado não for comprimido corretamente e de forma homogênea, a lavagem também não será realizada de forma uniforme, dado que serão criados caminhos preferenciais para a passagem da água fazendo com que a recuperação de extrato não seja máxima.

Segundo a recomendação do fornecedor do filtro de Mosto, a Meura, o volume máximo de água a utilizar durante a lavagem não deve ultrapassar os 2,5L por quilograma de malte equivalente usado para o fabrico de mosto. Este volume máximo deve garantir, no final, a concentração de extrato de mosto fraco, dentro dos requisitos acordados e também garantir uma lavagem correta do bolo de filtração formado. Os valores do volume de água, utilizado durante a lavagem, dos fabricos acompanhados foram registados a partir da indicação dado pelo autómato, que controla a sala Nordon, durante a etapa da lavagem. Esses valores podem ser consultados no gráfico da Figura 13.



Da observação do gráfico pode constatar-se que este parâmetro não se encontra a ser cumprido no caso do mosto de Super Bock, uma vez que existem fabricos onde o volume máximo foi ultrapassado o que não é exepetável. Mesmo ultrapassando o volume de água recomendado a concentração de extrato de mosto fraco, não se encontra dentro do esperado, como se poderá ver nos gráficos das Figura 14 e Figura 15. Para se conseguir cumprir a especificação para este parâmetro será necessário otimizar, quer a etapa de pré-compressão quer a própria etapa da lavagem que deverá ser realizada cumprindo os valores de pressão e caudal recomendados para esta etapa. Como se pode observar no Anexo C, onde é apresentado o perfil de uma filtração ideal.

Deste modo, não se considerou este ponto como fechado junto da Meura, sendo que será necessário otimizar o volume de água a ser utilizado na etapa de lavagem.

4.2.6 Extrato de mosto fraco

A concentração em extrato de mosto fraco é medida, tal como enunciado na secção 4.2.2. Convém frisar que as amostras para a medição do extrato no final do ciclo de filtração são retiradas durante a compressão final, etapa que sucede a lavagem da drêche. Os resultados obtidos, encontram-se na Figura 14 e na Figura 15 e comparam o desempenho do filtro 1 e do filtro 2 (filtro de mosto já existente e filtro novo, respetivamente).

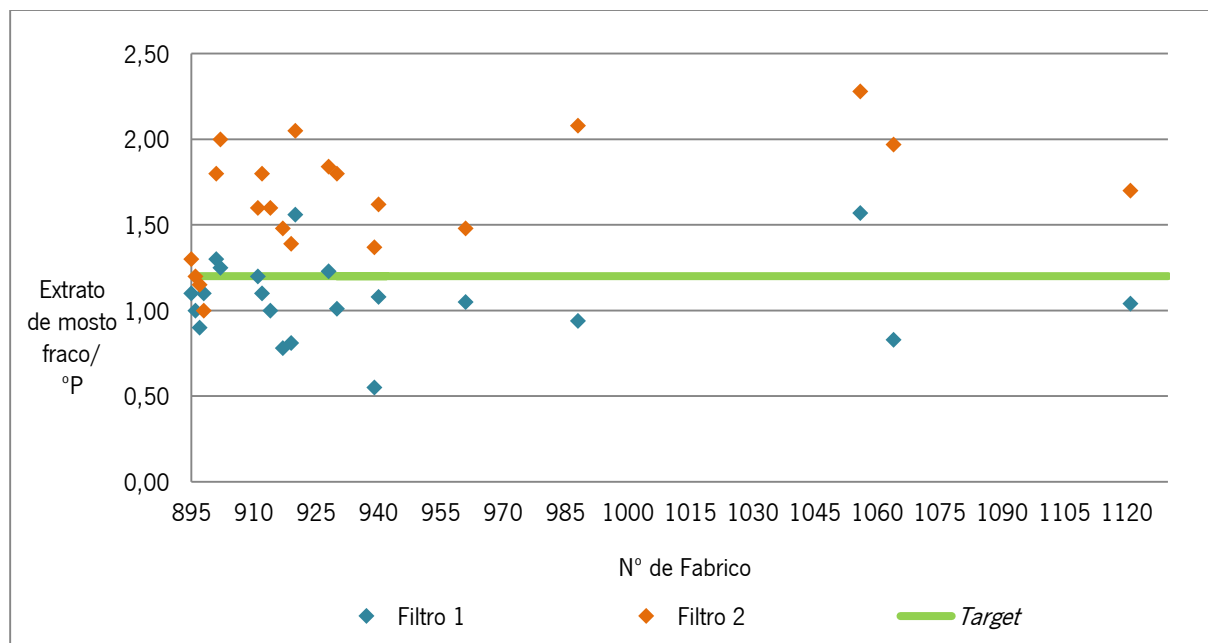


Figura 14 – Extrato de mosto fraco do mosto de Super Bock, para o filtro 1 e 2.

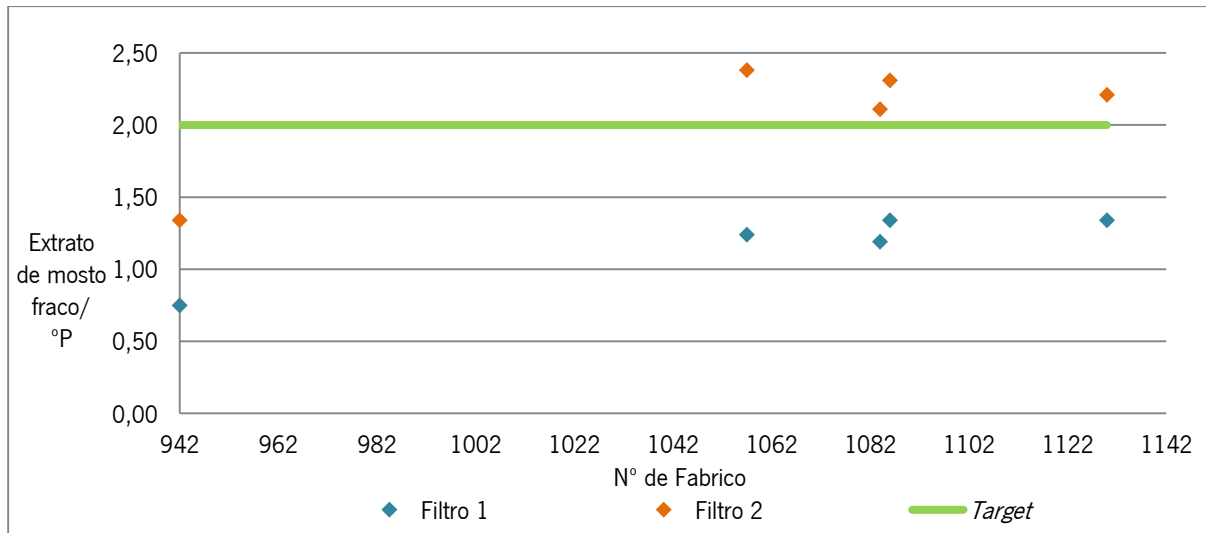


Figura 15 - Extrato de mosto fraco do mosto de Cristal para o filtro 1 e 2.

Da observação dos gráficos é possível constatar que existe uma diferença, notória, de desempenho do filtro 1 para o filtro 2, e que o filtro 2 não consegue cumprir ainda o *target* máximo acordado com o fornecedor. Isto pode indicar que a etapa da lavagem não está a ser eficaz. Pode também indicar que a pré-compressão não está a ser realizada da forma mais eficaz e que o bolo de filtração não é homogêneo, fazendo com que a lavagem, também não seja eficiente.

O extrato de mosto fraco é um parâmetro que deve ser otimizado, de modo a ficar dentro do limite de especificação por isso não foi validado junto do fornecedor do filtro de mosto.

4.2.7 Matéria seca da drêche

A matéria seca, da drêche, permite perceber qual o teor de humidade desta. Este parâmetro é importante, uma vez que permite compreender se a compressão foi realizada corretamente. É também útil pois se a drêche tiver excesso de humidade, esta vai ficar colada às paredes das telas durante a descarga do filtro.

O gráfico com os resultados obtidos para matéria seca do filtro 1 e 2 encontra-se descritos na Figura 16.

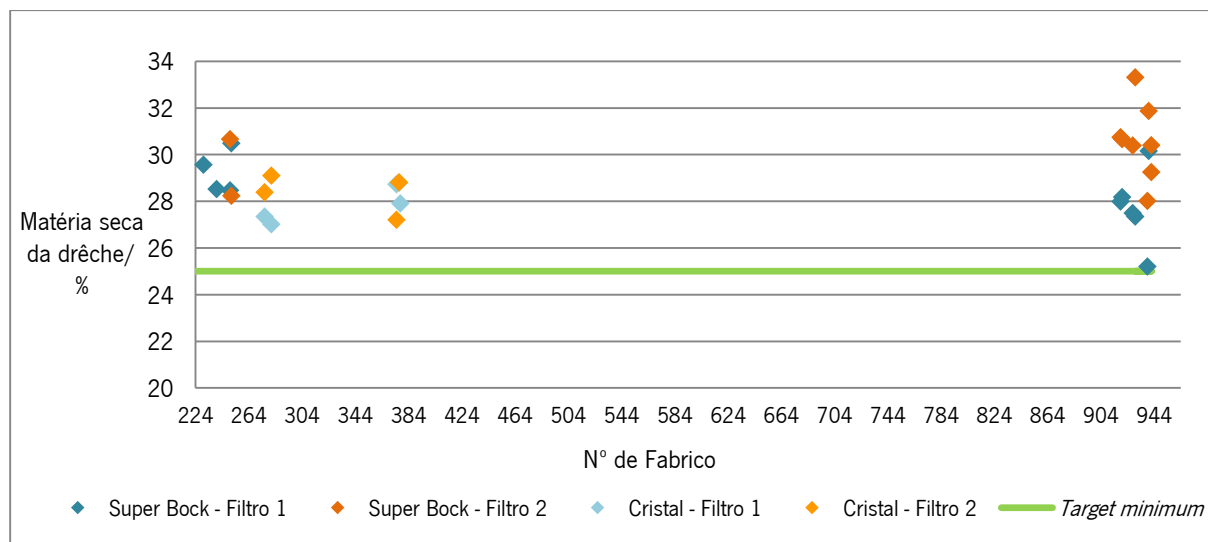


Figura 16 – Matéria seca do filtro 1 e 2 para a drêche dos mostos de Super Bock e Cristal.

Da observação do gráfico é notória a diferença, mesmo que ligeira do teor de humidade da drêche recolhida do filtro 1 e 2. O que pode indicar que existem diferenças na compressão dos dois filtros. Apesar de ocorrer esta diferença, o requisito mínimo para o valor da matéria seca encontra-se dentro do limite de especificação definido com o fornecedor (Meura). Por isso este parâmetro encontra-se validado com o fornecedor.

4.2.8 Extrato solúvel da drêche

Tal como definido na secção 4.2.2, o extrato solúvel da drêche quantifica o extrato existente na parte líquida da drêche. Isto permite perceber se a drêche foi ou não corretamente lavada para que a recuperação de extrato desta seja máxima.

Os resultados, de concentração de extrato solúvel, da drêche, encontram-se nos gráficos das Figura 17 e Figura 18.

Dos gráficos é possível verificar que os filtros 1 e 2 têm desempenhos diferentes, o que corrobora os valores de extrato de mosto fraco apresentados anteriormente. Isto significa que os dois filtros não trabalham uniformemente como seria de esperar.

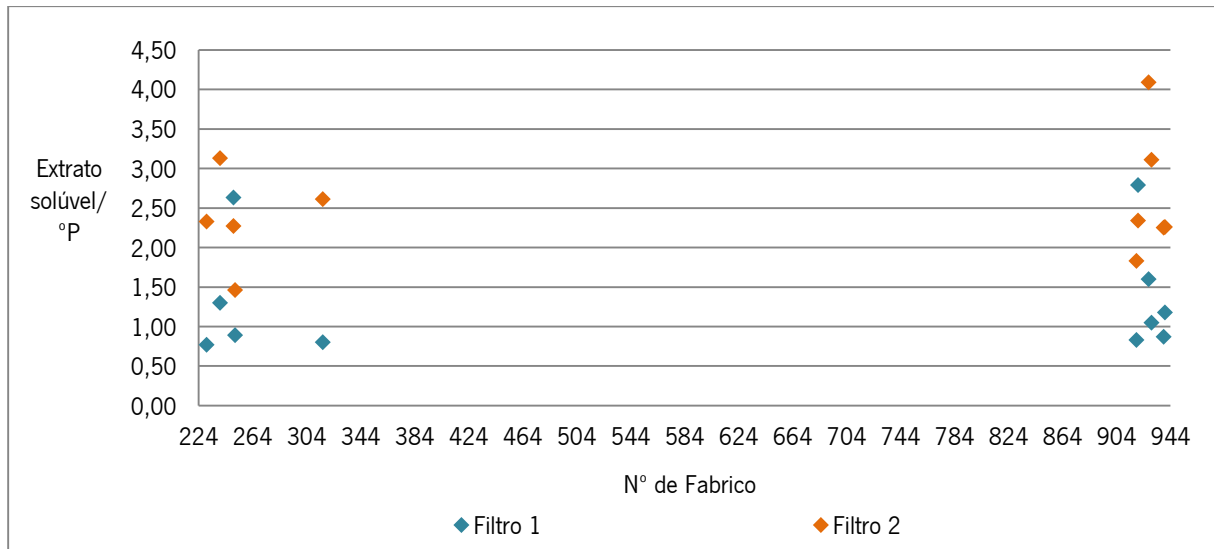


Figura 17 – Extrato solúvel da drêche do filtro 1 e 2 para mosto Super Bock.

