



Instituto Superior de
Engenharia de Coimbra

Departamento de Engenharia Mecânica

Otimização de ciclos *Clean-in-place*

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de

Mestre em Equipamentos e Sistemas Mecânicos

Autor

Vítor Emanuel Duarte dos Santos

Orientador

Doutor João Miguel Maia Carrapichano

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, Dezembro, 2014

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém pensou sobre aquilo que todas as pessoas vêem.” (Arthur Schopenhauer)

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível com a colaboração e apoio de algumas pessoas e entidades, às quais gostaria de prestar o meu reconhecimento.

Agradeço à Fromageries Bel Portugal, S.A. – Fábrica de Vale de Cambra, onde realizei este trabalho e de forma particular ao Eng.º Francisco Louro, meu orientador de estágio pela Bel, pela oportunidade, confiança, disponibilidade e pela partilha de conhecimentos sobre a fábrica e o seu funcionamento.

Ao Doutor João Miguel Maia Carrapichano, orientador deste estágio pelo ISEC, pela disponibilidade, partilha de conhecimento e amizade que me proporcionou ao longo de todo o meu percurso.

Aos meus colegas de gabinete na Bel, António Pinho, Armando Martins, Filipe Vidal, Tiago Valente e Rui Gomes por todo o apoio, amizade e ajuda prestada para a realização deste trabalho.

A todos os Funcionários da Manutenção da Bel, pela excelente integração, disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Na Bel, em especial aos operadores da secagem, José Manuel Ferreira, Pedro Pina, Volodymir Melnyk e Jorge Tavares pela paciência, ajuda prestada, disponibilidade e partilha de conhecimentos.

A todos os colaboradores da fábrica, pela simpatia demonstrada ao longo de todo o meu percurso.

Ao Engenheiro Hélder Pinho da empresa Arsopi por todo o material de apoio disponibilizado para a realização do programa de cálculo de perdas de carga.

A todos os meus Amigos do DEM/ISEC, em especial Pedro Rafael Alves, Tiago Fernandes, Ricardo Fernandes, André Gomes, Vítor Maranhã, Jesse Alves, Pedro Regojo e Marco Wilson que me têm acompanhado ao longo de toda a minha vida académica, por todo o apoio, amizade e bons momentos proporcionados.

À minha irmã Mariline e ao meu cunhado Sérgio por todo o apoio e incentivo.

À minha mãe, por todo o sacrifício prestado que me permitiu chegar aqui, pelos princípios e valores que me instruiu para me tornar no homem que sou hoje.

Aos pais da minha namorada, Clara e Herculano que têm sido os meus segundos pais, por toda a paciência, ajuda, apoio, confiança e companhia que me têm prestado ao longo destes anos.

E por fim, um agradecimento muito especial à minha namorada pelo enorme apoio, amizade, carinho, paciência e bons conselhos que me deu ao longo de toda a minha vida académica.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo principal a otimização dos sistemas de CIP (Clean-in-place, limpeza localizada) na empresa multinacional Fromageries Bel S.A., na secção de secagem de soro da unidade fabril de Vale de Cambra. A higienização dos equipamentos e linhas desta secção é realizada através do método *Clean-in-place* que permite a higienização sem desmontagem e controlo automático dos parâmetros de concentração, temperatura e tempo de contato da solução de limpeza.

Foi realizado um diagrama de processo de toda a instalação, o respetivo modelo 3D da secção de secagem de soro e uma lista de todos os equipamentos instalados, de forma a conhecer o seu funcionamento em produção e durante o processo de higienização.

Depois, em cada equipamento e em cada linha existiu um acompanhamento do processo de higienização de forma a realizar o levantamento dos parâmetros de temperatura, concentração e duração de cada etapa de CIP. Durante a monitorização foram recolhidas todas as não conformidades e analisadas as causas que provocaram as mesmas.

Com o conhecimento adquirido durante o acompanhamento da produção e dos sistemas de higienização foram realizados dois manuais. Um manual de operação, onde estão organizadas todas as etapas e parâmetros que o operador deve seguir e um manual de sequência do sistema de limpeza de cada equipamento e linha, apresentando todo o percurso e propriedades.

Além das pesquisas realizadas, foram feitos alguns contatos com empresas ligadas ao processo de higienização, de forma a encontrar soluções para cada não conformidade. Estas foram classificadas através da matriz decisão com o seu grau de importância para futura implementação.

Palavra-Chave: CIP, Higienização, Limpeza, Soro de leite em pó

Abstract

This work had as main objective the optimization of CIP (Clean-in-place) systems in multinational company Fromageries Bel SA, in the drying section of the whey plant in Vale de Cambra. The cleaning of equipment and lines for this section is done through the Clean-in-place method that allows cleaning without disassembly and automatic control of the parameters of concentration, temperature and contact time of the cleaning solution.

A diagram of the entire facility, the respective 3D model of the drying section serum and a list of all equipment installed in the section in order to understand the operation of the section on production and during the cleaning process was carried out.

After knowledge has accompanied the process of sanitizing equipment and each line in order to carry out the survey parameters of temperature, concentration and duration of each stage of CIP. Was collected during monitoring all non conformities and verification of existing problems due to such noncompliance.

With the knowledge gained during the monitoring of production and hygiene systems was carried out an operation manual which organizes all the steps and parameters that the operator must follow a manual and sequence of cleaning equipment and line of each system, with all properties and route.

Research and contact connected with the process of cleaning companies was conducted in order to arrange solutions for each non-compliance and these were classified by parent decision the degree of importance for future implementation.

Keywords: CIP, Sanitation, Cleaning, Whey powder

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Nomenclatura	xiii
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xix
Lista de Equações	xxi
Lista de Gráficos	xxiii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Objetivos e metodologia	1
1.3. Plano do projeto	2
1.4. Organização do relatório	3
2. Grupo Bel	5
2.1. Missão, visão e valores de grupo	5
2.2. Portfólio de marcas do grupo Bel	5
3. Bel Portugal	7
3.1. História da Bel Portugal	7
3.2. Marcas em Portugal	8
4. Processo de produção da Bel Portugal	11
4.1. Receção de matérias-primas	11
4.2. Fabrico de queijo	12
4.3. Processamento de soro de leite	13
4.3.1. Armazenagem de soro/Receção de Lacto soro	14
4.3.2. Evaporação	15
4.3.3. Cristalização	20

4.3.4. Secagem de soro	21
4.3.5. Ensaque	23
5. Conceito Clean-in-place	25
5.1. Princípios de funcionamento	25
5.2. Detergentes de <i>CIP</i>	26
5.3. Processo de Esterilização	28
5.4. Instalação de <i>CIP</i>	28
5.5. Tipos de tubagem critica	31
5.6. Limpeza a reservatórios	33
5.7. Ciclos e sequências de <i>CIP</i>	35
6. Levantamento das condições atuais	41
6.1. Diagrama de processo	41
6.2. Lista de equipamentos	41
6.3. Modelo 3D da secção da secagem de soro	42
6.4. Levantamento de tempos de ciclos CIP	43
6.5. Sequência dos ciclos de CIP	43
6.6. Processo de produção	43
6.7. Análise dos circuitos de CIP	43
7. Auditoria de sistemas CIP	49
8. Propostas de melhorias	53
8.1. Total controlo dos equipamentos pelo autómato	53
8.2. Implementação de permutador para aquecimento das soluções	56
8.3. Plano de limpeza aos filtros CIP	57
8.4. Implementação de sonda a montante de bombas de retorno de CIP	58
8.5. Implementação de controlo de caudal	59
8.6. Leitura do retorno de CIP	60
8.7. Implementação de revestimento térmico na tubagem no exterior	61
8.8. Redução de distância de circuitos de CIP	64
8.9. Caudal de CIP para Silos de armazenagem de soro líquido	65
8.10. Retorno de CIP da linha dos coletores	66
8.11. Isolamento de fugas de vácuo na evaporação	67

8.12. Implementação de CIP aos silos de pó	68
8.13. Automatizar CIP da Evaporação	70
8.14. Redesign da tubagem de descarga do Scrubber	71
8.15. Automatizar CIP da secagem	72
8.16. Implementação de decantador para solução alcalina	73
8.17. Drenagem na tubagem de CIP	73
8.18. Atualização dos sistemas de controlo da secagem	74
8.19. Retirar equipamentos e tubagem desativados	74
9. Matriz decisão	75
10. Conclusão	79
11. Trabalhos futuros	81
11.1. Realização de manual de sequência e operação	81
11.2. Realização de plano de auditoria interna	81
11.3. Cálculo teórico e experimental dos parâmetros de CIP	81
11.4. Levantamento das condições atuais de toda a unidade fabril	81
11.5. Implementação de etapa de esterilização ao processo CIP	81
Referências bibliográficas	83
Glossário	87
Anexos	89
1. Cronograma do estágio	91
2. Tabelas de transmissão de calor	93
3. “Boiling point”	95
4. Ficha técnica de soda cáustica	97
5. Ficha técnica do ácido nítrico	99
6. Ficha técnica de bombas centrífugas	101
6.1. Ensaio de bombas centrífugas	102
7. Tabela de valores de perda de carga	103
Instruções de trabalho	105
Apêndice	111
1. Diagramas de processo	113

2. Modelação 3D	115
3. Ciclos de CIP	117
4. Matriz decisão	121
4.1. Comparação entre requisitos	121
4.2. Comparação entre propostas	122
4.3. Matriz decisão	123
5. Fluxograma do processo da fábrica de Vale de Cambra	125

Nomenclatura

Abreviaturas

CIP	<i>Clean-in-place</i> : Limpeza localizada
SIP	Sterilisation-in-place: Esterilização localizada
SFB	<i>Static Fluid-Bed</i>
V.F:	<i>Vibro Fluidizer</i> – Peneiro Fluidizado Vibratório.
PLC	<i>Programmable logic controller</i> – Controlador lógico programável
CV	Cavalo vapor
ETAR	Estação de tratamento de águas residuais

