



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica



Implementação do Processo RCM num Ativo Crítico na Indústria Agroalimentar

JOÃO FRANCISCO RODRIGUES SILVA

Mestre em Engenharia Biológica

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Júri:

Presidente: Doutor André Rui Dantas Carvalho

Vogais:

Doutor Luís António de Andrade Ferreira

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Novembro de 2023



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Implementação do Processo RCM num Ativo Crítico na Indústria Agroalimentar

JOÃO FRANCISCO RODRIGUES SILVA
Mestre em Engenharia Biológica

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Júri:

Presidente: Doutor André Rui Dantas Carvalho

Vogais:

Doutor Luís António de Andrade Ferreira

Doutor José Augusto da Silva Sobral

Novembro de 2023

Agradecimentos

Na realização deste trabalho muitas pessoas deram o seu contributo. A todos expresso o meu apreço e o meu agradecimento sincero.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor José Sobral por ter aceitado orientar-me, pela ajuda na definição do tema do trabalho, pelo interesse, dedicação, sugestões e disponibilidade demonstrado ao longo do trabalho.

Gostaria também de agradecer à Casa Santos Lima, Companhia das Vinhas S.A., em particular aos membros da Administração, pela oportunidade e apoio na realização do trabalho.

A todos os elementos que fizeram parte da equipa de RCM e que com o seu contributo, interesse e dedicação permitiram que fosse possível obter os resultados deste trabalho.

Por fim um agradecimento a toda a minha família, em especial, à minha esposa Diana e à minha filha Antónia pelo apoio, inspiração e paciência demonstrados ao longo de todo este processo.

Resumo

As transações de vinho a nível mundial têm aumentado nos últimos anos, levando ao aumento da competitividade entre os produtores de vinho, onde, para além da qualidade dos produtos fornecidos, o tempo de resposta às encomendas dos clientes é fundamental. Assim, a área da manutenção desempenha um papel importante no tempo de resposta às encomendas, visto que esta é responsável por manter os ativos da organização disponíveis.

Este trabalho tem como objetivo a implementação de uma metodologia de trabalho de aplicação do processo RCM, sendo utilizado um ativo crítico, a enchedora da linha de enchimento de maior cadência, como caso de estudo. Esta metodologia de trabalho será posteriormente replicada aos restantes ativos físicos da organização.

O processo RCM será baseado na versão mais recente, o RCM3, tendo para o efeito sido criada uma equipa multidisciplinar composta por elementos que lidam diariamente com o ativo em estudo. A aplicação do processo RCM iniciou-se com uma ação de formação para a equipa de RCM, seguindo-se a sua execução. O estudo foi realizado em reuniões de uma hora em que foram discutidas as questões do processo para os subsistemas em estudo. Devido à complexidade do ativo o processo foi executado em 3 dos subsistemas que o compõe, que foram considerados pela equipa como os subsistemas mais críticos. Através da realização do processo RCM verificou-se que a partilha de conhecimento dos elementos da equipa foi benéfica para estes, tendo sido também possível obter um plano de manutenção preventiva ajustado às condições de operação do ativo.

Palavras-chave: RCM; Enchedora; Ativos físicos, Manutenção, Gestão da Manutenção, Manutenção Preventiva

Abstract

Wine transactions worldwide have increased in recent years, leading to increased competitiveness among wine producers, where, in addition to the quality of the products supplied, the response time to customer orders is fundamental. Thus, the maintenance department plays an important role in the response time to orders, as it is responsible for keeping the organization's assets available.

The objective of this work is the implementation of a working methodology for applying the RCM process, using a critical asset, the filler of the highest cadence filling line, as a case study. This work methodology will later be replicated to the remaining physical assets of the organization.

The RCM process will be based on the most recent version, the RCM3, having created a multidisciplinary team composed of elements that deal daily with the asset under study. The application of the RCM process started with training for the RCM team, followed by its execution. The study was carried out in one-hour meetings in which process issues for the subsystems under study were discussed. Due to the complexity of the asset, the process was performed in three of the subsystems that compose it, which were considered by the team as the most critical subsystems. By carrying out the RCM process, it was verified that the sharing of knowledge by the team members was beneficial for them, and it was also possible to obtain a preventive maintenance plan adjusted to the operating conditions of the asset.

Keywords: RCM, Filler, Physical Assets, Maintenance, Maintenance Management, Preventive Maintenance

Lista de Abreviaturas

AHP – Analytic Hierarchy Process
ALARP – As Low As Reasonably Practicable
CSL – Casa Santos Lima, Companhia das Vinhas S.A.
DOC – Denominação de Origem Controlada
ETA – Event Tree Analysis
FAA – Federal Aviation Agency
FMEA – Failure Mode and Effect Analysis
FTA – Fault Tree Analysis
GAMAB – Globalement Au Moins Aussi Bon
GMAC – Gestão da Manutenção Assistida por Computador
HAZOP – Hazard and Operability
IoT – Internet of Things
JIT – Just-In-Time
LOPA – Layer Of Protection Analysis
MCC – Manutenção de Controlo de Condição
MEM – Minimum Endogenous Mortality
OEE - Overall Equipment Efficiency
OIV – Organização Internacional da Vinha e do Vinho
PLC - Power Line Communication
RBI – Risk Based Inspection
RBM – Risk Based Maintenance
RCA – Root Cause Analysis
RCM – Reliability Centred Maintenance
RPN – Risk Priority Number
SAE – Society of Automotive Engineers
TPM – Total Productive Maintenance

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Lista de Abreviaturas.....	v
Índice figuras	viii
Índice de tabelas	ix
1 – Introdução.....	1
2 – Estado da arte.....	3
3 – Manutenção Centrada na Fiabilidade	14
3.1 A evolução do Processo RCM.....	14
3.2 RCM II e RCM3	17
3.2.1 Contexto operacional.....	18
3.2.2 Funções.....	18
3.2.3 Estados de falha.....	18
3.2.4 Modos de falha	19
3.2.5 Efeitos da falha	19
3.2.6 Consequência vs. Risco	19
3.2.7 Risco inerente	20
3.2.8 Diagrama de decisão.....	20
3.3 Processo RCM	21
4 – Empresa e Equipamento	28
4.1. Caracterização da Empresa.....	28
4.2. Caracterização do equipamento	29
5 – Aplicação prática do Processo RCM	35
5.1 Metodologia proposta	35
5.2 Preparação do Processo RCM.....	44
5.3 Reuniões RCM.....	45
5.4 Processo RCM	47
6 Conclusões e Recomendações Futuras	57

Referências	58
Anexo 1 – Sistemas e subsistemas do equipamento em estudo	61
Anexo 2 – Resultados obtidos no Processo RCM	64

Índice figuras

Figura 1 – Desenvolvimento de estratégias de manutenção, adaptado de (Arunraj & Maiti, 2007).....	4
Figura 2 - Tipos de Manutenção, Anexo A da (NP EN 13306, 2021).	6
Figura 3 - Atividades de Manutenção, retirado de Anexo A da (NP EN 13306, 2021)...	8
Figura 4 - Padrões de falha resultantes do estudo da <i>United Airlines</i> e da <i>Boeing</i> . Os padrões A, B e C relacionados com o tempo de serviço. Os padrões D, E e F sem relação com o tempo de serviço (Sifonte & Reyes-Picknell, 2017).....	15
Figura 5 - Diferenças da definição das consequências consideradas no RCM II e RCM3.	19
Figura 6 – Etapas do Processo RCM.	21
Figura 7 - Tipos de padrões de desempenho que caracterizam a função do ativo.	22
Figura 8 – Tipos de funções que podem ser associadas aos ativos.	23
Figura 9 – Categorias usualmente utilizadas para caracterizar os modos de falha.....	25
Figura 10 - Principais países onde estão presentes os vinhos da Casa Santos Lima (retirado de (<i>Casa Santos Lima, Companhia das Vinhas, S.A.</i> , sem data)).	29
Figura 11 - Diagrama de blocos onde estão representadas as etapas mais relevantes do processo de engarrafamento de vinho.	29
Figura 12 - Enchedora em estudo no processo RCM.	30
Figura 13 - Esquema do ciclo de funcionamento da enchedora, retirado de (Bertolaso, 2016).....	32
Figura 14 - Diagrama de blocos da enchedora.	33
Figura 15 - Fluxograma do processo RCM.	36
Figura 16 - Diagrama de decisão do processo de RCM, retirado de (Basson, 2019).....	43

Índice de tabelas

Tabela 1 - Questões dos processos RCM II (Moubray, 1997) e RCM3 (Basson, 2019).	17
Tabela 2 - Ficha de identificação do ativo.....	37
Tabela 3 - Modelo proposto para recolha de informação para responder à Q1. Adaptado de (Basson, 2019).	38
Tabela 4 - Tabela para realização da FMEA e análise de risco a cada modo de falha, adaptado de (Basson, 2019).....	40
Tabela 5 - Níveis considerados para determinar a severidade do modo de falha. Adaptado de (Basson, 2019; Leoni et al., 2021; Okwuobi et al., 2018; Tang et al., 2017)....	41
Tabela 6 - Níveis considerados para determinar a probabilidade do modo de falha. Adaptado de (Basson, 2019; Leoni et al., 2021; Okwuobi et al., 2018; Tang et al., 2017).....	42
Tabela 7 - Matriz de risco utilizada para determinar o nível de risco do modo de falha, segundo (Basson, 2019).....	42
Tabela 8 - Descrição dos níveis de risco, segundo (Basson, 2019).....	42
Tabela 9 -Excerto da Tabela 20 referente às respostas obtidas no processo RCM para as questões Q2 a Q4.	48
Tabela 10 -Excerto da Tabela 21 referente às respostas obtidas no processo RCM para a questão Q5.	49
Tabela 11 -Excerto da Tabela 22 referente às respostas obtidas no processo RCM para as questões Q6 e Q7.....	50
Tabela 12 -Excerto da Tabela 23 referente às respostas obtidas no processo RCM para a questão Q8.	51
Tabela 13 - Resumo dos resultados obtidos no processo RCM	51
Tabela 14 – Modos de falha e estados de falha coincidentes nos subsistemas	52
Tabela 15 - Resumo dos resultados obtidos no processo RCM sem os estados de falha e dos modos de falha repetidos.	53
Tabela 16 – Plano de ações obtido do processo de RCM.....	54
Tabela 17 - Sistemas e subsistemas da enchedora, limites do equipamento e referências dos desenhos dos componentes.	61
Tabela 18 - Ficha de identificação de produto preenchida para o ativo em estudo.....	64

Tabela 19 – Informação recolhida que caracteriza o ativo em estudo.....	65
Tabela 20 – Respostas obtidas no processo RCM para as questões Q2 a Q4 dos subsistemas em estudo.....	69
Tabela 21 - Respostas obtidas no processo RCM para a questão Q5 dos subsistemas em estudo.....	75
Tabela 22 - Respostas obtidas no processo RCM para as questões Q6 e Q7 dos subsistemas em estudo.....	92
Tabela 23 - Respostas obtidas no processo RCM para a questão Q8 dos subsistemas em estudo.....	105

1 – Introdução

Nos últimos anos o consumo de vinho tem aumentado a nível global, o que leva também a um aumento das trocas comerciais nesta área. De acordo com o relatório da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) de 2019 (Roca, 2019), no ano de 2018 foram transacionados 108 milhões de hectolitros de vinho a nível mundial, o que representa um aumento de 3% relativamente a 2014. Este volume de exportações representa 31 biliões de euros a nível global, tendo-se verificado um aumento de 23% relativamente a 2014. A nível nacional, Portugal exportou em 2018 cerca de 3 milhões de hectolitros (mais 5% que em 2014), o que representa 0,8 biliões de euros (mais 14% que em 2014), sendo o nono maior exportador de vinho a nível mundial (Roca, 2019).

Com este aumento de transações no mercado do vinho, a competitividade entre produtores aumenta, obrigando a que estes respondam às solicitações de clientes com maior rapidez possível e fornecendo produtos de grande qualidade a preços competitivos.

Pode dizer-se que a capacidade de resposta de cada organização às encomendas dos clientes está diretamente relacionada com a taxa de disponibilidade dos seus equipamentos. Para que esta taxa de disponibilidade seja elevada a manutenção dos seus ativos físicos não pode ser descurada. Sendo a área da manutenção responsável por manter os ativos nas suas condições ótimas de funcionamento, esta área da organização tem elevada importância no seu desempenho.

Desde o início da Revolução Industrial a complexidade dos equipamentos tem aumentado, assim como os custos de operação (Arunraj & Maiti, 2007; Mobley, 2004). Também as filosofias e estratégias de manutenção têm evoluindo desde então. Para manter um bem nas suas condições requeridas de funcionamento existem diversas estratégias de manutenção que podem ser adotadas de acordo com as opções tomadas pelos membros da organização responsáveis pela gestão da manutenção.

Com o aumento da complexidade dos equipamentos também aumenta, por norma, o número de tarefas de manutenção preventiva a realizar de modo a manter o equipamento com maior disponibilidade possível. Existem diversas estratégias de gestão de manutenção para criar e avaliar as tarefas de manutenção necessárias a um determinado ativo. Uma das estratégias de gestão da manutenção passa pelo desenvolvimento de um processo de Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM - *Reliability Centred Maintenance*).

Este trabalho centra-se na implementação do processo RCM numa empresa agroalimentar do setor dos vinhos; a Casa Santos Lima Companhia das Vinhas S.A. (CSL), uma empresa presente em várias regiões do país e com sede no concelho de Alenquer. No processo de embalamento a etapa mais crítica é a de enchimento, tanto a nível produtivo como a nível de segurança alimentar. Deste modo, pode considerar-se as enchedoras os ativos mais críticos da organização. As operações de manutenção nestes ativos têm grande relevância visto que garantem a disponibilidade do ativo e têm grande impacto na garantia de qualidade do produto final. Assim o estudo incidirá sobre a enchedora integrada na linha de produção de maior capacidade produtiva (9000 garrafas/h). Esta enchedora está inserida num monobloco composto por mais três equipamentos, uma enxaguadora, uma rolhadora e uma formadora de cápsulas roscadas, que funcionam em sincronismo. O estudo será realizado apenas na enchedora.

A implementação do processo RCM na enchedora tem como objetivo desenvolver uma metodologia de trabalho que permita identificar modos de falha e componentes críticos de modo a criar planos de manutenção preventiva mais eficazes. A metodologia de trabalho desenvolvida no decorrer deste estudo será, posteriormente, replicada a outros ativos físicos da organização, o que permitirá a médio prazo ter um plano de manutenção mais alargado e otimizado.

De seguida no Capítulo 2 será feita uma revisão à literatura de modo a descrever o estado da arte, em que o foco incidirá sobre a importância da manutenção no contexto económico-industrial na atualidade, como tem evoluído a manutenção ao longo do tempo, qual o futuro da manutenção e da gestão da manutenção e por fim a metodologia de Manutenção Baseada no Risco (RBM – *Risk Based Maintenance*). No final do capítulo serão apresentados alguns casos práticos de implementação de RCM.

No Capítulo 3 irá ser abordado o processo RCM começando-se com a sua definição e a sua evolução. Será feita uma análise comparativa entre o processo RCM II (Moubray, 1997) e o RCM3 (Basson, 2019). Este Capítulo termina com uma descrição do processo RCM baseado no RCM3.

No Capítulo 4 será apresentada a Casa Santos Lima, empresa que decidiu desenvolver e implementar este projeto. Será também caracterizado o ativo em estudo.

No Capítulo 5 é descrito a aplicação do processo RCM, sendo exposto todo o procedimento seguido assim como os resultados obtidos no estudo.

O trabalho termina com a apresentação das conclusões e recomendações futuras, no Capítulo 6.

2 – Estado da arte

No contexto económico industrial atual a manutenção dos ativos tem um peso significativo no orçamento das organizações, podendo representar entre 15 a 60% do custo total de produção (Arunraj & Maiti, 2007; Mobley, 2002; Mostafa et al., 2015). Para a indústria alimentar estima-se que o custo da manutenção ronde, em média, os 15% dos custos de produção (Mobley, 2002).

Um terço dos custos de manutenção são desperdício devido a tarefas de manutenção desnecessárias ou feitas de modo incorreto (Mobley, 2002; Mobley et al., 2008). Assim, é importante que exista uma eficiente gestão da manutenção dos ativos da organização, de modo a que esta consiga retirar uma vantagem competitiva relativamente aos seus concorrentes.

Então, o objetivo da manutenção é que haja o mínimo de paragens de produção mantendo os ativos em boas condições e que o custo seja o mais baixo possível. Por isso, a manutenção não deve ser considerada um centro de custo, mas sim uma área que consegue gerar lucro. Uma instalação industrial que não sofra manutenção, ou que seja negligenciada, mais cedo ou mais tarde irá necessitar de reparações frequentes e com um custo crescente, porque com o decorrer do tempo os ativos irão sofrer desgaste (Vishnu & Regikumar, 2016). A falha de ativos em serviço poderá originar efeitos adversos aos planos de produção, originar atrasos de entregas ou levar à necessidade de se fazerem horas extraordinárias ou de retrabalho de modo a compensar as perdas de produção (Tortorella et al., 2021).

A manutenção acompanha o Ser Humano desde sempre, visto que qualquer ferramenta ou equipamento tende a degradar-se com o tempo. Desde o início da Revolução Industrial que a manutenção tem vindo a ganhar maior importância e com o decorrer do tempo foram sendo desenvolvidas diversas estratégias de gestão da manutenção. De acordo com alguns autores (Amaral, 2016; Arunraj & Maiti, 2007; Basson, 2019) são consideradas quatro gerações na evolução das estratégias de manutenção (resumidas na Figura 1), tendo sido verificada uma grande evolução nesta área no decorrer do século XX.



Figura 1 – Desenvolvimento de estratégias de manutenção, adaptado de (Arunraj & Maiti, 2007).

A Primeira Geração deu-se entre início da Revolução Industrial e a II Guerra Mundial. Neste período os equipamentos funcionavam até avariarem, não havendo a preocupação e necessidade de efetuar tarefas de manutenção preventiva (para além de limpezas e lubrificações de rotina), visto que os equipamentos eram simples e encontravam-se sobredimensionados, fazendo com que estes fossem fáceis de reparar e apresentando uma fiabilidade elevada. Na Primeira Geração a indústria ainda era pouco mecanizada e os tempos de paragem não tinham grande relevância. Tal como referido anteriormente, o facto de os equipamentos serem simples do ponto de vista mecânico, fazia com que não houvesse necessidade de operadores especializados.

Entre o início da II Guerra Mundial e o final da década de 70 do século XX dá-se uma mudança de paradigma relativamente à gestão da manutenção, sendo esta a Segunda Geração. Durante a II Guerra Mundial aumenta consideravelmente a necessidade de bens e há escassez de mão-de-obra, levando ao aumento da mecanização da indústria e da complexidade dos equipamentos, assim como ao aumento da dependência destes equipamentos. Os custos de manutenção aumentam em relação aos custos de operação, começando os tempos de paragem a ganhar importância. Com o intuito de rentabilizar o grande investimento realizado nos equipamentos houve a necessidade de procurar maneiras de aumentar o seu tempo de vida. É nesta fase que são criados sistemas de planeamento e controlo de trabalhos de manutenção. Através de estudos aos equipamentos e tratamento dos dados estatísticos das avarias, começam a ser planeadas

operações de manutenção preventiva com base no tempo, que consistiam principalmente em revisões aos equipamentos.

A Terceira Geração ocorre entre 1980 e 2000, período no qual a exigência dos clientes e dos reguladores aumenta tanto a nível de qualidade do produto, de segurança no trabalho e de segurança ambiental. Esta fase é caracterizada pelo aumento considerável da complexidade dos equipamentos, pela sua automatização e pela digitalização da indústria (*Internet*, robô, etc.). Com o início da implementação da filosofia *just-in-time* (JIT) é necessário um grande aumento da disponibilidade e capacidade produtiva dos equipamentos, devido à baixa quantidade de inventário existente em armazém e no próprio processo produtivo. Uma pequena paragem de um equipamento por avaria poderia originar a paragem de todo o processo, devido ao baixo nível de inventário. De modo a conseguir prever as avarias com maior antecedência são desenvolvidas técnicas de Manutenção por Controlo de Condição (MCC). Inicia-se também a utilização de sistemas informáticos para gestão da manutenção, vulgarmente designados por sistemas de Gestão da Manutenção Assistida por Computador (GMAC ou CMMS – *Computerized Maintenance Management System*, em inglês).

Desde os primeiros anos do século XXI que se considera estar na Quarta Geração. De modo a diminuir custos de operação e manutenção, e aumentar a segurança dos equipamentos, operadores e da comunidade em geral, inicia-se a gestão física e económica dos ativos com base no risco, surgindo estratégias de Inspeções Baseadas no Risco (RBI – *Risk Based Inspection*) e Manutenções Baseadas no Risco (RBM – *Risk Based Maintenance*). Há também desenvolvimentos de técnicas e tecnologias de MCC e do próprio RCM. Estas evoluções vão ao encontro das novas exigências do mercado global, levando ao aumento da produtividade, segurança, fiabilidade e qualidade. Surgem também tecnologias sem fios que permitem a conectividade dos produtos que adquirem os dados, armazenam e enviam pela *internet*, vulgarmente designados por *Internet das Coisas* ou em inglês, IoT. Esta quantidade enorme de dados é recolhida por plataformas de computação na *cloud* que recebem e armazenam a grande quantidade de dados (*Big Data*), que são analisados por ferramentas analíticas em supercomputadores. Através da utilização de sensores que recolhem os dados (IoT) e das ferramentas que os tratam (*Big Data*) é possível acompanhar os ativos, de modo a otimizar e automatizar a sua utilização. São os chamados Sistemas Ciberfísicos. Com estas tecnologias é esperado que a quantidade de desperdício, energia e tempos de paragem diminuam.

A evolução da manutenção desde o início da Revolução Industrial até aos dias de hoje deu origem a diversas estratégias, metodologias, processos e ferramentas que podem ser categorizadas nos tipos de manutenção da Figura 2. Estas categorias vão ao encontro do que está definido na norma NP EN13306 (2021).

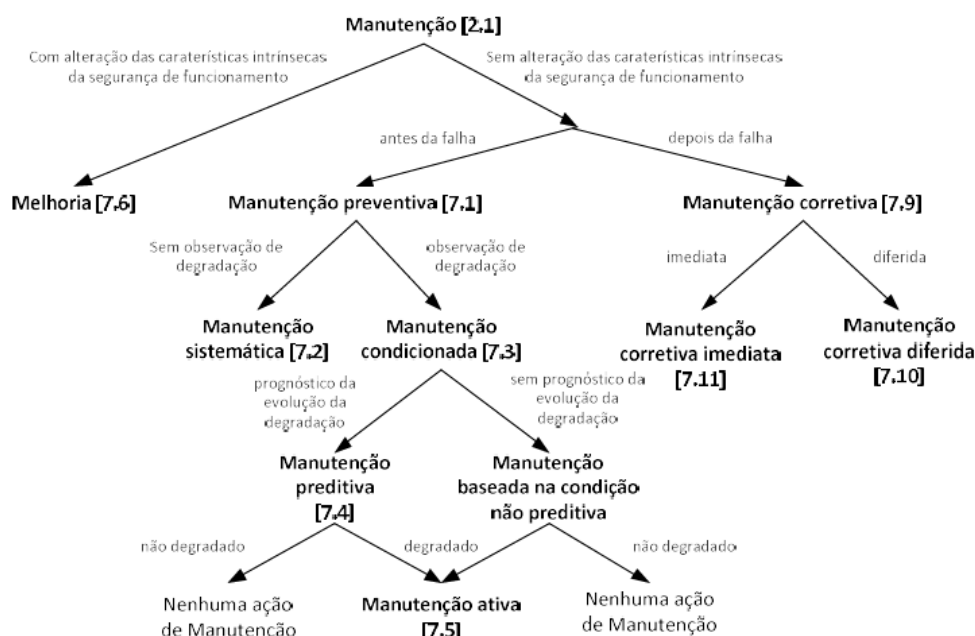


Figura 2 - Tipos de Manutenção, Anexo A da (NP EN 13306, 2021).

Segundo o que está definido na norma NP EN13306 (2021), a manutenção é definida como a “*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*”. Se as combinações das ações são efetuadas sem haver alteração das características intrínsecas da segurança do funcionamento então teremos ações de Manutenção Preventiva, se forem feitas antes de haver falha. Caso estas ações sejam realizadas depois da falha teremos ações de Manutenção Corretiva. Se houver alteração das características intrínsecas da segurança e de funcionamento serão consideradas ações de Melhoria.

A Manutenção Preventiva é a manutenção efetuada com a finalidade de avaliar e/ou mitigar a degradação e reduzir a probabilidade de falha de um bem (NP EN 13306, 2021). Esta pode ser sistemática que é efetuada a intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização (horas, quilómetros, ciclos de produção, etc.), mas sem controlo prévio da condição do bem (NP EN 13306, 2021). Se houver avaliação das condições físicas, análise e possíveis ações de manutenção

decorrentes, esta é designada por Manutenção Condicionada (NP EN 13306, 2021). Este tipo de manutenção pode ser dividido em dois subtipos a Manutenção Preditiva e a Manutenção Baseada na Condição não preditiva. A primeira diz respeito à manutenção baseada na condição efetuada de acordo com as previsões extrapoladas de análises repetidas ou de características conhecidas e avaliação de parâmetros significativos da degradação (NP EN 13306, 2021). A Manutenção Baseada na Condição, também designada por Manutenção Condicionada, é a manutenção preventiva que inclui a avaliação das condições físicas, análise e possíveis ações de manutenção decorrentes (NP EN 13306, 2021).

A Manutenção Corretiva, é a manutenção efetuada após a deteção da falha, destinada a repor um bem num estado em que pode realizar a função requerida (NP EN 13306, 2021). Esta pode ser diferida, não sendo efetuada imediatamente após a deteção da avaria, sendo adiada de acordo com regras estabelecidas (NP EN 13306, 2021), ou pode ser imediata se é efetuada sem atraso após a deteção de uma avaria, de forma a evitar as consequências inaceitáveis (NP EN 13306, 2021).

Outro tipo de manutenção é a Manutenção de Melhoria que consiste na combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, com o objetivo de melhorar a fiabilidade intrínseca e/ou a manutibilidade e/ou segurança de um bem, sem alterar a sua função original (NP EN 13306, 2021).

As atividades de manutenção encontram-se sistematizadas na Figura 3, e tal como nos tipos de manutenção estas podem-se dividir em atividades preventivas e atividades corretivas, caso sejam realizadas antes da deteção de uma falha ou após a deteção de uma falha. Com base nestas atividades serão criados os planos e tarefas de manutenção requeridas por determinado bem.