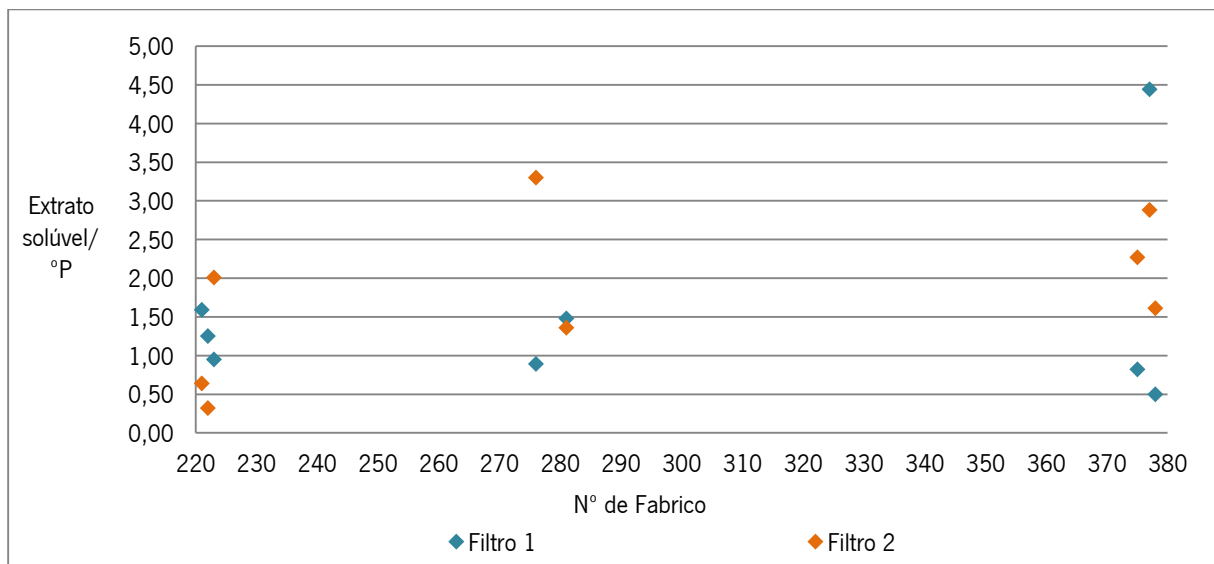


Figura 18 - Extrato solúvel da drêche do filtro 1 e 2 para mosto Cristal.

Por comparação dos dois filtros é possível perceber que o desempenho do filtro 1 é melhor que o do filtro 2, logo o filtro de mosto 2 desperdiça mais extrato o que não é recomendável. É por isso necessita de ser otimizado em relação ao filtro 1, que deve ser assegurada pelo fornecedor, de modo a obter-se a mesma eficiência nos dois filtros de mosto.

4.2.9 Tempo máximo do ciclo de filtração

O tempo máximo de filtração condiciona o número de fabricos possíveis por dia, ou seja, condiciona a eficiência da sala Nordon. Assim para ser possível que a sala de fabrico de mosto consiga realizar 12 fabricos por dia o tempo máximo para cada ciclo de filtração deve ser de 2h. É importante que a filtração de mosto ocorra corretamente dentro do tempo recomendado, para que a eficiência da sala de fabrico

seja máxima. Os tempos máximos para os ciclos de filtração acompanhados encontram-se descritos na Figura 19.

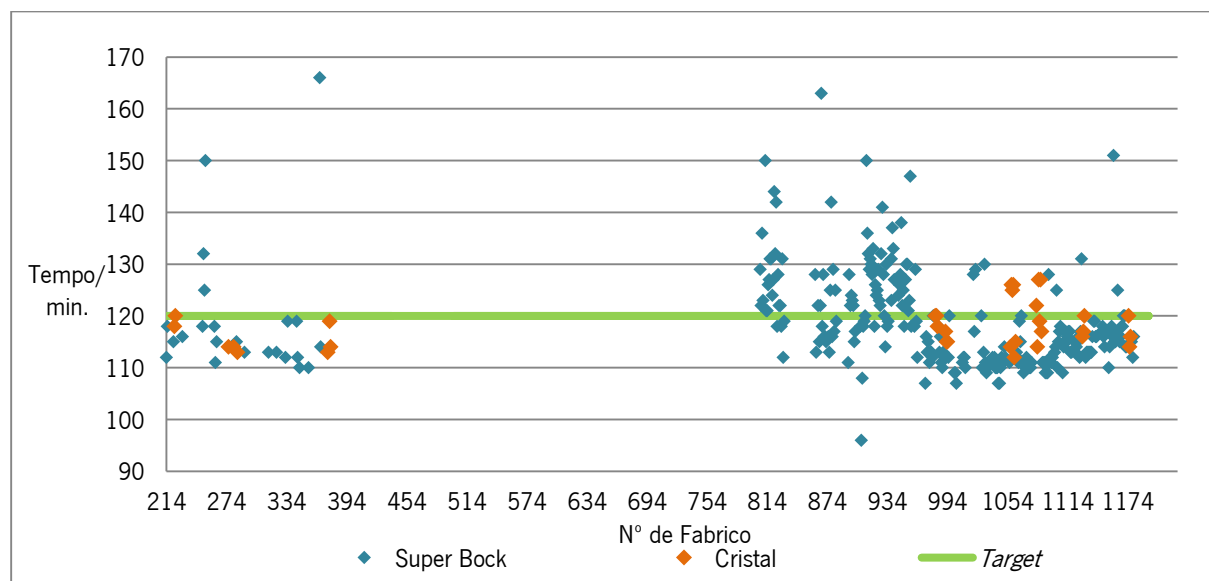


Figura 19 – Tempo máximo do ciclo de filtração do mosto Super Bock e Cristal.

Da observação do gráfico é possível constatar que este requisito não foi ainda completamente alcançado, uma vez que existem vários fabricos onde o ciclo de filtração excede o tempo máximo expectável.

Várias são as etapas que podem estar a demorar mais que o esperado, como é possível verificar no anexo B. Tendo-se, no entanto, averiguado que as etapas mais críticas para este item são a filtração, a lavagem e por vezes a compressão final.

4.3 Propostas de melhorias futuras

Uma vez que a aceitação total do novo sistema de filtração de mosto não foi possível, já que existem parâmetros que não se encontram a ser cumpridos seria importante testar algumas recomendações dadas pelo fornecedor do equipamento.

Assim e de forma a otimizar a filtração de mostos, melhorando a performance do Filtro Meura 2001 Hybrid seria importante testar a redução da quantidade de milho, usando o coeficiente 0,7 para o cálculo da quantidade de malte equivalente. Outra operação que deverá ser considerada é a troca das telas, nos dois filtros por forma a ter as mesmas condições de trabalho em ambos os filtros. E por último, tentar otimizar a tubagem de entrada de mosto para os dois filtros.

Estas alterações/sugestões propostas visam sobretudo a otimização da filtração de mosto, melhorando os tempos em que decorrem a filtração e o extratos de últimas água (que continuam elevados) e reduzir as diferenças existente nos dois filtros.

5. OTIMIZAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA CALDEIRA DE CALDAS

Durante a execução do projeto *Shape*, que, tal como já foi descrito, visava o aumento da capacidade de produção de cerveja da unidade de Leça do Balio, uma das necessidades que houve na sala Nordon, foi a instalação de uma nova caldeira de caldas. Esta caldeira tem como principal função a empastagem do milho, um dos cereais não maltados utilizados no fabrico de mosto.

A Caldeira de Caldas adquirida, segundo o caderno de encargos da Reformulação da Sala de Fabrico, deverá cumprir os requisitos descritos na Tabela 9. Estas condições, durante a fase de aceitação, do equipamento, devem ser garantidos pelo fornecedor, apresentando as devidas soluções para os problemas que iam ocorrendo.

Tabela 9— Requisitos para uma correta operação da caldeira de caldas (Documento interno Unicer).

Requisitos	
Volume	40 000 L
Diâmetro externo máximo	4,5 m
Carga máxima de milho	10 000 kg
Volume máximo de água	31 600 L
Capacidade mínima de aquecimento	1,5 °C/m
Operar com o volume mínimo de 10 000 L e com o volume máximo de 40 000 L	
Garantir o correto funcionamento e uma mistura homogénea.	

Após o arranque da nova caldeira de caldas foram acompanhados dois grandes problemas. O primeiro problema identificado prende-se com a limpeza da Caldeira de Caldas, quer entre fabricos, quer após o processo de higienização CIP (realizado semanalmente). O segundo problema estava ligado à falta de agitação e de homogeneização da calda em fabricos do mosto Cristal. Estes dois problemas serão tratados, em separado, nas duas próximas secções.

5.1 Descrição dos problemas ocorridos e soluções implementadas

5.1.1 Problemas com limpeza

Com o decorrer da semana de fabricação e do plano de fabricação verificava-se uma crescente acumulação de resíduos de milho e caramelização do fundo e das paredes da Caldeira de Caldas, como é possível observar Figura 20. O que significava que os enxaguamentos que se efetuam após cada fabrico

não eram eficazes, uma vez que a pressão desses não era a suficiente nem conseguia garantir uma limpeza eficaz da caldeira.



Figura 20 - Estado inicial da caldeira caldas.

As incrustações observadas na Figura 20 podiam ter impacto direto sobre a taxa de aquecimento (cujo cálculo é apresentado no Anexo D) da caldeira, ou seja, poderia prejudicar o aquecimento desta durante a empastagem do milho. Desse modo analisou-se esse parâmetro ao longo de uma série de 36 fabricos de modo a averiguar se a taxa de aquecimento estava a diminuir, o que não aconteceu, apesar de estar abaixo da especificação, como se pode observar com o resultado obtido na Tabela 10.

Tabela 10 - Média da taxa de aquecimento da caldeira de caldas.

Número de fabricos	Média Taxa de aquecimento (°C/Min.)	Desvio- Padrão
36	0,97	0,1

Inicialmente e após remoção manual das incrustações, descritas anteriormente, aumentou-se a pressão de enxaguamento, mas esta continuava insuficiente. Por isso o fornecedor da caldeira sugeriu colocar abaixo do agitador uma placa que teria um efeito de “vassoura” na caldeira e ajudaria a remover os resíduos que iam ficando depositados. Esta solução mostrou-se bastante eficaz, uma vez que com o decorrer da semana de fabricação a caldeira apenas ficava com a sujidade normal que só é removida com o processo de higienização CIP. Tal como se mostra na Figura 21.



Figura 21 – Estado da caldeira após o processo de CIP e de um fabrico, após alterações no agitador.

5.1.2 Problemas com agitação

Na Tabela 9 é possível verificar que um dos parâmetros que a caldeira de caldas deve assegurar é um correto funcionamento num volume mínimo de 10000L e com o volume máximo de 40000L, garantindo um correto funcionamento e homogeneização.

Após o arranque do novo filtro de mosto, e com o aumento da capacidade dos fabricos, a caldeira, em fabricos Cristal atingia o volume máximo permitido. No entanto a caldeira não assegurava a agitação suficiente para a correta homogeneização da mistura, o que arrastava problemas durante a brassagem e também durante a filtração.

O agitador que a caldeira possuía não era eficaz para um volume tão elevado, uma vez que não tinha nem altura nem potência suficiente para agitar eficazmente a mistura. Após a mistura da água com os cereais, observavam-se duas fases. Uma na qual o milho estava depositado no fundo da caldeira e uma outra onde havia água com o malte (que entra junto do milho facilitando a degradação do amido).

Numa primeira tentativa para solucionar a falta de agitação da caldeira, em fabricos Cristal, aumentou-se o caudal de hidratação, ou seja aumentou-se a quantidade de água, que entra, por unidade de tempo, e aumentou-se também a velocidade do agitador para a velocidade máxima em todas as fases da empastagem do milho. As duas ações implementadas mostraram-se infrutíferas, obrigando por isso ao recurso a uma enzima sintetizada industrialmente, à base de α -amilase, e que tem como função a liquefação do amido – o Termamyl (Torres, 2009). Esta enzima tinha de ser adicionada antes da mistura atingir os 75-78°C, para que a sua ação fosse eficaz. O uso de Termamyl não constituiu uma solução para a empresa dado o seu custo elevado, o que representaria um aumento do custo de produção deste mosto algo que não é desejável.

Por isso, após uma análise atenta do fornecedor, acerca deste problema, e de várias reuniões onde eram reportadas todas as ações implementadas bem como os seus resultados, este decidiu aumentar o

agitador da caldeira. Para isso colocou-se uma placa perpendicular às que já existiam no agitador, como se mostra na Figura 22 (alteração assinalada pela seta vermelha).