Letras e símbolos

Re	Número de <i>Reynold's</i>	
u	Velocidade	m/s
Q	Caudal	m ³ /h
d	Diâmetro	mm
L	Comprimento	m
A	Área	m ²
hf	Perda de carga	m.c.a
K _L	Perda de carga do acessório	
P	Potência	Watt
H	Altura manométrica	m

Carateres gregos e constantes

ε	Rugosidade	mm
σ	Constante de Stefan-Boltzmann (para transferência de calor por radiação), igual a $5,669 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$	
ρ	Massa volúmica	kg/m ³
μ	Viscosidade absoluta	Pa.s
ν	Viscosidade cinemática	m ² /s
λ	Coeficiente de atrito	
η	Rendimento	%

Lista de Figuras

Figura 1-1 Cronograma de estágio.	2
Figura 2-1 Marcas produzidas pelo grupo Bel.	6
Figura 3-1 Marcas produzidas na unidade fabril de Vale de Cambra.	9
Figura 4-1 Receção de matéria-prima.	11
Figura 4-2 Secção do fabrico da unidade fabril de Vale de Cambra.	12
Figura 4-3 Modelo 3D da secção de secagem de soro.	13
Figura 4-4 Exemplo de aplicação do soro de leite em pó.	13
Figura 4-5 Modelo 3D e fotografia dos silos de armazenagem de soro líquido.	14
Figura 4-6 Fotografia de amostra de soro líquido.	14
Figura 4-7 Modelo 3D dos equipamentos do processo de evaporação.	15
Figura 4-8 Amostra do produto obtido na evaporação.	17
Figura 4-9 Identificação de equipamentos da evaporação.	19
Figura 4-10 Modelo 3D da sala da Cristalização.	20
Figura 4-11 Produto obtido no processo de Cristalização.	20
Figura 4-12 Modelo 3D dos equipamentos do processo de secagem de soro.	21
Figura 4-13 Soro em pó.	22
Figura 4-14 Modelo 3D da área de ensaque de soro em pó.	23
Figura 4-15 Bigbag e saco de 25 kg de soro em pó.	23
Figura 5-1 Instalação de CIP simples.	29
Figura 5-2 Instalação de CIP com recuperação de solução.	30
Figura 5-3 Instalação de CIP com várias linhas.	30
Figura 5-4 Simulação FloXpress do perfil de velocidade em aumento brusco de diâmetro.	31
Figura 5-5 Simulação FloXpress do perfil de velocidade na tubagem com um bocal de abertura.	32
Figura 5-6 Simulação FloXpress do perfil de velocidade do fluido no interior de derivação com válvula borboleta afastada mais que 3 vezes o valor do diâmetro da tubagem.	32
Figura 5-7 Simulação FloXpress do perfil de velocidade em derivação com "ponto morto".	33
Figura 5-8 Bola spray.	33

Figura 5-9 Cabeçote giratório de pulverização.	34
Figura 5-10 Cabeçote giratório de jato.	34
Figura 5-11 Simulação da intensidade de humidade no software TRAX pela empresa Alfa Laval.	35
Figura 5-12 Esquema simplificado de limpeza com pré lavagem.	36
Figura 5-13 Esquema simplificado de limpeza com detergente alcalino.	36
Figura 5-14 Esquema simplificado da limpeza com água quente.	37
Figura 5-15 Esquema simplificado da limpeza com detergente ácido.	37
Figura 6-1 Diagrama de processo do conjunto da secagem em AutoCAD.	41
Figura 6-2 Lista de válvula borboleta com atuador pneumático.	42
Figura 6-3 Modelo 3D da secagem de soro e pormenor de modelo 3D sem chapa exterior.	42
Figura 6-4 Menu principal do programa de cálculo.	44
Figura 6-5 Créditos do programa de cálculo.	44
Figura 6-6 Janela de cálculo de velocidade em tubagens.	45
Figura 6-7 Janela de cálculo para perdas de carga para uma instalação de CIP.	45
Figura 6-8 Janela de informação acerca as rugosidades da tubagem.	46
Figura 6-9 Janela de informação acerca a altura a ser vencida pela bomba.	46
Figura 8-1 Aquecimento dos reservatórios de soda cáustica e ácido nítrico.	56
Figura 8-2 Esquema de funcionamento de permutador de placas.	56
Figura 8-3 Filtros de CIP.	57
Figura 8-4 Manómetro de pressão com visualização RYGYR.	57
Figura 8-5 Detetores de níveis tipo vibratório.	59
Figura 8-6 Medidor de caudal com sinal digital.	59
Figura 8-7 Condutivímetro Endress+Hauser.	60
Figura 8-8 Esquema simplificado.	62
Figura 8-9 Derivação de CIP á linha dos Coletores.	64
Figura 8-10 Pormenor da linha número 2 de CIP aos Silos.	65
Figura 8-11 Análise do comportamento do fluído em derivações, com distância superior ao dobro do diâmetro (esquerda) e igual ao dobro do diâmetro (direita).	65
Figura 8-12 Fotografias de pormenores ao retorno de CIP da linha dos Coletores.	66
Figura 8-13 Pormenor ao retorno de CIP da linha dos Coletores atualmente (cima) e a solução (baixo).	67
Figura 8-14 Localização das válvulas a aplicar.	68

Figura 8-15 Sistema de CIP a armazenagem de soro em pó.	69
Figura 8-16 Válvula borboleta 53V134.	70
Figura 8-17 Instalação atual para descarga do Scrubber pelo Ciclone 2.	71
Figura 8-18 Pormenor da situação atual em cima e a solução em baixo da descarga do Scrubber.	72
Figura 8-19 Manómetro de leitura analógico de pressão na camara.	74

Lista de Tabelas

Tabela 4-1 Equipamentos da evaporação e funções.	17
Tabela 4-2 Temperatura de processo.	19
Tabela 4-3 Aumento de concentração na evaporação.	19
Tabela 4-4 Equipamentos da secagem de soro e funções.	22
Tabela 4-5 Equipamentos do ensaque e funções.	23
Tabela 5-1 Vantagens e desvantagens dos detergentes.	26
Tabela 5-2 Aditivos para sistemas de CIP.	27
Tabela 5-3 Comparação entre instalações de CIP.	31
Tabela 5-4 Ciclos CIP.	39
Tabela 7-1 Não conformidades na secção de secagem de soro.	49
Tabela 8-1 Dados para estudo de consumo de energia de bomba centrífuga em CIP.	53
Tabela 8-2 Custo por CIP curto ao Silo 100.	54
Tabela 8-3 Estimativa anual de CIP's ao Silo 100 com custo para as diferentes durações.	54
Tabela 8-4 Dados para cálculo do fluxo de calor perdido na tubagem CIP.	61
Tabela 8-5 Comprimentos da tubagem no exterior de CIP aos Silos.	63
Tabela 9-1 Comparação dos requisitos de avaliação.	75
Tabela 9-2 Comparação das propostas aos requisitos.	76
Tabela 3-1 Tempo em segundos dos ciclos de CIP dos equipamentos linha 1 e 2.	117
Tabela 3-2 Etapas de CIP do processo da evaporação.	118
Tabela 3-3 Tempo de abertura e fecho de válvulas CIP da evaporação.	119
Tabela 3-4 Etapas de CIP do processo de secagem de soro.	120

Lista de Equações

Equação 6-1 Cálculo da área de secção circular.	46
Equação 6-2 Cálculo da velocidade na tubagem.	47
Equação 6-3 Cálculo do número de Reynolds.	47
Equação 6-4 Moody explícita.	47
Equação 6-5 Perda de carga contínua e localizada.	47
Equação 8-1 Potência de serviço da bomba.	54
Equação 8-2 Balanço de energia.	62
Equação 8-3 Condução de energia térmica.	62
Equação 8-4 Convecção de energia térmica.	62
Equação 8-5 Radiação de energia térmica.	62
Equação 8-6 Fluxo de calor.	63
Equação 8-7 Potência térmica dissipada.	63

Lista de Gráficos

Gráfico 5-1 Comportamento do alcance de limpeza de bola spray variando o caudal.	34
Gráfico 9-1 Grau de importância propostas.	77

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

O presente projeto foi desenvolvido na empresa multinacional Fromageries Bel S.A., na secção de secagem de soro da unidade fabril de Vale de Cambra. O objetivo principal visou na otimização dos circuitos de limpeza automática, dos equipamentos da unidade de secagem de soro de leite. Este sistema de limpeza, designado de *Clean-in-place*, é utilizado na indústria que requer elevados níveis de higiene, devido á facilidade e rapidez de execução.

1.2. Objetivos e metodologia

O objetivo a atingir com a realização deste projeto é o aumento da eficiência e eficácia dos sistemas de higienização da unidade de secagem de soro de leite, tendo como parâmetros base a qualidade, a segurança, o ambiente e o custo. Sendo assim, foram criados os desenhos dos diagramas de processo, utilizando a ferramenta *AutoCAD 2011 LT*, foi realizado um levantamento de todas as referências dos equipamentos e que posteriormente foram organizadas numa base de dados em *Microsoft Office Excel*. Foi ainda desenvolvido através da ferramenta *AutoCAD Plant 3D* um modelo 3D à escala de toda a secção da secagem de soro, devido à necessidade de perceber melhor o processo e todos os parâmetros envolvidos para a obtenção de soro de leite em pó. Para melhor perceção foi ainda construído um manual de operação, onde estão indicados todos os procedimentos e parâmetros que o operador deve seguir durante a produção. Também foi criado um manual de sequência CIP, que indica todos os circuitos percorridos pela solução de limpeza e parâmetros atribuídos como duração, concentração e temperatura.