Vários métodos de trabalho, técnicas e ferramentas são utilizados atualmente para a realização das atividades de manutenção que são necessárias executar. Já é habitual na indústria, devido à certificação de determinados referenciais normativos, uma maior consciencialização por parte dos quadros superiores para a importância da manutenção e a existência de planos de manutenção para os ativos que cada organização detém. Segundo McLeman et al. (2021), 88% das instalações industriais têm planos de manutenção preventiva. Estas ações de manutenção preventiva, como foi visto anteriormente, podem ser sistemáticas ou condicionadas. As sistemáticas têm a desvantagem de não terem em conta a condição do bem, podendo estar-se a desenvolver ações de manutenção a componentes que ainda estejam em boas condições, podendo

ocorrer alguma falha entre os intervalos de manutenção. Nesta estratégia de manutenção as ações de manutenção apenas são feitas na altura determinada.

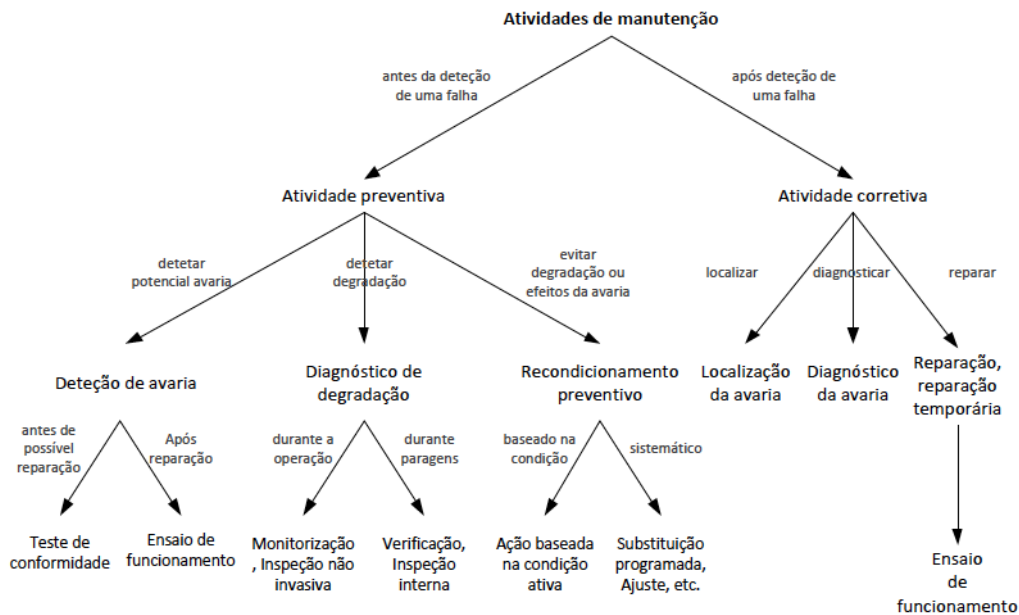


Figura 3 - Atividades de Manutenção, retirado de Anexo A da (NP EN 13306, 2021).

Nas ações de manutenção preventiva condicionada podem ser utilizadas técnicas de avaliação dos equipamentos que podem ser a análise de vibrações, a análise de óleos, termografia e análise de parâmetros processuais (Amaral, 2016), entre outras. Aqui é permitido verificar continuamente, ou por inspeções periódicas, o estado do equipamento de modo a que as ações de manutenção sejam realizadas antes da ocorrência da falha. Os custos dos equipamentos de análise e a necessidade de técnicos mais especializados leva a que algumas organizações ainda tenham resistência quanto à sua implementação.

As metodologias, métodos, processos e estudos frequentemente utilizadas para a análise de equipamentos são as Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA), Análise de Árvore de Falhas (FTA), Análise de Árvore de Acontecimentos (ETA), Análise de Risco, Análise de Causa Raiz (RCA), Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM) e Manutenção Produtiva Total (TPM) (Amaral, 2016; Chin et al., 2020).

A tendência para a evolução da gestão da manutenção para os próximos anos será a aplicação massificada das tecnologias de inteligência artificial, *Big Data*, *cloud computing*, *Digital Twins*, robôs, sensores inteligentes, IoT e realidade aumentada (Chin et al., 2020; Hassoun et al., 2022; Mendes et al., 2022; Tortorella et al., 2021). Estas tecnologias vão complementar as técnicas de manutenção preventiva condicionada (Hassoun et al., 2022). Também vão permitir a mudança de paradigma da manutenção

corretiva e preventiva sistemática para a manutenção preditiva originando benefícios técnicos e económicos, permitindo a implementação de estratégias de manutenção inovadoras e também a otimização das já existentes (Tortorella et al., 2021). Estes equipamentos, ferramentas e tecnologias que serão utilizadas também irão necessitar de operações de manutenção (Hassoun et al., 2022).

A utilização de sensores inteligentes, com IoT e *cloud computing* permitem uma monitorização das condições de operação mais eficientes levando à redução de desperdício de recursos, permitindo decisões mais assertivas (Tortorella et al., 2021). Segundo Mendes et al. (2022), a utilização da inteligência artificial em conjunto com a estatística, permitirá que os dados históricos dos equipamentos possam ser utilizados como métodos preditivos, de modo a conseguir prever ocorrências futuras. A utilização conjunta destes métodos é benéfica porque cada um deles consegue superar a limitação dos outros, criando assim um sistema mais robusto. A realidade aumentada fornece uma ferramenta para melhorar as inspeções de equipamentos, diagnóstico de falhas e a formação dos técnicos de manutenção (Tortorella et al., 2021).

Ao analisar uma qualquer indústria é muito provável chegar facilmente entre os 3000 a 10000 modos de falha possíveis (Basson, 2019). Cada um destes modos de falha irá afetar a organização de modo diferente, podendo afetar, por exemplo, as operações de produção, a qualidade do produto, a segurança do ativo, das pessoas ou do meio ambiente. Lidar com cada um destes modos de falha irá custar tempo e dinheiro à organização.

A consequência de cada modo de falha irá ter grande impacto no esforço despendido para prevenir a falha, ou seja, as falhas com consequências mais sérias vão ser alvo de maiores esforços de modo a evitá-las, ao contrário de falhas que tenham um impacto baixo ou mesmo nenhum impacto, onde poderá ser decidido não associar qualquer operação de manutenção. É a partir destas premissas que surge a manutenção baseada no risco.

Pode definir-se a Manutenção Baseada no Risco como uma metodologia de análise de risco utilizada de modo a dar prioridade e gerir esforços, em programas de manutenção e inspeções permitindo a alocação de recursos a ativos físicos críticos, baseado num determinado risco, de modo a que a consequência da(s) falha(s) seja minimizada para níveis toleráveis (Arunraj & Maiti, 2007; Sobral & Ferreira, 2015).

O planeamento de inspeções e manutenções baseadas no risco minimiza a probabilidade de falha de um determinado sistema e das suas consequências para níveis de risco aceitáveis, aumentando a fiabilidade e a segurança do ativo e permitindo à gestão

tomar decisões relacionadas com as operações, sendo estas relacionadas com a manutenção ou não (Arunraj & Maiti, 2007; Mendes et al., 2022; Sobral & Ferreira, 2015).

Segundo a norma NP EN ISSO 31000 o risco é definido como o “efeito da incerteza nos objetivos” sendo “muitas vezes expresso em termos de uma combinação de consequências de um evento e a probabilidade de ocorrência associada”(NP EN ISO 31000, 2012). Segundo Basson (2019) o risco pode ser definido como “a probabilidade ou ameaça de dano, lesão, responsabilidade, perda ou qualquer outra ocorrência negativa causada por vulnerabilidades externas ou internas que podem ser evitadas através de ações preventivas”. O risco é então a combinação da probabilidade de determinado evento ocorrer com a consequência ou severidade que esse evento poderá ter, sendo definido como Número de Prioridade de Risco (RPN), segundo a Equação 1 (Arunraj & Maiti, 2007; Basson, 2019; Sobral & Ferreira, 2015).

$$RPN = Probabilidade \times Severidade \quad (1)$$

Existem outros métodos de quantificar o risco, como por exemplo o Processo Hierárquico Analítico (AHP) que, muito resumidamente, é uma técnica de tomada de decisão multicritério na qual problemas complexos podem ser avaliados dividindo-se numa estrutura hierárquica de critérios (subcritérios) e alternativas seguindo um objetivo (Doğan & İç, 2021). Este método apresenta resultados fidedignos, mas é mais complexo que o RPN. De acordo com vários autores (Alamri & Mo, 2022; Chattopadhyaya et al., 2017; Kiran et al., 2016) a utilização do RPN para determinar o nível do risco tem a vantagem de ser um método simples de aplicar e de apresentar bons resultados.

A metodologia de Manutenção Baseada no Risco pode ser dividida em duas fases: a análise do risco e o planeamento da manutenção com base na análise de risco.

Na análise do risco serão identificados e definidos os níveis de risco associados a cada sistema em estudo. Segundo Sobral & Ferreira (2015), a primeira etapa será a definição dos critérios de aceitação do risco. Estes critérios são definidos, por exemplo, de acordo com a legislação em vigor, regulamentações ou normas do setor, políticas financeiras e de segurança de cada organização. Existem diferentes ferramentas que ajudam a definir os níveis de aceitação de risco. São exemplos as matrizes de risco, ou os critérios ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), MEM (*Minimum Endogenous Mortality*) ou GAMAB (*Globalement Au Moins Aussi Bon*), entre outros. Após a

definição dos níveis de aceitação do risco é feita a avaliação do risco, identificando o que pode correr mal, como pode correr mal, qual a probabilidade da sua ocorrência e quais as suas consequências.

Tendo em conta os resultados da análise de risco é criado um plano de manutenção baseado no risco em que para todos os modos de falha em que o nível de risco seja inaceitável terão de ser adotadas medidas de mitigação, sendo assim definidas ações (por exemplo: inspeções, monitorização da condição, alterações de processos e/ou equipamentos, substituição de equipamentos, etc.) de modo a baixar o risco para níveis aceitáveis pela diminuição da sua probabilidade e/ou severidade.

Alguns exemplos de metodologias também utilizadas na Manutenção Baseada no Risco são, Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA), estudos HAZOP (*Hazard and Operability*), Análise de Camadas de Proteção (LOPA – *Layer Of Protection Analysis*), Análise de Árvore de Falhas (FTA), entre outras (Arunraj & Maiti, 2007).

A Manutenção Baseada no Risco é bastante utilizada na indústria petrolífera, química, nuclear e produção de energia elétrica devido aos elevados riscos associados à sua atividade. Ao longo dos anos esta metodologia tem vindo a ser aplicada nos mais diversos sectores industriais.

O processo RCM tem sido desenvolvido em paralelo com a Manutenção Baseada no Risco, sendo estes dois processos aplicados em simultâneo em determinadas organizações, dependendo do tipo de ativos. O conceito de risco já fazia parte do processo RCM desenvolvido por Moubray (1997), mas na versão do RCM3 apresentada por Basson (2019) o conceito de risco ganha grande relevância no processo. Tal como o RBM, o processo RCM é utilizado em diversos setores industriais. De seguida serão apresentados alguns exemplos de aplicações envolvendo o processo RCM, publicados nos últimos anos em artigos científicos.

Enjavimadar & Rastegar (2022) otimizaram a estratégia de manutenção de um sistema de distribuição de energia elétrica com o objetivo de diminuir os custos de manutenção, de segurança e de interrupção de fornecimento através da diminuição do fator de risco de modos de falha dos diferentes componentes que constituem a rede. Através da realização de uma FMEA foi possível determinar uma estratégia que levava a uma redução de cerca de 7% do custo anual de manutenção, caso o método proposto fosse aplicado. Esta análise permitiu, também, aos operadores aumentarem o seu conhecimento sobre a rede em estudo e daqui poderem tomar decisões e escolher estratégias mais assertivas na resolução de problemas.

Doğan & İc (2021) fazem uma análise RCM em atuadores electropneumáticos. As falhas são classificadas segundo um índice de criticidade através do processo hierárquico analítico. A principal conclusão deste estudo é que este método permite obter planos de manutenção mais realistas, exatos e rentáveis. Apesar disto também conclui que este método é mais complexo, necessitando de uma base de dados com histórico de falhas e que a criação das matrizes binárias tem de ser bem definida para que a sua utilização seja eficaz e não levante dúvidas aos seus utilizadores.

Vishnu & Regikumar (2016) propõem um processo hierárquico analítico aos ativos de uma indústria de processamento de dióxido de titânio. Com base na criticidade dos ativos foi aplicado o processo RCM. Para os equipamentos com maior nível de criticidade concluíram que estes necessitavam de estratégias de manutenção preventiva, enquanto que os outros ativos com nível de criticidade menor continuaram com os planos de manutenção já definidos ou apenas eram intervencionados após detetada avaria.

Patil et al. (2022) aplicaram o processo RCM a uma caldeira a vapor presente numa indústria têxtil. Este equipamento tem uma grande importância neste setor permitindo o fornecimento contínuo de vapor às operações de produção. A aplicação do processo RCM a este ativo permitiu determinar a frequência ótima das tarefas de manutenção preventiva, tornando-as mais eficientes e, consequentemente, mais competitivo a nível económico através da redução de custos. Para calcular a frequência ótima foi considerado uma fiabilidade mínima para os componentes do sistema de 75%. Também foram propostas alterações ao equipamento. Com a otimização do plano de manutenção e das alterações efetuadas no ativo a fiabilidade do sistema aumentou 28,15%, os custos anuais de manutenção diminuíram 20,32% e a disponibilidade do equipamento aumentou 0,16%.

Okwuobi et al. (2018) utilizaram o processo RCM numa máquina de moldes de garrafas de vidro com o objetivo de otimizar o plano de manutenção do ativo. Com a aplicação do processo RCM foram propostas alterações de *design* ao equipamento, assim como a alteração de materiais de alguns componentes. Foi também possível definir novas metodologias para as tarefas de manutenção e alteração de formato. Para a otimização do plano de manutenção foram propostos diversos tipos de ações para diferentes modos de falha, desde operar até ocorrer a falha e tarefas de manutenção preventiva ou de controlo de condição, levando ao aumento da disponibilidade e da fiabilidade do equipamento. Foi também proposta uma nova metodologia de reporte e análise de avarias de modo que a tabela da FMEA possa ser preenchida com dados mais detalhados.

Noutro estudo (Yavuz et al., 2019) foi implementado o processo RCM numa máquina de embalar tabletes de chocolate. Devido à definição das frequências e métodos das tarefas de manutenção foi possível aumentar a disponibilidade do equipamento e diminuir problemas relacionados com a qualidade do produto, dando origem a um programa de manutenção autónoma envolvendo as equipas de produção e manutenção deste ativo. A validação do método foi feita através da avaliação da evolução do OEE (*Overall Equipment Efficiency*). Com a aplicação do processo RCM as equipas de produção e manutenção tiveram oportunidade de compreender completamente a função do equipamento no processo levando a uma utilização mais eficiente e sustentável do mesmo.

Simões et al. (2018) utilizaram a FMEA para o estudo de um tipo de falha recorrente em válvulas de enchimento de uma enchedora de garrafas de cerveja. Esta falha originava garrafas com níveis de líquido muito baixos ou muito altos, levando à rejeição de produtos causando perdas monetárias no processo. De modo a minimizar o efeito desta falha, semanalmente estava planeada uma operação de manutenção preventiva para limpeza das válvulas que obrigava a paragem da produção. Com a realização da FMEA os autores conseguiram determinar a origem da falha propondo a modificação de um dos componentes da válvula de enchimento, quer permitiu eliminar a falha, tornando obsoleta a tarefa semanal de manutenção preventiva e reduzindo o número de garrafas rejeitadas durante a produção.

No capítulo seguinte será abordado com mais detalhe o processo de RCM.

3 – Manutenção Centrada na Fiabilidade

3.1 A evolução do Processo RCM

Na década de 1930 começa a surgir na indústria aeronáutica a preocupação com aumento da fiabilidade dos equipamentos com o objetivo de tornar o setor mais seguro. Nesta primeira fase os engenheiros de manutenção acreditavam que todos os componentes seguiam um padrão de falha da “curva da banheira” (Figura 4 A) e que ao trocar os componentes antes de se chegar à fase de desgaste iria levar a um aumento da fiabilidade e da segurança do equipamento. Deste modo os planos de manutenção programada, propostos pelos fabricantes de aviões, exigiam a troca regular de peças e componentes com base num intervalo de tempo e que obrigavam a inúmeras horas necessárias para cumprir estes planos.

Na década de 1950 o tamanho dos aviões comerciais de passageiros aumentou consideravelmente. Proporcionalmente ao aumento em tamanho também aumentou o número de horas necessárias para satisfazer as tarefas de manutenção propostas pelos fabricantes e aprovadas pela autoridade responsável pelo setor da aviação nos EUA (FAA – *Federal Aviation Agency*). Ao realizar estes planos de manutenção com base no tempo o custo e a duração necessários tornaram-se economicamente inviáveis para o setor.

Com o passar do tempo, as companhias aéreas verificaram que muitos dos componentes trocados ainda se encontravam em bom estado e as operações de manutenção levavam a falhas prematuras do equipamento, concluindo que a frequência das tarefas não estava diretamente ligada à fiabilidade do sistema. Assim, ao eliminar a substituição dos componentes, onde o desgaste não tinha relação com o tempo de serviço, reduziam os custos de manutenção sem comprometer a fiabilidade.

Na década de 1960 a *Boeing* apresenta o *Boeing 747-100*, um avião com três vezes mais capacidade que o seu antecessor, o *Boeing 707*. Tal como já referido anteriormente, o tempo de manutenção necessário para o 747-100 era três vezes maior do que para o 707. Com base neste facto a FAA declarou o *Boeing 747-100* economicamente inviável. Este fabricante, em conjunto com a *United Airlines*, decidiram questionar a premissa de que os padrões de desgaste dos componentes seguiam a “curva da banheira”. Estas duas organizações criaram um grupo de trabalho que ficou responsável por desenvolver um processo sistemático para determinar que tarefas de manutenção seriam necessárias para

preservar as funções do *Boeing 747-100*. Daqui saiu um programa de manutenção proactivo que tornou este avião tecnicamente e economicamente viável. Este plano de manutenção recebeu a aprovação da FAA.

Partindo deste trabalho, em 1968 foi publicado um manual intitulado *Maintenance Evaluation and Program Evaluation* (também designado MSG-1). Na base deste documento estava o diagrama de decisão criado para a seleção de estratégias de manutenção. Este documento foi generalizado a outros aviões, civis e militares. Na década de 1970 o Departamento da Defesa dos EUA nomeou este método como Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM).

A *United Airlines* e a *Boeing* investigaram os seus registos de manutenção e concluíram que grande parte das falhas não tinham relação com o tempo de serviço, apenas 11% destas falhas tinha relação com o tempo de serviço. Destas apenas 4% seguiam o padrão da “curva da banheira”. Através deste estudo, a *United Airlines* e a *Boeing*, descobriram seis padrões de falhas agrupadas em duas categorias, uma relacionada com o tempo de serviço e outra sem relação ao tipo de serviço. (Figura 4)

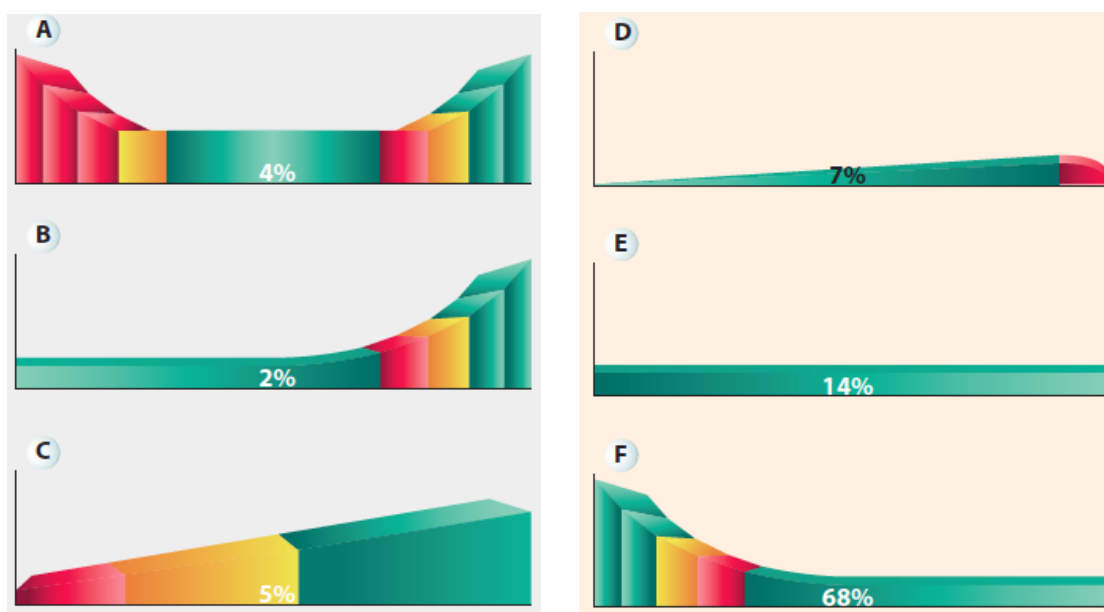


Figura 4 - Padrões de falha resultantes do estudo da *United Airlines* e da *Boeing*. Os padrões A, B e C relacionados com o tempo de serviço. Os padrões D, E e F sem relação com o tempo de serviço (Sifonte & Reyes-Picknell, 2017).

Em 1979 foi publicado o relatório intitulado *Reliability Centred Maintenance* por Stanley Nolan e Howard Heap, dois engenheiros responsáveis pela manutenção na *United Airlines*. A partir deste trabalho o RCM generalizou-se a toda a indústria da aviação civil e militar, dando origem a um aumento considerável na segurança do setor. Desta forma, passou-se de um valor de cerca de 60 acidentes por milhão de descolagens registados nos

anos 60, para 2 acidentes por milhão de descolagens na década de 90, estando em 2017 nos 0,2 acidentes por milhão de descolagens (Sifonte & Reyes-Picknell, 2017). Este aumento de segurança foi atingido em simultâneo com a redução dos custos e do tempo de manutenção necessários para cada avião.

Na década de 1980 o processo RCM começou a ser aplicado em diversos setores industriais no mundo inteiro. No decorrer da década de 1990 foram surgindo muitas variantes ao processo RCM, muitas delas já sem o rigor do processo descrito por Nolan e Heap. Um dos trabalhos que surgiu nesta década foi o desenvolvido por John Moubray, o RCM II (Moubray, 1997), que serviu de base ao desenvolvimento e aplicação do processo nos mais diversos setores industriais.

Em 1999 a *Society of Automotive Engineers* (SAE) publicou a norma SAE JA-1011 – *Evaluation Criteria For RCM Process* de modo a clarificar o processo e a eliminar os métodos com menor eficácia e disponibilizar alternativas aos processos mais complexos propostos pelas normas militares que surgiram até então. Esta norma tem por base obras como *US Naval Aviation's MIL-STD-2173*, *NES 45 – Naval Engineering Standard 45* e RCM II de John Moubray, entre outras.

A aplicação do processo RCM permite uma diminuição entre 40 a 70% do tempo dos programas de manutenção preventiva e de 50% de redução de custos com manutenção corretiva (Sifonte & Reyes-Picknell, 2017). O RCM é aplicado na indústria automóvel, farmacêutica, biotecnologia, dispositivos médicos, tratamento de águas, petrolíferas, cimento, construção subaquática, alimentos e bebidas, produção, transporte e distribuição de energia, serviços e transportes, entre outras.

O trabalho desenvolvido por Moubray com o RCM II é dos mais seguidos e implementados a nível mundial. Em 2003 surge a ideia de introdução de uma abordagem baseada no risco para que falhas que tenham impacto na segurança e ambiente sejam consideradas. Entre 2014 e 2019 Marius Basson e Theus Koekemoer, com base na ideia de John Moubray, expandiram o processo RCM de modo a que este comesse a considerar a gestão do risco das falhas. Assim, surge o RCM3 que adiciona uma nova estratégia de gestão do risco a este processo. Este processo atualizado está de acordo com a norma SAE JA-1011, ultrapassando-a nalguns pontos de modo a ir de encontro às novas exigências das normas ISO de gestão de risco e de ativos, enquanto incorpora todos os passos do processo RCM.

3.2 RCM II e RCM3

Moubray (1997), define RCM como “um processo utilizado para determinar o que pode ser feito para garantir que qualquer ativo físico continue a fazer o que os seus utilizadores necessitem que faça no contexto operacional atual”.

Com a nova versão, Basson (2019), define RCM como “um processo utilizado para definir a quantidade mínima e segura de manutenção, engenharia e outras estratégias de gestão do risco para garantir o mínimo tolerável de segurança, integridade ambiental e capacidade operacional económica conforme o especificado no sistema de gestão de ativos da organização”.

Ambas as definições do processo RCM dão primazia à manutenção da função requerida para o ativo. No RCM3, através das estratégias de gestão do risco, são minimizados o impacto e o custo da ocorrência de falhas.

Este é um processo sistemático que requer uma equipa multidisciplinar para responder a questões sobre o ativo em estudo. Estas respostas vão dar origem a planos de manutenção preventivos que vão permitir retirar o maior valor de cada ativo fazendo com que este aumente o seu rendimento, tanto operacional como económico.

As questões colocadas em cada versão do RCM, encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Questões dos processos RCM II (Moubray, 1997) e RCM3 (Basson, 2019).

RCM II		RCM3	
1.	Quais são as funções e os padrões de desempenho associados ao ativo no contexto operacional atual? (Funções)		Quais são as condições de operação (como é que o equipamento ou sistema está a ser utilizado)?
2.	De que modo é que o ativo falha no cumprimento das suas funções? (Falhas Funcionais)		Quais são as funções e os padrões de desempenho associados ao ativo no seu contexto operativo atual? (Funções)
3.	O que causa cada falha funcional? (Modos de falha)		De que modo é que o ativo falha no cumprimento das suas funções? (Estados de falha)
4.	O que acontece quando cada falha ocorre? (Efeitos da falha)		O que causa cada estado de falha? (Modos de falha)
5.	Qual a importância de cada falha? (Consequências da falha)		O que acontece quando cada falha ocorre? (Efeitos da falha e severidade das consequências)
6.	O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha? (Tarefas proactivas e respetivos intervalos)		Quais são os riscos associados a cada falha (risco inerente quantificado)?
7.	O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proactiva adequada?		O que pode/tem de ser feito para reduzir riscos intoleráveis para níveis toleráveis (utilizando estratégias de gestão do risco proactivas)?
8.	- - -		O que pode ser feito para reduzir ou gerir riscos toleráveis mantendo um bom nível de custo-benefício?

Basson (2019) faz uma comparação entre o RCM II e RCM3 em oito elementos do RCM: o contexto operacional, as funções, os estados de falha, os modos de falha, os efeitos da falha, as consequências *versus* risco, o risco inerente e o diagrama de decisão. De seguida serão apresentadas as diferenças entre os elementos das duas versões.