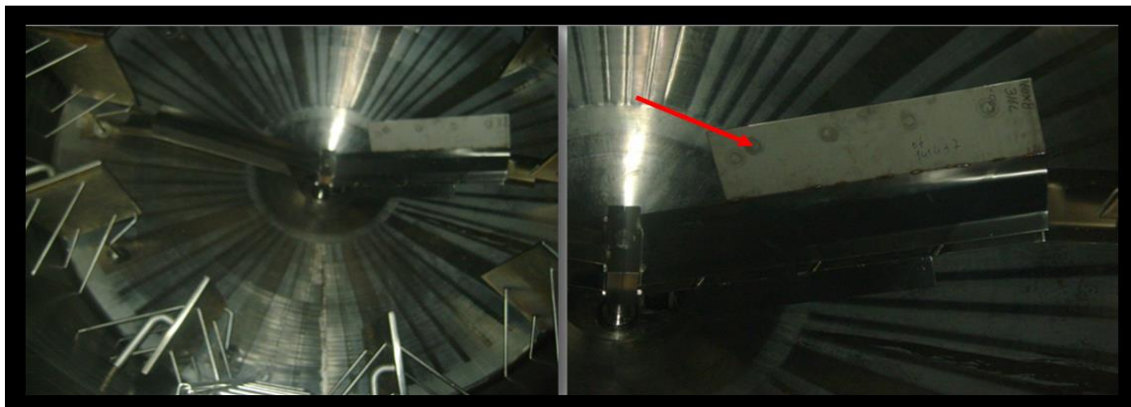


Figura 22 – Alteração efetuada ao agitador da caldeira de caldas.

Após implementação e teste desta ação teve de se ajustar a potência de funcionamento do agitador para que este não estivesse a trabalhar sob esforço e assim se danificasse. Depois de implementadas todas as ações realizaram-se alguns fabricos, com as mesmas condições iniciais (aquando da deteção do problema da agitação), que foram acompanhados, de modo ser possível a validação destas alterações. Tendo-se verificado que as ações implementadas foram eficazes e por isso estavam reunidas todas as condições para que a caldeira de caldas pudesse operar com o volume máximo recomendado.

5.2 Propostas de melhoria futuras

Como foi possível constatar os dois problemas reportados, nas secções anteriores, foram resolvidos de forma correta e eficaz. Tendo, por isso, sido reposto o funcionamento normal da caldeira, fazendo com que esta realize a empastagem do milho de forma eficiente, em condições normais de fabricação. No entanto existem pormenores que poderiam ser otimizados.

No caso da limpeza da caldeira e segundo uma recomendação da Carlsberg, devia aumentar-se a frequência do CIP ácido realizado a este equipamento, já que normalmente apenas se realiza o CIP alcalino com NaOH, sendo que semestralmente é feito um CIP ácido. Outro aspeto a ser otimizado é a pressão de enxaguamento, entre fabricos, sendo que talvez seja necessário a troca dos chuveiros que realizam essa operação, uma vez que a sua pressão de funcionamento, não é a recomendada.

No caso da insuficiente agitação que se verificava na caldeira de caldas, em fabricos Cristal, um dos aspetos que poderia ser otimizado era o hidratador da caldeira, ou seja, a tubagem onde se dá a mistura da água com o milho. Para isso seria necessário dimensionar um hidratador ideal para esta caldeira e para que a mistura fosse realizada corretamente.

6. INCORPORAÇÃO/AUMENTO DE CEVADA EM ALGUNS MOSTOS

Paralelamente a todos os projetos que pautaram este estágio, realizaram-se ensaios onde se testou quer o aumento da quantidade de cevada quer a inclusão desta matéria-prima em alguns dos mostos de cervejas produzidas pela Unicer Bebidas S.A.. Estes ensaios foram realizados para a Super Bock Abadia, Super Bock Stout, Super Bock Sem Álcool e Cristal.

A cevada, não maltada, é uma matéria-prima, usada na produção de mosto, de menor custo quando comparada com o malte. Deste modo a realização destes ensaios é de grande importância, uma vez que pode permitir poupanças anuais significativas na produção das cervejas enunciadas anteriormente.

6.1 Ensaios realizados

De modo a facilitar o tratamento dos resultados assim como a apresentação de conclusões acerca dos mesmos, os ensaios realizados encontram-se descritos na Tabela 11.

Tabela 11- Ensaios realizados com a incorporação/aumento da quantidade de cevada no fabrico de alguns mostos.

Tipo de cerveja	Branco	Ensaio
Super Bock Abadia	Decocção e sem introdução de cevada	Infusão e introdução de 10% de cevada
Super Bock Sem Álcool	Sem cevada e com adição de glucose	Introdução de 10% de cevada e sem adição de glucose
Super Bock Stout	Sem inclusão de cevada	Inclusão de 10% de cevada
Cristal	Inclusão de 10% de cevada	Aumento para 15% de cevada

Para ser possível a validação destas novas receitas, de fabricação de mosto, seguiu-se um procedimento rigoroso de acompanhamento da brassagem e filtração, onde se criou uma *check list* com os parâmetros mais importantes para estas etapas. Esta *check-list* pode ser consultada no Anexo E.

Para além do acompanhamento feito durante a brassagem e filtração, acompanharam-se também os parâmetros de mosto frio, maturação e produto acabado como descrito no Anexo F. Este acompanhamento permite perceber se as alterações feitas durante o fabrico de mosto foram prejudiciais para as cervejas em questão, e assim poder ou não validar-se as alterações propostas.

Os resultados obtidos após análise de todos os parâmetros de mosto frio, maturação e produto acabado foram comparados com um ensaio Branco, fabrico sem introdução ou aumento de cevada, tal como descrito na Tabela 11

6.2 Impactos da incorporação/aumento de cevada no fabrico

Os principais resultados para estes ensaios encontram-se organizados na Tabela 12. Os resultados apresentados encontram-se organizados segundo a fase em que se retiraram as amostras (final de fabrico de mosto, durante a maturação ou no final do enchimento). Os resultados serão analisados de forma qualitativa, assim, apenas são contemplados os parâmetros que estão fora de especificação e se estão acima ou abaixo do que seria expectável.

Tabela 12 – Principais resultados, de mosto frio, maturação e produto acabado, obtidos nos ensaios de incorporação/aumento da quantidade de cevada. (obtidos a partir do sistema SAP da Unicer)

Super Bock Abadia	<ul style="list-style-type: none">• Mosto frio: Extrato primitivo elevado• Maturação: Todos os parâmetros dentro da especificação• Produto Acabado: Estabilidade de espumas fora da especificação
Super Bock Sem Álcool	<ul style="list-style-type: none">• Mosto Frio: Todos os parâmetros dentro da especificação• Maturação: Todos os parâmetros dentro da especificação• Produto Acabado: Todos os parâmetros dentro da especificação
Super Bock Stout	<ul style="list-style-type: none">• Mosto Frio: Extrato primitivo acima da especificação• Maturação: Coloração acima da especificação• Produto Acabado: Sem resultados disponíveis
Cristal	<ul style="list-style-type: none">• Mosto Frio: Atenuação limite fora da especificação• Maturação: Atenuação real abaixo da especificação• Produto Acabado: Sem resultados disponíveis

Da análise da Tabela 12 é possível verificar que no caso da Super Bock Abadia, apesar de inicialmente, o extrato primitivo de mosto frio estar elevado, a fermentação e maturação ocorreram de forma normal tendo cumprido todos os parâmetros normais para estas etapas. Ao nível do produto acabado existe um parâmetro que se encontram fora do limite de especificação, sendo ele a estabilidade de espuma. No entanto e apesar de não estarem satisfeitas estas duas condições, foi possível aprovar a nova receita para o fabrico deste tipo de cerveja, uma vez que não existe nenhuma ligação direta da incorporação de cevada ao facto de a estabilidade de espumas estar fora do limite normal aceitável.

Em relação à Super Bock Sem Álcool os resultados obtidos, foram bastante satisfatórios, quando comparados com o ensaio branco. Todos os parâmetros, de mosto frio, maturação e produto acabado

estavam dentro dos limites de especificação, tendo-se concluído até, que a incorporação de cevada nesta cerveja foi bastante benéfica o que levou à aprovação da mesma.

Já no caso da Super Bock Stout, enquanto não se apurarem os resultados de produto acabado não é possível validar a receita final para esta cerveja. No entanto foi possível constatar, que apesar do extrato primitivo estar acima do limite de especificação, assim como a coloração, pode ser possível a aprovação do manual técnico desta receita, uma vez que os restantes parâmetros quer de mosto frio, quer de maturação se encontram dentro do expectável. Estando assim reunidas as condições ideais para a obtenção de um produto acabado dentro da conformidade.

A cerveja Cristal, onde a cevada já era utilizada como ingrediente e se aumentou em 5% o seu conteúdo, apresentou alguns problemas que poderão levar à repetição deste ensaio. Já que atenuação real limite no mosto frio e durante a maturação estão fora do limite especificado. Isto pode acarretar problemas durante a fermentação e que poderá afetar o produto final. Por isso, e apesar de ainda não estarem disponíveis os resultados de produto acabado, decidiu-se que seria necessário repetir este ensaio, nas condições ideais para se puder ou não avançar com aprovação do referido aumento de cevada no mosto da cerveja Cristal.

7. IMPLEMENTAÇÃO DO TPM NO FILTRO MEURA 2001

7.1 Manutenção, perspectiva histórica e pertinência atual

De acordo com a Norma Portuguesa NP EN 13306: 2007 o conceito de manutenção é definido como: **“Manutenção:** Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele possa desempenhar a função requerida.” (ISQ, 2007).

A prática da manutenção sofreu diversas alterações, ao longo dos tempos e das necessidades das organizações, como se mostra na Figura 23.

O conceito de manutenção como é atualmente conhecido teve início com a Revolução Industrial, em meados de 1750, onde a mecanização dos meios produtivos se ampliou de forma significativa e onde se sentiu maior necessidade de recorrer à manutenção, mesmo sendo de caráter curativo (Hawkins & Kister, 2006).

Com a Segunda Guerra Mundial a manutenção toma uma nova fase e assume um caráter preventivo, como maneira de antecipar avarias e falhas dos equipamentos e assim reduzir o tempo de intervenção, garantindo uma maior eficiência operacional dos mesmos (Hawkins & Kister, 2006).

Contudo este novo conceito de manutenção preventiva só conheceu uma maior expressão, aquando de uma desesperada necessidade dos japoneses na recuperação da crise industrial e económica que se havia instaurado nas suas empresas. Assim o diretor da *Toyota Automobile Group* desenvolveu um novo conceito de produção baseado num sistema onde o reabastecimento apenas ocorre para responder à procura reduzindo assim o desperdício. Esta nova forma de entender o processo produtivo criou uma maior preocupação com a fiabilidade dos equipamentos havendo por isso a necessidade de converter o conceito de Manutenção Preventiva em Manutenção com Introdução de Melhorias (Hawkins & Kister, 2006).

Assim em 1971, surge um novo conceito de manutenção denominado por TPM (*Total Productive Maintenance*). Este novo conceito transforma o sistema produtivo num agregado entre atividade produtiva e a manutenção que aliados promovem o aumento da eficiência dos equipamentos e a redução de paragens durante a produção, levando a uma maior qualidade dos produtos, através do envolvimento de toda a equipa das organizações (Nakajima, 1990).

O TPM enquadra-se na filosofia *Lean Thinking*, desenvolvida nos anos 60 que tem como propósito aumentar a eficiência global das organizações reduzindo os desperdícios.

Com um mercado cada vez mais competitivo e a necessidade de melhoria, dos seus produtos e serviços, torna-se fundamental para as empresas adotarem as metodologias da filosofia *Lean*. Que transformam o conceito de produção industrial num sistema mais organizado, dispensando recursos e operações que não são necessárias, garantindo qualidade, por meio do envolvimento de toda a equipa laboral da organização (Ahuja & Khamba, 2008).

Com a crescente especialização tecnológica dos equipamentos, utilizados no setor industrial, a focalização numa manutenção mais eficaz e que garanta a rentabilidade dos equipamentos torna-se um imperativo. Assim, e neste contexto, o TPM assume-se como uma alternativa mais competente e eficaz para responder à necessidade de reformulação do conceito manutenção (Ahuja & Khamba, 2008).

A metodologia TPM requer uma visão estruturada do processo produtivo, com uma total compreensão, quer do funcionamento quer das necessidades, de todos os equipamentos, bem como o esforço e envolvimento de todos os colaboradores. Com uma visão orientada para a cultura de resultados, garantindo uma maior competitividade e qualidade dos serviços.



Figura 23 – Evolução do conceito manutenção.

7.2 Total Productive Maintenance (TPM)

Em 1990, Seiichi Nakajima definiu o acrónimo TPM como:

- **Total (T):** Metodologia focada na eficiência máxima da totalidade dos equipamentos e processos que constituem a organização, através do total envolvimento de todos os departamentos e colaboradores da mesma.
- **Produtiva (P):** Sistema orientado com o principal objetivo de maximizar e otimizar a produtividade da empresa focada no ideal de “zero acidentes, zero defeitos, zero avarias”.
- **Maintenance (M):** Critério onde a manutenção é o foco central, para manter, de forma permanente, a condição ideal dos equipamentos e assim conseguir uma disponibilidade total do seu potencial (Ahuja & Singh, 2013).