Após bom conhecimento dos circuitos da unidade de secagem de soro, foram identificadas todas as não conformidades existentes no sistema de CIP e realizadas as propostas de melhoria a serem implementadas. Com principal objetivo de eliminar todas as não conformidades identificadas e atingir todos os objetivos propostos. Esta proposta de melhoria está suportada através de um documento onde estão todos os estudos, cálculos e análises das situações de forma detalhada.

1.3. Plano do projeto

O plano deste projeto foi realizado através da ferramenta do *Microsoft Office Project*, de forma a dividir o tempo do estágio em etapas a atingir. Esse plano foi respeitado ao pormenor, sendo que todas as etapas foram concluídas no tempo estipulado. Conforme ilustra a Figura 1-1.

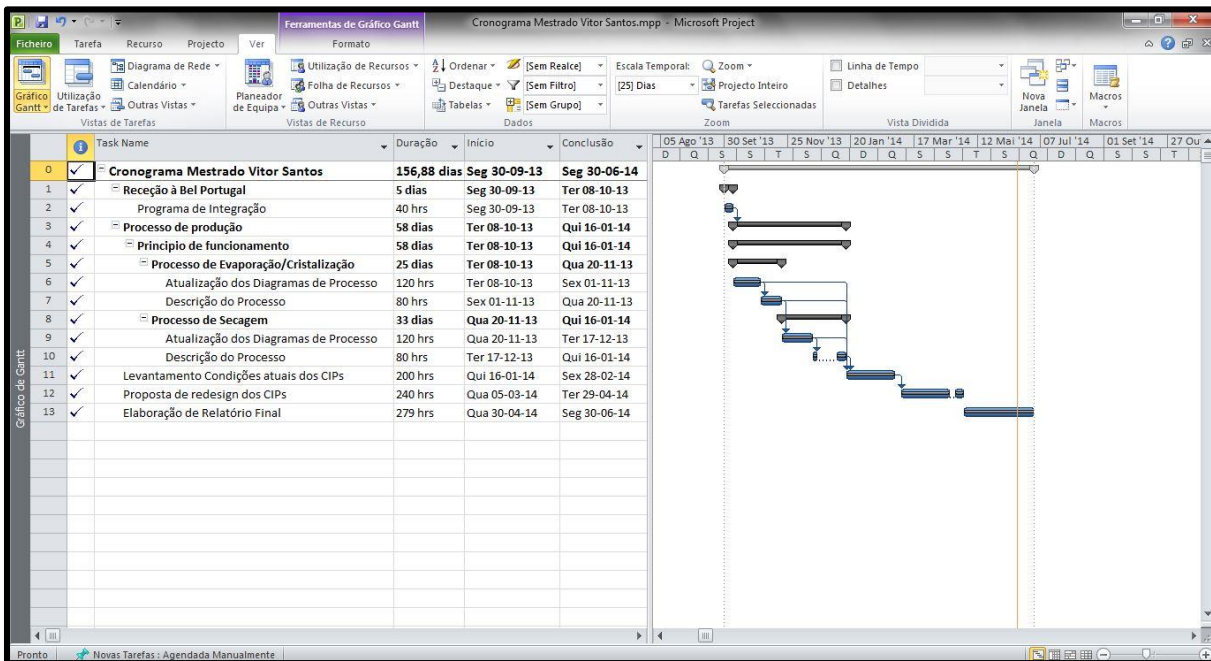


Figura 1-1 Cronograma de estágio.

A primeira fase trata-se da receção à Bel Portugal, onde foi realizado o programa de integração, no qual fui instruído através de formações, acerca das regras de segurança e qualidade do grupo.

A segunda fase foi, o conhecimento do princípio de funcionamento dos vários processos de produção, através da realização dos diagramas de processo e dos manuais de apoio.

Durante a terceira fase foi realizado o levantamento das não conformidades e dos parâmetros de controlo do sistema de CIP, através do acompanhamento dos processos de limpeza.

Posteriormente, na quarta fase foram realizados estudos e pesquisas, de forma a organizar um conjunto de soluções a propor para corrigir as não conformidades verificadas, garantindo o pleno funcionamento do sistema de CIP.

A quinta e última fase foi a realização do relatório final do projeto.

1.4. Organização do relatório

O presente relatório está organizado na forma de 11 capítulos. Sendo este o primeiro capítulo introdutório, onde é realizado um enquadramento do projeto, os objetivos a alcançar, a metodologia utilizada para obter o resultado final e o planeamento. O segundo capítulo, Grupo Bel, demonstra os objetivos e as marcas produzidas pelo grupo. Ainda nesse capítulo é dado a conhecer a história de evolução e as marcas produzidas apenas nas fábricas de Portugal. De seguida, o terceiro capítulo, designado de Processo de produção da Bel Portugal, refere-se a todo o processo da fábrica de Vale de Cambra, inclusive da secção onde foi realizado o presente projeto. No quarto capítulo é descrito o Conceito *Clean-in-place*, onde apresenta os princípios de funcionamento, os detergentes utilizados no processo de CIP, também é descrita uma abordagem do funcionamento do processo de esterilização, os diferentes tipos de instalações e as suas aplicações (comparando as vantagens e desvantagens entre elas), os acessórios utilizados na limpeza dos reservatórios e por fim os diferentes ciclos que constituem o sistema de CIP. No quinto capítulo foi realizado o Levantamento das condições atuais. Nesse levantamento estão organizados todos os processos utilizados para a obtenção dos dados e todo o funcionamento do processo em estudo. No sexto capítulo, Auditoria de sistemas CIP, estão organizadas as não conformidades verificadas nos sistemas de CIP, apresentando os possíveis problemas. As soluções viáveis são expostas no sétimo capítulo, Propostas de melhorias, onde as não conformidades são classificadas por grau de importância através de uma matriz decisão, tomando como requisitos, o ambiente, a qualidade, a segurança e os custos de implementação.

2. Grupo Bel

2.1. Missão, visão e valores de grupo

A principal missão do grupo Bel é o desenvolvimento de um portfólio de marcas de elevada qualidade, inovadora, original e acessível para atingir a Visão de ser nos próximos cinco anos, o primeiro fabricante de marcas de queijo da Europa e o segundo do mundo, quer em termos de volume quer em valor.

O grupo Bel rege-se segundo valores sendo eles: a Ética, em que toda a comunidade se respeita o ambiente e entre si com honestidade e sinceridade, Espírito inovador, em que a empresa se adapta a cada situação com espírito empreendedor e criatividade, a Coesão, que rege o trabalho de equipa favorecendo a partilha de experiencias e ideias entre todos os colaboradores do grupo, Entusiasmo, em que o grupo pretende transmitir dinamismo e audácia mostrando vontade para ir mais longe, Competência, em que é potenciada a experiencia do grupo e a competência individual, com profissionalismo para atingir melhor desempenho. (Fromageries Bel Portugal, S.A, 2013)

2.2. Portfólio de marcas do grupo Bel

O grupo Bel contém um variado leque de marcas líderes do mercado em todo o mundo, estando divididas em 3 grupos. No primeiro grupo estão as marcas “Mini Babybel”, “Leerdammer”, “Kiri”, “Boursin” e “A vaca que ri” que são a imagem institucional, sendo as marcas mais escolhidas pelos consumidores em todo o mundo. Depois, existem 8 marcas internacionais que são fabricadas e exportadas para diferentes países aderentes, sendo este o segundo grupo. Por fim o maior grupo, contém as 17 marcas fabricadas e consumidas no próprio país, esta organização de marcas é ilustrada na Figura 2-1. (Fromageries Bel Portugal, S.A, 2013)



Figura 2-1 Marcas produzidas pelo grupo Bel.

3. Bel Portugal

3.1. História da Bel Portugal

A Bel Portugal é, com a atual estrutura e organização, é de criação recente. Passou por várias fases, tendo resultado da fusão das empresas: Lacto Lusa, S.A., Lacto Lima, S.A., Lacto Açoriana, S.A., Agrolactea – Lacticínios de Vila Real e Alimenta, Produtos Alimentares, Lda. Estas alterações podem ser descritas cronologicamente da seguinte forma:

1993

É constituída a sociedade “Laque – Lacticínios e Queijo, S.A.”, tendo como principal acionista o fundo BESCIL.

1994

A Laque incorporou por fusão as empresas já mencionadas acima, tendo alterado a sua denominação para “Lacto Ibérica – Indústria de Lacticínios e Queijo, S.A.”

1996

O Grupo Bel adquire 51% do capital da Lacto Ibérica; os restantes 49% pertence á Lacto Holdings.

1999

Encerramento da Lacto Lima, transferindo a produção de queijo Limiano para a fábrica de Vale de Cambra.

2000

O grupo Bel adquire o restante capital, passando a deter a totalidade das ações.

2003

Os Lacticínios LORETO são incorporados por fusão da Lacto – Ibérica, a qual era detentora do seu capital o que vem reforçar a presença do grupo nos Açores.

O conjunto alarga-se e assim juntam-se o queijo LORETO, manteiga LORETO e o leite UHT Terra Nostra.

2004

Empresa FROMAGERIES BEL PORTUGAL, S.A. resulta da fusão da Lacto Ibérica com a de Lacticínios LORETO.

Atualmente, a Bel Portugal conta com 3 fábricas, estando elas localizadas em: Vale de Cambra, Ribeira Grande e Covoada, sendo produzidos queijos próprios e outros lacticínios, para a comercialização a nível nacional. (Fromageries Bel Portugal, S.A, 2013)

3.2. Marcas em Portugal

A Bel é a empresa líder do mercado de queijo, com liderança destacada nos segmentos de queijo flamengo e fundido.