3.2.1 Contexto operacional

O RCM3 dá grande importância à definição do contexto operacional, sendo a primeira questão a ser respondida no processo, isto porque todas as decisões e suposições são feitas com base neste. A determinação do risco associada a cada modo de falha é influenciada pelo contexto operacional.

No RCM II o contexto operacional é mencionado e considerado ao longo do processo, sendo considerado na identificação dos modos de falha e no desenvolvimento de estratégias de gestão da falha.

3.2.2 Funções

Nesta nova versão do processo, na definição das funções, e mais especificamente nas funções secundárias do ativo, são consideradas a limpeza e higienização, requisitos legais e regulamentares, reciclagem, reaproveitamento e reutilização do ativo. Estas considerações devem-se à maior exigência por parte dos proprietários e dos operadores do ativo, da sociedade e dos reguladores.

3.2.3 Estados de falha

No RCM II o estado de falha é definido pelo estado geral da falha, falha total e falha parcial. O termo falha funcional foi substituído por estado de falha no RCM3. O estado geral da falha, estado de falha (processo de falha), falha parcial (estado de falha onde o equipamento já não cumpre os critérios de desempenho) são claramente definidas e distintas do estado final (falha total). O processo de RCM3 lida com todas as possíveis falhas no nível apropriado.

Este processo leva a que seja atingido mais rapidamente consenso entre a equipa de trabalho dando origem à identificação apropriada de estratégias de gestão do risco num menor espaço de tempo. Também proporciona a identificação e utilização de novas técnicas e tecnologias de manutenção.

3.2.4 Modos de falha

Para além de definir a causa do estado de falha define também o mecanismo da falha, permitindo assim ao grupo de trabalho identificar a sua causa raiz consistentemente e com nível de detalhe apropriado. O grupo de trabalho é incentivado a definir um ou mais mecanismos por cada modo de falha, assegurando assim o nível de detalhe apropriado ao desenvolvimento de estratégias de gestão do risco.

3.2.5 Efeitos da falha

Os efeitos da falha no RCM II são definidos num parágrafo que descreve o que pode acontecer se nada for feito para prevenir determinada falha. No RCM3 os efeitos da falha são descritos em 3 níveis: efeito local da falha, próximo efeito de nível superior e efeito final. Também é descrito o efeito potencial do pior cenário que considera o efeito da falha da proteção, permitindo uma análise base ao ativo.

3.2.6 Consequência vs. Risco

Na Figura 5 estão resumidas as diferenças da definição de consequências no processo RCM II e RCM3. Enquanto na primeira são considerados quatro categorias para a consequência do risco, na segunda esta apenas se divide em evidente e oculto e cada uma delas pode ter riscos físicos ou económicos.

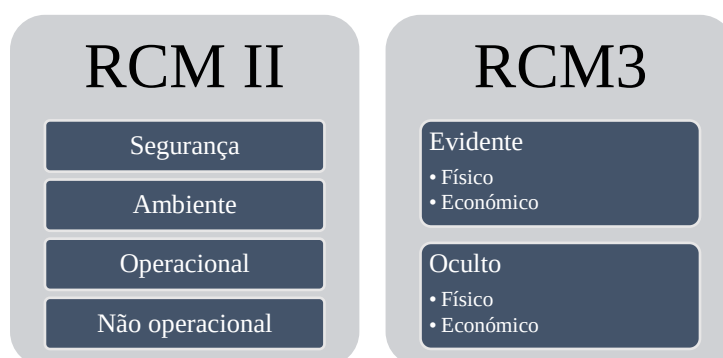


Figura 5 - Diferenças da definição das consequências consideradas no RCM II e RCM3.

Os riscos físicos são riscos com consequências na saúde, segurança ou ambiente, enquanto os riscos económicos têm impacto na capacidade operacional e equilíbrio financeiro da organização.

Esta caracterização das consequências do risco vai permitir uma melhor distinção entre risco tolerável e risco intolerável de acordo com o que for definido pela organização.

Deste modo, os riscos toleráveis não necessitam de ser analisados, levando a uma poupança de tempo e recursos.

3.2.7 Risco inerente

O RCM II segue uma abordagem subjetiva à gestão do risco e apenas considera o risco quando as falhas têm impacto na segurança ou no ambiente. Este processo determina o que deve ser feito para que um ativo preserve as suas funções, através da minimização ou eliminação das consequências da falha.

Enquanto o RCM3 segue uma estratégia sistemática de gestão do risco, através de um processo que determina o que deve ser feito a um ativo para preservar as suas funções minimizando o risco associado a cada falha para um nível tolerável.

A avaliação do risco vai permitir definir estratégias de gestão do risco mais assertivas originando um programa de gestão de falhas mais robusto capaz de reduzir os riscos intoleráveis. Após a definição da estratégia de gestão do risco para modos de falha que apresentem um risco intolerável estas estratégias podem ser avaliadas quanto ao seu risco e impacto financeiro.

3.2.8 Diagrama de decisão

O RCM II trata todas as funções ocultas da mesma forma, considerando que todas as tarefas de manutenção preventiva e preditiva são tarefas proactivas de gestão da falha e que inspeções, alterações de melhoria e manutenções não programadas, como ações pré-definidas. Deste modo a mitigação da consequência de uma falha é primeiramente obtida pela otimização dos dispositivos de proteção.

No RCM3 uma análise base ao ativo é possível se as proteções relacionadas com as falhas em estudo são ignoradas. O foco é assim colocado na fiabilidade da função protegida, reduzindo assim a dependência de dispositivos de proteção. Qualquer risco físico deve ser reduzido para um nível tolerável. No risco económico o custo não é o único critério, considerando-se todo o impacto económico da falha. É comparado o custo de inspeção do ativo ao custo da ocorrência de múltiplas falhas e os intervalos de inspeção são definidos nesta base. Qualquer risco intolerável tem de ser reduzido para um risco tolerável.

3.3 Processo RCM

Tal como referido anteriormente, o processo RCM3 requer a resposta às oito questões apresentadas na Tabela 1. De acordo com a informação recolhida em diversas referências bibliográficas (Amaral, 2016; Basson, 2019; Doğan & İç, 2021; Enjavimadar & Rastegar, 2022; Okwuobi et al., 2018; Patil et al., 2022; Vishnu & Regikumar, 2016; Yavuz et al., 2019) foi criado um resumo das etapas necessárias para o processo RCM a implementar (Figura 6).

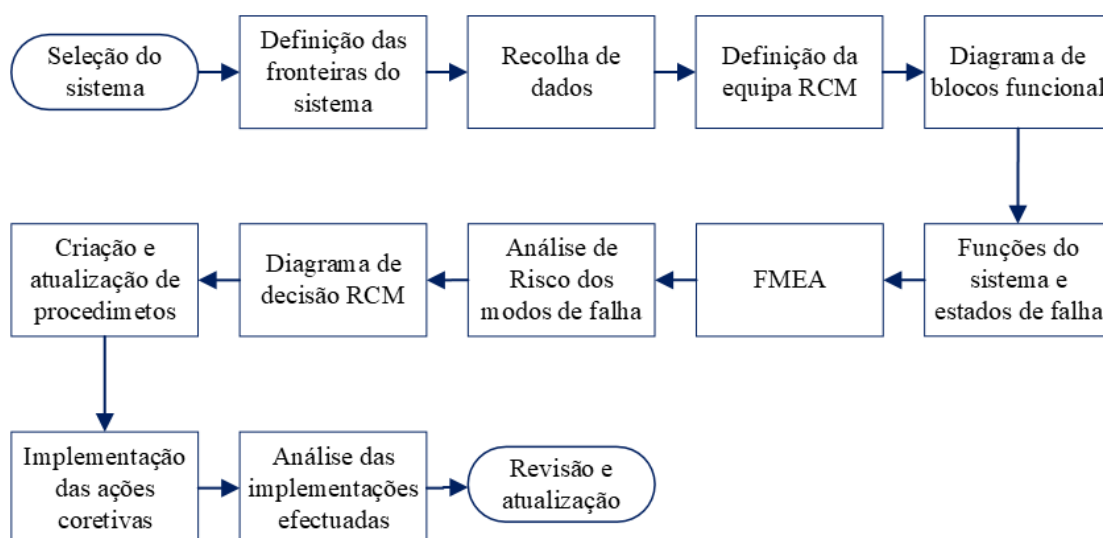


Figura 6 – Etapas do Processo RCM.

O processo inicia-se com a escolha do sistema a ser estudado. Este sistema pode ser um equipamento na sua totalidade ou parte deste. Depois de definido o sistema a ser estudado as fronteiras do sistema têm de ser definidas, sendo este passo de extrema relevância quando se está a fazer um estudo parcial de um equipamento. Posteriormente são recolhidos todos os dados relativos ao ativo em estudo, presentes em manuais, instruções de trabalho, dados do histórico de avarias e manutenções efetuadas. A partir destes dados é definido o contexto operacional do ativo, respondendo assim à primeira questão do processo RCM. O contexto operacional é definido como “*as circunstâncias expectáveis em que o ativo físico ou sistema opera*” (Basson, 2019). O contexto operacional deve descrever o processo geral no qual o ativo está inserido e qual o papel que este ativo tem no processo, qual o seu impacto económico e qual a sua função (Basson, 2019). É de extrema importância que todos os elementos envolvidos no processo de RCM compreendam com clareza qual o contexto operacional.

Segue-se a definição dos elementos que irão constituir a equipa de RCM. Esta equipa é caracterizada pela sua multidisciplinidade envolvendo elementos da gestão da manutenção e da produção, os operadores de produção e os técnicos de manutenção. Podem ser envolvidos outros elementos de áreas distintas da empresa, como por exemplo financeiros, comerciais e qualidade. Estes podem não estar envolvidos em todas as fases do processo, sendo envolvidos apenas quando necessário. A equipa é liderada por um mediador que é responsável por dinamizar as reuniões, recolha e tratamento dos dados obtidos.

O primeiro trabalho da equipa é definir o diagrama de blocos funcional do ativo em estudo. Esta visão esquemática vai ajudar a guiar a equipa durante a análise. A partir daqui a equipa irá definir as funções do sistema e identificar os estados de falha, respondendo às questões 2 e 3 do processo. Segundo Basson (2019) a função “*deve consistir num verbo, um objeto e um padrão de desempenho desejado*”. O padrão de desempenho pode ser único ou existir mais do que um. Sempre que possível estes devem ter um carácter quantitativo e quando tal não é possível podem ser do tipo qualitativo ou absolutos. Para processos com padrões de desempenho que variam, do ponto de vista da manutenção o ativo tem de estar sempre apto para cumprir o padrão mais elevado. Pode haver casos em que o padrão possa variar entre limites definidos, sendo que o ativo deverá neste caso, idealmente trabalhar no ponto médio do intervalo e apresentar a menor variabilidade possível. Na Figura 7 estão resumidos os tipos de padrões de desempenho que caracterizam a função de um determinado ativo.



Figura 7 - Tipos de padrões de desempenho que caracterizam a função do ativo.

Cada ativo tem associado a ele diversas funções, podendo estas ser divididas em funções primárias e secundárias (Figura 8). As funções primárias são as mais simples de definir pois, muitas vezes, estas são as principais razões para que o ativo foi adquirido. No caso de ativos mais complexos é importante começar por obter o diagrama funcional do sistema para que as interações entre subsistemas sejam facilmente compreendidas, o que ajudará a definir as funções de cada subsistema. Quando um ativo é utilizado para produzir mais do que um tipo de produto pode haver a necessidade de definir múltiplas funções independentes. Para equipamentos que funcionam em série, por exemplo numa linha de enchimento, as funções primárias são dependentes nos dois equipamentos.

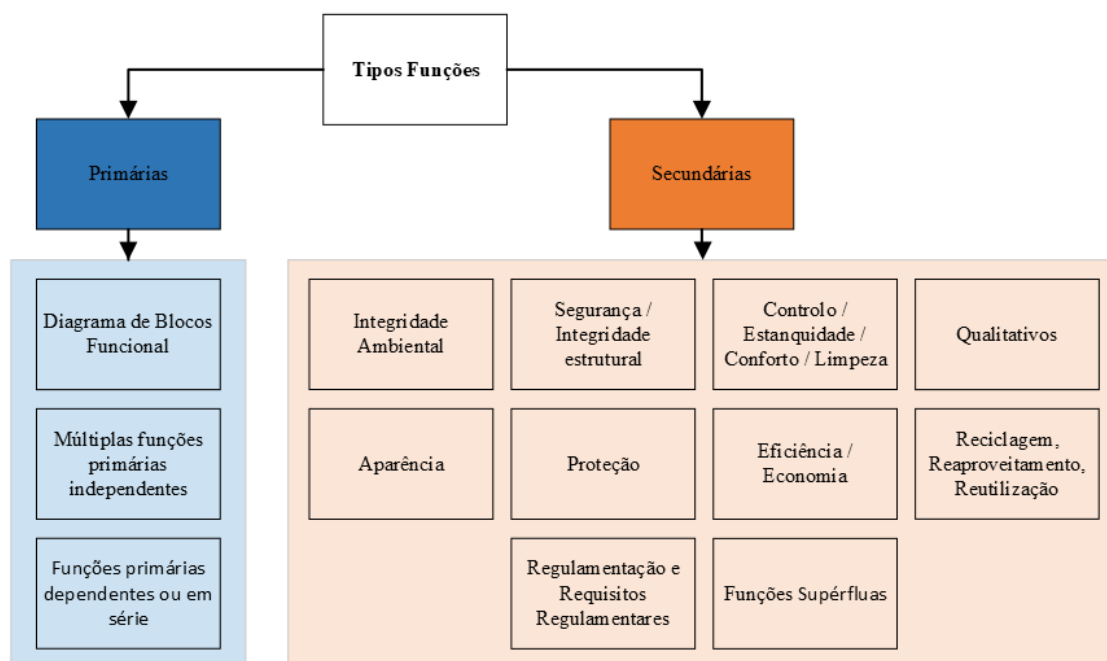


Figura 8 – Tipos de funções que podem ser associadas aos ativos.

Espera-se que a maioria dos ativos cumpra uma ou mais funções para além das suas funções primárias, definidas como funções secundárias. De modo a sistematizar a definição destas funções, estas são divididas em dez categorias (Figura 8). Apesar das funções secundárias serem menos óbvias do que as primárias, a perda de uma função secundária pode ter consequências desastrosas. Daqui a importância da definição completa de todas as funções do ativo.

Os estados de falha ou falhas funcionais são “a incapacidade de qualquer ativo de cumprir a função de um determinado padrão de desempenho que é aceitável para o(s) seus(s) utilizador(es)” (Basson, 2019). As falhas funcionais podem ser totais se levarem

a perda total da função do ativo ou parciais se este continuar a funcionar, mas a um nível abaixo do requerido. É importante que sempre que existam limites superiores e inferiores do processo estes sejam definidos, isto porque sempre que um limite é transposto o equipamento entra em falha. Para ativos que tenham padrões de desempenho variáveis tem de se garantir e avaliar o risco de estes não serem cumpridos no padrão máximo requerido. As falhas funcionais dos medidores e indicadores também têm de ser consideradas, tendo em conta os critérios de aceitação do equipamento em estudo. A definição das falhas funcionais é feita tendo por base o contexto operacional. Esta definição clara e completa permite à equipa estabelecer os limites a partir dos quais são necessárias medidas de modo a eliminar, ou mitigar, a falha funcional em questão.

Para cada estado de falha, através da metodologia FMEA, são definidos os modos de falha, os efeitos da falha e as suas consequências. *“Um modo de falha é qualquer evento que causa um estado de falha e o mecanismo que dá origem ao estado de falha”* (Basson, 2019). Assim sendo, um modo de falha é uma combinação da sua causa e do seu mecanismo. A causa descreve o modo de falha (deve consistir num nome e num verbo, ex. filtro entupido) e o mecanismo descreve o(s) evento(s) que podem estar na origem do modo de falha (para o exemplo anterior o mecanismo poderá ser acumulação de sujidade). A descrição dos mecanismos de falha deverá ser sucinta e clara, visto que as estratégias de gestão de risco vão ser definidas a partir destas identificações. Uma descrição vaga não vai ajudar na análise de risco, assim como uma descrição demasiado extensiva irá levar ao aumento do tempo necessário para a realização da análise de risco.

A identificação de modos de falha é um dos passos mais importantes do desenvolvimento de programas de manutenção de qualquer ativo. Na Figura 9 estão resumidos e agrupados os tipos mais comuns de modos de falha que um ativo pode sofrer.

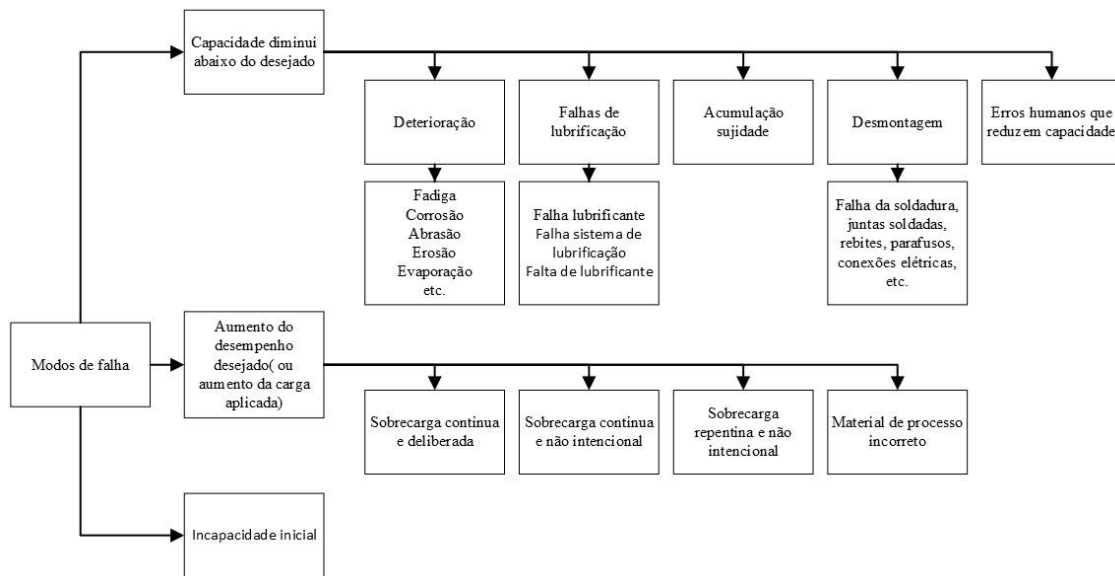


Figura 9 – Categorias usualmente utilizadas para caracterizar os modos de falha.

O efeito da falha “*descreve o que acontece quando o modo de falha ocorre*” (Basson, 2019). A severidade das consequências responde à questão “como é que o modo de falha afeta o ativo” (Basson, 2019). A resposta às seguintes questões ajuda na definição dos efeitos da falha:

- Quando é mais provável que ocorra o modo de falha?
- Com que frequência o modo de falha ocorreria se nada fosse feito para evitá-lo?
- Que evidência (se houver) existe de que a falha ocorre?
- De que forma (se houver) representa uma ameaça à segurança ou ao meio ambiente?
- De que maneira (se houver) o modo de falha afeta a produção ou as operações?
- Que dano físico (se houver) é causado pela falha?
- Causa algum dano secundário?
- Qual é a perda de receita (se houver)?
- O que deve ser feito para reparar a falha?

Durante esta análise não se podem considerar as tarefas de manutenção que já são realizadas, de modo que os efeitos da falha sejam descritos como se nada estivesse a ser feito para preveni-la.

A análise do efeito da falha é feita em quatro níveis: efeito local, próximo efeito de nível superior, efeito final e efeito potencial de nível superior. No efeito local é descrito o que acontece diretamente ao equipamento ou o impacto que o modo de falha tem no equipamento. O segundo nível descreve o que pode acontecer ao sistema após ocorrer a falha. Também deve ser considerado qual o espaço temporal no qual a falha ocorrerá, independentemente da função se encontrar protegida ou não, e quais os eventos subsequentes à ocorrência da falha. Quando se analisam dispositivos de proteção, neste nível descreve-se o que acontece se o dispositivo de proteção falhar. No efeito final é descrito o impacto final que a falha tem na segurança e/ou ambiente (se existir) e qualquer impacto na produção ou na capacidade operacional. Para o efeito potencial do pior cenário o efeito da falha tem de descrever o que poderá acontecer se nenhuma tarefa específica for feita para prevenir, antecipar ou detetar a falha. Aqui deve considerar-se que os dispositivos de proteção não existem ou falharam.

Utilizando toda a informação dos modos de falha e dos seus efeitos, posteriormente é feita a análise de risco a cada falha de acordo com os níveis de probabilidade e severidade definidos pela organização. De acordo com a equação 1, apresentada na página 10, tendo por base o nível da probabilidade e da severidade é determinado o nível de risco. Usualmente os níveis de severidade e de probabilidade são esquematizados numa matriz de risco, sendo possível identificar se o nível de risco determinado para a falha é tolerável ou intolerável. Os valores do nível de risco que são considerados toleráveis ou intoleráveis são definidos por cada organização.

Quando se tem uma falha que apresente um nível de risco intolerável é feita a avaliação do risco e da estratégia de gestão do risco recorrendo ao diagrama de decisão do processo RCM (Figura 16). Este diagrama vai permitir uma abordagem sistemática a cada modo de falha de modo a propor estratégias de gestão do risco.

Com base nas estratégias definidas no passo anterior são propostas tarefas de manutenção preventiva, alteração do ativo ou descarte do ativo, ou pode ser assumido aceitar o risco e não definir qualquer tarefa de manutenção programada para aquele modo de falha. Pode também considerar-se combinações das propostas anteriores. Depois de definidas as estratégias de gestão do risco é feita nova avaliação do risco de modo a verificar se o nível de risco baixa para um nível tolerável.

Terminada a análise, segundo o processo RCM, com a implementação das ações corretivas é espektável a criação e/ou atualização dos procedimentos de manutenção e/ou operação do ativo. Após a implementação destas ações corretivas estas devem ser

analisadas de modo a garantir a sua eficácia. O processo RCM não é um processo de aplicação única devendo sofrer revisões periódicas de modo que este se mantenha atualizado.

4 – Empresa e Equipamento

4.1. Caracterização da Empresa

A Casa Santos Lima - Companhia das Vinhas S.A. é uma empresa familiar que se dedica à produção, engarrafamento e comercialização de vinhos, há quatro gerações. No final do século XIX Joaquim Santos Lima era já um grande produtor e exportador vinhos. No início dos anos 90, José Luís Oliveira da Silva, bisneto do fundador, iniciou o processo de modernização da Casa Santos Lima, com a replantação de vinhas já existentes recorrendo a técnicas de encepamento mais avançadas, aumentando também a área de vinha plantada e modernizando toda a estrutura produtiva.

A empresa está sediada na Quinta da Boavista, no concelho de Alenquer, sendo o maior produtor de vinho regional de Lisboa e de Denominação de Origem Controlada (DOC) Alenquer. Para além desta região a Casa Santos Lima está presente noutras regiões vitivinícolas a nível nacional, nomeadamente, Douro, Vinhos Verdes, Alentejo e Algarve.

Em 1996 foi adquirida a primeira linha de engarrafamento e nesse mesmo ano foi exportado para o Reino Unido o primeiro contentor desta nova fase da empresa. Desde então a Casa Santos Lima tem crescido a um ritmo acelerado e sustentado assentando numa estratégia multimarca de vinhos de grande qualidade e baixos preços.

De toda a produção, cerca de 90% é exportada para países em todo o mundo (Figura 10), sendo os principais mercados o Europeu e o Norte Americano, assim como alguns países Asiáticos.

Anualmente são embalados cerca de 25 milhões de litros em garrafa e *bag-in-box*. De modo a garantir os níveis de produção para satisfazer os seus clientes a Casa Santos Lima conta com várias linhas de enchimento de garrafa e *bag-in-box*. Com o objetivo de manter a disponibilidade dos equipamentos numa taxa elevada foi proposto realizar o estudo à enchedora da linha de produção com maior cadência, visto que este é o equipamento com maior criticidade, tanto do ponto vista produtivo como de segurança alimentar. Esta linha entrou em funcionamento em 2018, sendo totalmente automática desde a despaletização das garrafas vazias até à paletização do produto acabado. Na (Figura 11) está representado o diagrama de blocos com as principais operações efetuadas neste ativo.



Figura 10 - Principais países onde estão presentes os vinhos da Casa Santos Lima (retirado de (Casa Santos Lima, Companhia das Vinhas, S.A., sem data)).

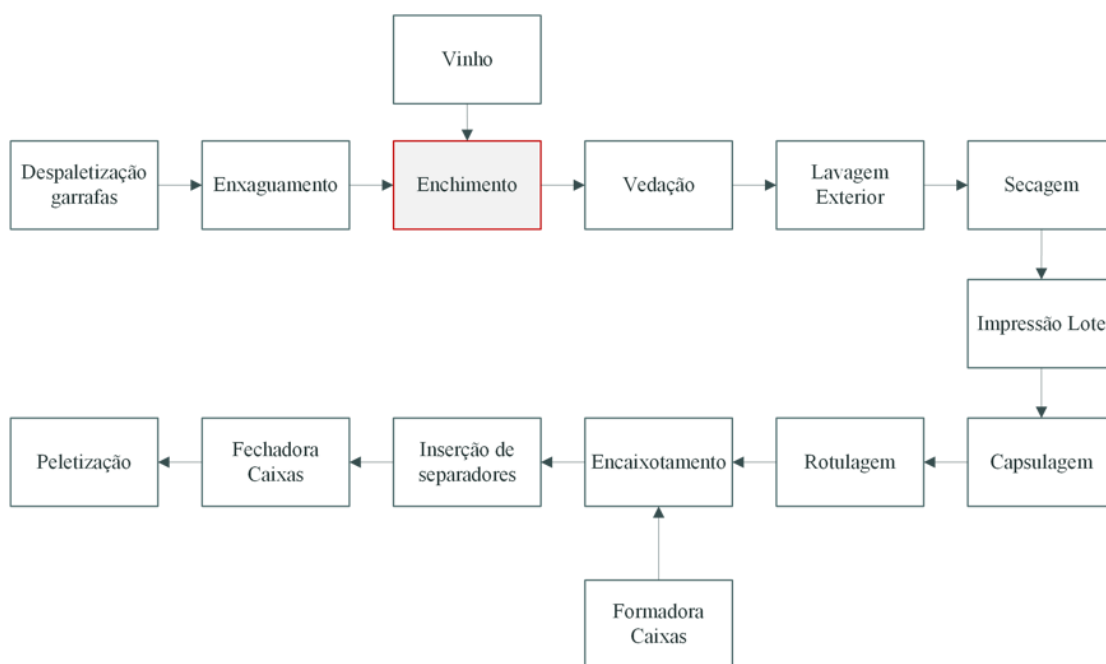


Figura 11 - Diagrama de blocos onde estão representadas as etapas mais relevantes do processo de engarrafamento de vinho.