A aplicabilidade e sucesso da metodologia TPM dependem, à priori, do entendimento da organização que a pretende implementar, pois só quando entendida como uma estratégia concretizável segundo um pensamento de melhoria contínua é que se pode alcançar o objetivo desejado (Maggard, 1992).

Comprovando a ideia exposta anteriormente, Nakajima definiu que a implementação do TPM deve ser regida por valores, que só quando tomados como fundamentais, garantem a aplicabilidade do mesmo. De forma geral, para Nakajima os valores desta metodologia são: a consideração do comprometimento das pessoas como fator crucial para assegurar a qualidade do processo e do produto, a convicção de que as falhas dos equipamentos podem e são preveníveis, daí que a sua performance possa ser gerida havendo uma mentalidade fundada na manutenção de equipamentos independentemente da existência de uma falha ou avaria (Mckone & Weiss., 1998).

Nakajima identificou seis tipos fundamentais de desperdício sendo eles: falhas de equipamentos, *setups* e ajustes, micro-paragens, quebras de velocidade, defeitos e retrabalho e perdas no arranque (Ramayah & Hassan, 2002).

Quando abordados num contexto de aplicação prática os valores do TPM assentam em oito pilares de sustentação, como mostra a Figura 24. A cada um destes pilares fundamentais correspondem diversas ações que se encontram devidamente interligadas garantem o sucesso da metodologia TPM (Wilmott & McCarthy, 2001).

Na base do TPM encontra-se a famosa metodologia Japonesa 5'S. Esta ferramenta traduz um modelo de gestão para a otimização total da área de produção, assegurando o pleno controlo da mesma. As cinco ações da metodologia 5'S podem ser definidas como: Seiri (Classificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpar), Seiketsu (Standardizar) e por último Shitsuke (Sustentar). As três primeiras ações promove um contato direto com o equipamento, promovendo, assim, para um maior conhecimento acerca deste. Isto torna-se uma mais-valia aquando da identificação de falhas e defeitos e incentiva os operadores para a

Otimização do processo de produção de mosto

imediate correção das mesmas. O grau de limpeza superior torna o ambiente mais seguro e agradável (Wilmott & McCarthy, 2001).

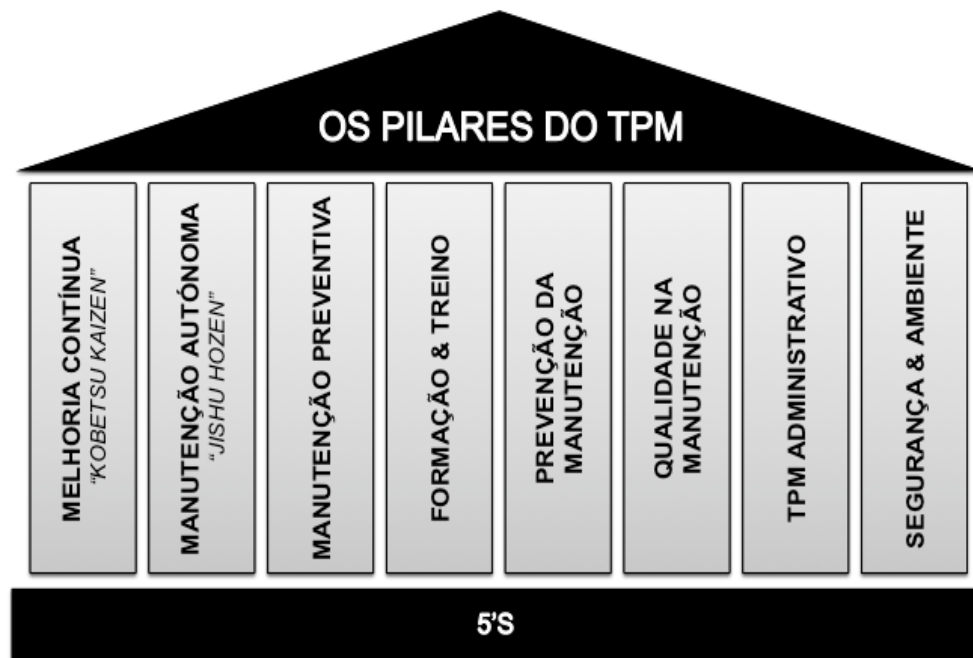


Figura 24 - Pilares do TPM (Adaptado de Kumar Sharma, Bhardwaj, and Shudhanshu 2012).

7.3 Manutenção Autónoma

A manutenção autónoma assume um papel fundamental na implementação do TPM, numa organização. Os comprovados benefícios permitem máxima eficiência prática num curto período de tempo (McKone & Cua., 1999).

Face a renitência, por parte dos operadores, quanto à aplicação da metodologia TPM, é importante que o método de implementação da Manutenção Autónoma seja o mais estruturado possível por forma a converter a mentalidade dos mesmos. Mostrando assim a importância, do comprometimento de todos na correta execução desta metodologia (Maggard, 1992).

De acordo com Willmott e McCarthy, o método teórico para a aplicação da manutenção autónoma é composto por sete etapas, sendo elas:

- **Etapa 1 – Limpeza Inicial:** Operação aprofundada de limpeza dedicada à reposição da condição inicial do equipamento. Pretende-se uma limpeza detalhada e minuciosa de todo o equipamento, com especial atenção aos pontos críticos de acumulação de contaminação, e a deteção de defeitos, folgas, desajustes, fugas ou avarias que deverão ser visualmente identificadas e posteriormente corrigidas.

- **Etapa 2 – Eliminação de fontes de contaminação e áreas de difícil acesso:** Depois de garantida a limpeza inicial deve realizar-se o levantamento das fontes de contaminação, defeitos reincidentes e áreas de difícil acesso dos equipamentos e promover alterações estruturais que os eliminem definitivamente.
- **Etapa 3 – Criação de Standards de Limpeza, Ajuste e Lubrificação:** Com o correto cumprimento das etapas anteriores é fácil a elaboração de uma lista de verificação para a guiar a execução das rotinas diárias de limpeza, afinação e lubrificação.
- **Etapa 4 – Inspeção Geral:** Com o conhecimento e compreensão dos equipamentos os operadores passam a contribuir, ativamente, para a resolução das anomalias identificadas, com o auxílio da manutenção.
- **Etapa 5 – Inspeção Autónoma:** Com a competência de resolução de anomalias consolidada os operadores realizam as atividades de Manutenção Autónoma de forma perfeitamente independente.
- **Etapa 6 – Estandarização:** Fase dedicada a promover o controlo das atividades intrínsecas à Manutenção Autónoma e o controlo de qualidade no processo.
- **Etapa 7 – Gestão Autónoma:** Conseguida esta etapa os operadores têm a capacidade total de gestão do seu equipamento. É-lhes permitido traduzir para a prática as suas ideias de melhoria do equipamento de forma a alcançar maior fiabilidade, qualidade e segurança (Wilmott & McCarthy, 2001).

7.4 Modelo Carlsberg para a Implementação da Manutenção Autónoma

Como foi referido no capítulo 1 do presente trabalho, o grupo Carlsberg, integra a estrutura acionista da Unicer Bebidas de Portugal S.A., o que faz com que o primeiro participe ativamente na gestão, estratégica e tática, do segundo, devido ao seu elevado *know-how*. Assim a implementação do TPM e da manutenção autónoma, em algumas áreas funcionais da Unicer, seguiu o modelo, testado e comprovado pela Carlsberg.

A adoção do modelo da Carlsberg para a implementação da manutenção autónoma deve-se a fatores como a uniformização de conceitos, a necessidade prévia de estruturação de um modelo, a implementação fundada num modelo já comprovado e a possibilidade de partilha de conhecimento com outras empresas da Carlsberg.

O modelo Carlsberg é constituído por oito etapas, como mostra a Figura 25. Este modelo garante, na sua plenitude, a implementação da manutenção autónoma.

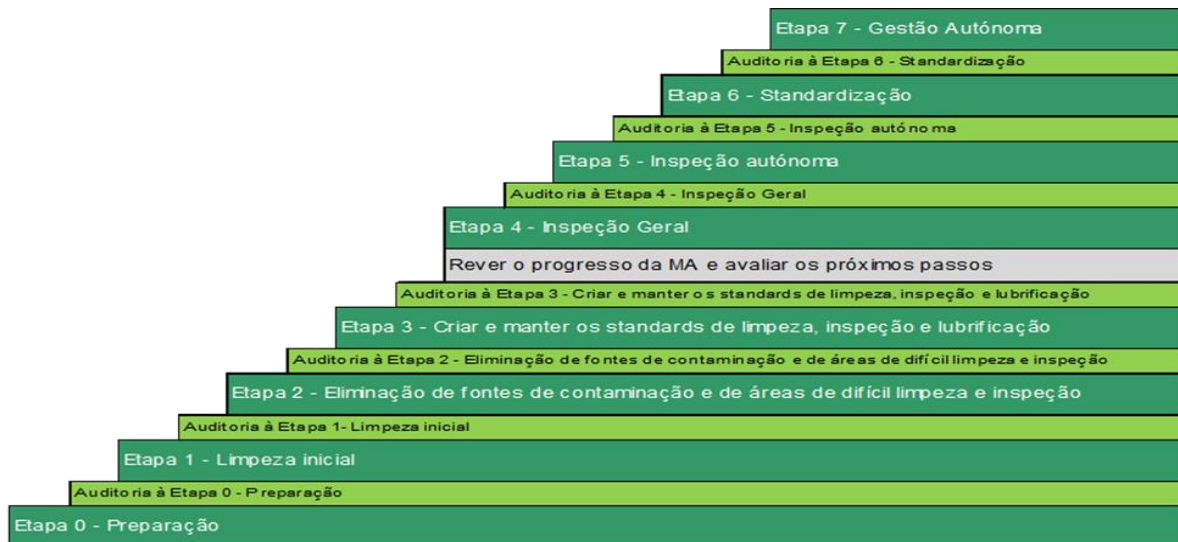


Figura 25 - Modelo de implementação da Manutenção Autônoma da Carlsberg (Documento interno Unicer).

Este modelo pode ser dividido em três grandes fases. A primeira, que engloba a etapa 0 à 3, que se destina a estabelecer e garantir as condições básicas dos equipamentos. A segunda (etapa 4 e 5), que garante o conhecimento acerca dos equipamentos e do método, por parte dos colaboradores. E por último, uma terceira fase dedicada à imposição permanente desta metodologia nos equipamentos, na condições ótimas.

Através deste modelo é possível efetivar os benefícios da manutenção autônoma, nomeadamente o aumento do OEE⁶, redução de custos de manutenção e operação, aumento do compromisso e do sentido de posse dos colaboradores para com os equipamentos, diminuição da carga de trabalho efetiva da manutenção e possibilidade de dedicação a tarefas de superior envergadura interventiva e forte contribuição para a meta dos zero acidentes, zero defeito, zero avarias. Assim torna-se fundamental a ação dos operadores na tarefa de assegurar as melhores condições dos equipamentos através de intervenções básicas contrariando o surgimento de falhas.

7.5 Pertinência da Implementação da Manutenção Autônoma

Face às vantagens, expostas, da implementação da Manutenção Autônoma num contexto industrial, a Unicer optou por introduzir esta metodologia em duas das suas áreas funcionais, linhas de enchimento e instalação de moagem e ensilagem. A escolha destas áreas deveu-se ao facto de os equipamentos

⁶ OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é uma ferramenta simples e prática para mensurar os efeitos nefastos das perdas produtivas. Pode ser calculado da seguinte forma: OEE = Disponibilidade × Performance × Qualidade

instalados serem novos e esta ferramenta permitir prolongar a melhor condição dos mesmos por um período considerável de tempo.

Neste sentido, e face aos bons resultados obtidos com esta implementação nas outras áreas referidas, e uma vez que o filtro Meura 2001 se encontrava em situação em tudo semelhante aos equipamentos abrangidos pelo projeto piloto de implementação, decidiu-se, taticamente, abranger o filtro de mosto Meura 2001 no plano de implementação da Manutenção Autónoma no centro de produção de Leça do Balio.

Pelo conhecimento profundo que foi possível adquirir ao longo do projeto de otimização do filtro de mosto Meura 2001, ao nível do seu funcionamento, componentes e procedimentos de utilização e limpeza foi proposto incluir a implementação da Manutenção Autónoma no decorrer dos trabalhos, numa fase mais tardia da calendarização do projeto

7.6 Concretização da Implementação da Manutenção Autónoma

Uma vez que este não era o principal objetivo do estágio desenvolvido na Unicer Bebidas e devido à falta de tempo, a implementação da manutenção autónoma e do TPM, no filtro de mosto Meura 2001 Hybrid não ficou concluída na sua totalidade, pelo que só foi possível concluir a etapa 0 do modelo da Carlsberg. No entanto o concluir da etapa 0 constituiu uma boa alavancagem para o seguimento do restante processo de implementação do TPM ao filtro Meura 2001.

7.6.1 Concretização da etapa 0

A “Etapa 0- Preparação”, destina-se à definição dos princípios fundamentais e pilares de suporte de todo o processo de instituição da manutenção autónoma, promove, em simultâneo, a organização e recolha de informação de forma a sistematizar, viabilizando, os procedimentos das etapas subsequentes.