Com um portfólio composto por marcas nacionais e internacionais, a Bel Portugal detém marcas líderes e de elevada notoriedade, entre as quais se destacam: Limiano e Terra Nostra. A Bel mantém, ainda presença nos mercados da manteiga e leite UHT.

A unidade fabril de Vale de Cambra produz produtos de vários formatos, conforme ilustra Figura 3-1, sendo eles, a “Bola”, as “Metades”, os “Quartos” e as “Fatias” de diferentes receitas. Ou seja, é produzido o Limiano Bola de 1.3 kg e de 600 gr, o Limiano metades e quartos, o queijo designado de Amanteigado Vaca e Ovelha (no qual pode ainda ser Light), as fatias Limiano e Amanteigado vaca e ovelha, Terra Nostra fatias e ralados e o Segredo do Pastor.



Figura 3-1 Marcas produzidas na unidade fabril de Vale de Cambra.

4. Processo de produção da Bel Portugal

4.1. Receção de matérias-primas

Todo o processo de produção da Bel inicia-se com a receção da matéria-prima, que pode chegar através de 2 formas, leite em pó ou leite em natureza.

- Se chegar sob a forma de leite em pó, o processo inicia-se com a reconstituição do leite, ou seja, a matéria-prima é misturada com água e de seguida é armazenada.
– Se a matéria-prima chegar sob a forma de leite em natureza, o processo inicia-se de forma diferente, é necessário passar pelo processo de desnate (onde são retiradas as natas presentes no leite), e depois deve ser submetido ao processo de termização (que consiste em aquecer o leite a temperatura inferior à de pasteurização, ou seja entre 63°C a 65°C durante 15 segundos), inibindo temporariamente o crescimento de microrganismos. Posteriormente, é armazenado para depois ser submetido ao processo de pasteurização, onde são eliminados todos os microrganismos prejudiciais á saúde.



Figura 4-1 Receção de matéria-prima.

4.2. Fabrico de queijo

O leite armazenado é enviado para cubas, onde é adicionado um coagulante para ser submetido ao processo da coalhada, daí é retirado o soro de leite. A massa resultante é enviada para o tanque pulmão onde o produto é armazenado e preparado para ser processado. O soro de leite retirado é enviado para a separação de finos, onde é filtrada a massa que é transferida com o soro de leite e depois é retirado as natas presentes no soro ficando disponível para ser transferido para a unidade da secagem de soro.

A massa é moldada e prensada criando assim a forma do queijo. Após esse procedimento, o queijo é submetido ao processo de acidificação em que é mantido na forma durante cerca de 3 horas para que atinga características ideais.

Quando terminada a fase da acidificação o queijo é desmoldado e transferido para o processo de salga. Esse processo consiste em percorrer um circuito de água salgada durante um tempo estipulado, para os diferentes formatos.

De seguida o queijo é armazenado na cave de cura, para que possa ser retirada toda a humidade e o queijo possa amadurecer. Quando o queijo apresenta as condições ideais, é submetido ao seu acabamento, podendo ser fatiado ou simplesmente acabado, obtendo-se assim o produto final pronto a ser expedido para o mercado.



Figura 4-2 Secção do fabrico da unidade fabril de Vale de Cambra.

4.3. Processamento de soro de leite

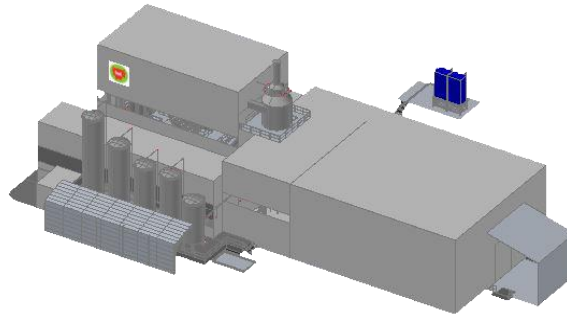


Figura 4-3 Modelo 3D da secção de secagem de soro.

O soro de leite é um subproduto resultante do processo de corte e trabalho da coalhada, e é processado para se obter soro de leite em pó. Este pode ser doce ou ácido, variando segundo o pH, ou seja, o soro de leite doce tem como intervalo de valores de pH entre 6 e 6.8 e o soro de leite ácido apresenta um valor de pH inferior a 6.

Através de concentração parcial por processos tecnologicamente adequados é obtido o soro de leite concentrado que pode ser utilizado no processamento de chocolates, suplementos alimentares e bebidas energéticas.

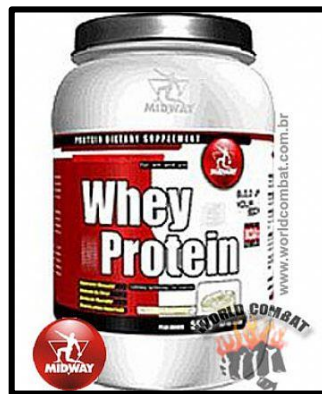


Figura 4-4 Exemplo de aplicação do soro de leite em pó.

4.3.1. Armazenagem de soro/Receção de Lacto soro

O soro retirado no processo da coalhada é submetido a dois processos: à separação de finos, onde são retirados os vestígios de massa presentes no soro através da passagem em filtros e ao processo de desnate do soro onde são retiradas as natas presentes no produto.

Após passagem nesses dois processos, é enviado para a secção da secagem de soro onde é armazenado em 1 dos 4 Silos disponíveis, até se garantir volume suficiente para iniciar o processo de evaporação. Os Silos têm a capacidade de 100.000 L, 60.000 L, 50.000 L e 30.000 L, como se pode verificar na Figura 4-5.

No entanto, o soro líquido também pode chegar a secção da secagem de soro através de fornecedores externos, pois trata-se de um subproduto que tem de ser processado mas de momento há empresas que não dispõem de equipamentos para o processar.

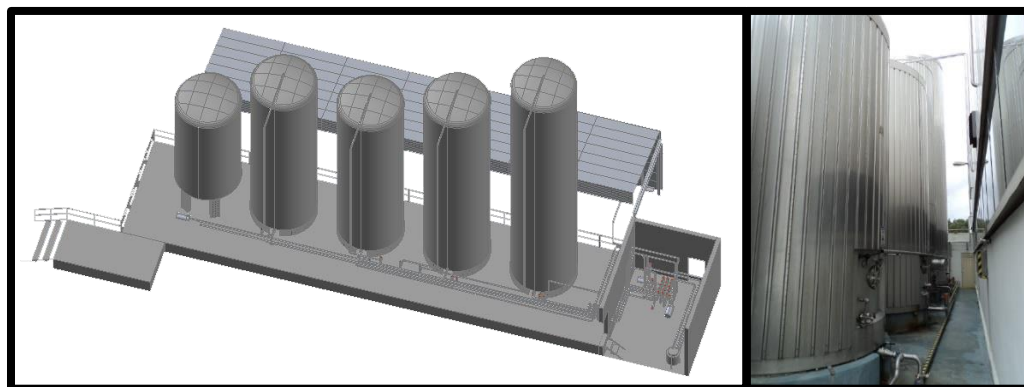


Figura 4-5 Modelo 3D e fotografia dos silos de armazenagem de soro líquido.

O soro de leite quando é armazenado é submetido a um rigoroso controlo de qualidade. Os requisitos que tem de cumprir são: a temperatura que não deve ultrapassar os 12 °C, o índice de refração, que se deve encontrar entre 4 a 6 °BX e o pH deve estar entre 6.2 e 6.8, se estes critérios se verificarem, então o produto encontra-se em boas condições para ser processado, como se verifica na Figura 4-6.



Figura 4-6 Fotografia de amostra de soro líquido.

4.3.2. Evaporação

Quando é atingido cerca de 200.000L de volume disponível de soro líquido na armazenagem de soro, inicia-se o processo de evaporação.

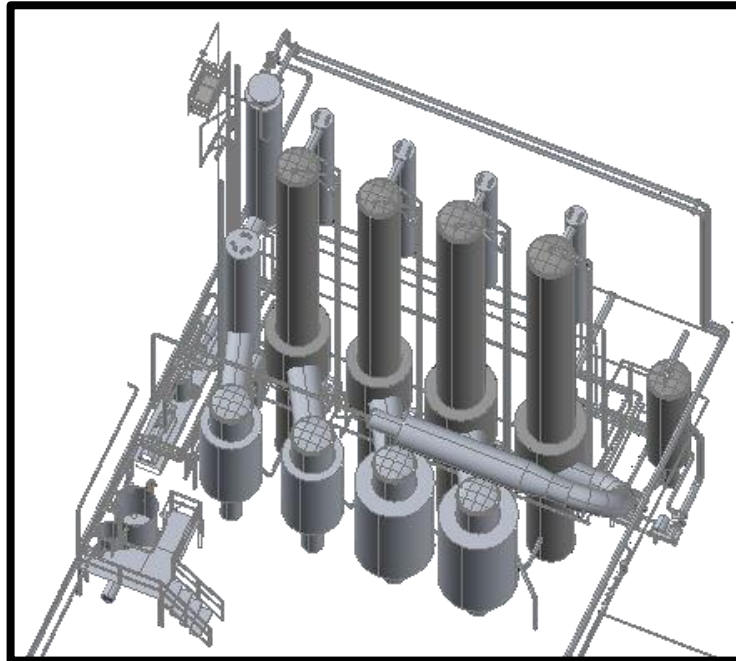


Figura 4-7 Modelo 3D dos equipamentos do processo de evaporação.

O conjunto de equipamentos do processo da evaporação é submetido a vácuo, reduzindo a pressão atmosférica em 80.000 Pa para se obter uma pressão de funcionamento de 29.325 Pa, para que seja possível evaporar a água presente na solução a uma temperatura inferior. Deste modo a água na solução é evaporada á temperatura de 61.265 °C, valor obtido através de interpolação da tabela em anexo 3.