4.2. Caracterização do equipamento

O equipamento que será estudado pelo processo RCM é a enchedora da linha de maior cadência da Casa Santos Lima. Esta enchedora (Figura 12) insere-se num monobloco composto por enxaguadora, enchedora, rolhadora e formadora de cápsulas

roscadas. Existem também equipamentos auxiliares como o alimentador de rolhas, bomba de vácuo (estes dois associados à rolhadora), alimentador e distribuidor de cápsulas roscadas (associado à capsuladora), inspetor de garrafas presente na saída do monobloco (para verificação de presença de vedante e nível de líquido), sistema de insuflação de ar e quadro de comando.



Figura 12 - Enchedora em estudo no processo RCM.

A ligação entre os quatro equipamentos é feita por transmissão mecânica composta por redutor com parafuso sem-fim e de engrenagens que, onde possível, são de material auto-lubrificado e à prova de ruído e rodam sobre chumaceiras de rolamento, com rolamentos estanques e de lubrificação vitalícia. O monobloco é controlado por um PLC (*Power Line Communication*). Este equipamento está preparado para trabalhar individualmente ou em linhas automáticas. O equipamento encontra-se montado numa estrutura de aço inoxidável, sustentado por parafusos de nivelamento. Possui também diversos dispositivos de segurança, desde sinalizações que advertem para a possibilidade de perigos. Existem proteções de segurança contra acidentes, nomeadamente, nas portas de acesso que estão equipadas com micro interruptores não violáveis e existem botões

fungiformes em diversos pontos do equipamento. Na entrada existe um micro interruptor que impede o funcionamento do equipamento no caso de entrar no sem-fim alguma garrafa na posição errada. As estrelas de entrada e saída, possuem embraiagem que impede o funcionamento do equipamento sempre que haja um encravamento de alguma garrafa. Existem sensores fotoelétricos à entrada e saída do monobloco que automatizam a velocidade do equipamento, impedindo que este funcione em vazio. Existe também uma célula fotoelétrica no final do ciclo de enchimento que bloqueia o equipamento caso alguma garrafa fique presa nalguma válvula de enchimento (também designado por bico de enchimento). Os motores elétricos possuem um interruptor térmico que os protege de sobreaquecimentos se houver uma sobrecarga de corrente elétrica. O quadro elétrico encontra-se dentro de um armário de aço inoxidável estanque, onde estão todos os componentes elétricos de comando da máquina.

A unidade de enchimento é um equipamento automático de pequena depressão para engarrafamento de líquidos com um máximo de 2 g/L de dióxido de carbono dissolvido, nomeadamente vinhos sem gás. A depressão criada é regulada através de uma válvula. Este equipamento tem a capacidade de encher líquidos que sejam pasteurizados, enchimento a quente, ou à temperatura ambiente, em vários formatos.

Na Figura 13 está esquematizado o ciclo de funcionamento da enchedora em estudo. Este ciclo inicia-se com o transporte das garrafas no tapete (B) até ao parafuso de Arquimedes (A), este afasta-as e sincroniza-as para que entrem com o espaçamento correto na estrela de entrada (D). As garrafas guiadas pela estrela de entrada e pela guia (F) são transferidas para os cilindros de elevação (G). Os cilindros são elevados, por funcionamento da mola, contra os bicos de enchimento. Ao completar a volta de enchimento os cilindros descem, mediante a came (H) e as garrafas saem da enchedora guiadas pela estrela de saída (E) e pela guia (F) para o tapete de transporte (B) que leva as garrafas até ao próximo equipamento. O operador é responsável por acionar o ciclo da máquina, controlar o processo de enchimento e, se necessário efetuar afinações de modo a melhorar o funcionamento do equipamento. Também é responsável pelas operações de mudança de formato.

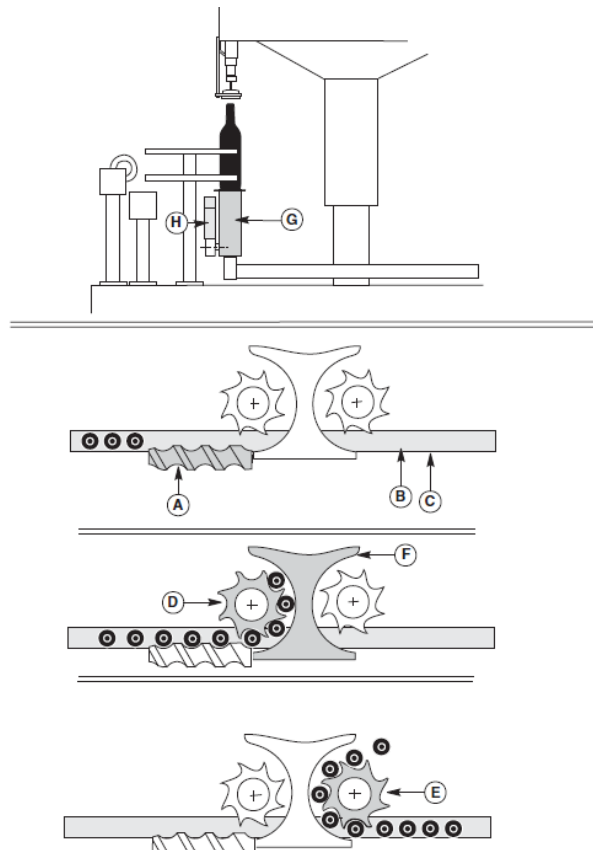


Figura 13 - Esquema do ciclo de funcionamento da enchedora, retirado de (Bertolaso, 2016).

De modo a responder às solicitações do processo RCM, o equipamento foi dividido em sistemas e subsistemas e foram definidos os limites do equipamento (Figura 14). Na Tabela 17, presente no Anexo 1 – Sistemas e subsistemas do equipamento em estudo, estão listados os sistemas e subsistemas considerados para a enchedora. Aqui é indicado se o sistema e/ou subsistema é exclusivo do equipamento em estudo e também é indicado onde se encontra a fronteira caso estes sejam partilhados por outros equipamentos da linha e não seja considerado completamente para o estudo. São também indicadas as referências dos desenhos técnicos associados a cada sistema e/ou subsistema permitindo a rápida pesquisa dos mesmos durante o processo de análise.

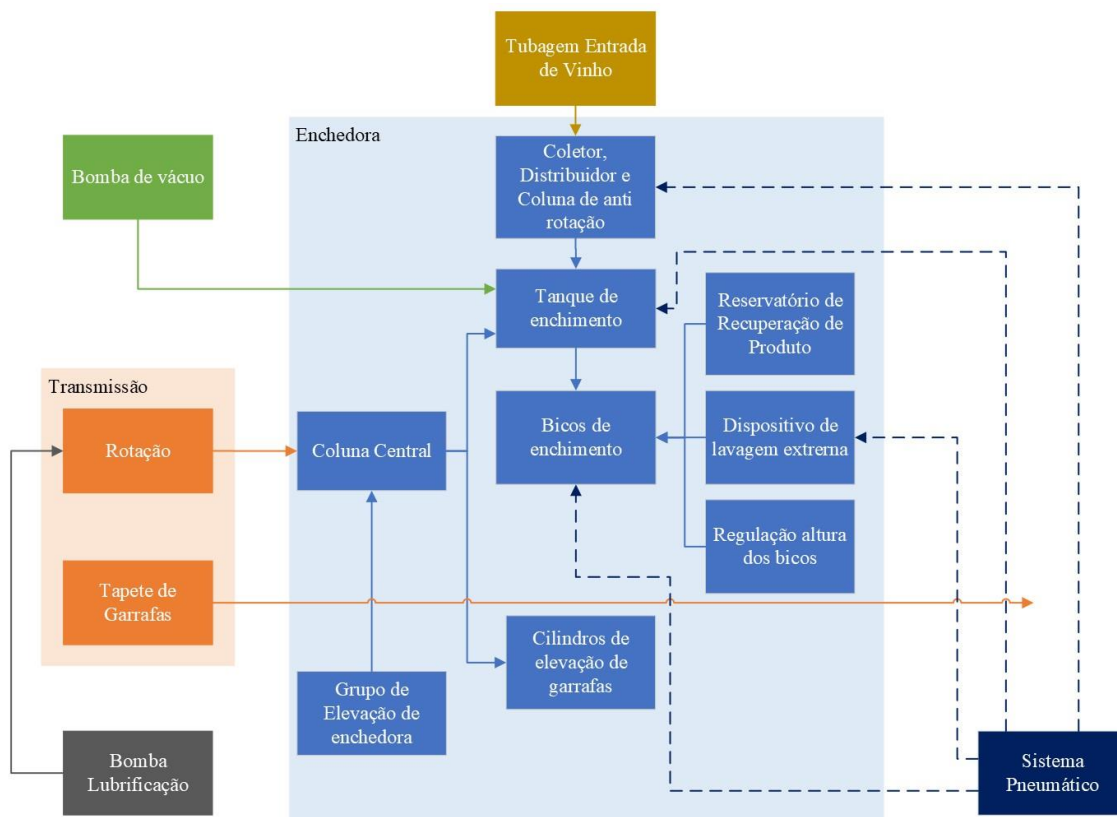


Figura 14 - Diagrama de blocos da enchedora.

O sistema de transmissão do monobloco, divide-se na rotação da enchedora e no transporte de garrafas. Visto que no monobloco os quatro equipamentos funcionam em sincronia o subsistema de rotação é comum a todos eles, pelo que para este estudo considera-se o motor e redutor que induzem o movimento e a transmissão à enchedora. Os veios que transferem o movimento para a enxaguadora e para a rolhadora, equipamentos adjacentes à enchedora, já não são considerados no estudo. A totalidade do tapete transportador de garrafas é considerado.

Assim a enchedora foi dividida em 11 subsistemas:

- Coluna central
- Coletor, distribuidor e coluna anti rotação
- Tanque de enchimento
- Regulação da altura dos bicos
- Bicos de enchimento
- Cilindros de elevação de garrafas
- Grupo de elevação
- Reservatório de recuperação de produto

- Dispositivo de lavagem externa
- Canalização (de entrada e saída de produto)
- Sistema pneumático

Aqui as electroválvulas de entrada e saída de produto presentes no subsistema de canalização são consideradas as fronteiras do sistema em estudo.

Os restantes sistemas definidos foram a armação do equipamento, a bomba de lubrificação automática do sistema de transmissão e a bomba de vácuo que cria a depressão no tanque de enchimento. Na bomba de lubrificação não são consideradas as linhas responsáveis pela lubrificação da transmissão dos outros equipamentos do monobloco.

5 – Aplicação prática do Processo RCM

5.1 Metodologia proposta

Tal como referido no capítulo 3, o processo RCM requer a resposta a oito questões:

Q1 - Quais são as condições de operação?

Q2 - Quais são as funções e os padrões de desempenho associados ao ativo no seu contexto operativo atual?

Q3 - De que modo é que o ativo falha no cumprimento das suas funções?

Q4 - O que causa cada estado de falha?

Q5 - O que acontece quando cada falha ocorre?

Q6 - Quais são os riscos associados a cada falha?

Q7 - O que pode/tem de ser feito para reduzir riscos intoleráveis para níveis toleráveis?

Q8 - O que pode ser feito para reduzir ou gerir riscos toleráveis mantendo um bom nível de custo-benefício?

Para responder a estas questões foi seguido o processo representado no fluxograma da Figura 15. A seleção do sistema a ser estudado já tinha sido previamente definida. O primeiro passo foi então definir as fronteiras do sistema, visto que o ativo analisado faz parte de um equipamento composto por mais três outros que não entram no âmbito deste estudo. As fronteiras do sistema encontram-se descritas na secção 4.2.

De modo a sistematizar a recolha de informação e facilitar a sua consulta futura foi criado um ficheiro onde estão as tabelas de trabalho (Tabela 2 a Tabela 8). Para a criação destas ferramentas foram seguidas as metodologias propostas por (Basson, 2019; Leoni et al., 2021; Okwuobi et al., 2018; Tang et al., 2017). A descrição da utilização destas ferramentas de trabalho, para responder a cada uma das perguntas é feita de seguida.

A Tabela 2 é utilizada para identificar o equipamento. Aqui são preenchidos os dados do ativo em estudo, sendo estes retirados do sistema de gestão da manutenção assistida por computador, identificados os elementos que constituem a equipa e a data de realização do estudo RCM.

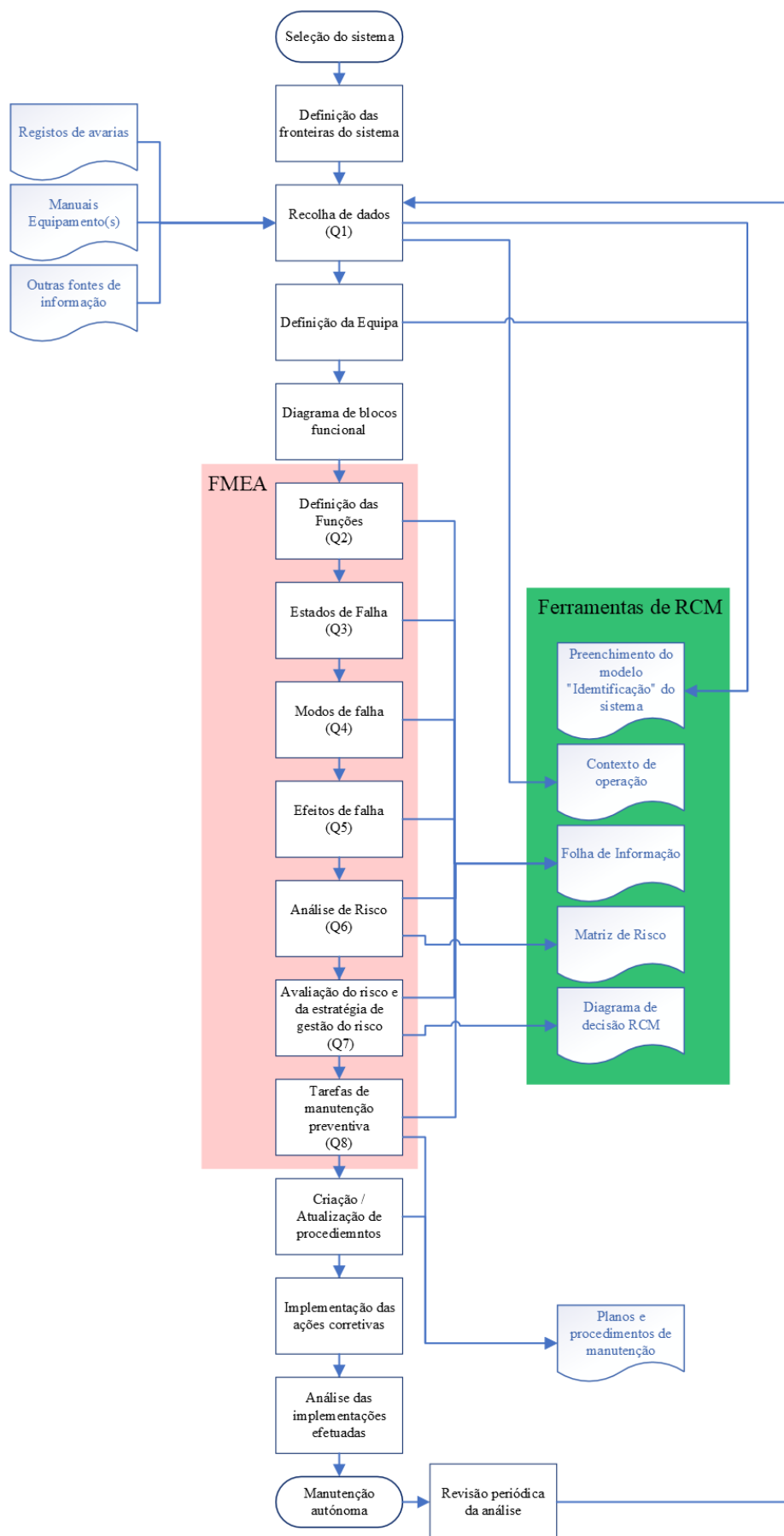


Figura 15 - Fluxograma do processo RCM.

Tabela 2 - Ficha de identificação do ativo.

Ativo		Descrição	
Equipamento-pai			
Localização			
Marca		Modelo	
Nº de série			
Data de entrada em Serviço		Criticidade	
Data da Análise			
Equipa RCM			
Nome		Função	
Fotografia			
Observações			

Na pergunta Q1- *Quais são as condições de operação?* é necessário definir o contexto de operação, sendo para isso utilizado o modelo da Tabela 3. Esta tabela foi criada de modo a garantir que a recolha de informação é feita sempre do mesmo modo e que toda a informação é recolhida. O primeiro passo será identificar o equipamento e a sua localização utilizando os dados de registo do ativo na base de dados da empresa. A recolha de informação está dividida em cinco partes: processo geral, parte desempenhada pelo ativo ou sistema no processo geral, impacto comercial do ativo, função do ativo e documentação a ser utilizada para a descrição do processo operacional. É importante que cada ponto seja descrito com o maior detalhe visto que a informação recolhida nesta fase vai permitir que todos os envolvidos no processo RCM compreendam completamente e com clareza as condições de operação do ativo e que tenham toda a informação disponível para consulta durante o estudo. A informação é recolhida a partir dos registos de intervenções do ativo, dos manuais do equipamento e outras informações disponíveis sobre o ativo.

Para este caso específico a equipa é constituída pelo Diretor de Produção e Manutenção, pelos Responsáveis de Produção, pelos Técnicos de Manutenção, pelos Operadores de Manutenção e por um representante do Departamento da Qualidade, sendo o processo mediado pelo Engenheiro de Manutenção. Assim, definiu-se que para esta análise a equipa será constituída por onze elementos.

Tabela 3 - Modelo proposto para recolha de informação para responder à Q1. Adaptado de (Basson, 2019).

1. Processo Geral
1.1. Descrever o processo geral diretamente relacionado com o ativo ou sistema.
1.2. Descrever o ambiente no qual o ativo é operado. <i>É dentro ou fora de um edifício? Ambiente é limpo ou sujo? Seco ou húmido? Neutro, corrosivo ou ácido?</i>
1.3. Mencionar quem será a equipa de operadores (funções).
2. Parte desempenhada pelo ativo ou sistema no processo geral
2.1. Descrever objetivo principal do ativo (porque é que ele existe) e como é que se integra no processo geral mencionado acima, bem como noutros processos da unidade de negócios.
2.2. Descrever o desempenho desejado exigido a este ativo com padrões quantitativos de desempenho.
3. Impacto comercial do ativo
3.1. Descrever as consequências gerais se este ativo não operar completamente ou de não operar no nível de desempenho desejado.
3.2. Descrever o possível impacto ambiental relacionado com a falha do ativo, tendo em consideração as leis e regulamentações ambientais em vigor.
3.3. Descrever o possível impacto na segurança relacionado com a falha do ativo.
3.4. Descrever o possível impacto económico relacionado com a falha do ativo. <i>Quantificar as perdas económicas relacionadas com o tempo de inatividade do equipamento e as perdas de produção resultantes, assim como as perdas de receita por hora de inatividade, etc.</i>
3.5. Descrever o possível impacto na qualidade do produto e o impacto resultante nos clientes.
4. Função do ativo
4.1. Desenvolver uma descrição funcional do ativo. A descrição deve ser baseada no fluxo lógico do processo o máximo possível.
4.2. Listar os principais componentes deste ativo.
4.3. Descrever a capacidade e os níveis de desempenho expectáveis do componente. <i>Dados da chapa de matrícula, dados dos manuais, curvas da bomba, etc.</i>
4.4. Incluir a presença de redundâncias ou equipamentos de <i>standby</i> .
4.5. Descrever os circuitos de proteção associados ao ativo (alarmes, circuitos de corte). Sempre que possível incluir os seus números de identificação.
4.6. Descrever outros circuitos de controlo associados a este ativo (caudal, temperatura, pressão, etc.). Sempre que possível incluir os seus números de identificação.
4.7. Descrever outros sensores associados a este equipamento (medidores, indicadores de nível, etc.). Sempre que possível incluir os seus números de identificação.
4.8. Descrever se a operação do ativo é manual ou automática, local ou remota.
4.9. Indicar quaisquer materiais especiais presentes na sua construção.
4.10. Indicar quaisquer funções especiais do equipamento.
4.11. Indicar que procedimentos de segurança, políticas e diretrizes são aplicáveis.
5. Documentação a ser utilizada para a descrição do processo operacional.
5.1. Diagramas de fluxo de processo
5.2. Diagramas de fluxo mecânico
5.3. Desenhos de tubagem e instrumentação
5.4. Manuais de operação e manutenção

O diagrama de blocos utilizado para o processo RCM é o que está na Figura 14 e de modo a complementá-lo foram utilizados os diagramas com os esquemas de operação presentes em (Bertolaso, 2016). A partir deste ponto a análise ao equipamento será feita a cada subsistema.

As respostas às questões Q2 a Q8 são registadas na Folha de Informação (Tabela 4). Para responder às questões Q2 a Q5 tem-se como base o descrito na secção 3.3.

A determinação do risco é feita segundo a equação 1, presente na página 10. O parâmetro severidade, C , é definido segundo os níveis definidos previamente pela organização (Tabela 5) e a probabilidade de falha, P , ou probabilidade de falha da função protegida, P_{Prot} , são determinados a partir da Tabela 6. Sendo o risco inerente, R , o produto de C com P (ou P_{Prot}), este é facilmente determinado recorrendo-se à matriz de risco (Tabela 7). Caso seja determinado que o risco do modo de falha em análise é tolerável, passa-se para o estudo do modo de falha seguinte. Se o risco for intolerável, o modo de falha em questão entra no diagrama de decisão (Figura 16) de modo a se obterem propostas de estratégias que leve à diminuição do risco para um nível tolerável. Na Tabela 8 encontram-se descritos quais os níveis de risco, obtidos através da matriz de risco, que são considerados toleráveis ou intoleráveis.

A partir da estratégia de gestão do risco obtida através do diagrama de decisão, na questão Q8- *O que pode ser feito para reduzir ou gerir riscos toleráveis mantendo um bom nível de custo-benefício?* são definidas as tarefas de manutenção preventiva. Inicialmente é definida a frequência de realização da tarefa (intervalo inicial da tarefa e unidade de medida deste intervalo). É também definido qual o departamento ou especialidade responsável pela implementação/execução da tarefa e qual o número de operadores e a duração necessária para a sua realização. Se após terminado o processo do diagrama de decisão for recomendada uma alteração ao equipamento é indicada na coluna “Tipo de modificação” a alteração a efetuar. As opções consideradas para este caso foram *Redesign* ou modificação, Formação, Procedimento e Peças de substituição. Por fim é realizada uma nova análise de risco ao modo de falha, considerando o efeito da tarefa de manutenção proposta. Este nível de risco revisto deverá corresponder a um nível de risco tolerável.

Tabela 5 - Níveis considerados para determinar a severidade do modo de falha. Adaptado de (Basson, 2019; Leoni et al., 2021; Okwuobi et al., 2018; Tang et al., 2017).

Consequência ou Tipo de perda	1 Insignificante	2 Menor	3 Moderado	4 Alto	5 Maior
Segurança e Saúde Dano ao Pessoal	Casos de primeiros socorros / Exposição a riscos menores para a saúde	Tratamento médico necessário / Exposição a riscos grandes para a saúde	Lesão que implique baixa médica / impacto reversível na saúde	Fatalidade única ou perda de qualidade de vida / Impacto irreversível na saúde	Fatalidades múltiplas / impacto na saúde podendo levar à morte
Ambiental Impacto Ambiental	Dano ambiental mínimo	Dano ambiental mínimo - correção em curto espaço	Impacto ambiental com impacto irreversível durante vida útil do projeto	Grande impacto ambiental com impacto irreversível (após vida útil do projeto)	Impacto ambiental extremo com impacto irreversível
Operacional - Ativo Interrupção do negócio/Dano de materiais e outras perdas	Sem interrupções nas operações / perda de produção e ativos até 7000 €.	Breves interrupções nas operações (<1h) / perda de produção e ativos entre 7000 € e 14000 €.	Shutdown parcial / Interrupções de 1 a 3 h / perda de produção e ativos entre 14000 € e 21000 €.	Perda parcial das operações / Interrupções de 3 a 8 h / perda de produção e ativos entre 21000 € e 100000 €.	Perda substancial ou total das operações / Interrupções >8 h / perda de produção e ativos superior a 100000 €.
Operacional - Legal e Regulamentar	Problema jurídico de baixo nível	Problema jurídico menor / incumprimento ou violação de regulamentação	Violação séria da regulamentação / Investigação e relatórios para autoridades	Violação séria da regulamentação / processos e acusações judiciais consideráveis	Processos e acusações judiciais muito sérias / várias ações judiciais e possível condenação
Operacional - Reputação/Social/Comunitário	Impacto ligeiro / conscientização pública pode existir, mas nenhuma preocupação pública	Impacto limitado / preocupação pública local	Impacto considerável / preocupação pública regional	Impacto grave / preocupação pública nacional	Impacto extremo / preocupação pública internacional

Tabela 6 - Níveis considerados para determinar a probabilidade do modo de falha. Adaptado de (Basson, 2019; Leoni et al., 2021; Okwuobi et al., 2018; Tang et al., 2017).

Probabilidade		
1	Raro	O evento nunca ocorreu na organização e não é provável que ocorra nos próximos 10 anos
2	Pouco provável	O evento indesejado já ocorreu e pode ocorrer dentro de 10 anos
3	Possível	O evento indesejado já ocorreu e pode ocorrer dentro de 5 anos
4	Provável	O evento indesejado ocorreu com pouca frequência, ocorre menos de 1 vez por ano, mas é provável que ocorra dentro de 2 anos
5	Quase certo	O evento indesejado ocorreu uma ou mais vezes por ano e é provável que ocorra dentro de 1 ano

Tabela 7 - Matriz de risco utilizada para determinar o nível de risco do modo de falha, segundo (Basson, 2019).

Consequência ou Tipo de perda	1	2	3	4	5
	Insignificante	Menor	Moderado	Alto	Maior
Probabilidade	Nível de Risco				
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Tabela 8 - Descrição dos níveis de risco, segundo (Basson, 2019).

	Baixo risco tolerável - Pode ser tolerado sem a necessidade de fazer nada sobre o risco	Tolerável
	Médio risco tolerável - O risco pode ser tolerável, mas terá de ser revisto periodicamente	Tolerável
	Risco Significante - Estratégias de gestão do risco têm de ser tomadas de modo a reduzir o risco para categoria média	Intolerável
	Alto Risco - Estratégias de gestão do risco têm de ser tomadas de modo a reduzir o risco para pelo menos para categoria média	Intolerável

As tarefas propostas serão então transpostas para atualizar os planos e procedimentos de manutenção. É de extrema importância que se avalie, após implementadas, as tarefas de manutenção preventivas de modo a validar a sua eficácia e, se necessário, devem ser feitos ajustes.