O agendamento de uma reunião entre os colaboradores do fabrico de mosto e a equipa *Lean* foi o mote para o arranque do processo de implementação da manutenção autónoma no filtro de mosto Meura 2001. Nesta reunião definiu-se: a constituição da equipa de trabalho e o plano de implementação de todo o processo.

Definiu-se que a equipa de trabalho seria designada por “Equipa TPM”. Pretendeu-se a constituição de uma equipa equilibrada com a integração da manutenção, de forma a assegurar a transferência de conhecimentos para a produção. O envolvimento do gestor do serviço e de um técnico superior da produção salvaguarda o comprometimento da gestão com o objetivo do projeto, e equipa *Lean* integra esta equipa no sentido de promover a dinamização e o correto cumprimento do processo. Os

Otimização do processo de produção de mosto

observadores integram esta equipa com o principal objetivo de se familiarizarem com o conceito para, numa instância futura e de acordo com a estratégia da empresa, exportar a manutenção autónoma, mais agilmente, para outros setores da produção. O conhecimento do fornecedor do equipamento foi considerado numa perspetiva mais passiva, e dedicada a uma eventual necessidade de consultoria. A Figura 26 apresenta a estrutura e constituição da Equipa TPM.

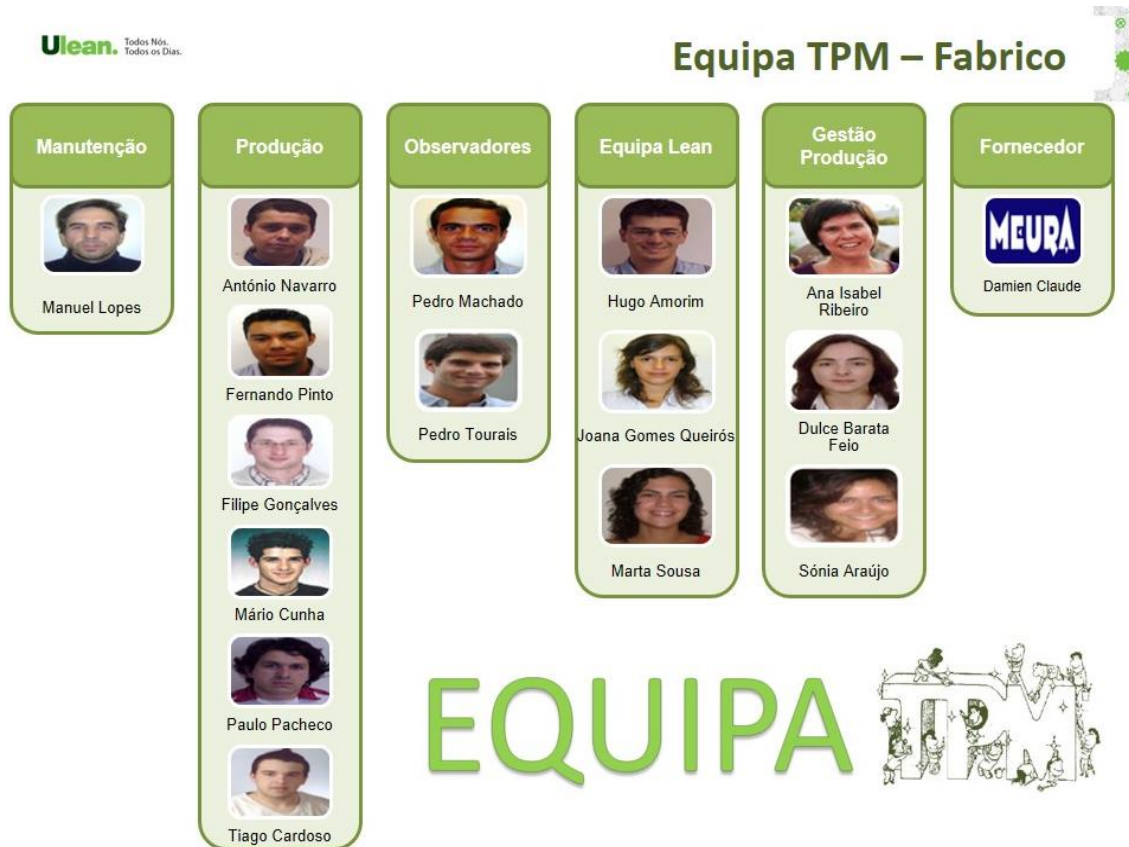


Figura 26 - Equipa TPM (Documento interno Unicer).

Seguindo o modelo da Carlsberg, acordou-se que o processo de implementação seria constituído por um período inicial dedicado à execução da etapa 0 ao qual se seguiriam três períodos quinzenais, iniciados por um *workshop* do instituto Kaizen, com vista ao correto desenvolvimento das ações das etapas sucessoras.

Durante a execução da etapa 0, elaboraram-se Diagramas de Máquinas, cujo objetivo era compreender de forma clara e direta, a função dos equipamentos em questão, discriminando a designação das principais partes funcionais e componentes dos mesmos. O filtro Meura 2001 Hybrid composto por três componentes fundamentais sendo eles o filtro Meura, propriamente dito, a central hidráulica e o tegão de descarga da drêche. A Figura 27 apresenta, a título de exemplo, um dos diagramas elaborados.


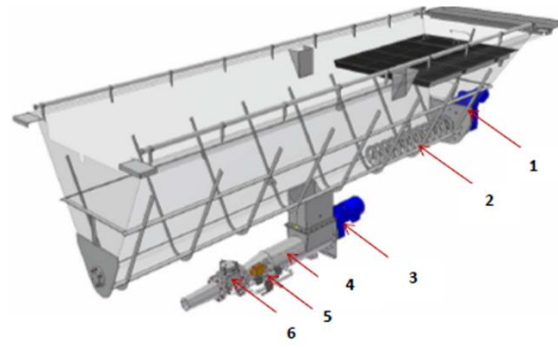
 Diagrama da máquina			
Centro de Produção	Leça do Balio	Data	31/05/2013
Localização	Sala de Fabrico Nordon	Elaborado por	Sónia Araújo
Equipamento	Tegão de descarga do filtro Meura 2001 Hybrid	Verificado por	Serafim Sales
		Função básica Recolha da drêche, que cai das placas de filtração e posterior envio para silos de armazenamento	
		Partes funcionais <ol style="list-style-type: none"> 1 Moto-reductor do sem-fim da drêche 2 Sem-fim da tremonha da drêche 3 Moto-reductor do sem-fim de transporte da drêche 4 Transportador da drêche 5 Válvula de envio da drêche ao silo de drêche 6 Válvula de envio da drêche 	
		Equipamentos associados Sem-fim da drêche; Motor do sem-fim da drêche	

Figura 27 - Diagrama de máquina do tegão de descarga do filtro Meura 2001 (Documento interno Unicer).

Estes documentos têm grande importância, uma vez que permitem nivelar o conhecimento, sobre os equipamentos, dos integrantes do projeto, definir-se um referencial básico de nomenclatura das partes funcionais dos equipamentos, uniformizando as terminologias utilizadas. Estes documentos permitiram também consolidar a aquisição de aptidões técnicas dos membros da equipa pela referência a componentes, que embora vitais para o correto funcionamento dos equipamentos, pela sua função menos interventiva, eram, normalmente ignorados. Disponibilizou-se, também, um instrumento de apoio para o esclarecimento de eventuais dúvidas existentes, quando se procede à deteção de anomalias. A totalidade dos documentos elaborados encontra-se no anexo G.

Depois de elaborados os diagrama de máquinas procedeu-se à realização das “Avaliações de Riscos” dos equipamentos. Ao contrário do modelo de implementação da Carlsberg, apenas se elaborou a análise de riscos para os equipamentos, uma vez que paralelamente se elaborou uma matriz de riscos dos equipamentos pela equipa de Segurança da Unicer. Por isso concluiu-se que seria um retrabalho ter duas equipas dedicadas à execução da análise de riscos dos equipamentos para as pessoas. A análise de riscos realizada visou a identificação de danos que as operações de manutenção autónoma poderiam provocar, segundo, uma lógica de probabilidade e gravidade de ocorrência desses danos, identificando, para isso, medidas de prevenção a serem tomadas. Como é possível analisar no anexo H.

Esta avaliação de riscos sensibilizou a equipa para os efeitos que operações indevidas podem causar para o correto funcionamento dos equipamentos. Conseguindo-se, assim, a implementação de medidas que atenuem a ocorrência de riscos como danificação de componentes elétricos pelo uso de água em componentes elétricos. A Figura 28 demonstra, como exemplo, um dos diagramas elaborados.


 Avaliação de riscos do equipamento Operações de limpeza, inspeção e lubrificação							
		Leça do Balio		Data		30/05/2013	
Localização		Sala de Fabrico Nordon		Elaborado por		Sónia Araújo	
Equipamento		Tegão de descarga do filtro Meura 2001 Hybrid		Verificado por		Serafim Sales	
Perigo	Risco	Consequência	Gravidade	Probabilidade	Risco	Medidas preventivas	Estado da medidas preventivas
Utilização de produtos de limpeza perigosos nos componentes do equipamento	Contacto dos componentes com produtos perigosos/corrosivos	Avarias nas funções e erros associados; Danos e destruição de componentes	3	1	3	Limpar a seco	Implementada
Utilização de água na limpeza dos componentes do equipamento	Contacto dos componentes com água	Avarias nas funções e erros associados; Danos e destruição de componentes	3	1	3	Limpar a seco	Implementada

Figura 28 – Avaliação de Riscos para o tegão de descarga da drêche do filtro Meura (Documento interno Unicer).

Em paralelo à elaboração dos documentos, introduzidos anteriormente, procedeu-se à concretização de um conjunto de outras atividades constantes dos requisitos da etapa 0 de implementação. Uma dessas atividades foi a elaboração de um plano de manutenção autónoma, onde estão definidas ações de manutenção do filtro de mosto, por parte dos colaboradores. Foram definidos dois tipos de planos de manutenção um para quando o filtro não está em funcionamento, e outro, que só pode ser executado aquando do funcionamento normal do filtro. Este plano de manutenção define tarefas que devem ser executadas pelos colaboradores do fabrico de mosto, segundo uma periodicidade, e que garantem um correto funcionamento do equipamento. Os dois planos de manutenção definidos no caso do filtro Meura 2001 Hybrid encontram-se no anexo I.

8. CONCLUSÃO

8.1 Acompanhamento do arranque e aceitação do novo filtro de mosto - Meura 2001

O objetivo deste trabalho era o acompanhamento do arranque do novo filtro de mosto, segundo parâmetros que constavam numa *check-list*, previamente acordada com o fornecedor do novo filtro de mosto - Meura 2001, instalado na sala Nordon.

Os parâmetros acompanhados ao longo do arranque e depois durante a aceitação do novo filtro de mosto Meura foram: o rendimento em extrato do mosto no final do fabrico, tempo máximo de filtração (enchimento e etapa de filtração), tempo máximo para abertura, descarga e fecho do filtro, tempo máximo até se obter o tegão da drêche vazio, o volume de água gasto durante a lavagem por cada quilograma de malte equivalente, extrato de mosto fraco, matéria seca da drêche. Monitorizaram-se mais dois parâmetros que não constavam da *check-list* inicial, mas que se consideraram importantes para garantir que o filtro cumpria todas as funções requeridas, sendo eles o extrato solúvel da drêche e o tempo total do ciclo de filtração.

Na fase final deste projeto, momento em que se tentou validar junto do fornecedor o novo filtro de mosto Meura 2001, verificou-se que alguns dos parâmetros acima descritos, não estavam dentro da conformidade e por isso não garantiam o correto funcionamento do filtro como pretendido aquando da aquisição do mesmo. Assim efetuou-se uma validação parcial do novo filtro de mosto, tendo sido validados e fechados os seguintes parâmetros: rendimento em extrato, tempo máximo para abertura, descarga e fecho do filtro de mosto, tempo máximo até se obter o tegão da drêche vazio e a matéria seca da drêche. Estes foram os únicos parâmetros que se encontravam, completamente, de acordo com as especificações requeridas.

Os restantes parâmetros pendentes, deverão ser otimizados de modo a garantir o correto funcionamento do filtro de mosto Meura 2001 Hybrid e minimizar as diferenças existentes entre o novo filtro de mosto e o filtro que já se encontrava instalado na sala Nordon.

8.2 Otimização do funcionamento da caldeira de caldas

Neste trabalho o principal objetivo era a resolução de dois problemas verificados após a instalação da nova Caldeira de Caldas, na sala Nordon. O primeiro problema detetado foi a limpeza ineficaz da Caldeira de Caldas, entre fabricos e no final do processo, semanal, de higienização CIP. E a falta de agitação em

fabricos de maior volume, como o mosto Cristal, o que não permitia uma correta homogeneização da mistura e que influenciava negativamente a qualidade das etapas da brassagem e filtração.

Após alterações nos parâmetros de enxaguamento e da inclusão de uma placa no fundo do agitador, cujo efeito era “varrer” os resíduos, que se depositavam no fundo da caldeira, foi possível a resolução dos problemas relacionados com a limpeza da caldeira, quer entre fabricos, quer no final do CIP, semanal. Em relação ao problema da falta de agitação, em fabricos Cristal, este só se mostrou solucionado após o aumento do agitador já existente na caldeira.