O processo de evaporação inicia-se com a drenagem do produto do silo onde se encontra, até atingir um índice de refração entre 50 e 55 °BX, quando esse valor é atingido inicia-se a transferência do processo da evaporação para a cristalização.

O produto entra no condensador do *Flash Cooler*, onde se dá a troca de calor do soro que sai, com o soro que está a entrar no processo de evaporação, este fenómeno é suportado pela 2ª Lei da Termodinâmica (7).

Depois, o produto passa no Tanque de Balanço, onde é garantido caudal para o processo, de seguida é transferido através de uma bomba centrífuga a um caudal de 20 m³/h para o Pré-Aquecedor Principal, onde é aquecido até á temperatura

aproximada de 66 °C, através da passagem em tubos em contra corrente com vapor a 180 °C.

Após a passagem no Pré-Aquecedor Principal, o produto passa por outros 4 Pré-Aquecedores atingindo a temperatura de 78 °C, estando assim em condições de ser Pasteurizado.

No Pasteurizador, o produto é elevado até à temperatura de 82 °C, durante aproximadamente 15 segundos, eliminando microrganismos patogênicos prejudiciais á saúde e permitindo assim que o produto possa ser armazenado.

Após a Pasteurização, o produto está em condições de ser evaporado, é então enviado para a Calandria 1, de apenas uma fase, onde percorre a tubagem revestida de vapor, evaporando assim a água presente na solução, aumentando a concentração do produto.

Através do vácuo existente no sistema, o vapor entra no Separador que devido á sua densidade sobe, deixando em depósito algum produto que vem em conjunto com o vapor que é de novo injetado na saída da Calandria 1.

Após isso o produto que sai da Calandria 1 é transferido para a Calandria 2, esta de 2 fases. A primeira fase consiste no produto proveniente da Calandria 1, entrar em metade dos tubos da Calandria 2, descendo até chegar à bomba que transfere o produto para a outra metade dos tubos da Calandria 2, designada de bomba de recirculação. A segunda fase consiste na transferência do produto para a Calandria 3.

O vapor é deslocado por forma de vácuo para o Separador 2, com o mesmo funcionamento do Separador 1, ou seja, é de novo injetado o produto retido no Separador 2 na saída da Calandria 2.

De igual funcionamento, a Calandria 3 e 4 evaporam o produto obtendo uma solução à saída da Calandria 4, com um valor de 55 °BX.

Após a evaporação, o produto percorre o Condensador do *Flash Cooler* trocando calor com o produto que esta a entrar no processo, como referido anteriormente.

Assim, percorre uma camisa de aquecimento para evitar a formação de cristais no produto, e é enviado para 1 dos 4 Cristalizadores para se iniciar o processo de Cristalização.

O produto nesta etapa já se encontra mais concentrado devido à diminuição da percentagem de água existente no produto e deve apresentar a temperatura de 32 °C com um índice de refração entre 50 e 55 °BX, tem de ter o aspeto ilustrado na Figura 4-8.



Figura 4-8 Amostra do produto obtido na evaporação.

Para o processo de evaporação é necessário equipamentos específicos, em que cada um deles apresenta funções que se interligam com outros equipamentos.

Sendo assim, é descrito na Tabela 4-1 os equipamentos que constituem o processo de evaporação e as suas funções no processo.

Tabela 4-1 Equipamentos da evaporação e funções.

Equipamentos	Funções
Condensador do <i>Flash Cooler</i>	Aquecer o produto que está a entrar através de troca de calor com produto que está a sair verificando-se a 2ª lei da termodinâmica.
<i>Flash Cooler</i>	Arrefecer o produto que está a sair através da troca de calor com o produto que está a entrar.
Tanque de balanço	Garantir caudal para a passagem do produto à bomba centrífuga de injeção.
Pré aquecedor principal	Aquecer o produto através da passagem em tubos revestidos por corrente de vapor, atingindo a temperatura de aproximadamente 66 °C.
Pré aquecedores	Aquecer o produto com incrementos até atingir a temperatura de 78 °C.

Pasteurizador	Elevar o produto á temperatura de 82 °C de forma a eliminar microrganismos patogénicos prejudiciais à saúde, e garantir o não crescimento destes na armazenagem.
Calandria 1	Calandria tubular de película descendente de 1 fase. Através da passagem do produto é evaporada uma percentagem de água, aumentando a sua concentração.
Calandrias 2, 3 e 4	Calandrias tubulares de película descendente de 2 fases. De igual funcionamento à Calandria 1 mas, com a particularidade de ocorrer 2 passagens.
Condensador de superfície	Arrefecer vapor e condensados em estado gasoso, formando condensados em estado liquido.
Tanque de condensados	Armazenar os condensados obtidos através da evaporação do produto, para serem utilizados nas caldeiras e <i>Scrubber</i> da secagem de soro.
Camisa de aquecimento	Aquecer o produto à saída para evitar um arrefecimento acentuado através da deslocação na tubagem, evitando a formação de cristais no produto.
Unidade de vácuo	Diminuir a pressão 800 mbar, para obter uma pressão de funcionamento de 21.325 Pa de forma a reduzir a quantidade de energia necessária para evaporar o produto.

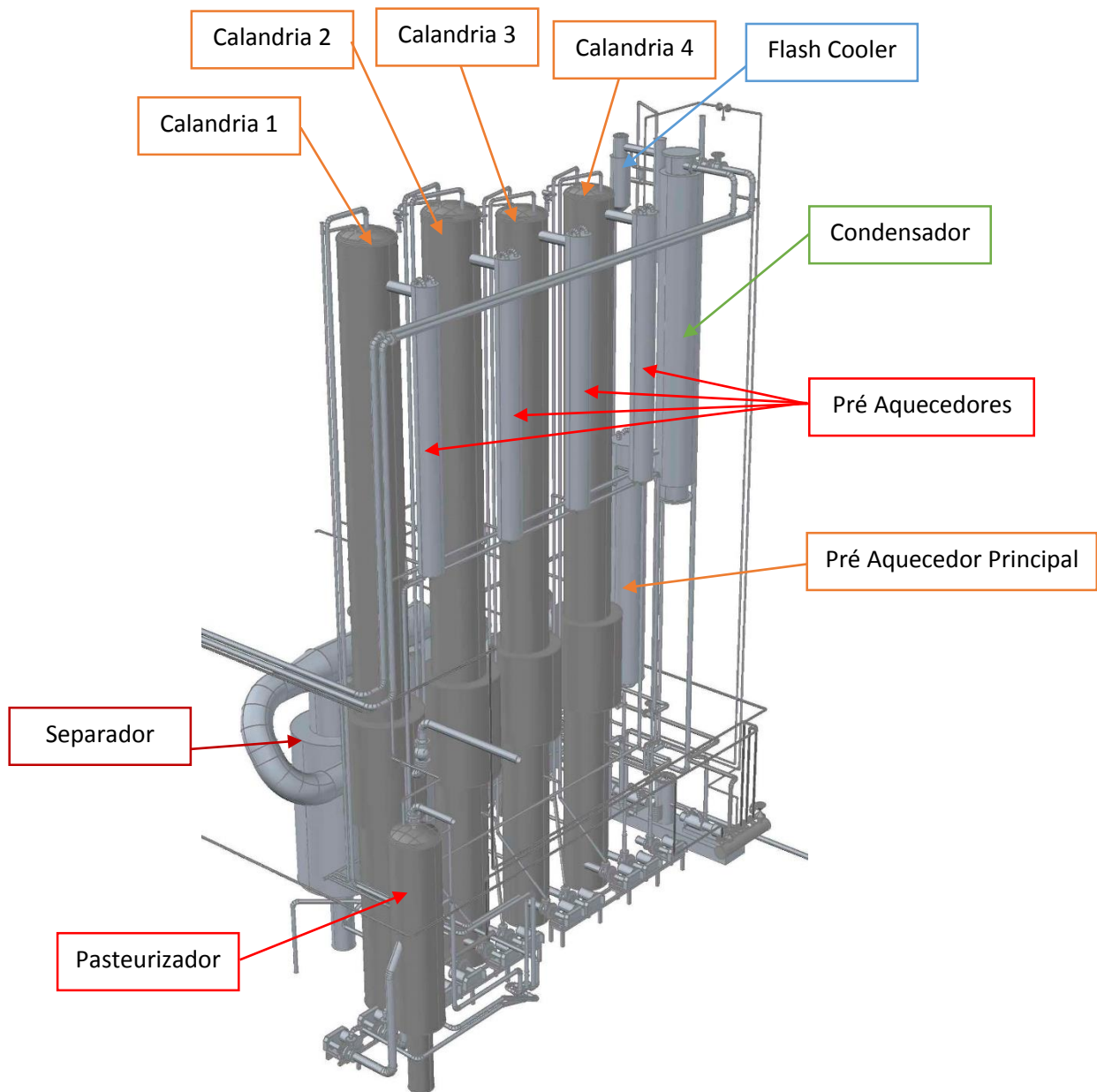


Figura 4-9 Identificação de equipamentos da evaporação.

Tabela 4-2 Temperatura de processo.

Equipamento	Temperatura [° C]
Calandria 1	74
Calandria 2	69
Calandria 3	64
Calandria 4	59
Flash Cooler	11
Condensador	52
Pré Aquecedor 1	78
Pasteurizador	82

Tabela 4-3 Aumento de concentração na evaporação.