O processo RCM é um processo cíclico sendo a gestão da manutenção responsável por determinar a periodicidade da revisão da análise.

5.2 Preparação do Processo RCM

O processo RCM iniciou-se com uma ação de formação para a equipa de RCM em conjunto com outros colaboradores responsáveis por outras linhas e supervisores de produção. O objetivo foi familiarizar os intervenientes com o processo.

Na fase de planeamento das reuniões foram propostas duas metodologias para a realização das reuniões. Uma primeira mais intensiva em que a equipa se juntava durante um dia, ou meio dia, para a realização do estudo, e uma segunda proposta de reuniões curtas e com uma frequência diária. Optou-se pela segunda hipótese, por ser de mais fácil conciliação de agendas de trabalho entre os elementos da equipa e por prever-se uma menor fadiga dos elementos. Desde o início ficou definido que as reuniões seriam de uma hora e que aconteceriam no final do dia de trabalho, após terminado o enchimento programado para o dia, sempre que a jornada de trabalho o permitisse. Verificou-se que o tempo estipulado inicialmente era o correto, visto que no final da reunião o nível de concentração dos elementos já era muito baixo. Para a abordagem ao processo também foram consideradas duas hipóteses: a primeira ser feita questão a questão, a segunda ser feita a cada subsistema. Foi decidido realizar uma abordagem questão a questão, ou seja, cada questão foi respondida para os três subsistemas, só depois se passava para a questão seguinte.

Com exceção da primeira reunião, a ordem de trabalhos de cada reunião seguia sempre o mesmo padrão, inicialmente o moderador questionava os elementos se existia alguma proposta de alteração ao que tinha sido discutido anteriormente, de seguida era abordado o assunto que estava planeado para aquela sessão e por fim o moderador apresentava a ordem de trabalhos para a reunião seguinte. Sempre que na sessão seguinte estivesse planeada a abordagem a uma nova questão o mediador fazia um pequeno resumo dos objetivos pretendidos para a resposta àquela questão.

Para resposta à Q1 - *Quais são as condições de operação?*, o mediador recolheu toda a informação disponível tendo sido compilada no modelo da Tabela 3. A recolha prévia de informação foi realizada de modo a otimizar a eficiência das reuniões da equipa.

5.3 Reuniões RCM

Na primeira reunião da equipa foi feita uma apresentação dos objetivos do estudo e foram apresentadas e discutidas as fronteiras e subsistemas que compõem o equipamento, assim como, as informações recolhidas pelo mediador. A equipa completou e validou todas as informações, relativas ao contexto operacional. O último ponto de trabalhos da primeira reunião foi a escolha dos três subsistemas, que a equipa considerou de maior importância, para efetuar o processo RCM. Os três subsistemas escolhidos foram os bicos de enchimento, o tanque de enchimento e a bomba vácuo. Optou-se por realizar o estudo apenas a estes subsistemas de modo a permitir que cada elemento da equipa se familiarize com o processo RCM, visto que nenhum deles tinha experiência prática no mesmo. Por fim foi proposto por um dos elementos da equipa que esta fosse dividida em três grupos, de três a quatro elementos, que durante o dia seguinte se iriam juntar, discutir e definir as funções e estados de falha de cada subsistema.

Na reunião seguinte foram recolhidas e discutidas as funções (Q2 - *Quais são as funções e os padrões de desempenho associados ao ativo no seu contexto operativo atual?*) e estados de falha (Q3 - *De que modo é que o ativo falha no cumprimento das suas funções?*) para os subsistemas em estudo. Verificou-se que a discussão prévia feita pelos grupos permitiu diminuir o tempo na definição das funções e estados de falha dos subsistemas. Para a resposta Q3, seguiu-se a mesma metodologia de discussão prévia pelos grupos. No início da discussão notou-se que o grupo ainda não tinha dominado os conceitos de função, estado de falha e modos de falha, mas esta lacuna foi rapidamente ultrapassada com a realização de um pequeno exercício exemplificativo.

Na terceira e quarta reunião foram discutidos os modos de falha. Cada grupo fez chegar a informação que recolheram ao mediador de RCM com os modos de falha que definiram para cada estado de falha. Esta informação foi compilada e apresentada à equipa, que foi validando e retificando a informação. No final da quarta reunião foi apresentada a questão referente aos efeitos da falha, em que foram definidos os conceitos de efeito local da falha, próximo efeito de nível superior, efeito final e potencial efeito de pior caso, por fim foi realizado um exercício exemplificativo. Tendo em conta a elevada quantidade de modos de falha definidos estes foram divididos pelos três grupos.

Entre a quinta e a sétima reuniões foram discutidos os efeitos da falha. Por dificuldades de agenda houve um intervalo de cerca de 2 semanas entre a quarta e a quinta reunião. Apenas um dos grupos apresentou os efeitos de falha analisados, os restantes

grupos não tiveram oportunidade de discutir os efeitos de falha que lhes foram atribuídos. Durante a quinta reunião um dos grupos foi apresentando os resultados que obteve e a equipa ia debatendo ao mesmo tempo que o mediador registava as conclusões. Verificou-se que a informação apresentada pelo grupo não era completa levando o mediador a um esforço maior para concentrar a equipa na discussão daquele efeito de falha. Nesta reunião foram debatidos cinco efeitos de falha. Entre a quinta e sexta reunião o mediador recolheu toda a informação do referido grupo e os outros dois grupos debateram os efeitos de falha que lhes foram atribuídos. O tempo entre reuniões e a falta de prática no processo estiveram na origem da informação incompleta. A sexta reunião começou com a apresentação de 5 efeitos de falha que o grupo anteriormente referido definiu, sendo que a informação foi completada e estruturada pelo mediador. Por fim outro grupo também apresentou três dos seus efeitos de falha. Resumindo, neste dia foram discutidos oito efeitos de falha. Aqui verificou-se que o debate por parte da equipa é mais rápido e eficiente se já houver alguma informação estruturada, isto porque permite ao mediador conduzir a discussão a cada nível dos efeitos da falha, não tendo a necessidade de recolher tanta informação, originando menos paragens na discussão por causa dos apontamentos que necessita de tirar. A diminuição drástica dos tempos de pausa permite uma discussão mais fluida. Por isto, entre a sexta e a sétima reunião foi recolhida e estruturada a informação para todos efeitos de falha. A informação recolhida na questão 5, para descrição dos efeitos da falha, de enorme importância, visto que irá permitir a análise de risco (Q6 - *Quais são os riscos associados a cada falha?*) e a avaliação da categoria de risco e avaliação da estratégia de gestão de risco (Q7 - *O que pode/tem de ser feito para reduzir riscos intoleráveis para níveis toleráveis?*), sendo recomendado que a resposta que cada grupo dê contenha a informação completa e estruturada. Tal como nas questões anteriores verificou-se a discussão prévia pelos grupos facilita e agiliza o debate da equipa.

A oitava reunião foi de todas a mais curta e serviu apenas para fazer a apresentação das questões restantes. Optou-se por seguir o modelo de dividir os modos de falha pelos três grupos de trabalho. Outra decisão da equipa foi a de responder às questões Q6, Q7 e Q8 (*O que pode ser feito para reduzir ou gerir riscos toleráveis mantendo um bom nível de custo-benefício?*) em simultâneo para cada modo de falha, ao invés do que tinha sido feito até aqui de responder a uma questão isoladamente.

Antes da nona reunião os grupos entregaram a informação das Q6, Q7 e Q8 ao mediador que as compilou na tabela de trabalho. A nona e a décima reuniões foram para

validação das respostas dadas às três últimas questões, terminando assim o processo RCM para os três subsistemas da enchedora em estudo.

5.4 Processo RCM

Tal como foi referido anteriormente, foram selecionados 3 subsistemas da enchedora para o estudo de implementação do processo RCM. Nas Tabela 18 a Tabela 23, presentes no Anexo 2, estão todos os resultados obtidos a partir do processo RCM.

Para resposta à Q1 - *Quais são as condições de operação?*, a recolha da informação sobre o equipamento encontra-se na Tabela 19. As respostas às questões restantes são efetuadas nas Tabela 20 a Tabela 23 e nas Tabela 9 a Tabela 12 estão presentes um pequeno excerto da execução da FMEA e análise de risco de acordo com a Tabela 4. A Tabela 9 demonstra alguns dos resultados obtidos para a resposta às Q2 - *Quais são as funções e os padrões de desempenho associados ao ativo no seu contexto operativo atual?*; Q3 - *De que modo é que o ativo falha no cumprimento das suas funções?* e Q4 - *O que causa cada estado de falha?*, o resultado de toda a análise encontra-se Tabela 20. Na Tabela 10 estão alguns resultados da resposta à Q5 - *O que acontece quando cada falha ocorre?*, estando todos os resultados na Tabela 21. Os resultados alcançados nas Q6 - *Quais são os riscos associados a cada?* e na Q7 - *O que pode/tem de ser feito para reduzir riscos intoleráveis para níveis toleráveis?* estão na totalidade na Tabela 22 e exemplificados na Tabela 11. Por fim, na Tabela 12 estão algumas das respostas obtidas na Q8 - *O que pode ser feito para reduzir ou gerir riscos toleráveis mantendo um bom nível de custo-benefício?* e na Tabela 23 os resultados completos.

A partir do processo foram definidas 5 funções, 10 estados de falha e 51 modos de falha e efeitos de falha. Destes 51 modos de falha 40 foram considerados de risco intolerável e os restantes 11 de risco tolerável. Na Tabela 13 estão resumidos os resultados obtidos através do processo RCM.

Tabela 9 -Excerto da Tabela 20 referente às respostas obtidas no processo RCM para as questões Q2 a Q4.

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4	
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha	
					Causa	Mecanismo falha
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	A	Garrafas com vinho acima da quantidade pretendida	1 Engrenagem de regulação de altura do bico deteriorada	Durante a afinação da altura dos bicos o bico em questão não fica na altura correta e o nível fica acima
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	1 Tanque danificado (Roto)	Desgaste de vedante. Corpo externo esquecido dentro do equipamento.
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	1 Fuga nos juntas	Desgaste

Tabela 10 -Excerto da Tabela 21 referente às respostas obtidas no processo RCM para a questão Q5.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.1-A-1	Com o tempo a engrenagem começa a deteriorar-se. Através de inspeção visual é possível verificar o nível das garrafas. Esta falha poderá acontecer em média a cada 3 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Para o(s) bico(s) de enchimento que tenham a falha na engrenagem de regulação serão cheias com volume acima do pretendido. No caso da rolha esta não será colocada corretamente dando origem a vinho vertido. No caso de s-cap pode dar origem a vinho vertido.	São necessárias 20 minutos para substituição da engrenagem ou o bico de enchimento.	O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.
2.1-A-1	Com o tempo os vedantes começam a desgastar-se. Começam a haver fugas de vinho pelo tanque. Esta falha pode ocorrer a cada 5 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Quando o nível de vinho no tanque baixa os 10% soa o alarme de nível baixo no tanque da enchedora e dá-se a paragem do enchimento, não sendo produzidas quaisquer garrafas com nível abaixo. Até que o nível suba dos 10% a produção não volta a arrancar. O operador deteta a fuga de vinho no tanque de enchimento. A existência de um corpo estranho dentro do tanque de enchimento pode levar a dano imprevisíveis.	São necessárias 8h de paragem de produção para substituição de vedantes. Para remoção de corpo estranho são necessárias 2h, mais o tempo de reparação do tanque	No caso de o operador não detetar a fuga de vinho a alimentação do tanque a produção irá continuar levando à perda total do vinho do lote de produção. Obriga a nova produção do lote - 6h de trabalho, mais o custo do produto perdido e custo da reparação.
11.1-A-1	Com o tempo as juntas irão sofrer desgaste. Não é criada subpressão necessária, produzindo garrafas com nível alto. Esta falha pode ocorrer em média a cada 5 anos.	A subpressão em defeito irá provocar a produção de garrafas com nível de enchimento incorreto, obrigando a sua segregação.	É necessária a paragem da produção durante 2h para substituição da bomba de vácuo. São necessárias 5h para reparação da bomba de vácuo	No caso da pressão ser elevada a bomba de vácuo irá aumentar a sua velocidade para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuos.

Tabela 11 -Excerto da Tabela 22 referente às respostas obtidas no processo RCM para as questões Q6 e Q7.

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.1-A-1		3	3	9	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	TESTE DE CONFORMIDADE - Depois de efetuar a regulação da altura dos bicos de enchimento o operador, por inspeção visual, verifica o nível das garrafas na primeira volta de garrafas produzidas. Se detetar alguma anomalia verifica a engrenagem do bico em falha. (Atualização da Instrução de trabalho de operação do equipamento)
2.1-A-1		3	5	15	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	MONITORIZAÇÃO - Durante o tempo de operação o operador responsável pelo equipamento vai monitorizando o estado do tanque. (Já se encontra implementado no procedimento de operação do equipamento)
11.1-A-1		3	4	12	Não	Não	Não		Não	Sim									MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	SUBSTITUIÇÃO - Efetuar a substituição de vedantes da bomba de vácuo. (Atualizar plano de manutenções preventivas)

Tabela 12 -Excerto da Tabela 23 referente às respostas obtidas no processo RCM para a questão Q8.

Q4	Q8									
	Tarefas de Man. Prev.						Nível de Risco Revisto			
	Intervalo Inicial da Tarefa	Unidade de medida	Dep./Esp. Resp.	Qtd	Duração (h)	Tipo de Modificação	P _{prot}	P	C	R
1.1-A-1	1	dia	Produção	1	0,1	Procedimento		2	3	6
2.1-A-1	1	dia	Produção	1	NA			3	2	6
11.1-A-1	2	anos	Manutenção	1	7	Procedimento		2	3	6

Foram identificados estados de falha coincidentes para funções diferentes do subsistema dos bicos de enchimento. O estado de falha 1.1-B é coincidente com o estado de falha 1.2-A, logo a respostas às questões seguintes para estes dois estados de falha são coincidentes (Tabela 14). Do mesmo modo foram identificados modos de falha coincidentes para estados de falha diferentes. O modo de falha 2.1-A-5 é coincidente com o 2.2-A-2, o 2.1-A-6 é coincidente com os 2.2-A-4 e 11.1-A-2, o 2.2-A-5 é coincidente com o 11.1-A-3 (Tabela 14), sendo as respostas às questões seguintes iguais para os respectivos modos de falha. Na Tabela 15 estão atualizados os resultados obtidos retirando os estados de falha e modos de falha que se encontram repetidos.

Tabela 13 - Resumo dos resultados obtidos no processo RCM

Subsistema	Função	Estados de falha	Modos de falha / Efeitos de falha	Nível de Risco			
				Baixo	Médio	Significante	Alto
Bicos de enchimento	2	3	24	0	1	10	13
Tanque de enchimento	2	4	16	2	6	3	5
Bomba de vácuo	1	3	11	1	1	3	6
Total	5	10	51	3	8	16	24

Tabela 14 – Modos de falha e estados de falha coincidentes nos subsistemas

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4		
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha		
					Causa		Mecanismo falha
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.			
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida			
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	5	Visor danificado	Desgaste de vedante Quebra do visor
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	6	Incorreto aperto de tubagens	Erro humano Deterioração da rosca
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão ($P \geq 0$ bar)	2	Visor quebrado	Erro humano Temperatura de produto de lavagem elevada
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão ($P \geq 0$ bar)	4	Incorreto aperto de tubagens	Erro humano Deterioração da rosca
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão ($P \geq 0$ bar)	5	Incorreta parametrização da subpressão	Erro humano
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	2	Incorreto aperto de tubagens	Erro humano Deterioração da rosca
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	3	Incorreta parametrização da subpressão	Erro humano

Tabela 15 - Resumo dos resultados obtidos no processo RCM sem os estados de falha e dos modos de falha repetidos.

Subsistema	Função	Estados de falha	Modos de falha / Efeitos de falha	Nível de Risco			
				Baixo	Médio	Significante	Alto
Bicos de enchimento	2	2	14	0	1	5	8
Tanque de enchimento	2	4	14	1	6	2	5
Bomba de vácuo	1	3	9	1	1	2	5
Total	5	9	37	2	8	9	18

Dos 37 modos de falha 10 foram considerados de nível tolerável (2 de nível baixo e 8 de nível médio), que não foram à árvore de decisão (Figura 16). Os restantes modos de falha foram considerados com um nível de risco intolerável (9 de nível significativo e 18 de nível alto), pelo que para estes foi feita a avaliação da categoria de risco e das estratégias de gestão do risco, e definidas tarefas de manutenção preventiva. Para cada tarefa de manutenção preventiva foi revisto o nível de risco de modo a avaliar se este diminuía para níveis de risco tolerável, sendo expectável que as tarefas de manutenção preventiva definidas permitam que os níveis de risco baixem para níveis de risco toleráveis.

A partir daqui foi definido o plano de ações (Tabela 16) para os três subsistemas em estudo. No total foram propostas 21 ações. Para os bicos de enchimento foram propostas 11 ações, em que 3 das quais já são executadas atualmente, 6 irão originar alterações ao plano de manutenções preventivas do equipamento e 2 irão alterar a instrução de trabalho de operação da enchedora. No tanque de enchimento foram propostas 6 ações, destas 3 já se encontram implementadas e as restantes irão originar alteração ao plano de manutenções preventiva. A bomba de vácuo irá ter 3 ações que irão originar alterações no plano de manutenções preventivas. Por fim, também foi proposto a alteração a instrução de trabalho de operação da enchedora e do plano de formação de modo a garantir que sempre que um novo operador seja designado para a enchedora, este receba na ação de formação toda a informação necessária para a correta condução do equipamento.

Tabela 16 – Plano de ações obtido do processo de RCM

Subsistema	Tipo de tarefa	Descrição	Frequência	Responsável	Estado
Bico de enchimento	Ensaio de Funcionamento	Após efetuar a manutenção ao bico de enchimento o técnico de manutenção tem de garantir que a engrenagem de regulação da altura do bico fica na mesma posição que os restantes e que não existem fugas de produto. Caso existam fugas os bicos de enchimento em questão têm de ser intervencionados novamente.	Sempre que qualquer bico de enchimento seja desmontado	Técnico de Manutenção	Implementado
	Inspeção	Após a conclusão do CIP o operador tem de garantir que todas as falsas garrafas são retiradas após a conclusão do processo de CIP.	Diária	Operador de Produção	Atualizar instrução de trabalho de operação do equipamento
	Teste de Conformidade	Depois de efetuar a regulação da altura dos bicos de enchimento o operador, por inspeção visual, verifica o nível das garrafas na primeira volta de garrafas produzidas. Se detetar alguma anomalia verifica a engrenagem do bico em falha.	Diária	Operador de Produção	Atualizar instrução de trabalho de operação do equipamento
	Inspeção	Após o desenganche das falsas garrafas verificar a correta montagem do cone centrador.	Diária	Operador de Produção	Implementado
	Lubrificação	Lubrificação das guias.	Mensal	Operador de Produção	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Inspeção	Proceder à desmontagem de um bico de enchimento, aleatoriamente, e inspecionar o seu estado de higienização.	Trimestral	Técnico de Qualidade e Operador de produção	Implementado
	Inspeção	Inspecionar o estado das borrachas centradoras, substituir ao verificar-se degradação.	Anual	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Ajuste	Verificação do aperto da guia.	Anual	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Inspeção	Inspecionar o estado da engrenagem e substituir ao verificar-se desgaste na rosca.	Anual	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas

Subsistema	Tipo de tarefa	Descrição	Frequência	Responsável	Estado
	Substituição	Substituição das anilhas de mola de todos os bicos de enchimento.	2 anos	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Substituição	Substituição de todos os vedantes do bico de enchimento.	3 anos	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
Tanque de enchimento	Monitorização	Durante o tempo de operação o operador responsável pelo equipamento vai monitorizando o estado do tanque.	Diária	Operador de Produção	Implementado
	Monitorização	Durante o tempo de operação o operador responsável pelo equipamento vai monitorizando o a pressão de trabalho dos filtros.	Diária	Operador de Produção	Implementado
	Inspeção	Inspeccionar visualmente estado das tubagens.	Trimestral	Técnico de Qualidade	Implementado
	Inspeção	Durante o processo de CIP verificar o valor do nível indicado no painel de controlo nas etapas em que o tanque está vazio e em que o tanque está cheio.	2 anos	Técnico de Qualidade	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Verificação	Verificar aperto das tubagens.	2 anos	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Calibração	Efetuar a calibração do sensor de pressão.	2 anos	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
Bomba de vácuo	Medição	Medir vibrações de trabalho da bomba e analisar a sua temperatura de trabalho.	Trimestral	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Verificação	Verificar se existem folgas no funcionamento da válvula	Anual	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
	Revisão	Efetuar revisão geral da bomba de vácuo	2 anos	Técnico de Manutenção	Atualizar plano de manutenções preventivas
Geral	Formação	Atualizar procedimento de operação e plano de formação de modo a garantir que todos os operadores responsáveis pelo equipamento tenham formação para o seu correto funcionamento.	NA	Departamentos Produção e Qualidade	Atualizar instrução de trabalho de operação do equipamento e plano de formação

Com o plano de ações proposto é expectável que a taxa de avarias da enchedora diminua, levando ao aumento da disponibilidade do equipamento. Houve tarefas de manutenção preventiva que diminuíram a sua frequência de realização, sendo expectável que haja a diminuição dos custos de manutenção.

Ficou definido que um ano após a implementação do plano de ações será feita uma reavaliação completa ao processo de modo a verificar eficácia das ações implementadas e tomada das ações corretivas necessárias de modo a melhorar a eficiência do plano. Ao longo do processo de implementação o Engenheiro de Manutenção e o Diretor de Produção e Manutenção irão avaliando a implementação das medidas.

O processo RCM revelou benefícios para o plano de manutenção da enchedora, mesmo não tendo sido aplicado à totalidade do equipamento. Durante o processo a partilha de informação entre os membros da equipa levou ao aumento do conhecimento de todos. Foram investidas cerca de 200 horas na realização do processo RCM nos três subsistemas em estudo. Este investimento será rapidamente recuperado através do aumento da periodicidade de tarefas de manutenção preventiva, da diminuição do tempo de deteção da falha e do aumento da disponibilidade do equipamento.

6 Conclusões e Recomendações Futuras

O principal objetivo deste trabalho foi cumprido, visto que foi possível definir uma metodologia de trabalho para a realização de processos RCM aos ativos da CSL. Apesar de não ter sido estudado um equipamento na sua totalidade, foi possível definir, através dos resultados obtidos, que o processo deve iniciar-se sempre com a formação dos elementos que integrarão a equipa RCM (caso estes ainda não a possuam). O mediador do processo RCM é responsável pela recolha de toda a informação relativa ao ativo em estudo, devendo responder à questão Q1 antes da primeira reunião da equipa. Este tem de dominar completamente o processo de modo a garantir que toda a informação é recolhida e de forma sistematizada. As reuniões têm, no máximo, uma hora de duração para se conseguir manter os níveis de concentração da equipa. No decorrer da primeira reunião o mediador apresenta o objetivo do trabalho e a informação que recolheu, tornando-a disponível a todos os elementos. Toda a informação previamente recolhida tem de ser validada por toda a equipa. As questões Q2 a Q5 são feitas questão a questão sendo o tempo de discussão ajustado à complexidade do ativo em estudo. As questões Q6 a Q8 podem ser respondidas em simultâneo para cada modo de falha. Antes de se iniciar a resposta a uma nova questão o mediador é responsável por fazer uma explicação dos objetivos e da estrutura pretendida para as respostas de modo a garantir a recolha sistematizada de informação e a orientar a discussão da equipa. Verificou-se que a criação de grupos de 2 a 4 elementos da equipa é vantajosa para que estes discutam entre si as questões fora das reuniões e recolham informação. O mediador é responsável pela recolha desta informação e pela sua apresentação na reunião seguinte. Este método revelou um aumento da eficiência das reuniões permitindo a discussão de mais temas no mesmo espaço de tempo e que o foco da equipa se mantivesse alto no decorrer da reunião.

Mesmo não tendo sido aplicado o processo RCM à totalidade dos subsistemas que compõe a enchedora todos os intervenientes confirmaram a potencialidade do processo na melhoria dos planos de manutenção preventiva e na gestão da manutenção.

Para trabalhos futuros e de modo a dar seguimento ao estudo iniciado o processo RCM será aplicado aos restantes subsistemas da enchedora e posteriormente a todo o monobloco de enchimento e seus equipamentos auxiliares. Será necessário criar uma metodologia para definição do nível de criticidade dos ativos, de modo que todos os que apresentem um nível de criticidade superior sejam alvo de processos RCM.