No final deste trabalho e após a implementação das várias ações, para a resolução dos problemas identificados, na nova Caldeira de Caldas, estas ações foram testadas e acompanhadas, tendo-se mostrado eficazes. O que permite o normal e correto funcionamento da Caldeira de Caldas, de acordo com o que constava no caderno de encargos da Reformulação da Sala de Fabrico (Sala Nordon).

8.3 Incorporação/aumento de cevada em alguns mostos

Efetuaram-se ensaios, onde se incorporou/aumentou a quantidade de cevada, em mostos Super Bock Abadia, Sem Álcool e Stout e Cristal. Os principais objetivos destes ensaios eram a validação e atualização dos manuais técnicos, dos mostos, para estas cervejas e com esta validação conseguir reduzir os custos de produção das referidas cervejas.

Para os ensaios acima enunciados, foram acompanhados parâmetros ao longo das etapas da empastagem, brassagem e filtração. Posteriormente, analisaram-se, os resultados, dos vários parâmetros monitorizados de mosto frio, de maturação e fermentação e de produto acabado.

Após a análise dos parâmetros acompanhados para cada etapa, foi possível a validação definitiva para o mosto de Super Bock Abadia e Sem Álcool. No primeiro (Super Bock Abadia), apesar de existirem parâmetros de mosto frio e produto acabado, fora da especificação, a maturação e fermentação ocorreram de forma normal, o que fez com que a validação desta receita fosse possível. No caso da Super Bock Sem Álcool, a incorporação de cevada, mostrou-se bastante benéfica, uma vez que, todos os parâmetros monitorizados estavam de acordo com a especificação.

Ficaram apenas por validar os manuais técnicos dos mostos de Super Bock Stout e Cristal. No caso da Super Bock Stout, a validação não se concretizou, uma vez que não estavam disponíveis os resultados de produto acabado. No entanto, apesar de não estarem disponíveis estes resultados, aparentemente será possível a validação desta receita uma vez que praticamente todos os parâmetros acompanhados durante a fermentação e maturação estão dentro da especificação requerida. No caso do mosto Cristal, a validação não será efetuada sem a repetição de um novo ensaio, sob todas as condições ideais de

fabricao, uma vez que atenuação real limite em mosto frio e durante a maturação se encontra fora do limite normal imposto, o que pode influenciar negativamente a fermentação e posteriormente os resultados de produto acabado.

8.4 Implementação do TPM no filtro Meura

O principal objetivo deste trabalho, era a implementação da Manutenção Autónoma e da metodologia TPM no filtro de mosto Meura 2001.

No final deste projeto, pode concluir-se que o objetivos inicialmente propostos não foram concluídos devido à falta de tempo para a conclusão deste processo uma vez que o mesmo foi incluído numa fase mais tardia do estágio.

Das várias etapas que constituem o modelo de implementação da Manutenção Autónoma da Carlsberg, apenas foi possível a concretização da Etapa 0- Preparação. Na qual se definiu a “Equipa TPM”, uma equipa multidisciplinar. Elaboraram-se “Diagramas de Máquinas”, cujo intuito era fazer compreender a função de cada equipamento que constitui o filtro de mosto. Realizou-se uma “Avaliação de Riscos” onde se sensibilizou toda a equipa para os perigos que operações indevidas podem causar nos equipamentos. Por fim definiram-se os planos de manutenção autónoma, onde se definiram ações de manutenção por parte dos colaboradores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja, I. P., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management no. 25*, 709-756.
- Ahuja, I. S., & Singh, P. (2013). Total productive maintenance: A tool for envisaging manufacturing competence. *International Journal of Technology, Policy and Management no. 13 (2)*, 107-120.
- Anton Paar. (14 de Outubro de 2013). *Anton Paar*. Obtido de http://www.anton-paar.com/Sistema-de-An%C3%A1lise-de-Cerveja-Alcolyzer/Medidor-de-%C3%81lcool/60_Brazil_pt?product_id=346
- Briggs, D. E., Boulton, C. A., & Peter A. Brookes, R. S. (2004). *Brewing Science and practice*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press, LLC.
- Cabrita, J., Maria, M. L., Leão, J., & Martins, M. (1985). *União Cervejeira, E.P.* Leça do Balio : Unicer, E.P.
- DSI Unicer. (8 de Outubro de 2013). *Departamento de sistemas de informação - Unicer bebidas de Portugal*. Obtido de Unicer: <http://www.unicer.pt/>
- EBC. (2007). *European Convention: Mashing and Mash Separation*. Zoeterwoude, The Netherlands: European brewery Convention.
- EBlinger, H. M. (2009). *Handbook of Brewing - Processes, Technology, Markets*. Freiberg, Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Esslinger, H. M., & Narziss, L. (2005). *Beer*. Wiley- VCH Verlag GmbH.
- Fogh, H. (2000). Wort Production. *The Scandinavian School of Brewing*. The Scandinavian School of Brewing.
- Hawkins, B., & Kister, T. C. (2006). *Maintenance Planning and Scheduling, Materials & Mechanical: Butterworth-Heinemann*.
- ISQ. (2007). *Terminologia da Manutenção NP EN 13306:2007*. Instituto Português da Qualidade.
- Kunze, W., & Weber, R. (2004). *Technology Brewing and Malting*. Berlin: Germany: VLB.

- Maggard, B. N. (1992). *TPM That Works: The Theory and Design of Total Productive Maintenance: A Guide form Implementing TPM*. (1° ed. 1 vols. ed., Vol. Vol. 1.). Pittsburgh, Pennsylvania: USA: TPM Press, Inc.
- McKone, K. E., & Cua., K. O. (1999). Total productive maintenance: A contextual view. *Journal of Operations Management no. 17 (2)*, 123-144.
- Mckone, K. E., & Weiss., E. N. (1998). TPM: Planned an Autonomous Maintenance: Bridging the Gap Between Practise and Research. *Production and Operations Management no. 7*.
- Meura S.A. (2011). *Mash Filter MEURA 2001 Hybrid: Instructions Manual*. Péruwelz, Belgien: Meura.
- Nakajima, S. (1990). Total Productive Maintenance ou "Zero Avarias". *In Seminário Internacional de TPM*. Lisboa: International Seminars on Advanced Technology.
- O'Rourke, T. (2002). Sedimentation- liquid/solid separation in the brewing process. *The BREWER Internacional*.
- O'Rourke, T. (2002). The function of enzymes in brewing. *The BREWER Internacional*.
- O'Rourke, T. (2002). The function of wort boiling. *The BREWER Internacional*.
- O'Rourke, T. (2002). The Role of pH in brewing. *The BREWER Internacional*.
- Ramayah, T. M., & Hassan, M. M. (2002). Change Management and Implementation of Total Productive Maintenance: An Exploratory Study of Malaysian Manufacturing Companies.
- Torres, L. M. (2009). *Caracterização Dos Parâmetros Técnicos Do Processo De Fabricação De Aguardente a Partir De Gengibre*. Botucatu: Universidade Estadual Paulista .
- Wilmott, P., & McCarthy, D. (2001). *TPM - A Route to World Class Performance, Materials & Mechanical*: ButterWorth Heinemann.

ANEXO A- CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS PELA MEURA PARA O MALTE

Tabela A.1 - Características ideais para o malte, recomendadas pela Meura.

Parâmetro	Método	Unidades	Malte
Tempo mínimo armazenamento		Semanas	4
Rendimento de extrato (base seca)	EBC 4.5.1	% w/w	≥81
Diferença de extrato (grão grossos e finos)	EBC 4.5.2	% w/w	≤1.8
Teor de Humidade	EBC 4.2	%	≤4.5
Cor	EBC 4.7.2	° EBC	3.5±0.5
Temperatura de gelatinização		°C	≤64
Tempo de sacarificação		Minutos	≤10
pH	EBC 4.1.8		5.6±0.2
Viscosidade	EBC 4.8	mPa.s (cP)	<1,55
Odor do mosto			Normal
Aparência do mosto			Límpido (sem turvação)
α-amilase	EBC 4.13	D.U.	>32
Poder diastásico	EBC 4.12	Unidade W.K.	≥250
Nitrogénio (base seca)	EBC 4.31	%	<1,73
Nitrogénio solúvel (base seca)	EBC 4.9.1	% w/w	~0,7
Índice de Kolbach		%	>39
β-glucanas de peso molecular elevado	EBC 4.16.2	mg/L	<250
Atividade da β-glucanase		IRVU	>550
Friabilidade	EBC 4.15	%	≥85
Grãos não modificados inteiros	EBC 4.15	%	≤1.4
Grãos, em parte, não modificados	EBC 4.15	%	≤2.6
Modificação	EBC 4.14	%	>90
Homogeneidade	EBC 4.14	%	>75
Classificação > 2.5mm		%	≥90
Triagem de impurezas		%	≤0,8

ANEXO B- TEMPOS DAS PRINCIPAIS ETAPAS DA FILTRAÇÃO

Neste anexo são apresentados os gráficos com os tempos das principais etapas do ciclo de filtração.

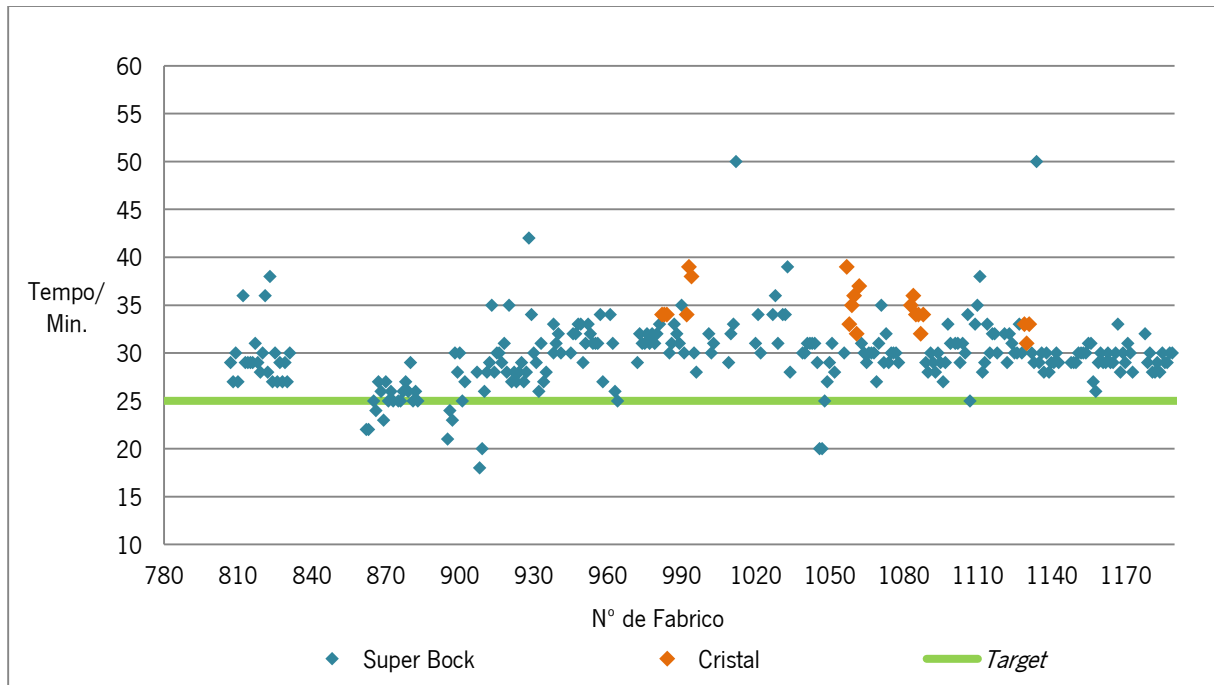


Figura B.1 - Tempo da etapa da filtração, em mosto Super Bock e Cristal.

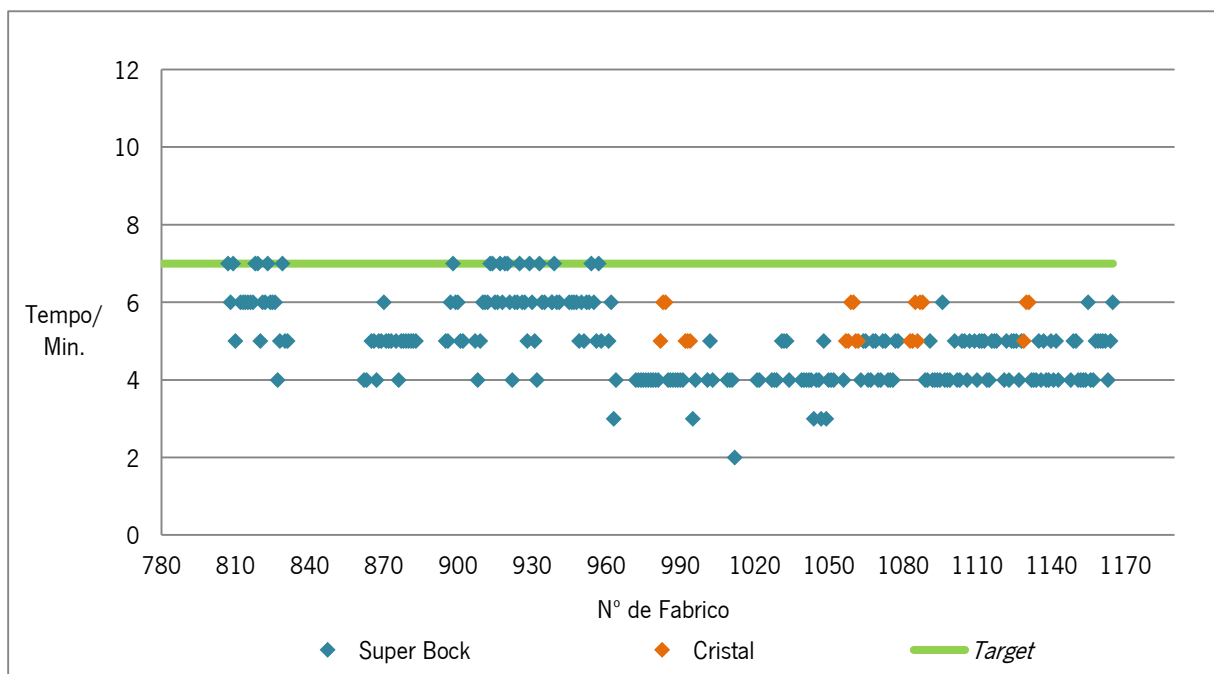


Figura B.2 - Tempo da etapa da pré-compressão, em mosto Super Bock e Cristal.