Etapa	% Concentração [° BX]
Transferência Calandria 1 para 2	7.4
Transferência Calandria 2 para 3	15.1
Saída Calandria 4	50.3

4.3.3. Cristalização

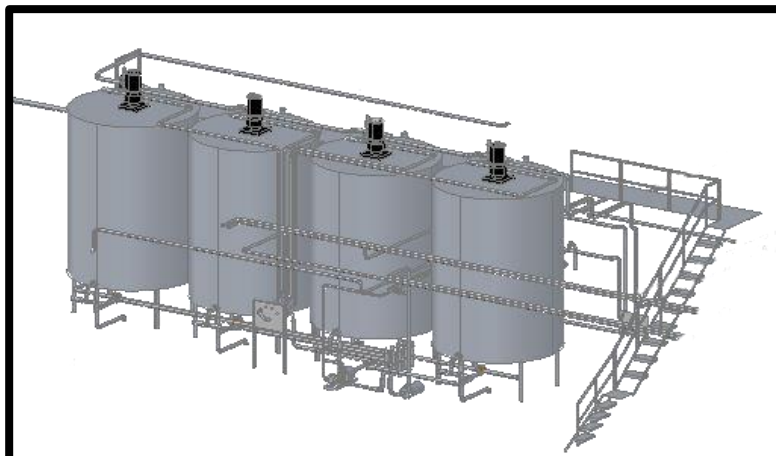


Figura 4-10 Modelo 3D da sala da Cristalização.

O processo de cristalização consiste em formar cristais sólidos através de uma solução uniforme. Para isso, o produto é submetido a um arrefecimento incremental e de agitação cíclica durante 12 horas de estágio.

Este processo passa por 2 etapas, sendo elas, a nucleação e o crescimento dos cristais, tornando o produto menos hidrofóbico (9) e facilitando assim o processo de secagem de soro.

Para a cristalização estão disponíveis 4 Cristalizadores de 25000 litros.

O produto final deve de apresentar um aspeto mais granulado, conforme mostra a Figura 4-11 e com temperatura de 10 °C e pH máximo de 6.5.



Figura 4-11
Produto obtido no
processo de
Cristalização.

4.3.4. Secagem de soro

Após a cristalização, o soro de leite é enviado para o atomizador, através de uma bomba de deslocamento positivo, que injeta pela forma de chuveiro o soro na torre de secagem, que se encontra em condições ideais de temperatura e humidade. O produto ao percorrer toda a torre de secagem, evapora a restante água presente na solução e as partículas em pó de soro são depositadas na câmara SFB, que serão extraídas para o Peneiro V.F. através de uma válvula rotativa.

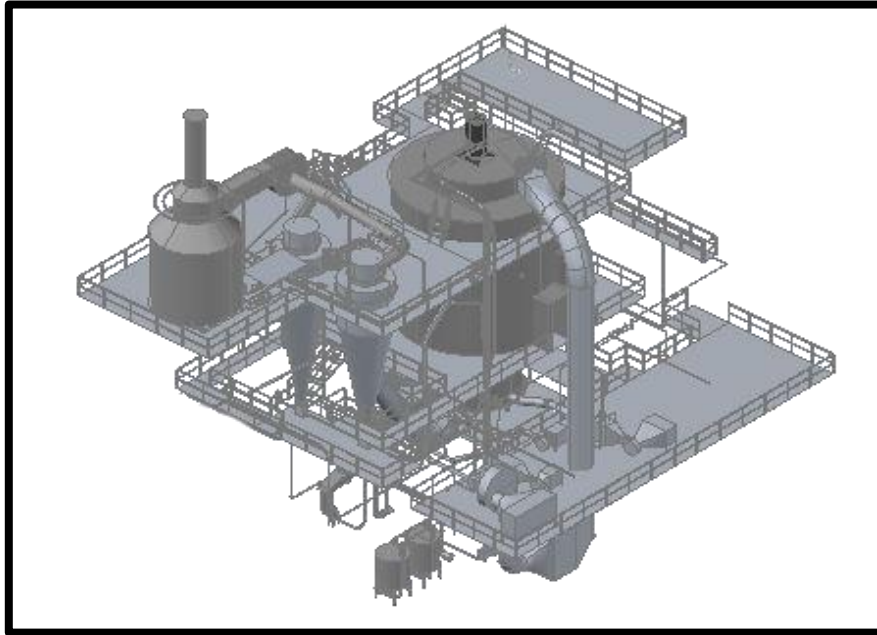


Figura 4-12 Modelo 3D dos equipamentos do processo de secagem de soro.

No peneiro, através de um motor que provoca agitação do equipamento, o soro em pó é peneirado numa placa perfurada e transferido para outro peneiro. Aí, os grãos de pó de dimensões corretas passam para a válvula rotativa e são enviados para os silos de pó, para serem armazenados. Enquanto os grãos de pó de elevadas dimensões são armazenados em sacos de 25 kg que serão destruídos.

Este processo é constituído por 2 fases. A 1ª fase foi descrita anteriormente e a 2ª fase consiste na transferência dos condensados gasosos, gerados na torre de secagem, devido à evaporação da água para os ciclones, através de um tubo central na torre de secagem.

Devido à geometria dos ciclones o produto desce em forma de espiral, depositando os grãos de soro em pó no fundo dos ciclones. O vapor é extraído por um ventilador, que o envia para o Scrubber, onde vai ser filtrado por uma rede formada pelos condensados recuperados da evaporação.

O produto que foi armazenado no fundo dos ciclones é de novo injetado na torre de secagem para ser reaproveitado.

No final deste processo, o produto obtido é designado de soro de leite em pó, como se pode verificar na Figura 4-13.



Figura 4-13 Soro em pó.

O processo da secagem de soro é constituído pelos equipamentos descritos na Tabela 4-4, com as devidas funções no processo.

Tabela 4-4 Equipamentos da secagem de soro e funções.

Equipamentos	Função
Torre de secagem	Evaporar a restante água contida no produto até este ficar em pó.
Camara SFB	Fundo da torre de secagem onde é depositado o soro em pó.
Peneiro V.F.	Filtra as partículas de soro em pó, separando as que não se encontram nas dimensões ideais.
Ciclones	Retira partículas de soro em pó transferidas com o vapor de exaustão.
Radiadores	Aquecer o ar para a torre de secagem.
Martelos pneumáticos	Retirar o produto das paredes dos equipamentos.
Scrubber	Filtrar o ar de exaustão através de rede de condensados.

4.3.5. Ensaque

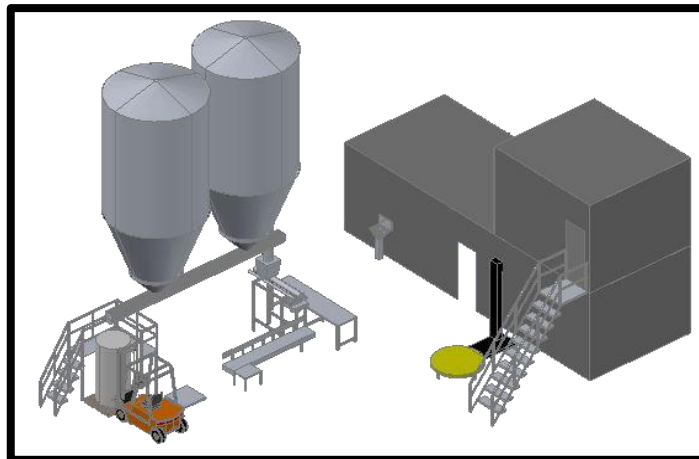


Figura 4-14 Modelo 3D da área de ensaque de soro em pó.

O soro em pó é armazenado em silos para ser embalado para expedição podendo ser através de 2 formas, em sacos de 25 kg ou de 1000 kg, designado de Bigbag.



Figura 4-15 Bigbag e saco de 25 kg de soro em pó.

Tabela 4-5 Equipamentos do ensaque e funções.

Equipamentos	Funções
Silos de pó	Armazenar o soro em pó para ensaque.
Balança	Pesar os sacos de forma a respeitar o peso indicado na instrução de trabalho.
Máquina de colocar filme	Colocar filme nas paletes para que possam ser transportadas.
Tremonha	Extrair partículas de soro em pó muito finas do ar envolvente no ensaque.

5. Conceito Clean-in-place

O sistema *Clean-in-place* (3) é um método utilizado para limpeza (6) de equipamentos, tubagens e reservatórios através da passagem de água e detergentes para se atingir a limpeza total da superfície de contato com o produto, sem necessidade de desmontar qualquer equipamento. É utilizado em indústrias que exigem elevados níveis de higienização.

Através deste método o processo de limpeza é menos dispendioso, pois não necessita de mão-de-obra para a desmontagem e limpeza individual de todos os equipamentos envolventes no processo de produção reduzindo assim a duração do processo de limpeza e o risco de exposição do operário a produtos químicos prejudiciais á saúde.

Com este procedimento é possível obter uma melhor higienização, menor tempo de limpeza e sustentabilidade a nível ambiental, visto que a maior parte dos produtos químicos são reutilizados. Para isso, é necessário ter em conta no projeto das instalações para utilização do sistema de CIP, pois para este ser eficiente é fundamental garantir certas condições como o tempo de contato, a temperatura, a pressão de impacto e a concentração das soluções, pois sem estas condições o processo de limpeza pode não atingir os resultados desejados.

Este processo é composto por controladores lógicos programáveis (PLC) que controlam a abertura e fecho de válvulas, o arranque e paragem de bombas (reduzindo os custos de consumo de energia) e o controlo automático dos parâmetros críticos, como a condutividade, o pH, a temperatura, a pressão, a duração e o caudal, garantindo uma boa limpeza e a recuperação de soluções.