Referências

- Alamri, T. O., & Mo, J. P. T. (2022). Optimisation of Preventive Maintenance Regime Based on Failure Mode System Modelling Considering Reliability. *Arabian Journal for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07174-w>
- Amaral, F. D. (2016). *Gestão da Manutenção na Indústria* (1ª Edição). Lidel.
- Arunraj, N. S., & Maiti, J. (2007). Risk-based maintenance-Techniques and applications. *Journal of Hazardous Materials*, 142(3), 653–661. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.069>
- Basson, M. (2019). *RCM3: Risk-Based Reliability Centered Maintenance*. Industrial Press.
- Bertolaso. (2016). *Manual de Instruções Bertolaso Olimpia 36/40/6/6 Dx*.
- Casa Santos Lima, Companhia das Vinhas, S.A. (sem data). Obtido 29 de Novembro de 2022, de <https://www.casasantoslima.com/pt/>
- Chattopadhyaya, P. K., Basu, S. K., & Majumdar, M. C. (2017). Quantified Risk Ranking Model for Condition-Based Risk and Reliability Centered Maintenance. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 98(3), 325–333. <https://doi.org/10.1007/s40032-016-0226-0>
- Chin, H. H., Varbanov, P. S., Klemeš, J. J., Benjamin, M. F. D., & Tan, R. R. (2020). Asset maintenance optimisation approaches in the chemical and process industries – A review. Em *Chemical Engineering Research and Design* (Vol. 164, pp. 162–194). Institution of Chemical Engineers. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.09.034>
- Doğan, D. C., & İç, Y. T. (2021). Reliability Centered Maintenance Analysis Using Analytic Hierarchy Process for Electro-mechanical Actuators. *Aerotecnica Missili & Spazio*, 100(4), 321–335. <https://doi.org/10.1007/s42496-021-00089-z>
- Enjavimadar, M. H., & Rastegar, M. (2022). Optimal reliability-centered maintenance strategy based on the failure modes and effect analysis in power distribution systems. *Electric Power Systems Research*, 203. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107647>
- Hassoun, A., Jagtap, S., Trollman, H., Garcia-Garcia, G., Abdullah, N. A., Goksen, G., Bader, F., Ozogul, F., Barba, F. J., Cropotova, J., Munekata, P. E. S., & Lorenzo, J. M. (2022). Food processing 4.0: Current and future developments spurred by the

- fourth industrial revolution. *Food Control*, 109507. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109507>
- Kiran, S., Prajeeth Kumar, K. P., Sreejith, B., & Muralidharan, M. (2016). Reliability Evaluation and Risk Based Maintenance in a Process Plant. *Procedia Technology*, 24, 576–583. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.117>
- Leoni, L., de Carlo, F., Paltrinieri, N., Sgarbossa, F., & BahooToroody, A. (2021). On risk-based maintenance: A comprehensive review of three approaches to track the impact of consequence modelling for predicting maintenance actions. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104555>
- McLeman, A., Smith, J., & Parker, K. (2021, Junho). *The maintenance function, like manufacturing itself, is a rapidly changing environment*. Plant Engineering. <https://www.plantengineering.com/articles/the-maintenance-function-like-manufacturing-itself-is-a-rapidly-changing-environment/>
- Mendes, N., Geraldo Vidal Vieira, J., & Patrícia Mano, A. (2022). Risk management in aviation maintenance: A systematic literature review. Em *Safety Science* (Vol. 153). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105810>
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd Edition). Butterworth-Heinemann.
- Mobley, R. K. (2004). *Maintenance Fundamentals* (2nd Edition). Elsevier Butterworth–Heinemann.
- Mobley, R. K., Higgins, L. R., & Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance Engineering Handbook* (R. K. Mobley, Ed.; 7th Edition). McGraw-Hill.
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean Maintenance Roadmap. *Procedia Manufacturing*, 2, 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centred Maintenance II*. Butterworth-Heinemann.
- NP EN ISO 31000. (2012). *Norma Portuguesa - Gestão do risco Princípios e linhas de orientação*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 13306. (2021). *Norma Portuguesa - Manutenção - Terminologia de manutenção* (2ª Edição). Instituto Português da Qualidade.
- Okwuobi, S., Ishola, F., Ajayi, O., Salawu, E., Aworinde, A., Olatunji, O., & Akinlabi, S. A. (2018). A reliability-centered maintenance study for an individual section-forming machine. *Machines*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/machines6040050>

- Patil, S. S., Bewoor, A. K., Kumar, R., Ahmadi, M. H., Sharifpur, M., & PraveenKumar, S. (2022). Development of Optimized Maintenance Program for a Steam Boiler System Using Reliability-Centered Maintenance Approach. *Sustainability*, 14(16), 10073. <https://doi.org/10.3390/su141610073>
- Roca, P. (2019). *2019 Statistical Report on World Vitiviniculture*.
- Sifonte, J. R., & Reyes-Picknell, J. V. (2017). *Reliability Centered Maintenance - Reengineered Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R®*. CRC Press.
- Simões, M., Martins, R. F., & Marmé, M. (2018). Failure analysis of a filling valve from a Brewery's beer filler. *Engineering Failure Analysis*, 93, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.07.012>
- Sobral, J., & Ferreira, L. (2015). Establishment of optimal physical assets inspection frequency based on risk principles. *Eksploatacja i Niezawodnosc*, 17(2), 243–249. <https://doi.org/10.17531/ein.2015.2.11>
- Tang, Y., Liu, Q., Jing, J., Yang, Y., & Zou, Z. (2017). A framework for identification of maintenance significant items in reliability centered maintenance. *Energy*, 118, 1295–1303. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.011>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>
- Vishnu, C. R., & Regikumar, V. (2016). Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study. *Procedia Technology*, 25, 1080–1087. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.211>
- Yavuz, O., Doğan, E., Carus, E., & Görgülü, A. (2019). Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry. *Procedia Computer Science*, 158, 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.046>

Anexo 1 – Sistemas e subsistemas do equipamento em estudo

Tabela 17 - Sistemas e subsistemas da enchedora, limites do equipamento e referências dos desenhos dos componentes.

Sistema	Subsistema	Limites	Exclusivo Enchedora	Observações	Desenho
Transmissão Monobloco	Rotação	Veio de ligação à enxaguadora Veio de Ligação à Rolhadora	Não	Motor elétrico, redutor, órgãos que movimentam enchedora	Transmissão - DAS0034393 Movimento da Máquina - DAS0009007 Grupo de Transmissão - DAS0008995 (?) ou Grupo de transmissão - DAS0008996 (?) Transmissão - DAS0013285 (?) Motores, redutores, correias, etc.
Transmissão Monobloco	Tapete de Garrafas	-	Não		Suporte da Estrela - DAS0031155/0 Flange (Suporte estrela) - DAS0012708/1 Encoder do parafuso de Arquimedes - DAS0026356 Comando parafuso Arquimedes - DAS0001145/1 Caixa - DAS0001160/3 Grupo de regulação de nível - DAS0000148_2 Grupo Guias - DAS0028983/0 Suporte de tapete -DAS0024378/1 Haste - DAS0000596_2 Suporte parafuso sem-fim - DAS0000151_2 Forquilha - DAS0000150-PDF00_2 Forquilha - DAS0000122-PDF00_2 Laminas - DAS0004620_0
Enchedora	Coluna central	-	Sim		Coluna Central - DAS0009023-PDF00_4
Enchedora	Coletor, Distribuidor e Coluna de anti rotação	-	Sim		Distribuidor Líquido - DAS0028814-PDF00_0 Distribuidor - DAS0041524-PDF00_0 Corpo Rotativo - DTV0006786-PDF00_0 Coluna Anti-rotação - DAS0041664-PDF00_0

Sistema	Subsistema	Limites	Exclusivo Enchedora	Observações	Desenho
Enchedora	Tanque de enchimento	-	Sim		Tanque de enchimento - DAS0041527-PDF00_0 Observatório - GC089015X_0 Sonda de Nível - DAS0033420-PDF00_0 Coletor CIP - DAS0034423-PDF00_0
Enchedora	Regulação de altura dos bicos	-	Sim		Regulação altura - DAS0026028-PDF00_0 Fim de curso - DAS0012155_1 (?)
Enchedora	Bicos de enchimento	-	Sim	Inclui falsas garrafas	Bico Enchimento - DAS0041760-PDF00_1 Falsa Garrafa - DAS0017203_0 Válvula Falsa Garrafa - DAS0001114_2 Abertura de torneira - DAS0010483_0
Enchedora	Cilindros de elevação de garrafas	-	Sim	Inclui o came	Came - DAS0024377-PDF00_0 Cilindro - DAS0018739-PDF00_2
Enchedora	Grupo de elevação	-	Sim		Elevação Anel - DAS0034389-PDF00_0 Encoder - DAS0025575-PDF00_0 Elevação Anel - DAS0032801-PDF00_0 Macaco - DAS0025161-PDF00_2 Macaco - DAS0026198-PDF00_1 Fim de carreira - DAS0020847-PDF00_7
Enchedora	Reservatório Recuperação Produto	-	Sim	Vasqueta	Reservatório Recuperação Produto - DAS0041646-PDF00_0 Suporte - DAS0040327-PDF00_0 Controlo - DAS0035099-PDF00_1

Sistema	Subsistema	Limites	Exclusivo Enchedora	Observações	Desenho
Enchedora	Dispositivo de lavagem exterior	-	Sim		Dispositivo de lavagem exterior - DAS0018684_0
Enchedora	Tubagem de entrada de vinho	Electroválvulas de entrada e saída do equipamento	Não	Tubagem de entrada e saída Electroválvulas Bomba de retorno	Canalização - DAS0041686-PDF00_0 Bomba - DAS0037105-PDF00_0
Enchedora	Sistema Pneumático	-	Não	Ar Comprimido e gás inerte	Enchedora - DAS0041710-PDF00_0 Sistema Alm. Gás Inerte - DAS0034430-PDF00_1 Sistema Pneumático - DPN0000358-PDF00_0
Bomba Lubrificação	-	Bomba de lubrificação Ligações feitas à enchedora (as ligações aos outros equipamentos são excluídas)	Não		Lubrificação - DAS0041698-PDF00_0 Lubrificação - GC193097X_1 Lubrificação - DAS0001673_0.pdf Patim para vácuo - DAS0009107_1 Eletrobomba BRAVO
Armação	Portas e sensores de segurança	-	Não	Consideradas todas - idênticas em todo o monobloco	Armação Inferior -DAS0034388-PDF00_1 Armação Superior - DAS0041584-PDF00_0
Bomba de Vácuo	-	-	Sim	Cria a depressão no reservatório de enchimento	-

Anexo 2 – Resultados obtidos no Processo RCM

Tabela 18 - Ficha de identificação de produto preenchida para o ativo em estudo.

Ativo	ENC0004	Descrição	Enchedora 4 LD
Equipamento-pai	MNB0004 - Monobloco Enchimento LD		
Localização	0103-P0-017 - Sala Linhas		
Marca	Bertolaso	Modelo	Olimpia 40
Nº de série	PMDM010246		
Data de entrada em Serviço	2018	Criticidade	Crítico
Data de Análise	Maio a julho 2023		
Equipa RCM			
Nome		Função	
		Mediador RCM	
		Diretor Produção/Manutenção	
		Responsável de Produção	
		Responsável de Produção	
		Operador Produção	
		Operador Produção - Suplente	
		Técnico de Manutenção	
		Técnico de Manutenção	
		Técnico de Manutenção	
		Responsável de Qualidade	
		Operador Produção	
Fotografia			
			
Observações			
Estudo efetuado apenas à enchedora os restantes equipamentos do monobloco (enxaguadora, rolhadora, formadora de s-caps e tremonhas) não são considerados nesta análise.			

Tabela 19 – Informação recolhida que caracteriza o ativo em estudo.

1. Processo Geral
1.1. Descrever o processo geral diretamente relacionado com o ativo ou sistema.
O ativo em estudo pertence a um monobloco composto por quatro equipamentos que funcionam em sincronia. Os equipamentos são: enxaguadora, enchedora, rolhadora e formadora de s-caps. Cada um destes equipamentos é composto por subsistemas. Para este estudo será apenas considerada a enchedora e os seus subsistemas.
1.2. Descrever o ambiente no qual o ativo é operado. <i>É dentro ou fora de um edifício? Ambiente é limpo ou sujo? Seco ou húmido? Neutro, corrosivo ou ácido?</i>
Ativo instalado no interior do edifício em ambiente limpo e seco, sendo sujeito a ciclos de lavagem diários em que no processo de CIP se utilizam água, soluções alcalinas e ácidas.
1.3. Mencionar quem será a equipa de operadores (funções).
Operadores responsáveis de produção (2) Responsável de Produção (1)
2. Parte desempenhada pelo ativo ou sistema no processo geral
2.1. Descrever objetivo principal do ativo (porque é que ele existe) e como é que se integra no processo geral mencionado acima, bem como noutros processos da unidade de negócios.
A enchedora está inserida numa linha de produção que opera num turno de 8h durante 5 dias por semana. As produções são feitas em lote. Estando projetada para encher 9000 gf/h de 0,75 L de capacidade. É nesta etapa que se faz o cruzamento da linha de vinho com a linha de garrafas.
2.2. Descrever o desempenho desejado exigido a este ativo com padrões quantitativos de desempenho.
Operar durante 6,5 h/dia durante 5 dias/semana com uma cadência de 9000 gf/h de 0,75 L de capacidade
3. Impacto comercial do ativo
3.1. Descrever as consequências gerais se este ativo não operar completamente ou de não operar no nível de desempenho desejado.
Se a enchedora não funcionar implica a paragem de toda a linha de produção originando a não produção de cerca de 60000 garrafas de produto acabado e que 9 operadores fiquem sem trabalho atribuído (no imediato).
3.2. Descrever o possível impacto ambiental relacionado com a falha do ativo, tendo em consideração as leis e regulamentações ambientais em vigor.
Não existem impactos ambientais relevantes relacionados com a falha do ativo.
3.3. Descrever o possível impacto na segurança relacionado com a falha do ativo.
Incêndio Danos Pessoais nos colaboradores (desde ligeiros a morte) Segurança alimentar do produto
3.4. Descrever o possível impacto económico relacionado com a falha do ativo. <i>Quantificar as perdas económicas relacionadas com o tempo de inatividade do equipamento e as perdas de produção resultantes, assim como as perdas de receita por hora de inatividade, etc.</i>
Por cada hora de paragem do equipamento são 9000 garrafas que não são produzidas levando a uma perda de vendas de cerca de 22000 €/h. Inatividade dos 9 operadores: cerca de 150 €/h As horas perdidas por inatividade do equipamento podem ser compensadas em horas extra.

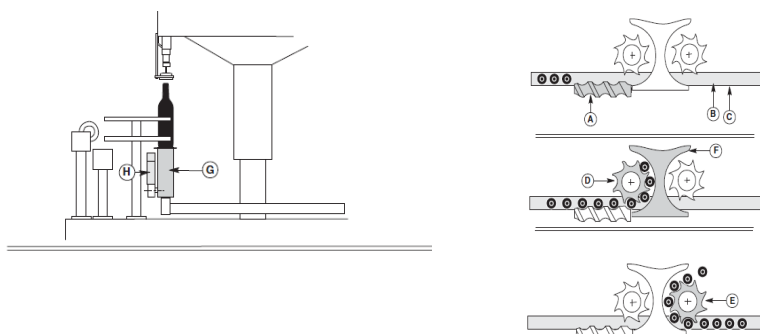
3.5. Descrever o possível impacto na qualidade do produto e o impacto resultante nos clientes.

Do ponto de vista de segurança alimentar esta é a família de ativos que tem maior criticidade, visto que é a última etapa em que o produto sai do circuito de vinificação (que é completamente fechado) e entra no recipiente que é vendido ao cliente. Nas etapas anteriores garante-se que não existem corpos estranhos tanto na garrafa (através do seu enxaguamento), nem no circuito do vinho através de uma filtração. Determinadas falhas no equipamento podem levar ao aparecimento de corpos estranhos (pequenos componentes do equipamento) no produto final. Podem também ocorrer falhas que originem defeitos na garrafa (quebras) ou que afetem o volume presente em cada garrafa.

4. Função do ativo

4.1. Desenvolver uma descrição funcional do ativo. A descrição deve ser baseada no fluxo lógico do processo o máximo possível.

O ciclo inicia-se com o transporte das garrafas no tapete (B) até ao parafuso de Arquimedes (A), este afasta-as e sincroniza-as para que entrem com o espaçamento correto na estrela de entrada (D). As garrafas guiadas pela estrela de entrada e pela guia (F) são transferidas para os cilindros de elevação (G). Os cilindros são elevados, por funcionamento da mola, contra os bicos de enchimento. Ao completar a volta de enchimento os cilindros descem, mediante a came (H) e as garrafas saem da enchedora guiadas pela estrela de saída (E) e pela guia (F) para o tapete de transporte (B) que leva as garrafas até ao próximo equipamento. O operador é responsável por acionar o ciclo da máquina, controlar o processo de enchimento e, se necessário efetuar afinações de modo a melhorar o funcionamento do equipamento. Também é responsável pelas operações de mudança de formato.



O ciclo de funcionamento de produção, drenagem, e lavagem do equipamento encontra-se esquematizado no documento fornecido pelo fabricante - documento DLV0000222

4.2. Listar os principais componentes deste ativo.

(Ver Figura 14 e componentes na Tabela 17)

- 1 - Bicos de enchimento
- 2 - Tanque de enchimento
- 3 - Cilindros de elevação de garrafas
- 4 - Regulação altura dos bicos
- 5 - Grupo de elevação
- 6 - Rotação
- 7 - Tapete de garrafas
- 8 - Reservatório de recuperação de produto
- 9 - Coletor, Distribuidor e Coluna anti rotação
- 10 - Coluna central
- 11 - Bomba de vácuo
- 12 - Tubagem de entrada de vinho
- 13 - Sistema pneumático
- 14 - Dispositivo de lavagem externa
- 15 - Bomba de Lubrificação

4.3. Descrever a capacidade e os níveis de desempenho expectáveis do componente.
Dados da chapa de matrícula, dados dos manuais, curvas da bomba, etc.

Nº Válvulas de enchimento: 40
Potência do motor do equipamento: 4 kW
Potência do motor de elevação: 0,37 kW (substituído por outro de 0,55 kW janeiro 23)
Potência da bomba de vácuo: 0,90 kW
Potência da bomba auto-aspirante: 2,2 kW (rolhadora)
Capacidade do reservatório: cerca de 450 L
Tensão de alimentação: 400 V, 50 Hz
Baixa tensão: 24Vdc
Peso do equipamento: 4200 kg
Acoplamentos de entrada de produto: DN50
Acoplamento de entrada de ar e gás inerte: 1/2"
Entrada de água para lavagem exterior dos bicos: DN25
Produtividade: 2000 a 9000 gf/h (a 9000 gf/h o equipamento efetua 225 rot/h)

Acessórios
Sonda Proporcional: comanda a válvula de entrada do produto no reservatório.
Regulação centralizada das válvulas de enchimento (sistema manual)
Instalação para gás inerte
Lavagem C.I.P.
Lavagem com esfera perfurada: para lavagem do reservatório (Pressão máxima de alimentação: 2 bar e débito por esfera perfurada 30 L/min)
Falsas garrafas para lavagem das válvulas de enchimento pelo C.I.P
Bomba de lubrificação automática para o sistema de transmissão do monobloco

4.4. Incluir a presença de redundâncias ou equipamentos de *standby*.

Não existem redundâncias nem equipamentos em standby neste ativo.

4.5. Descrever os circuitos de proteção associados ao ativo (alarmes, circuitos de corte). Sempre que possível incluir os seus números de identificação.

Botões fungiformes de paragem de emergência no painel de controlo, dois na parte da frente e dois na parte de trás do equipamento, nos comandos de operação manual também possui botão fungiforme.
As portas possuem micro-interruptores que fazem parar o equipamento quando estas são abertas durante a fase de produção.
As estrelas de entrada e saída, possuem embraiagem que impede o funcionamento do equipamento sempre que haja um encravamento de alguma garrafa.

4.6. Descrever outros circuitos de controlo associados a este ativo (caudal, temperatura, pressão, etc.). Sempre que possível incluir os seus números de identificação.

Caudalímetro na entrada de gás inerte
Mano-vacuómetro de subpressão do reservatório de enchimento
Manómetro de pressão de gás inerte no reservatório de enchimento
Termómetro analógico no reservatório de enchimento
Encoder no anel de elevação
Fim de curso de regulação da altura das válvulas de enchimento
Sensor detetar posicionamento das válvulas de enchimento no reservatório de recuperação do produto (vasqueta)

4.7. Descrever outros sensores associados a este equipamento (medidores, indicadores de nível, etc.). Sempre que possível incluir os seus números de identificação.
Na entrada e na saída de garrafas existem células fotoelétricas que impedem o funcionamento do equipamento em vazio, pela diminuição da sua velocidade ou paragem. Micro-interruptor no sem-fim de entrada que pára o equipamento se entrar alguma garrafa na posição errada. Célula fotoelétrica no final do ciclo de enchimento que bloqueia o equipamento caso alguma garrafa fique presa nalguma válvula. Os motores elétricos possuem um interruptor térmico que os protege de sobreaquecimentos se houver uma sobrecarga de corrente elétrica. Sensor de nível proporcional no reservatório de enchimento Sensor de laser, na entrada e na saída do equipamento para contagem de garrafas Sensores fotoelétricos junto à entrada da came que baixa os cilindros de elevação. Sensores fim de curso
4.8. Descrever se a operação do ativo é manual ou automática, local ou remota.
O equipamento opera automaticamente e é controlado localmente. Está configurado para que seja possível que haja assistência por parte do fornecedor e do fabricante remotamente.
4.9. Indicar quaisquer materiais especiais presentes na sua construção.
N/A
4.10. Indicar quaisquer funções especiais do equipamento.
Equipamento ligado ao sistema de CIP.
4.11. Indicar que procedimentos de segurança, políticas e diretrizes são aplicáveis.
IT002 - Controlo das garrafas no enchimento
5. Documentação a ser utilizada para a descrição do processo operacional.
5.1. Diagramas de fluxo de processo
Verificar pasta Bertolaso
5.2. Diagramas de fluxo mecânico
Verificar pasta Bertolaso
5.3. Desenhos de tubagem e instrumentação
Verificar pasta Bertolaso
5.4. Manuais de operação e manutenção
Manual para Uso e Manutenção Monoblock Olimpia 36/40/6/6 Dx

Tabela 20 – Respostas obtidas no processo RCM para as questões Q2 a Q4 dos subsistemas em estudo.

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4	
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha	
					Causa	Mecanismo falha
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	A	Garrafas com vinho acima da quantidade pretendida	1 Engrenagem de regulação de altura do bico deteriorada	Durante a afinação da altura dos bicos o bico em questão não fica na altura correta e o nível fica acima
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	A	Garrafas com vinho acima da quantidade pretendida	2 Engrenagem de regulação de altura do bico mal montada	Não fica no mesmo nível dos restantes bicos
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	A	Garrafas com vinho acima da quantidade pretendida	3 Quebra da mola de compressão (peça 4)	Impede que o bico fecha corretamente
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	A	Garrafas com vinho acima da quantidade pretendida	4 Parafuso 33 mal montado	Falha humana - Impede que o bico feche corretamente
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	1 Sujidade na vareta	Incorreto processo de CIP
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	2 Vareta danificada	Entrada de garrafa incorretamente. Esquecimento de falsa garrafa e acessórios. Montagem incorreta
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	3 Borracha centradora danificada	Desgaste de utilização e garrafa com defeito
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	4 Vedantes danificados	Desgaste

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4		
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha		
					Causa		Mecanismo falha
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	5	Montagem incorreta do bico	Erro humano
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	6	Guias presas	Falta de lubrificação. Empenho por garrafa entrar mal. Desperto do parafuso da guia.
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	7	Suporte das guias fora do sítio	Desgaste da anilha de mola
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	8	Engrenagem de regulação de altura do bico deteriorada	Deterioração da rosca que impede a afinação da altura correta do bico
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	9	Suporte do centrador desmontado	Desencaixe das falsas garrafas.
1. Bicos de enchimento	1.1	Encher 750 ml ou a quantidade pretendida de vinho em cada garrafa	B	Garrafas com vinho abaixo da quantidade pretendida.	10	Válvula de abertura do bico mal montada	Erro humano
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	1	Sujidade na vareta	Incorreto processo de CIP
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	2	Vareta danificada	Entrada de garrafa incorretamente. Esquecimento de falsa garrafa e acessórios. Montagem incorreta
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	3	Borracha centradora danificada	Desgaste de utilização e garrafa com defeito
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	4	Vedantes danificados	Desgaste

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4		
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha		
					Causa		Mecanismo falha
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	5	Montagem incorreta do bico	Erro humano
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	6	Guias presas	Falta de lubrificação. Empenho por garrafa entrar mal. Desperto do parafuso da guia.
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	7	Suporte das guias fora do sítio	Desgaste da anilha de mola
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	8	Engrenagem de regulação de altura do bico deteriorada	Deterioração da rosca que impede a afinação da altura correta do bico
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	9	Suporte do centrador desmontado	Desencaixe das falsas garrafas.
1. Bicos de enchimento	1.2	Remover o ar dentro da garrafa, através da subpressão criada no tanque de enchimento	A	Garrafas com nível de vinho abaixo da quantidade pretendida	10	Válvula de abertura do bico mal montada	Erro humano
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	1	Tanque danificado (Roto)	Desgaste de vedante. Corpo externo esquecido dentro do equipamento.
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	2	Falha na sonda de nível	Avaria elétrica. Sujidade acumulada na sonda.
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	3	Falha nas válvulas	Avaria pneumática

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4		
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha		
					Causa		Mecanismo falha
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	4	Falha no abastecimento	Avaria de bombas, colmatção de filtros entupimento/rotura de tubagens. Falha de comunicação entre enchedora e pasteurizador
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	5	Visor danificado	Desgaste de vedante Quebra do visor
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	6	Incorreto aperto de tubagens	Erro humano Deterioração da rosca
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	7	Parametrização incorreta do sistema de enchimento	Erro humano Avaria elétrica
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	A	Armazenar menos de 10% da capacidade to tanque	8	Falha elétrica	Fornecimento de energia Queima de fusíveis Queima de disjuntores
2. Tanque de enchimento	2.1	Armazenar vinho entre 10 e 55% da capacidade do tanque, para garantir que não falta vinho no enchimento	B	Armazenar mais de 55% da capacidade do tanque	1	Avaria na válvula de entrada (V210)	Avaria pneumática. Desgaste do vedante
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão ($P \geq 0$ bar)	1	Fuga nos vedantes	Desgaste
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão ($P \geq 0$ bar)	2	Visor quebrado	Erro humano Temperatura de produto de lavagem elevada

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4		
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha		
					Causa		Mecanismo falha
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão (P≥0 bar)	3	Deterioração das juntas do tanque	Desaperto de parafusos. Deterioração das soldaduras
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão (P≥0 bar)	4	Incorreto aperto de tubagens	Erro humano Deterioração da rosca
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	A	Não fazer subpressão (P≥0 bar)	5	Incorreta parametrização da subpressão	Erro humano
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	B	Medidor de subpressão não indica o valor no tanque	1	Avaria no sensor	Avaria mecânica ou elétrica. Comando de sinal. Descalibração
2. Tanque de enchimento	2.2	Reter a subpressão efetuada pela bomba de vácuo	B	Medidor de subpressão não indica o valor no tanque	2	Programação do sensor	Erro humano
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	1	Fuga nos juntas	Desgaste
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	2	Incorreto aperto de tubagens	Erro humano Deterioração da rosca
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	3	Incorreta parametrização da subpressão	Erro humano
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	4	Bomba presa	Sujidade na turbina Rolamento gripado
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	5	Válvula de T de entrada de ar atmosférico demasiado aberta	Falha humana Válvula danificada

Sistema / Subsistema em análise	Q2		Q3		Q4	
	Função		Estados de Falha		Modos de Falha	
					Causa	Mecanismo falha
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	6 Entupimento da tubagem	Acumulação de sujidade
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	7 Deterioração da tubagem	Desgaste
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	A	Não criar subpressão no tanque de enchimento	8 Sobreaquecimento da bomba	Trabalho em esforço da bomba. Sobrecarga elétrica Ventilador da bomba danificado Alimentação da bomba
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	B	Criar subpressão em excesso no tanque de enchimento	1 Erro na parametrização na velocidade da bomba	Erro humano
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	B	Criar subpressão em excesso no tanque de enchimento	2 Válvula de T de entrada de ar atmosférico demasiado fechada	Falha humana Válvula danificada
11. Bomba Vácuo	11.1	Criar subpressão no tanque de enchimento	C	Medidor de velocidade da bomba de vácuo não indica o valor da velocidade	1 Avaria no variador da bomba	Falha elétrica