Otimização do processo de produção de mosto

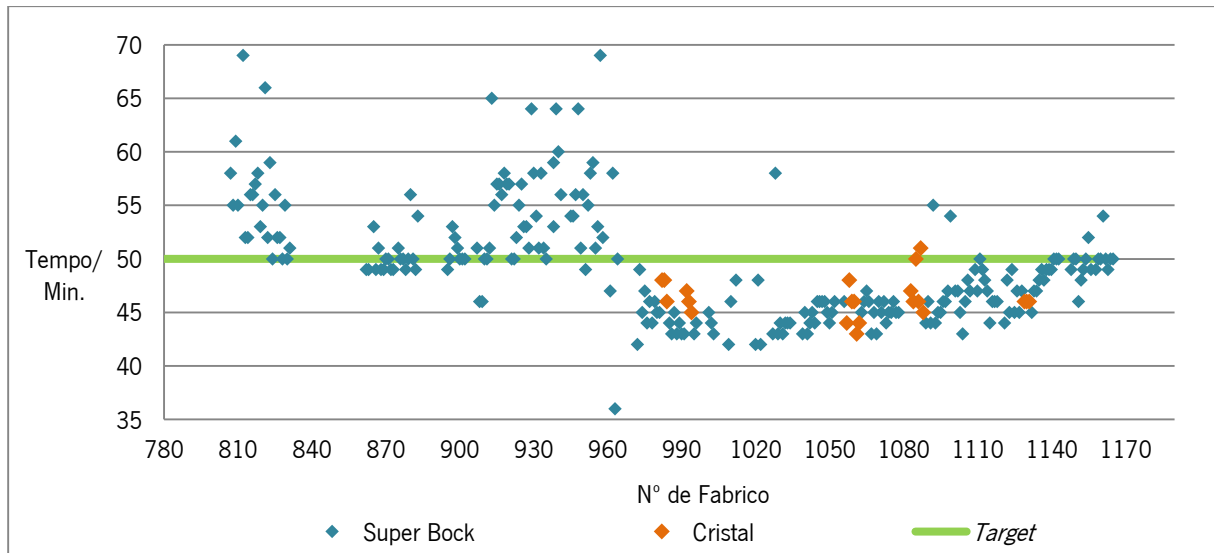


Figura B.3 - Tempo da etapa da lavagem, em mosto Super Bock e Cristal.

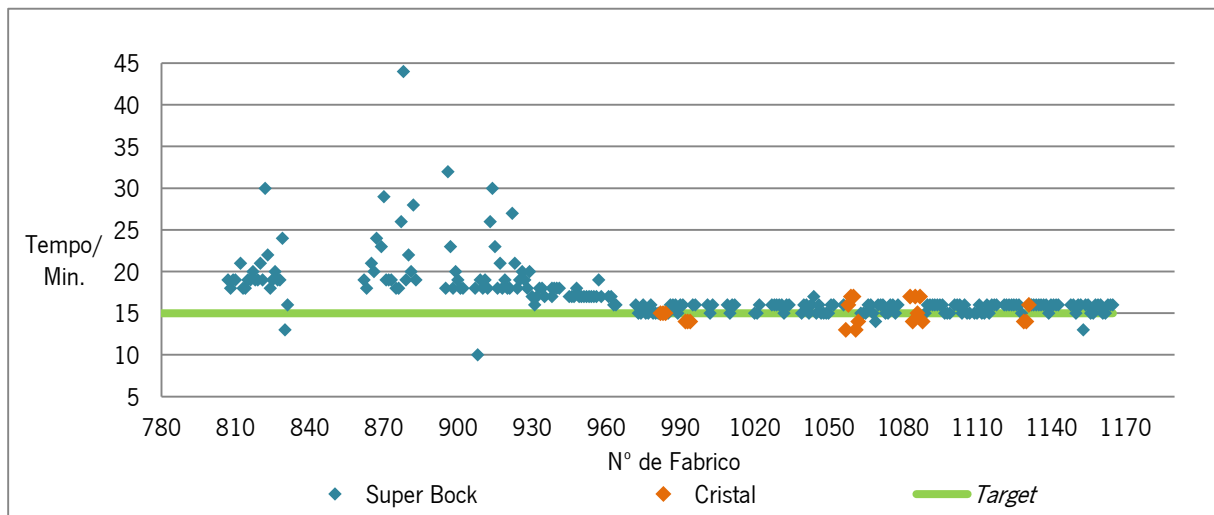


Figura B.4 - Tempo da etapa da compressão, em mosto Super Bock e Cristal.

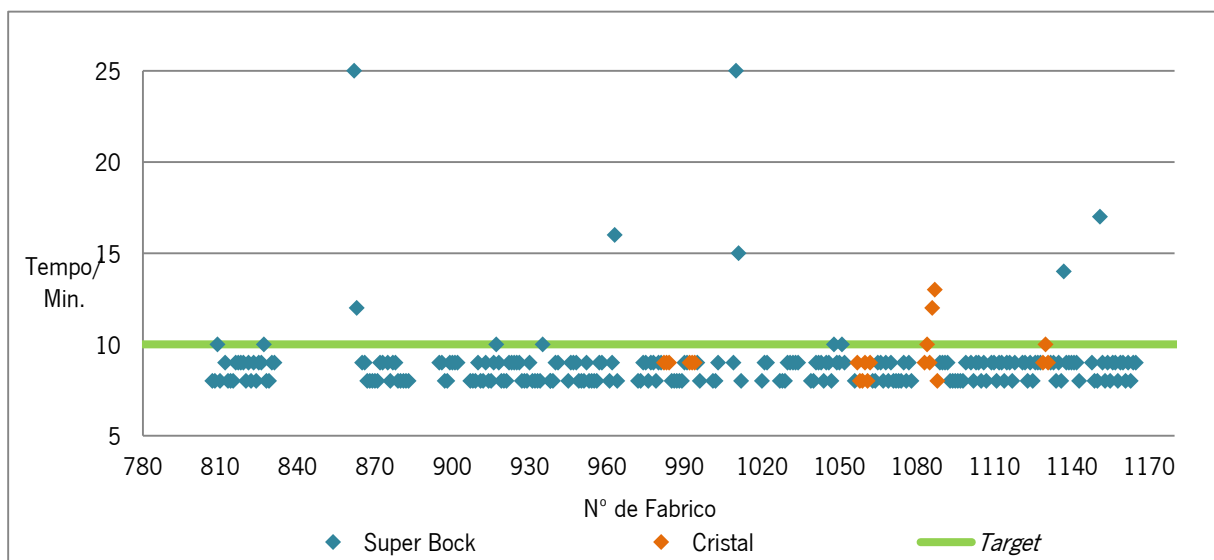


Figura B.5 - Tempo da etapa de descarga, em mosto Super Bock e Cristal.

ANEXO C – GRÁFICO PERFIL DE UMA “BOA” FILTRAÇÃO

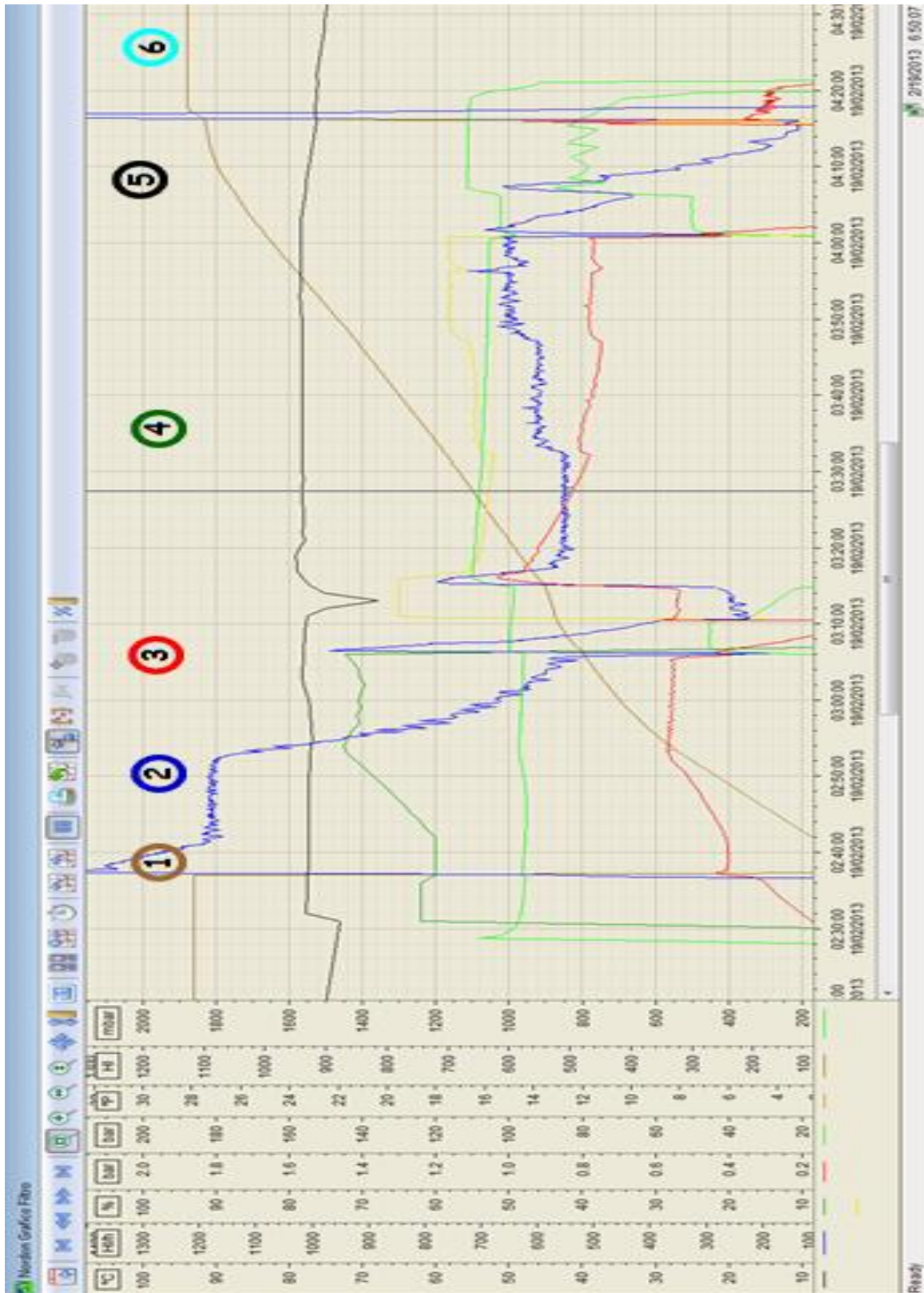


Figura C.1 – Gráfico perfil de uma boa filtração, obtido a partir do autômato da sala Nordon.

Otimização do processo de produção de mosto

Legenda:

Nº	Etapa
1	Enchimento
2	Filtração
3	Pré- Compressão
4	Lavagem
5	Compressão
6	Descarga

ANEXO D - CALCULO DA TAXA DE AQUECIMENTO EFETUADO PARA A CALDEIRA DE CALDAS

Neste anexo é apresentado o cálculo da taxa de aquecimento (expressa em °C/min) efetuado para a Caldeira de Caldas. Calculada durante a elevação da temperatura que a caldeira efetua dos 70°C para os 92°C. Esta taxa relaciona o tempo que demora a caldeira a efetuar a referida elevação da temperatura.

Equação 3

$$\textit{Taxa de aquecimento} = \frac{\textit{Temperatura}_{final} - \textit{Temperatura}_{inicial}}{\textit{Tempo}}$$

ANEXO E - PARÂMETROS ACOMPANHADOS DURANTE A EMPASTAGEM/BRASSAGEM

Tabela E.1 – Parâmetros monitorizados ao longo durante a empastagem/brassagem.