5.1. Princípios de funcionamento

Para que o sistema de CIP seja eficiente é necessário considerar os seguintes princípios de funcionamento da instalação, sendo o efeito mecânico, gerado pela velocidade do fluido no interior da tubagem, que deve respeitar o regime turbulento, na literatura de CIP é indicado um valor de velocidade acima de 1.5 m/s, para que seja removida a sujidade por arraste na tubagem e por impacto no interior de reservatórios e outros equipamentos. (wikia)

O efeito químico deve ter em conta o produto a ser removido para que seja dimensionado o tipo de solução de limpeza, podendo ser ácido para minerais, alcalino para proteínas e gorduras em diferentes concentrações ou até mesmo um fluido neutro como água desmineralizada ou purificada.

O efeito térmico, de igual forma que o efeito químico deve ter em conta o produto a ser removido, bem como o equipamento a higienizar, pois através de um aumento de temperatura pode ser mais fácil a limpeza, aumentando assim a eficiência do sistema.

O efeito de residência ou tempo de contato, quanto maior a duração que o fluido de limpeza está em contato com o produto a ser removido, melhor será o resultado obtido, mas é sempre necessário ter em conta o exagerado sobredimensionamento, devido a custos de energia, para garantir caudal, temperatura e concentração da solução de limpeza.

O dimensionamento destes princípios de funcionamento devem de estar em sintonia entre eles, de acordo com o produto a ser removido e os equipamentos a higienizar.

5.2. Detergentes de CIP

Os produtos químicos utilizados para a preparação das soluções de limpeza são detergentes alcalinos que geralmente é utilizado Soda Cáustica e detergentes ácidos podendo ser Ácido Nítrico que devem apresentar uma concentração pré-calculada de acordo com o produto a ser removido dos equipamentos. Estes devem de apresentar certos requisitos, como a efetividade na remoção da sujidade nas superfícies de contato com o produto, a não formação de espuma, a não corrosão dos reservatórios, tubagem e equipamentos, e deve ser controlável através da condutividade.

Os detergentes apresentam vantagens e desvantagens na sua utilização sendo descritas na Tabela 5-1.

Tabela 5-1 Vantagens e desvantagens dos detergentes.

Detergente alcalino	
Vantagens	Desvantagens
Excelente propriedade de limpeza.	Degradada por CO ₂ formando carbonato.
Propriedades de desinfeção, quando utilizadas a quente.	Ineficaz na remoção de elementos inorgânicos.
Eficácia na remoção de proteínas das superfícies.	Enxaguamento reduzido.
Possibilidade de controlo através de medição da condutividade.	Eficiência da limpeza é dependente da dureza da água.

Detergente ácido	
Vantagens	Desvantagens
Eficácia na remoção de elementos inorgânicos.	Menor eficácia na remoção de elementos orgânicos.
Não é degradada por CO ₂	Elevado risco de corrosão dos equipamentos, tubagem e reservatórios.
Eficiência da limpeza não é afetada pela dureza da água.	Prejudicial ao meio ambiente através da descarga de Fosfato e Nitrato.
Possibilidade de controlo através de medição da condutividade.	

Podem ser adicionados aditivos às soluções de limpeza de forma a melhorar a sua eficiência de limpeza, proporcionando poder sequestrante, isto é, permite que o detergente atinga a superfície de contato com o produto e propriedades antiespumante. Alguns dos aditivos disponíveis para sistema de CIP estão descritos na Tabela 5-2.

Tabela 5-2 Aditivos para sistemas de CIP.

Designação	Função
Brealtak plus	Remoção de gorduras, proteínas e amidos provenientes nos evaporadores e pasteurizadores de leite.
Dicosan TC 86	Remoção de proteínas e amidos provenientes dos processos de fermentação e maturação.
Divostar	Melhor remoção de sujidade quando comparado a soda cáustica na limpeza de evaporadores, pasteurizadores e concentradores de lacticínios.
Divostar Quattro	Possui poder sequestrante (10) na sua formulação que facilita a remoção de sujidade da superfície dos equipamentos.
Divovap LCC	Baixa formação de espuma com melhor remoção quando comparada a soda cáustica.
TP Cold	Pode ser utilizado a altas e baixas temperaturas, ideal para limpeza de tanques de leite cru.

Cipton	Elevado poder de limpeza, excelente remoção de gorduras e proteínas e de baixa formação de espuma.
Complex	Remoção de incrustações inorgânicas; Emulsão de gorduras; Remoção de proteínas e amidos;
Kompleet	Remoção de sujidades orgânicas e minerais.
EDTA	Elevado poder sequestrante (10) para remoção de gorduras, proteínas e amidos das superfícies dos equipamentos.

5.3. Processo de Esterilização

É um processo que pode ser realizado após a limpeza dos equipamentos, tubagem e reservatórios e que garante a total eliminação de vida microbológica, também designado de sistema de SIP (11). Para esterilizar um equipamento, é necessário submetê-lo a temperaturas elevadas durante determinado tempo de forma a destruir grande parte das bactérias que ainda estão presentes, mesmo após limpeza CIP, ou pode ainda ser realizada a baixas temperaturas através da utilização de produtos químicos, dependendo do processo utilizado.

Este processo deve de apresentar alguns requisitos nos sistemas de CIP, tais como, a eficácia na eliminação de organismos presentes na superfície, atuação rápida, baixo perigo de corrosão, não formação de espuma e não deve deixar marcas na superfície de contato. Para a realização deste processo, pode ser utilizado dióxido de cloro, hipoclorito, ácido aniônico, amónio quaternário, peróxido de hidrogénio e ácido peracético.

5.4. Instalação de CIP

A instalação de CIP deve ser montada de acordo com a necessidade de limpeza. Se for uma instalação simples, conforme ilustrada na Figura 5-1, utiliza-se apenas um único reservatório, que prepara e distribui a solução de limpeza a cada ciclo, embora apresentando alguns inconvenientes, como a incapacidade de limpeza de vários equipamentos em simultâneo e a recuperação da solução de limpeza. Mas, tendo a vantagem de ser garantido que não ocorre cruzamento de contaminação.

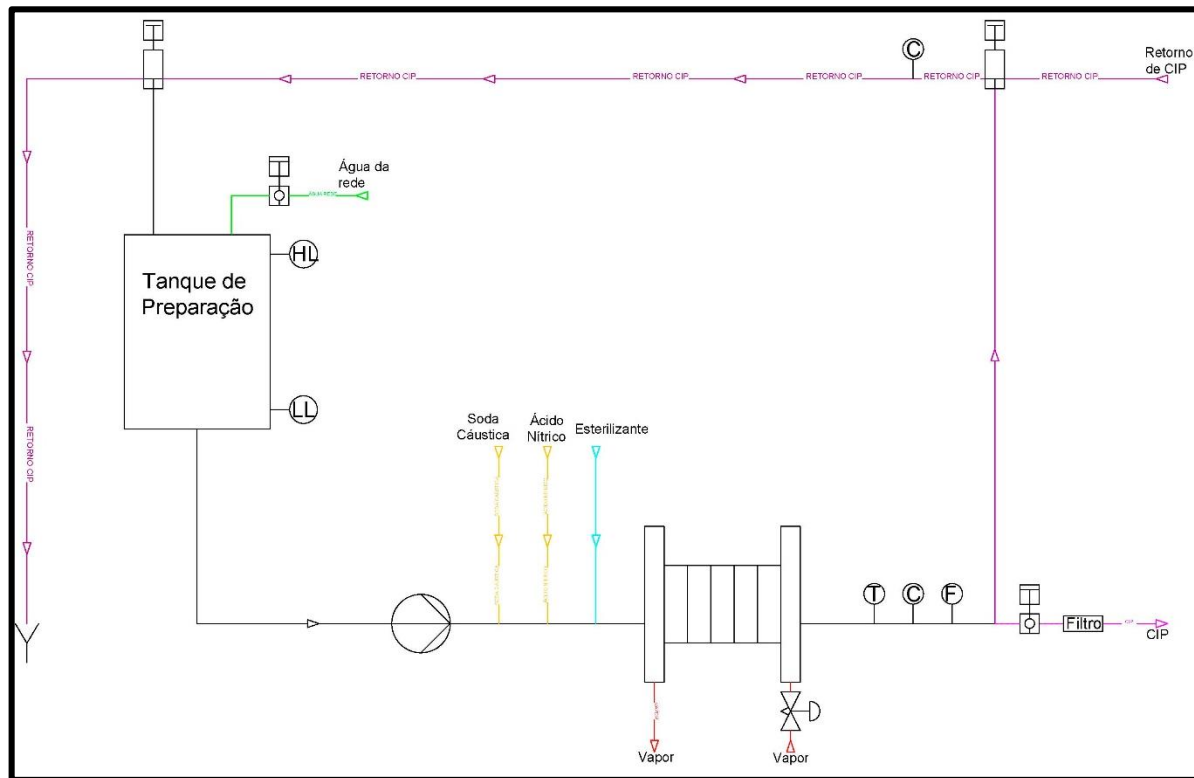


Figura 5-1 Instalação de CIP simples.

Caso seja necessário um sistema de *CIP* que realize várias higienizações simultâneas e que o sistema recupere as soluções de limpeza para formular novas soluções, como representado na Figura 5-2 e Figura 5-3, pode ser projetado uma instalação com reservatórios para cada tipo de solução, como por exemplo, reservatórios para soda caustica, ácido nítrico, água recuperada, água quente, conjunto de válvulas para realizar a distribuição das soluções nos diferentes circuitos, bomba centrífuga para aspirar a solução do reservatório e fornecer caudal de limpeza para o equipamento a higienizar e acessórios que permitam a injeção da solução de limpeza no acessório de forma eficiente. Deve ainda ser instalado componentes de controlo, como sensor de nível vibratório a montante da bomba centrífuga de retorno de *CIP*, com o objetivo de garantir o esvaziamento da solução do equipamento higienizado, condutímetro na linha de retorno de *CIP* à chegada dos reservatórios das soluções, para distribuir o retorno para o reservatório ou para ser drenado caso não apresente condições para ser recuperado, sonda de temperatura na linha de retorno de *CIP* controlando a temperatura de limpeza no equipamento, caudalímetro logo após a bomba de envio de *CIP*, de forma a verificar o pleno funcionamento da bomba e do permutador de calor de placas para aquecimento das soluções, controlados através de sonda de temperatura. É ainda necessário um Controlador lógico programável (PLC), para controlar todos estes parâmetros para os diferentes ciclos de limpeza, onde deve permitir flexibilidade

de ajuste dos parâmetros de temperatura, concentração e duração dos ciclos de limpeza.