Tabela 21 - Respostas obtidas no processo RCM para a questão Q5 dos subsistemas em estudo.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.1-A-1	Com o tempo a engrenagem começa a deteriorar-se. Através de inspeção visual é possível verificar o nível das garrafas. Esta falha poderá acontecer em média a cada 3 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Para o(s) bico(s) de enchimento que tenham a falha na engrenagem de regulação serão cheias com volume acima do pretendido. No caso da rolha esta não será colocada corretamente dando origem a vinho vertido. No caso de s-cap pode dar origem a vinho vertido.	São necessárias 20 minutos para substituição da engrenagem ou o bico de enchimento.	O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.
1.1-A-2	Durante a operação de manutenção do bico de enchimento a engrenagem de regulação de altura do bico não fica montada na mesma posição que os restantes bicos. Após a descida dos bicos de enchimento após o CIP este bico fica mais acima que os restantes. Produz garrafa com nível em excesso. Esta falha poderá ocorrer sempre que é efetuada a manutenção a um bico de enchimento.	Para o(s) bico(s) de enchimento que tenham a falha na engrenagem de regulação serão cheias com volume acima do pretendido. No caso da rolha esta não será colocada corretamente dando origem a vinho vertido. No caso de s-cap pode dar origem a vinho vertido.	São necessárias 20 minutos para ajuste da engrenagem ou o bico de enchimento.	O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.
1.1-A-3	Com o tempo a mola vai perdendo a sua elasticidade ou pode quebrar impedindo que esta feche corretamente. É possível detetar esta falha quando se verifica vinho a verter pelo bico de enchimento. Nos 5 anos de operação não existe histórico desta falha.	Para os bicos de enchimento que apresentem falha na mola, estes não vão fechar corretamente levando a que o produto verta ou que sejam produzidas garrafas com nível alto.	São necessárias 20 minutos para substituição da mola ou o bico de enchimento.	O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.
1.1-A-4	Durante a operação de manutenção do bico de enchimento um ou mais dos parafusos 33 ficam montados em posição incorreta. Produz garrafa com nível em excesso. Esta falha poderá ocorrer sempre que é efetuada a manutenção a um bico de enchimento.	Para os bicos de enchimento que apresentem falha na montagem do bico, estes não vão fechar corretamente levando a que o produto verta ou que sejam produzidas garrafas com nível alto.	São necessárias 20 minutos para reparação ou substituição do bico de enchimento.	O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.1-B-1	Caso seja selecionado o programa de CIP errado ou se houver uma falha no sistema de CIP com o tempo pode haver acumulação de sujidade nas varetas dos bicos de enchimento. Pode ser detetado por inspeção ao produto que contém resíduos, ou por produção de garrafas com nível baixo. Esta falha pode ocorrer a cada 3 anos (se não for efetuada qualquer operação de manutenção).	A acumulação de sujidade pode levar ao enchimento de produto com resíduos que é detetado no controlo laboratorial do produto.	São necessárias 2h para realizar um ciclo completo ao equipamento.	No caso de a acumulação de resíduos na vareta levar ao entupimento do bico, serão produzidas garrafas vazias, fazendo com que o inspetor de nível/vedantes de garrafa rejeite-as, fazendo parar a produção. São necessárias 4h e 10 operadores para desmontar e higienizar os 40 bicos de enchimento.
1.1-B-2	Devido à presença de um acessório do equipamento ou à entrada incorreta de uma garrafa na enchedora pode levar ao dano da vareta do bico de enchimento. Serão produzidas garrafas com nível baixo. Em 5 anos de operação não existe histórico.	Os bicos de enchimento com a vareta danificada irão produzir garrafas com nível baixo, que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas.	São necessárias 20 minutos para substituição do bico de enchimento. Para reparação do bico de enchimento será necessária 1 h.	No caso de haver quebra da vareta esta pode libertar peças para dentro do tanque ou para o produto. Será necessário pelo menos 1 dia de paragem da produção para reparação e à segregação de toda a produção até ao momento da deteção da falha.
1.1-B-3	Com o tempo as borrachas do centrador de garrafas sofrem desgaste ou podem ser cortadas por vidros de garrafas fora das especificações. Não será produzido o vácuo na garrafa levando à produção de garrafas vazias. Esta falha pode ocorrer a 3 anos (se não for efetuada qualquer operação de manutenção).	Com o dano da borracha centradora não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas vazias, que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas.	São necessários 5 minutos para fazer a substituição da borracha do centrador.	No caso de haver degradação da borracha podem entrar vestígios desta no produto que não será segregado e apenas será detetado no consumidor final. Irá ter um impacto considerável na reputação da organização.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.1-B-4	Com o tempo os vedantes do bico de enchimento sofrem desgaste. Não será produzido o vácuo na garrafa levando à produção de garrafas com nível baixo. Esta falha pode ocorrer a 3 anos (se não for efetuada qualquer operação de manutenção, o fabricante recomenda a troca anual de vedantes, já se operou durante 3 anos sem se detetarem falhas por vedantes danificados).	Com o desgaste dos vedantes não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas com nível baixo que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas. Pode também haver derrame de produto devido à perda de capacidade de vedação do bico de enchimento quando fechado.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento e reiniciar a produção. Para substituição dos vedantes no bico de enchimento em falha é necessária 1 hora.	No caso de haver degradação de vendastes podem entrar vestígios de borracha no produto que não será segregado e apenas será detetado no consumidor final. Irá ter um impacto considerável na reputação da organização.
1.1-B-5	Durante uma operação de manutenção ao bico de enchimento pode haver uma falha na montagem do equipamento. O bico não funcionará corretamente levando à produção de garrafas com nível incorreto. A probabilidade desta falha é maior quando a intervenção é feita por um técnico com menos experiência.	Com a montagem incorreta do bico de enchimento não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas com nível baixo que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas. Pode também haver derrame de produto.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento e reiniciar a produção. Para substituição dos vedantes no bico de enchimento em falha é necessária 1 hora.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
1.1-B-6	Durante a afinação e manutenção dos bicos de enchimento pode haver falha humana. A entrada de garrafas fora das especificações pode levar ao empeno das guias. Esta falha é detetada pela produção de garrafas vazias ou pela quebra de garrafas. Esta pode ocorrer a cada 1 ano.	A falta de lubrificação das guias dificulta ou impede a correta abertura do bico de enchimento levando à produção de garrafas com nível baixo. A entrada de garrafas incorretamente no bico de enchimento pode danificar a guia e impede o seu correto funcionamento.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.1-B-7	Com o tempo as anilhas sofrem desgaste. Esta falha pode ocorrer a cada 2 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção)	Algumas peças do bico de enchimento desmontam-se. São produzidas garrafas com nível baixo que serão segregados pelo inspetor de nível/vedantes de garrafa. Pode levar à queda e/ou quebra de garrafas na enchedora.	São necessários 5 minutos para fazer a substituição dos suportes das guias.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até detecção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
1.1-B-8	Com o tempo a engrenagem começa a deteriorar-se. Através de inspeção visual é possível verificar o nível das garrafas. Esta falha poderá acontecer em média a cada 3 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Para o(s) bico(s) de enchimento que tenham a falha na engrenagem de regulação serão cheias com volume abaixo do pretendido, que serão segregadas pelo inspetor de nível/vedantes de garrafa.	São necessárias 20 minutos para substituição da engrenagem ou o bico de enchimento.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até detecção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
1.1-B-9	Durante a operação de desmontagem das falsas garrafas o freio que segura o centrador desmonta-se. Esta falha poderá ocorrer em média a cada dia (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Impede a correta colocação da garrafa no bico de enchimento, assim como a formação de vácuo na garrafa. A garrafa sairá da enchedora vazia ou cairá durante o processo de enchimento. A cada volta da enchedora será produzida uma garrafa vazia, que serão rejeitadas no inspetor de nível/vedante.	São necessárias 5 minutos para montagem do cone centrador ou 20 minutos para substituição do bico de enchimento.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até detecção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos. Poderá levar a que a queda de uma garrafa dê origem a danos imprevistos no equipamento.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.1-B-10	Durante uma operação de manutenção ao bico de enchimento pode haver uma falha na montagem do equipamento. O bico não funcionará corretamente levando à produção de garrafas com nível incorreto. A probabilidade desta falha é maior quando a intervenção é feita por um técnico com menos experiência.	Com a montagem incorreta do bico de enchimento não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas com nível baixo que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas. Pode também haver derrame de produto.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento e reiniciar a produção. Para reparação do bico de enchimento em falha é necessária 1 hora.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
1.2-A-1	Caso seja selecionado o programa de CIP errado ou se houver uma falha no sistema de CIP com o tempo pode haver acumulação de sujidade nas varetas dos bicos de enchimento. Pode ser detetado por inspeção ao produto que contém resíduos, ou por produção de garrafas com nível baixo. Esta falha pode ocorrer a cada 3 anos (se não for efetuada qualquer operação de manutenção).	A acumulação de sujidade pode levar ao enchimento de produto com resíduos que é detetado no controlo laboratorial do produto.	São necessárias 2h para realizar um ciclo completo ao equipamento.	No caso da acumulação de resíduos na vareta esta poderá levar ao incompleto fecho do bico, serão produzidas garrafas com nível elevado, o inspetor de nível/vedantes de garrafa não irá rejeitar as garrafas. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessárias 4h e 10 operadores para desmontar e higienizar os 40 bicos de enchimento.
1.2-A-2	Devido à presença de um acessório do equipamento ou à entrada incorreta de uma garrafa na enchedora pode levar ao dano da vareta do bico de enchimento. Serão produzidas garrafas com nível baixo. Em 5 anos de operação não existe histórico.	Os bicos de enchimento com a vareta danificada irão produzir garrafas com nível baixo, devido à incapacidade de o bico criar vácuo na garrafa.	São necessárias 20 minutos para substituição do bico de enchimento. Para reparação do bico de enchimento será necessária 1 h.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.2-A-3	Com o tempo as borrachas do centrador de garrafas sofre desgaste ou pode ser cortada por vidros de garrafas fora das especificações. Não será produzido o vácuo na garrafa levando à produção de garrafas vazias. Esta falha pode ocorrer a 3 anos (se não for efetuada qualquer operação de manutenção).	Com o dano da borracha centradora não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas vazias, que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas.	São necessários 5 minutos para fazer a substituição da borracha do centrador.	No caso de haver degradação da borracha podem entrar vestígios desta no produto que não será segregado e apenas será detetado no consumidor final. Irá ter um impacto considerável na reputação da organização.
1.2-A-4	Com o tempo os vedantes do bico de enchimento sofrem desgaste. Não será produzido o vácuo na garrafa levando à produção de garrafas com nível baixo. Esta falha pode ocorrer a 3 anos (se não for efetuada qualquer operação de manutenção, o fabricante recomenda a troca anual de vedantes, já se operou durante 3 anos sem se detetarem falhas por vedantes danificados).	Com o desgaste dos vedantes não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas com nível baixo que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas. Pode também haver derrame de produto devido à perda de capacidade de vedação do bico de enchimento quando fechado.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento e reiniciar a produção. Para substituição dos vedantes no bico de enchimento em falha é necessária 1 hora.	No caso de haver degradação de vendastes podem entrar vestígios de borracha no produto que não será segregado e apenas será detetado no consumidor final. Irá ter um impacto considerável na reputação da organização.
1.2-A-5	Durante uma operação de manutenção ao bico de enchimento pode haver uma falha na montagem do equipamento. O bico não funcionará corretamente levando à produção de garrafas com nível incorreto. A probabilidade desta falha é maior quando a intervenção é feita por um técnico com menos experiência.	Com a montagem incorreta do bico de enchimento não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas com nível baixo que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas. Pode também haver derrame de produto.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento e reiniciar a produção. Para substituição dos vedantes no bico de enchimento em falha é necessária 1 hora.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.2-A-6	Durante a afinação e manutenção dos bicos de enchimento pode haver falha humana. A entrada de garrafas fora das especificações pode levar ao empeno das guias. Esta falha é detetada pela produção de garrafas vazias ou pela quebra de garrafas. Esta pode ocorrer a cada 1 ano.	A falta de lubrificação das guias dificulta ou impede a correta abertura do bico de enchimento levando à produção de garrafas com nível baixo. A entrada de garrafas incorretamente no bico de enchimento pode danificar a guia e impede o seu correto funcionamento.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até detecção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
1.2-A-7	Com o tempo as anilhas sofrem desgaste. Esta falha pode ocorrer a cada 2 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção)	Algumas peças do bico de enchimento desmontam-se. São produzidas garrafas com nível baixo que serão segregados pelo inspetor de nível/vedantes de garrafa. Pode levar à queda e/ou quebra de garrafas na enchedora.	São necessários 5 minutos para fazer a substituição dos suportes das guias.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até detecção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
1.2-A-8	Com o tempo a engrenagem começa a deteriorar-se. Através de inspeção visual é possível verificar o nível das garrafas. Esta falha poderá acontecer em média a cada 3 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Para o(s) bico(s) de enchimento que tenham a falha na engrenagem de regulação serão cheias com volume abaixo do pretendido, que serão segregadas pelo inspetor de nível/vedantes de garrafa.	São necessárias 20 minutos para substituição da engrenagem ou o bico de enchimento.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até detecção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
1.2-A-9	Durante a operação de desmontagem das falsas garrafas o freio que segura o centrador desmonta-se. Esta falha poderá ocorrer em média a cada dia (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Impede a correta colocação da garrafa no bico de enchimento, assim como a formação de vácuo na garrafa. A garrafa sairá da enchedora vazia ou cairá durante o processo de enchimento. A cada volta da enchedora será produzida uma garrafa vazia, que serão rejeitadas no inspetor de nível/vedante.	São necessárias 5 minutos para montagem do cone centrador ou 20 minutos para substituição do bico de enchimento.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até detecção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos. Poderá levar a que a queda de uma garrafa dê origem a danos imprevistos no equipamento.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
1.2-A-10	Durante uma operação de manutenção ao bico de enchimento pode haver uma falha na montagem do equipamento. O bico não funcionará corretamente levando à produção de garrafas com nível incorreto. A probabilidade desta falha é maior quando a intervenção é feita por um técnico com menos experiência.	Com a montagem incorreta do bico de enchimento não será criado o vácuo dentro da garrafa que permita o correto enchimento do vinho, levando à produção de garrafas com nível baixo que serão segregadas no inspetor de nível/vedante de garrafas que levará à paragem da produção, após produção de 40 a 60 garrafas. Pode também haver derrame de produto.	São necessários 20 minutos para substituição do bico de enchimento e reiniciar a produção. Para reparação do bico de enchimento em falha é necessária 1 hora.	No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto legais altos.
2.1-A-1	Com o tempo os vedantes começam a desgastar-se. Começam a haver fugas de vinho pelo tanque. Esta falha pode ocorrer a cada 5 anos (se não for efetuada qualquer ação de manutenção).	Quando o nível de vinho no tanque baixa os 10% soa o alarme de nível baixo no tanque da enchedora e dá-se a paragem do enchimento, não sendo produzidas quaisquer garrafas com nível abaixo. Até que o nível suba dos 10% a produção não volta a arrancar. O operador deteta a fuga de vinho no tanque de enchimento. A existência de um corpo estranho dentro do tanque de enchimento pode levar a dano imprevisíveis.	São necessárias 8h de paragem de produção para substituição de vedantes. Para remoção de corpo estranho são necessárias 2h, mais o tempo de reparação do tanque	No caso de o operador não detetar a fuga de vinho a alimentação do tanque a produção irá continuar levando à perda total do vinho do lote de produção. Obriga a nova produção do lote - 6h de trabalho, mais o custo do produto perdido e custo da reparação.
2.1-A-2	Com o tempo de utilização ou por má lavagem do equipamento a sonda de nível fica danificada. Se houver acumulação de sujidade na sonda esta perde a capacidade de leitura. Deixa de haver comunicação entre a sonda de nível e o controlador. Esta falha pode ocorrer em média a cada 5 ou mais anos.	Quando o nível de vinho no tanque baixa os 10% soa o alarme de nível baixo no tanque da enchedora e dá-se a paragem do enchimento, não sendo produzidas quaisquer garrafas com nível abaixo. Até que o nível suba dos 10% a produção não volta a arrancar. O operador deteta a fuga de vinho no tanque de enchimento.	São necessárias 2 h de paragem de produção para substituição da sonda, ou 20 minutos para limpeza da sonda.	No caso da enchedora não parar por falta de nível serão produzidas garrafas com nível baixo. No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. São necessárias 8 a 10 horas de paragem de produção para substituição da sonda e calibração da sonda.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
2.1-A-3	Por falha do sistema de ar comprimido, pela rutura de um tubo de ar comprimido a válvula não funciona. O encravamento da válvula irá impedir a sua correta abertura. O nível no tanque de enchimento irá baixar. Em 5 anos não existe histórico de falhas na válvula.	Com a falha de abertura da válvula durante a produção o nível de vinho no tanque de enchimento diminui abaixo dos 10%, soando o alarme de nível baixo na enchedora que irá parar o enchimento, não sendo produzidas quaisquer garrafas com nível baixo.	São necessários 30 minutos de paragem de produção para substituição da válvula, ou 10 minutos para substituição de tubos danificados, ou 30 minutos para substituição da electroválvula.	No caso da enchedora não parar por falta de nível serão produzidas garrafas com nível baixo. No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. São necessárias 5 horas de paragem de produção para substituição aquisição de válvulas e proceder à reparação.
2.1-A-4	O abastecimento de vinho com NTUs elevados leva à colmatção dos filtros impedido o fornecimento do produto ao tanque de enchimento. Avarias nas bombas de trasfega do sistema de filtração/pasteurização impede o abastecimento de produto ao tanque de enchimento. A falha de comunicação entre a enchedora e o sistema de filtração/pasteurização impede o abastecimento de produto ao tanque de enchimento. Esta falha pode ocorrer em média 1 vez por mês.	Com a falha de abertura da válvula durante a produção o nível de vinho no tanque de enchimento diminui abaixo dos 10%, soando o alarme de nível baixo na enchedora que irá parar o enchimento, não sendo produzidas quaisquer garrafas com nível baixo.	São necessários 30 minutos de paragem de produção para substituição dos filtros ou 2 h para substituição das bombas ou 8h para resolver a falha de comunicação entre a enchedora e o sistema de filtração/pasteurização.	No caso da enchedora não parar por falta de nível serão produzidas garrafas com nível baixo. No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessários 30 minutos de paragem de produção para substituição dos filtros ou 2 h para substituição das bombas ou 8h para resolver a falha de comunicação entre a enchedora e o sistema de filtração/pasteurização.
2.1-A-5	Com o tempo e os processos de higienização os vedantes começam a desgastar-se. Começa a haver fugas de produto pelo visor. Devido a algum impacto o visor também irá quebrar. Em 5 anos de operação não existe histórico desta falha.	A deterioração dos vedantes leva à perda de produto fazendo com que o nível baixe dos 10%, soando o alarme de nível baixo na enchedora que irá parar o enchimento, não sendo produzidas quaisquer garrafas com nível baixo. O operador deteta a fuga no tanque de enchimento.	É necessária 1 h de paragem de produção para tirar vinho do tanque substituir vedante e vidro	No caso da enchedora não parar por falta de nível serão produzidas garrafas com nível baixo. No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessárias entre 3 h de paragem de produção para reparação.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
2.1-A-6	Por aperto incorreto das tubagens ou por vibração as roscas perdem a capacidade de vedar o líquido. Esta falha poderá ocorrer em média a cada 2 anos.	Com o dano das roscas da tubagem leva à perda de produto fazendo com que o nível baixe dos 10%, soando o alarme de nível baixo na enchedora que irá parar o enchimento, não sendo produzidas quaisquer garrafas com nível baixo. O operador deteta a fuga no tanque de enchimento.	São necessários 10 minutos para verificar apertos das tubagens e 2h para substituição de roscas danificadas.	No caso da enchedora não parar por falta de nível serão produzidas garrafas com nível baixo. No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessários entre 10 minutos e 2 h de paragem de produção.
2.1-A-7	A parametrização do sistema de enchimento estar incorreta. Serão produzidas garrafas com o nível incorreto. A probabilidade desta falha ocorrer é maior quando é designado um operador que não é habitual estar no equipamento	Com o nível de vinho abaixo dos 10% a enchedora perde a capacidade de encher as garrafas no nível desejado, levando à produção de garrafas com nível baixo. A garrafas não conforme serão segregadas pelo inspetor de nível/vedantes de garrafas. A produção pára após a rejeição de 40 a 60 garrafas.	São necessários 15 minutos de paragem da produção para ajustes na parametrização do equipamento e reparação garrafas não conformes.	No caso da enchedora não parar por falta de nível serão produzidas garrafas com nível baixo. No caso de o inspetor de nível/vedantes não funcionar serão produzidas garrafas sem vinho. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.
2.1-A-8	O fornecimento de energia com picos de corrente irá danificar o equipamento. O sobreaquecimento irá queimar os dispositivos de proteção levando à paragem do equipamento. Em 5 anos de operação não existe histórico desta falha.	A proteção dos equipamentos elétricos irá levar à paragem do equipamento.	São necessárias 3h de paragem de produção para substituição de peças danificadas.	No caso das proteções não pararem o equipamento a temperatura deste continua a aumentar até que este queime. Poderá originar um pequeno foco de incêndio. A produção irá parar mais de 8 h para reparação.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
2.1-B-1	Por falha do sistema de ar comprimido, pela rutura de um tubo de ar comprimido a válvula não funciona. Ao ficar sempre aberta o tanque será sempre alimentado. O nível no tanque de enchimento irá aumentar até ficar completamente cheio. Em 5 anos não existe histórico de falhas na válvula.	Com a falha de fecho da válvula durante a produção o nível de vinho no tanque de enchimento ultrapassa os 55% soando o alarme de nível alto na enchedora que irá parar o enchimento.	São necessários 30 minutos de paragem de produção para substituição da válvula, ou 10 minutos para substituição de tubos danificados, ou 30 minutos para substituição da electroválvula.	No caso da enchedora não parar por excesso de nível no tanque o produto irá sair do tanque pela tubagem de vácuo e irá danificar a bomba de vácuo. São necessárias 5 horas de paragem de produção para substituição da bomba de vácuo. Irá haver perda de produto.
2.2-A-1	Com o tempo os vedantes sofrem desgaste. A velocidade da bomba de vácuo vai aumentar para compensar a incapacidade de realizar a subpressão definida. Em 5 anos não existe histórico.	A deterioração dos vedantes leva à perda de estanquidade do tanque, fazendo com que este não retenha a subpressão criada. Podendo haver também perda de produto. Irá soar o alarme de falta de subpressão no painel de controlo do equipamento e a enchedora pára.	São necessárias 2 h de paragem de produção para substituição de vedantes.	No caso de não haver paragem do equipamento por perda da subpressão, a enchedora continua em operação dando origem a garrafas com nível alto. O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessárias entre 2 a 12 h de paragem de produção para reparação.
2.2-A-2	Com o tempo e os processos de higienização os vedantes começam a desgastar-se. Começa a haver fugas de produto pelo visor. Devido a algum impacto o visor também irá quebrar. Em 5 anos de operação não existe histórico desta falha.	A deterioração dos vedantes leva à perda de estanquidade do tanque, fazendo com que este não retenha a subpressão criada. Podendo haver também perda de produto. Irá soar o alarme de falta de subpressão no painel de controlo do equipamento e a enchedora pára.	É necessária 1 h de paragem de produção para tirar vinho do tanque substituir vedante e vidro	No caso de não haver paragem do equipamento por perda da subpressão, a enchedora continua em operação dando origem a garrafas com nível alto. O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessárias entre 3 h de paragem de produção para reparação.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
2.2-A-3	Com o tempo e vibrações os parafusos desapertam. Os produtos de higiene utilizados no processo de CIP degradam as juntas. Em 5 anos não existe histórico.	O colapso de parafusos ou das juntas soldadas pode levar à perda de estanquidade do tanque, fazendo com que este não retenha a subpressão criada. Podendo haver também perda de produto. Irá soar alarme de falta de subpressão no painel de controlo do equipamento e a enchedora pára.	São necessárias 2h para retificar reaperto dos parafusos e/ou trocar vedantes ou 12 h para reparação de juntas deterioradas.	No caso de não haver paragem do equipamento por perda da subpressão, a enchedora continua em operação dando origem a garrafas com nível alto. O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção de falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessárias entre 2 a 12 h de paragem de produção para reparação.
2.2-A-4	Por aperto incorreto das tubagens ou por vibração as roscas perdem a capacidade de vedar o líquido. Esta falha poderá ocorrer em média a cada 2 anos.	Com o dano das roscas da tubagem do tanque pode levar à perda de estanquidade do tanque, fazendo com que este não retenha a subpressão criada. Podendo haver também perda de produto. Irá soar alarme de falta de subpressão no painel de controlo do equipamento e a enchedora pára.	São necessários 10 minutos para verificar apertos das tubagens e 2h para substituição de roscas danificadas.	No caso de não haver paragem do equipamento por perda da subpressão, a enchedora continua em operação dando origem a garrafas com nível baixo. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessários entre 10 minutos e 2 h de paragem de produção.
2.2-A-5	A parametrização da subpressão desejada estar incorreta. Serão produzidas garrafas com o nível incorreto. A probabilidade desta falha ocorrer é maior quando é designado um operador que não é habitual estar no equipamento.	A subpressão em defeito irá provocar a produção de garrafas com nível de enchimento alto, obrigando a sua segregação.	São necessárias 10 min para parametrização do equipamento e segregação de garrafas.	No caso de subpressão parametrizada ser baixa serão produzidas garrafas com nível alto que não serão segregadas pelo inspetor de nível/vedante de garrafas, toda a produção até à deteção da falha é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. Se a sobrepressão for elevada a bomba de vácuo irá aumentar para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
2.2-B-1	Com o tempo o sensor pode falhar e/ou os cabos ficarem danificados. Deixa de haver indicação leitura da subpressão no painel de controlo. Serão produzidas garrafas com o nível incorreto. Esta falha pode ocorrer em média a cada 3 anos.	A falha do sensor de informação no painel de controlo irá originar alarme no painel de controlo que fará parar a enchedora.	São necessários 30 minutos para substituição do sensor, se este existir em <i>stock</i> . Ou paragem de produção de pelo menos 10 h para encomenda e recalibração do sensor.	No caso da informação de subpressão não chegar ao controlador a velocidade da bomba de vácuo irá aumentar para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo e substituição do sensor.
2.2-B-2	Durante a montagem e/ou parametrização do sensor este pode não indicar o valor correto. Ou a parametrização da subpressão desejada estar incorreto. Serão produzidas garrafas com o nível incorreto. Esta falha nunca ocorreu na organização.	A subpressão em defeito irá provocar a produção de garrafas com nível de enchimento incorreto, obrigando a sua segregação.	São necessárias 10 minutos para parametrização do sensor e segregação de garrafas.	No caso de subpressão parametrizada ser baixa serão produzidas garrafas com nível alto que não serão segregadas pelo inspetor de nível/vedante de garrafas, toda a produção até à deteção da falha é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. Se a sobrepressão for elevada a bomba de vácuo irá aumentar para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo e parametrização do sensor.
11.1-A-1	Com o tempo as juntas irão sofrer desgaste. Não é criada subpressão necessária, produzindo garrafas com nível alto. Esta falha pode ocorrer em média a cada 5 anos.	A subpressão em defeito irá provocar a produção de garrafas com nível de enchimento incorreto, obrigando a sua segregação.	É necessária a paragem da produção durante 2h para substituição da bomba de vácuo. São necessárias 5h para reparação da bomba de vácuo	No caso da pressão ser elevada a bomba de vácuo irá aumentar a sua velocidade para atingir o valor definido, levando à trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuos.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
11.1-A-2	Por aperto incorreto das tubagens ou por vibração as roscas perdem a capacidade de vedar o líquido. São produzidas garrafas com nível elevado. Esta falha poderá ocorrer em média a cada 2 anos.	O dano das roscas da tubagem pode levar à perda de estanquidade do tanque, fazendo com que este não retenha a subpressão criada. Podendo haver também perda de produto. Irá soar alarme de falta de subpressão no painel de controlo do equipamento e a enchedora pára.	São necessários 10 minutos para verificar apertos das tubagens e 2h para substituição de roscas danificadas.	No caso de não haver paragem do equipamento por perda da subpressão, a enchedora contínua em operação dando origem a garrafas com nível alto, que não serão segregadas pelo inspetor de nível/vedantes de garrafa. Toda a produção até à deteção da falha é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. São necessários entre 10 minutos e 2 h de paragem de produção.
11.1-A-3	A parametrização da subpressão desejada estar incorreta. Serão produzidas garrafas com o nível incorreto. A probabilidade desta falha ocorrer é maior quando é designado um operador que não é habitual estar no equipamento.	A subpressão em defeito irá provocar a produção de garrafas com nível de enchimento incorreto, obrigando a sua segregação.	São necessárias 10 minutos para parametrização do equipamento e segregação de garrafas.	No caso de subpressão parametrizada ser baixa serão produzidas garrafas com nível alto que não serão segregadas pelo inspetor de nível/vedante de garrafas, toda a produção até à deteção da falha é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. Se a sobrepressão for elevada a bomba de vácuo irá aumentar para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo.
11.1-A-4	Com o tempo vão-se acumulando resíduos na bomba, devido à aspiração de vestígios de vinho, que vão acelerar o desgaste do rolamento. A temperatura e vibração do rolamento irá aumentar e eventualmente o rolamento irá gripar ou colapsar. Em média esta falha poderá ocorrer a cada 1 ano.	O motor da bomba dispara em sobrecarga elétrica e pára. Não é criado o vácuo suficiente no tanque de enchimento. O alarme de pressão no tanque de enchimento irá soar, parando o funcionamento da enchedora.	São necessárias 2h de paragem na produção para substituição da bomba de vácuo e 3h limpeza da bomba ou substituição do rolamento.	No caso de a bomba de vácuo parar e a produção continuar deixa de existir subpressão no tanque de enchimento sendo produzidas garrafas com nível alto que não serão segregadas pelo inspetor de nível/vedante de garrafas, toda a produção até à deteção da falha é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
11.1-A-5	Por falha humana pode haver mau ajuste válvula de entrada de ar ou de parametrização da velocidade da bomba de vácuo, no painel de controlo. Com o tempo a válvula sofre desgaste. As vibrações do equipamento podem levar à alteração da posição da válvula. Serão produzidas garrafas com nível de vinho elevado. A probabilidade desta falha ocorrer é maior quando é designado um operador que não é habitual estar no equipamento. O desgaste da válvula pode ocorrer a fim de 1 ano.	O motor da bomba dispara em sobrecarga elétrica e pára. Não é criado o vácuo suficiente no tanque de enchimento. O alarme de pressão no tanque de enchimento irá soar, parando o funcionamento da enchedora.	É necessária 1 h para substituição da válvula.	Se a subpressão no tanque de enchimento for baixa a bomba de vácuo irá aumentar a velocidade para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo. Serão produzidas garrafas com nível elevado que não serão detetadas pelo inspetor de nível/vedante de garrafas e toda a produção até à deteção da falha é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.
11.1-A-6	A acumulação de sujidade pode dar origem a entupimentos na tubagem de ligação da bomba de vácuo ao tanque de enchimento impedindo a criação de subpressão no tanque. A velocidade da bomba de vácuo irá aumentar. Serão produzidas garrafas com nível alto. Esta falha poderá ocorrer ao fim de 1 ano (se nenhuma operação de manutenção for efetuada).	O motor da bomba dispara em sobrecarga elétrica e pára. Não é criado o vácuo suficiente no tanque de enchimento. O alarme de pressão no tanque de enchimento irá soar, parando o funcionamento da enchedora.	É necessária 1h para substituição da tubagem.	Se a subpressão no tanque de enchimento for baixa a bomba de vácuo irá aumentar a velocidade para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo. Serão produzidas garrafas com nível elevado que não serão detetadas pelo inspetor de nível/vedante de garrafas e toda a produção até à deteção da falha é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
11.1-A-7	Devido a processos de corrosão a tubagem vai deteriorando, levando à perda de estanquidade, fazendo aumentar a velocidade de trabalho da bomba de vácuo de modo a manter o vácuo pretendido no tanque. Não é expectável que ocorra num período de 10 anos (tubagem em aço inoxidável)	O motor da bomba dispara em sobrecarga elétrica e pára. Não é criado o vácuo suficiente no tanque de enchimento. O alarme de pressão no tanque de enchimento irá soar, parando o funcionamento da enchedora.	É necessária 1 h para reparação ou substituir a tubagem.	No caso da enchedora não parar serão produzidas garrafas com nível elevado, que não serão segregadas pelo inspetor de nível/vedantes de garrafas. Toda a produção, até deteção da falha, é não conforme. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. Irá obrigar a uma paragem de produção de 1 hora, referente à reparação da tubagem.
11.1-A-8	Devido a diversas causas o motor da bomba de vácuo pode sobreaquecer. Levando à paragem da bomba. Esta falha pode ocorrer em média a cada 3 anos.	O motor da bomba dispara em sobrecarga elétrica e pára. Não é criado o vácuo suficiente no tanque de enchimento. O alarme de pressão no tanque de enchimento irá soar, parando o funcionamento da enchedora.	São necessárias 2h de paragem na produção para substituição da bomba de vácuo e 5 h para reparação da bomba de vácuo.	No caso de a proteção térmica não parar o motor a temperatura deste continua a aumentar até que este queime. Poderá originar um pequeno foco de incêndio. A produção irá parar durante 5 h para reparação da bomba.
11.1-B-1	A parametrização da subpressão desejada estar incorreto. A bomba irá trabalhar acima da velocidade recomendada. A probabilidade desta falha ocorrer é maior quando é designado um operador que não é habitual estar no equipamento.	A subpressão em excesso irá esforçar o funcionamento da bomba que irá parar por aquecimento excessivo. Fazendo o enchimento parar.	A parametrização para a subpressão correta não irá interromper o enchimento.	Se a subpressão for elevada a bomba de vácuo irá aumentar para atingir o valor definido, levando ao trabalho em esforço da bomba de vácuo que poderá danificá-la. A produção irá parar por 5 h para substituição da bomba de vácuo.