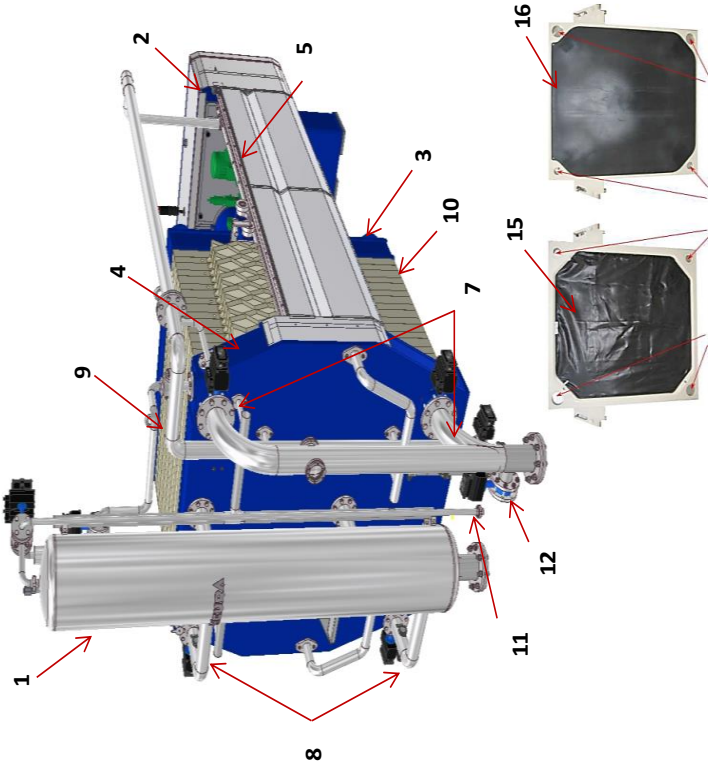
Descrição		Nº Fabrico: Data:
Caldeira de Empastagem	Temperatura da água durante a hidratação do malte Caudal de hidratação Temperatura caldeira após hidratação Taxa de aquecimento para 1º patamar Temperatura no patamar Tempo no patamar Volume da caldeira no sinótico após empastagem pH após empastagem Temperatura após mistura das caldas (sem ligar camisas) Volume da caldeira no sinótico após empastagem Taxa de aquecimento para 2º patamar Temperatura no 2º patamar Tempo no 2º patamar Taxa de aquecimento para 3º patamar Temperatura 3º patamar Tempo 3º patamar	
Caldeira de Caldas	Temperatura da água durante a hidratação do milho Caudal de hidratação Temperatura caldeira após hidratação Volume da caldeira no sinótico após empastagem pH após empastagem Taxa de aquecimento, 1º patamar Temperatura 1º patamar Tempo 1º patamar Taxa de aquecimento 2º patamar Temperatura 2º patamar Tempo 2º patamar	

ANEXO F - PARÂMETROS MONITORIZADOS AO LONGO DE CADA ETAPA**Tabela F.1** – Parâmetros monitorizados para o mosto frio, fermentação e maturação e produto acabado.

Fase de Produção	Etapa	Característica a analisar
Fabrico de Mosto	Mosto frio	<ul style="list-style-type: none"> • Extracto (°P) • pH • Cor (EBC) • Amargor (U.A.) • Cálcio e Zinco • Atenuação limite • DMS
Adegas	Fermentação Maturação Estabilização a frio	<ul style="list-style-type: none"> • Contagem de células (mlh/mL) * • Extrato (°P) • Álcool (p/p) • pH • Cor (EBC) • Amargor (U.A.) • Atenuação real • SO₂ Total (mg/L) • Extrato Aparente (% p) • Extrato Real (%) • Atenuação Real (%) • Tempo de redução de extrato (dias) • Tempo de redução de diacetilo (dias)
Produto acabado	Controlo de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Extratos Primitivo e Aparente (°P) • Atenuação Real • Álcool (v/v) • pH • CO₂ (g/L) • Amargor (U.A.) • Estabilidade de espuma (Segundo) • Turvação (total, 20 °C e a 0 °C) (EBC) • Diacetilo ou Diketonas totais (mg/L) • SO₂ total (mg/L) • Perfil aromático • Estabilidade Organoléptico • Azoto aminado Livre (mg/L) • Polifenóis totais (mg/L) • DMS • Alcoois/Ésteres • Acetaldeído

ANEXO G – DIAGRAMA DE MÁQUINAS

Filtro Meura 2001 Hybrid

 <h1 style="margin: 0;">Diagrama da máquina</h1>			
Centro de produção	Leça do Balio	Data	31/05/2013
Localização	Sala de Fabrico Nordon	Elaborado por	Sónia Araújo
Equipamento	Filtro Meura 2001	Verificado por	Serafim Sales
		Função básica	
Separação da parte insolúvel (drêche) da parte líquida (mosto).			
Partes funcionais			
1.	Tanque Tampão	11.	Tanque tampão de alimentação CIP
2.	Central hidráulica	12.	Ligação <i>by-pass</i>
3.	Extremidade móvel	13.	Canais de entrada ts
4.	Extremidade fixa	14.	Canais de saída de mosto
5.	Corrente longitudinal	15.	Lado de filtração
6.	Transportador de placas	16.	Membrana
7.	Tubagem de entrada de mosto		
8.	Tubagem de saída de mosto		
9.	Tubagem de entrada de ar comprimido		
10.	Placas de filtração		
Modelo			
Meura 2001 Hybrid			
Equipamentos associados			
Tegão de descarga da drêche e Central hidráulica			


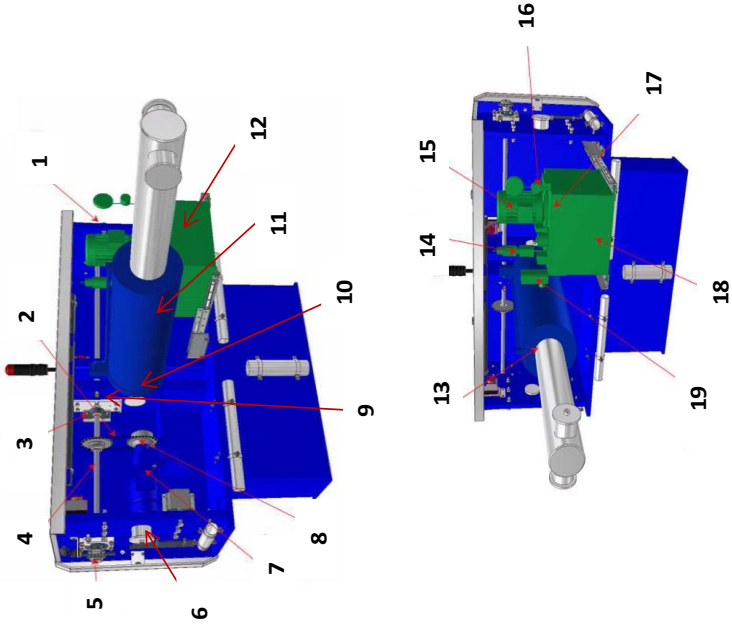



Diagrama da máquina

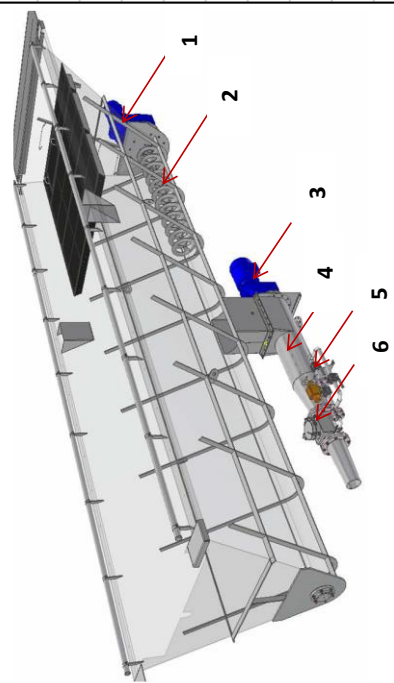
ETAPA 0

Centro de produção	Leça do Balio	Data	31/05/2013
Localização	Sala de Fabrico Nordon	Elaborado por	Sónia Araújo
Equipamento	Central hidráulica do filtro Meura 2001	Verificado por	Serafim Sales




Função básica	
Permite o deslocamento da extremidade móvel e das placas durante a descarga do filtro.	
Partes funcionais	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Rolamento externo do veio 2. Corrente de transmissão 3. Rolamento interno 4. Eixo 5. Rolamento externo do veio 6. Ponto de fixação do veio 7. Motor de embraiagem do <i>shifting</i> das placas 8. Unidade de limitação de binário 9. Mecanismo de transporte de placas 10. Suporte de cilindro hidráulico 	<ol style="list-style-type: none"> 11. Cilindro hidráulico 12. Unidade de hidráulico 13. Cilindro de hidráulico dupla ação 14. Válvula "spool" 15. Bomba do motor hidráulico 16. Transmissor de pressão e variador de pressão 17. Bomba de dupla fase (submersa) 18. Tanque de óleo 19. Bomba manual de segurança
Modelo	
Equipamentos associados	
Sem-fim da drêche; Motor do Sem-fim da drêche	


 <p>ETAPA 0</p>		<h1>Diagrama da máquina</h1>			
		Centro de produção	Leça do Balio	Data	31/05/2013
		Localização	Sala de Fabrico Nordon	Elaborado por	Sónia Araújo
		Equipamento	Tegão de descarga de drêche	Verificado por	Serafim Sales
<p>Função básica</p> <p>Recolha da drêche, que cai das placas de filtração e posterior envio para silos de armazenamento.</p>					
<p>Partes funcionais</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Moto-reductor do sem-fim da drêche 2. Sem-fim da tremonha da drêche 3. Moto -reductor do Sem-fim de transporte da drêche 4. Transportador da drêche 5. Válvula de envio da drêche ao silo de drêche 6. Válvula de envio da drêche 					
<p>Modelo</p>					
<p>Equipamentos associados</p> <p>Sem-fim da drêche e motor do sem-fim da drêche.</p>					




ANEXO H – AVALIAÇÃO DE RISCOS

Filtro Meura 2001 Hybrid

 ETAPA 0 Avaliação de riscos do equipamento Operações de limpeza, inspeção e lubrificação									
Centro de produção		Leça do Balio		Data		30/05/2013			
Localização		Sala de Fabrico Nordon		Elaborado por		Sónia Araujo			
Equipamento		Filtro Meura 2001 Hybrid		Verificado por		Serafim Sales			
Perigo	Risco	Consequência	Gravidade	Probabilidade	Risco	Medidas preventivas	Estado da medidas preventivas		
Utilização de utensílios cortantes durante a verificação dos tubos de ar comprimido	Rompimento dos tubos	Perda da estanquicidade dos tubos	2	1	2	Não utilizar utensílios cortantes e/ou materiais que possam provocar o rompimento do tubo	Implementada		
Levantamento excessivo da corrente de transporte de placas	Estiramento excessivo da corrente	Mau funcionamento durante o transporte de placas	3	2	6	Elevar a corrente apenas 1 cm	Implementada		

 Avaliação de riscos do equipamento Operações de limpeza, inspeção e lubrificação													
Centro de produção		Leça do Balio		Data		30/05/2013							
Localização		Sala de Fabrico Nordon		Elaborado por		Sónia Araújo							
Equipamento		Central hidráulica do filtro Meura 2001 Hybrid								Verificado por		Serafim Sales	
Perigo	Risco	Consequência	Gravidade	Probabilidade	Risco	Medidas preventivas	Estado da medidas preventivas						
Utilização de água na limpeza dos componentes do equipamento	Contacto dos componentes elétricos com água	Avarias nas funções e erros associados; Danos e destruição de componentes	3	1	3	Limpar a seco	Implementada						
Utilização de produtos de limpeza perigosos nos componentes do equipamento	Contacto dos componentes com produtos perigosos/corrosivos	Avarias nas funções e erros associados; Danos e destruição de componentes	3	1	3	Limpar a seco	Implementada						
Falta de lubrificação	Funcionamento em más condições de lubrificação	Gripagem	3	2	6	Cumprir o Plano de Lubrificação	Implementada						
Utilização de utensílios cortantes durante a verificação do cilindro hidráulico	Danificação do cilindro hidráulico	Mau funcionamento do cilindro hidráulico durante a abertura do filtro	2	1	2	Não utilizar utensílios cortantes e/ou materiais que possam provocar a danificação do cilindro	Implementada						

Tegão de descarga do filtro Meura 2001 Hybrid

 Avaliação de riscos do equipamento Operações de limpeza, inspeção e lubrificação											
		Leça do Balio	Data		30/05/2013						
Localização		Sala de Fabrico Nordon		Elaborado por		Sónia Araújo					
Equipamento		Tegão de descarga do filtro Meura 2001 Hybrid								Verificado por	Serafim Sales
Perigo	Risco	Consequência	Gravidade	Probabilidade	Risco	Medidas preventivas	Estado da medidas preventivas				
Utilização de produtos de limpeza perigosos nos componentes do equipamento	Contacto dos componentes com produtos perigosos/corrosivos	Avarias nas funções e erros associados; Danos e destruição de componentes	3	1	3	Limpar a seco	Implementada				
Utilização de água na limpeza dos componentes do equipamento	Contacto dos componentes com água	Avarias nas funções e erros associados; Danos e destruição de componentes	3	1	3	Limpar a seco	Implementada				