Q4	Q5			
	Efeitos da Falha			
	Efeito local da Falha	Próximo Efeito de Nível Superior	Efeito Final	Potencial Efeito de Pior Caso
11.1-B-2	Por falha humana pode haver mau ajuste válvula de entrada de ar ou de parametrização da velocidade da bomba de vácuo, no painel de controlo. Com o tempo a válvula sofre desgaste. As vibrações do equipamento podem levar à alteração da posição da válvula. Serão produzidas garrafas com nível de vinho elevado. A probabilidade desta falha ocorrer é maior quando é designado um operador que não é habitual estar no equipamento. O desgaste da válvula pode ocorrer a fim de 1 ano.	A subpressão em excesso irá esforçar o funcionamento da bomba que irá parar por aquecimento excessivo. Fazendo o enchimento parar.	São necessárias 2h de paragem na produção para substituição da bomba de vácuo e 5 h para reparação da bomba de vácuo.	No caso de a proteção térmica não parar o motor a temperatura deste continua a aumentar até que este queime. Poderá originar um pequeno foco de incêndio. A produção irá parar durante 5 h para reparação da bomba.
11.1-C-1	Com a avaria do variador da bomba de vácuo, esta pára. Em 5 anos de operação não existe histórico desta falha.	Com a paragem da bomba de vácuo o tanque de enchimento perde a subpressão e são produzidas garrafas com nível alto. No caso da rolha esta não será colocada corretamente dando origem a vinho vertido. No caso de s-cap pode dar origem a vinho vertido.	É necessária 1h para substituição variador, se este existir em <i>stock</i> , ou 8 h para encomendar e programar o variador.	O excesso de nível não é detetado pelo inspetor de nível/vedante de garrafas após a enchedora. Toda a produção, até deteção da falha, é não conforme levando a uma incidência de 2,5% por bico em falha. Irá dar origem a reclamação de cliente com impacto considerável na reputação da empresa. A produção irá parar se durante pelo menos 8 h para encomenda e programação do variador de velocidade.

Tabela 22 - Respostas obtidas no processo RCM para as questões Q6 e Q7 dos subsistemas em estudo.

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.1-A-1		3	3	9	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	TESTE DE CONFORMIDADE - Depois de efetuar a regulação da altura dos bicos de enchimento o operador, por inspeção visual, verifica o nível das garrafas na primeira volta de garrafas produzidas. Se detetar alguma anomalia verifica a engrenagem do bico em falha. (Atualização da Instrução de trabalho de operação do equipamento)
1.1-A-2		5	3	15	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	ENSAIO DE FUNCIONAMENTO - Após efetuar a manutenção ao bico de enchimento o técnico de manutenção tem de garantir que a engrenagem de regulação da altura do bico fica na mesma posição que os restantes. (Já se encontra implementado nos procedimentos de manutenção tarefas de inspeção e teste após quaisquer ações de manutenção)
1.1-A-3		2	3	6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.1-A-4		5	3	15	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	ENSAIO DE FUNCIONAMENTO - Após efetuar a manutenção ao bico de enchimento o técnico de manutenção tem de garantir que não existem bicos de enchimento com fugas de produto. Caso existam fugas os bicos de enchimento em questão têm de ser intervencionados novamente. (Já se encontra implementado nos procedimentos de manutenção tarefas de inspeção e teste após quaisquer ações de manutenção)
1.1-B-1		3	4	12	Não	Sim			Não	Não	Não	Sim							FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	INSPEÇÃO - Proceder à desmontagem de um bico de enchimento, aleatoriamente, e inspecionar o seu estado de higienização. (Já se encontra implementado verificações aos equipamentos abrangidos pelo sistema de CIP)
1.1-B-2		3	5	15	Não	Não	Não		Não	Não	Não				Não				MANUTENÇÃO CORRECTIVA - REPROJECTO (opcional)	INSPEÇÃO - Após a conclusão do CIP o operador tem de garantir que todas as falsas garrafas são retiradas após a conclusão do processo de CIP. (Atualização da Instrução de trabalho de operação do equipamento)

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.1-B-3		3	4	12	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	INSPEÇÃO - Inspecionar o estado das borrachas centradoras, substituir ao verificar-se degradação. (Atualizar plano de manutenção preventiva)	
1.1-B-4		3	4	12	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	SUBSTITUIÇÃO - Substituição de todos os vedantes do bico de enchimento.(Atualizar plano de manutenção preventiva)	
1.1-B-5		4	4	16	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não						Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção (Já se encontra implementado nos procedimentos de manutenção tarefas de inspeção e teste após quaisquer ações de manutenção)	ENSAIO DE FUNCIONAMENTO - Após efetuar a manutenção ao bico de enchimento o técnico de manutenção tem de garantir a correta montagem através de um ensaio em funcionamento.	
1.1-B-6		5	4	20	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	A) AJUSTE - Verificação do aperto da guia. (Atualização do plano de manutenção preventiva) B) LUBRIFICAÇÃO - Lubrificação das guias. (Atualização do plano de manutenção preventiva)	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.1-B-7		4	4	16	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	SUBSTITUIÇÃO - Substituição das anilhas de mola de todos os bicos de enchimento. (Atualização do plano de manutenção preventiva)	
1.1-B-8		3	4	12	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Sim				FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	INSPEÇÃO - Inspecionar o estado da engrenagem e substituir ao verificar-se desgaste na rosca. (Atualização do plano de manutenção preventiva)	
1.1-B-9		5	4	20	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não						Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	INSPEÇÃO - Após o desencaixe das falsas garrafas verificar a correta montagem do cone centrador. (Já implementado nos procedimentos de operação do equipamento)	
1.1-B-10		4	4	16	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não						Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	ENSAIO DE FUNCIONAMENTO - Após efetuar a manutenção ao bico de enchimento o técnico de manutenção tem de garantir a correta montagem através de um ensaio em funcionamento. (Já se encontra implementado nos procedimentos de manutenção tarefas de inspeção e teste após quaisquer ações de manutenção)	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.2-A-1		3	4	12	Não	Sim			Não	Não	Não	Sim							FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	INSPEÇÃO - Proceder à desmontagem de um bico de enchimento, aleatoriamente, e inspecionar o seu estado de higienização. (Já se encontra implementado verificações aos equipamentos abrangidos pelo sistema de CIP)
1.2-A-2		3	4	12	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Não					MANUTENÇÃO CORRECTIVA - REPROJECTO (opcional)	INSPEÇÃO - Após a conclusão do CIP o operador tem de garantir que todas as falsas garrafas são retiradas após a conclusão do processo de CIP. (Atualização da Instrução de trabalho de operação do equipamento)
1.2-A-3		3	3	9	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim									MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	INSPEÇÃO - Inspecionar o estado das borrachas centradoras, substituir ao verificar-se degradação. (Atualizar plano de manutenção preventiva)
1.2-A-4		3	3	9	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim									MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	SUBSTITUIÇÃO - Substituição de todos os vedantes do bico de enchimento. (Atualizar plano de manutenção preventiva)

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.2-A-5		4	4	16	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não						Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	ENSAIO DE FUNCIONAMENTO - Após efetuar a manutenção ao bico de enchimento o técnico de manutenção tem de garantir a correta montagem através de um ensaio em funcionamento. (Já se encontra implementado nos procedimentos de manutenção tarefas de inspeção e teste após quaisquer ações de manutenção)	
1.2-A-6		5	4	20	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	A) AJUSTE - Verificação do aperto da guia. (Atualização do plano de manutenção preventiva) B) LUBRIFICAÇÃO - Lubrificação das guias. (Atualização do plano de manutenção preventiva)	
1.2-A-7		4	4	16	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	SUBSTITUIÇÃO - Substituição das anilhas de mola de todos os bicos de enchimento. (Atualização do plano de manutenção preventiva)	
1.2-A-8		3	4	12	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Sim				FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	INSPEÇÃO - Inspeccionar o estado da engrenagem e substituir ao verificar-se desgaste na rosca. (Atualização do plano de manutenção preventiva)	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
1.2-A-9		5	4	20	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	INSPEÇÃO - Após o desencaixe das falsas garrafas verificar a correta montagem do cone centrador. (Já implementado nos procedimentos de operação do equipamento)
1.2-A-10		4	4	16	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	ENSAIO DE FUNCIONAMENTO - Após efetuar a manutenção ao bico de enchimento o técnico de manutenção tem de garantir a correta montagem através de um ensaio em funcionamento. (Já se encontra implementado nos procedimentos de manutenção tarefas de inspeção e teste após quaisquer ações de manutenção)
2.1-A-1		3	5	15	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção	MONITORIZAÇÃO - Durante o tempo de operação o operador responsável pelo equipamento vai monitorizando o estado do tanque. (Já se encontra implementado no procedimento de operação do equipamento)
2.1-A-2		3	5	15	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Sim					FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	INSPEÇÃO - Durante o processo de CIP verificar o valor do nível indicado no painel de controlo nas etapas em que o tanque está vazio e em que o tanque está cheio. (Atualizar procedimento de verificação CIP)
2.1-A-3		1	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
2.1-A-4		5	4	20	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não							Sim	Desenvolver estratégias de gestão de risco para dispositivos de proteção MONITORIZAÇÃO - Durante o tempo de operação o operador responsável pelo equipamento vai monitorizando a pressão de trabalho dos filtros. (Já se encontra implementado no procedimento de operação do equipamento) NOTA: Para o caso de avarias nas bombas estas são tratadas nos respetivos processos de RCM.	
2.1-A-5		1	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.1-A-6		4	3	12	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim									MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração) A) INSPEÇÃO - Inspeccionar visualmente estado das tubagens. (Já implementado no procedimento de verificação do CIP) B) - VERIFICAÇÃO - Verificar aperto das tubagens. (Atualizar plano de manutenções preventivas)	
2.1-A-7		4	3	12	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Não					MANUTENÇÃO CORRECTIVA - REPROJECTO (opcional) FORMAÇÃO - Garantir que todos os operadores responsáveis pelo equipamento tenham formação para o seu correto funcionamento. (Atualizar procedimento de operação do equipamento)	

Q4	Q6				Q7														
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco								Descrição da estratégia de Gestão de Risco		
P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
2.1-A-8		1	5	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.1-B-1		1	4	4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.2-A-1		1	5	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.2-A-2		1	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.2-A-3		1	5	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2.2-A-4		4	3	12	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim									A) INSPEÇÃO - Inspeccionar visualmente o estado das tubagens. (Já implementado no procedimento de verificação do CIP) B - VERIFICAÇÃO - Verificar aperto das tubagens. (Atualizar plano de manutenções preventivas)

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
2.2-A-5		4	4	16	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Não				MANUTENÇÃO CORRECTIVA - REPROJECTO (opcional)	FORMAÇÃO - Garantir que todos os operadores responsáveis pelo equipamento tenham formação para o seu correto funcionamento. (Atualizar procedimento de operação do equipamento)	
2.2-B-1		3	5	15	Não	Não	Não		Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	CALIBRAÇÃO - Efetuar a calibração do sensor de pressão.(Atualizar plano de manutenções preventivas)	
2.2-B-2		1	5	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
11.1-A-1		3	4	12	Não	Não	Não		Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	SUBSTITUIÇÃO - Efetuar a substituição de vedantes da bomba de vácuo. (Atualizar plano de manutenções preventivas)	
11.1-A-2		4	3	12	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim								MANUTENÇÃO PREVENTIVA SISTEMÁTICA (restauração)	A) INSPEÇÃO - Inspeccionar visualmente estado das tubagens. (Já implementado no procedimento de verificação do CIP) B - VERIFICAÇÃO - Verificar aperto das tubagens. (Atualizar plano de manutenções preventivas)	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
11.1-A-3		4	4	16	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Não				MANUTENÇÃO CORRECTIVA - REPROJECTO (opcional)	FORMAÇÃO - Garantir que todos os operadores responsáveis pelo equipamento tenham formação para o seu correto funcionamento. (Atualizar procedimento de operação do equipamento)	
11.1-A-4		5	4	20	Sim	Não	Não	Sim	Sim									MANUTENÇÃO PREVENTIVA CONDICIONADA	MEDIÇÃO - Medir vibrações de trabalho da bomba e analisar a sua temperatura de trabalho. (Atualização do procedimento de manutenções preventivas. Avaliar a aquisição de equipamentos de medição de vibrações e termografia)	
11.1-A-5		5	4	20	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Sim				FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	A) FORMAÇÃO - Garantir que todos os operadores responsáveis pelo equipamento tenham formação para o seu correto funcionamento. (Atualizar procedimento de operação do equipamento) B) VERIFICAÇÃO - Verificar se existem folgas no funcionamento da válvula. (Atualizar Plano de manutenções preventivas)	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
11.1-A-6		5	4	20	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Sim				FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	A) INSPEÇÃO - Inspeccionar visualmente estado das tubagens. (Já implementado no procedimento de verificação do CIP)	
11.1-A-7		1	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
11.1-A-8		3	4	12	Sim	Sim			Não	Não	Não				Sim			COMBINAÇÃO DE ACTIVIDADES	A) MEDIÇÃO - Medir vibrações de trabalho da bomba e analisar a sua temperatura de trabalho. (Atualização do procedimento de manutenções preventivas. Avaliar a aquisição de equipamentos de medição de vibrações e termografia) B) REVISÃO - Efetuar revisão geral da bomba de vácuo (Atualizar plano de manutenções preventivas)	
11.1-B-1		4	4	16	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Não				MANUTENÇÃO CORRECTIVA - REPROJECTO (opcional)	FORMAÇÃO - Garantir que todos os operadores responsáveis pelo equipamento tenham formação para o seu correto funcionamento. (Atualizar procedimento de operação do equipamento)	

Q4	Q6				Q7														Descrição da estratégia de Gestão de Risco	
	Risco Inerente				Avaliação da categoria de risco				Avaliação da estratégia de Gestão de Risco											
	P _{prot}	P	C	R	1	ES HS	EE HE	EO	HP1 HO1 EP1 EO1 ET1	HP2 HO2 EP2 EO2 ET2	HP3 HO3 EP3 EO3 ET3	HP4	HP5	H04	EP4	EP5	EO4			
11.1-B-2		5	4	20	Não	Não	Não		Não	Não	Não			Sim					FAZER TAREFA DE LOCALIZAÇÃO DA FALHA	A) FORMAÇÃO - Garantir que todos os operadores responsáveis pelo equipamento tenham formação para o seu correto funcionamento. (Atualizar procedimento de operação do equipamento) B) VERIFICAÇÃO - Verificar se existem folgas no funcionamento da válvula. (Atualizar Plano de manutenções preventivas)
11.1-C-1		1	5	5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Tabela 23 - Respostas obtidas no processo RCM para a questão Q8 dos subsistemas em estudo.

Q4	Q8									
	Tarefas de Man. Prev.						Nível de Risco Revisto			
	Intervalo Inicial da Tarefa	Unidade de medida	Dep./Esp. Resp.	Qtd	Duração (h)	Tipo de Modificação	P _{prot}	P	C	R
1.1-A-1	1	dia	Produção	1	0,1	Procedimento		2	3	6
1.1-A-2	Sempre que qualquer bico de enchimento seja desmontado	-	Manutenção	1	0,1			2	3	6
1.1-A-4	Sempre que qualquer bico de enchimento seja desmontado	-	Manutenção	1	0,50			2	3	6
1.1-B-1	3	meses	Qualidade e Produção	2	0,5			2	3	6
1.1-B-2	1	dia	Produção	1	0,15	Procedimento		2	3	6
1.1-B-3	1	ano	Manutenção	2	1,5	Peças de substituição		2	2	4
1.1-B-4	3	anos	Manutenção	3	10	Peças de substituição		2	2	4
1.1-B-5	Sempre que qualquer bico de enchimento seja desmontado	-	Manutenção	1	0,25			2	3	6
1.1-B-6	A) 1 B) 1	A) ano B) mês	A) Manutenção B) Produção	1	A) 1 B) 0,25	Procedimento		3	2	6
1.1-B-7	2	anos	Manutenção	1	1	Procedimento		2	2	4
1.1-B-8	1	ano	Manutenção	1	1	Procedimento		2	2	4
1.1-B-9	1	dia	Produção	1	0,25			3	2	6
1.1-B-10	Sempre que qualquer bico de enchimento seja desmontado	-	Manutenção	1	0,25			2	3	6
1.2-A-1	3	meses	Qualidade e Produção	2	0,5			2	3	6
1.2-A-2	1	dia	Produção	1	0,15	Procedimento		2	3	6

Q4	Q8									
	Tarefas de Man. Prev.						Nível de Risco Revisto			
	Intervalo Inicial da Tarefa	Unidade de medida	Dep./Esp. Resp.	Qtd	Duração (h)	Tipo de Modificação	P _{prot}	P	C	R
1.2-A-3	1	ano	Manutenção	2	1,5	Peças de substituição		2	2	4
1.2-A-4	3	anos	Manutenção	3	10	Peças de substituição		2	2	4
1.2-A-5	Sempre que qualquer bico de enchimento seja desmontado	-	Manutenção	1	0,25			2	3	6
1.2-A-6	A) 1 B) 1	A) ano B) mês	A) Manutenção B) Produção	1	A) 1 B) 0,25	Procedimento		3	2	6
1.2-A-7	2	anos	Manutenção	1	1	Procedimento		2	2	4
1.2-A-8	1	ano	Manutenção	1	1	Procedimento		2	2	4
1.2-A-9	1	dia	Produção	1	0,25			3	2	6
1.2-A-10	Sempre que qualquer bico de enchimento seja desmontado	-	Manutenção	1	0,25			2	3	6
2.1-A-1	1	dia	Produção	1	NA			3	2	6
2.1-A-2	2	anos	Qualidade	1	2	Procedimento		2	2	4
2.1-A-4	1	dia	Produção	1	NA			5	1	5
2.1-A-6	A) 3 B) 2	A) meses B) anos	A) Qualidade B) Manutenção	A) 1 B) 1	A) 0,25 B) 0,5	Procedimento		2	3	6
2.1-A-7	Sempre que um novo colaborador inicie funções	NA	Produção	1	16	Procedimento		3	2	6
2.2-A-4	A) 3 B) 2	A) meses B) anos	A) Qualidade B) Manutenção	A) 1 B) 1	A) 0,25 B) 0,5	Procedimento		2	3	6
2.2-A-5	Sempre que um novo colaborador inicie funções	NA	Produção	1	16	Procedimento		3	2	6

Q4	Q8									
	Tarefas de Man. Prev.						Nível de Risco Revisto			
	Intervalo Inicial da Tarefa	Unidade de medida	Dep./Esp. Resp.	Qtd	Duração (h)	Tipo de Modificação	P _{prot}	P	C	R
2.2-B-1	2	anos	Manutenção	1	1	Procedimento		2	2	4
11.1-A-1	2	anos	Manutenção	1	7	Procedimento		2	3	6
11.1-A-2	A) 3 B) 2	A) meses B) anos	A) Qualidade B) Manutenção	A) 1 B) 1	A) 0,25 B) 0,5	Procedimento		2	3	6
11.1-A-3	Sempre que um novo colaborador inicie funções	NA	Produção	1	16	Procedimento		3	2	6
11.1-A-4	3	meses	Manutenção	1	1	Procedimento		2	3	6
11.1-A-5	A) Sempre que um novo colaborador inicie funções B) 1	A) NA B) ano	A) Produção B) Manutenção	A) 1 B) 1	A) 16 B) 0,1	Procedimento		3	2	6
11.1-A-6	3	meses	Qualidade	1	0,25	Procedimento		2	3	6
11.1-A-8	A) 3 B) 2	A) meses B) anos	A) Manutenção B) Manutenção	A) 1 B) 1	A) 1 B) 7	Procedimento		2	3	6
11.1-B-1	Sempre que um novo colaborador inicie funções	NA	Produção	1	16	Procedimento		3	2	6
11.1-B-2	A) Sempre que um novo colaborador inicie funções B) 1	A) NA B) ano	A) Produção B) Manutenção	A) 1 B) 1	A) 16 B) 0,1	Procedimento		3	2	6