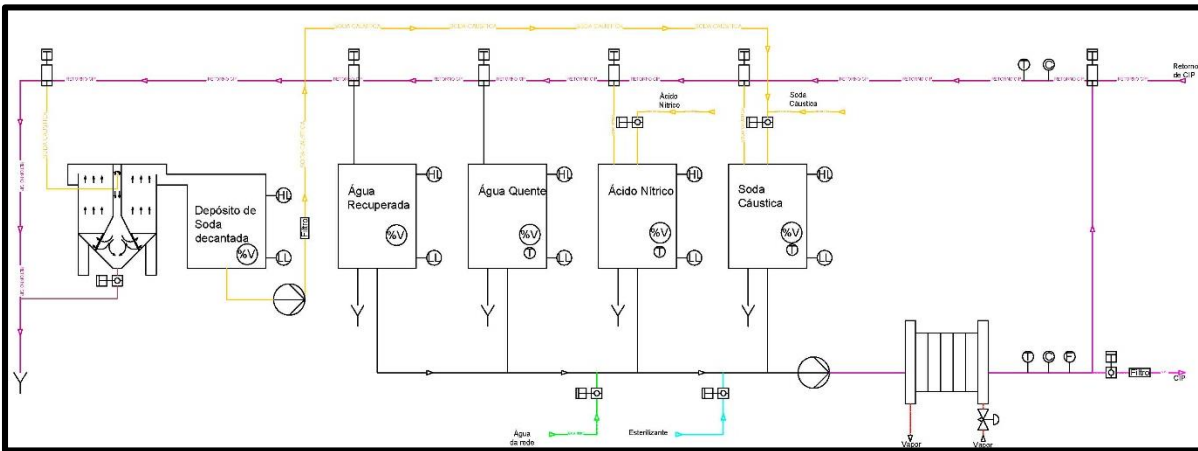


Figura 5-2 Instalação de CIP com recuperação de solução.

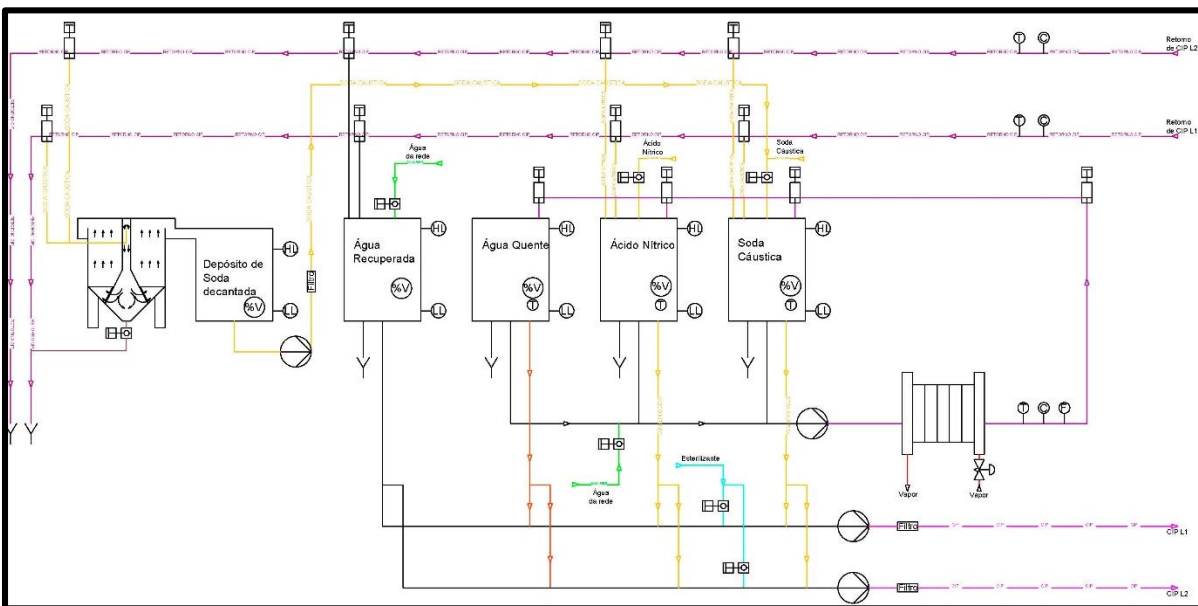


Figura 5-3 Instalação de CIP com várias linhas.

Tabela 5-3 Comparação entre instalações de CIP.

Instalação de CIP simples	Instalação de CIP complexa
Baixo investimento inicial.	Investimento inicial elevado.
Pequeno espaço requerido.	Grande espaço requerido.
Baixo risco de contaminação devido a mistura de soluções.	Elevado risco de contaminação.
Perda total das soluções de limpeza	Recuperação das soluções de limpeza.
Elevado consumo de água.	Baixo consumo de água.
Elevado consumo de energia.	Baixo consumo de energia.
Maior duração de higienização.	Menor duração dos ciclos de limpeza.

5.5. Tipos de tubagem critica

Existem aspetos a ter em conta no traçado da tubagem que vai ser submetida a higienização devido a que possa existir a possibilidade de contaminação localizada, foi realizado um levantamento de alguns tipos de traçado que foi modelado em 3D de forma a perceber o comportamento do fluido no seu interior. Tendo em conta o aspeto que durante a higienização através do método de CIP é fundamental garantir regime turbulento podemos verificar através do perfil de velocidades do fluido no interior da tubagem onde poderá ser verificado não conformidades. Através da Figura 5-4, podemos verificar que após um aumento brusco da tubagem existe um volume de fluido que apresenta perfis de velocidade que não se enquadram no regime turbulento de higienização.

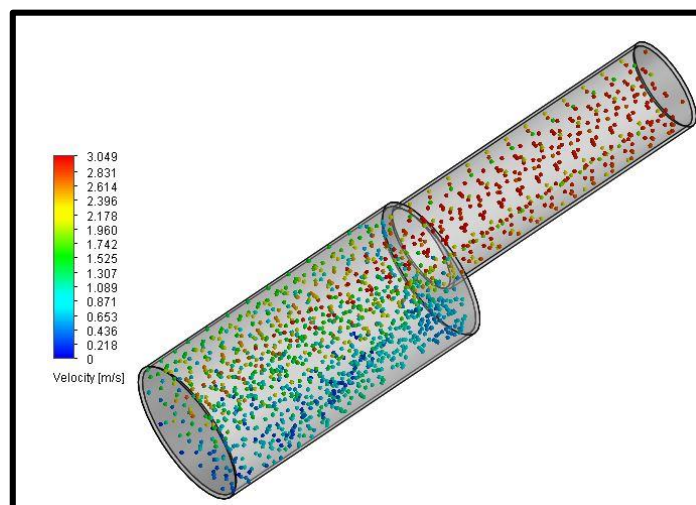


Figura 5-4 Simulação FloXpress do perfil de velocidade em aumento brusco de diâmetro.

Uma solução para esta situação seria a utilização de um bocal, mas é necessário ter atenção a outros aspetos, como o diâmetro das tubagens de ligação e o comprimento do bocal de abertura, para evitar a situação verificada na Figura 5-5.

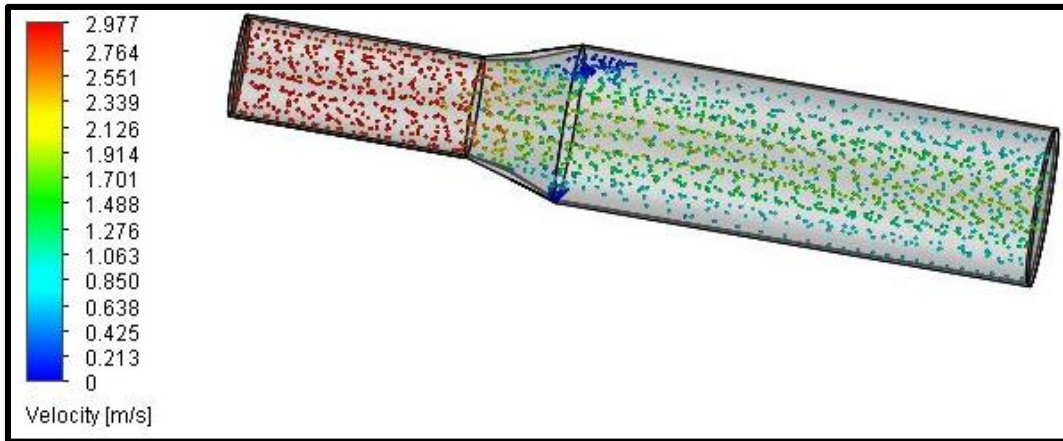


Figura 5-5 Simulação FloXpress do perfil de velocidade na tubagem com um bocal de abertura.

As derivações são muito utilizadas, mas também muito propícias a contaminações devido à sua geometria, por isso, quando é projetado um traçado é necessário ter em conta o tipo de derivação e o caudal de fluido que irá percorrer, de forma a projetar a derivação sem qualquer risco de contaminação. Foram realizados 2 estudos de aspetos diferentes que podem existir na utilização de derivações, sendo eles, a utilização de válvulas, representado na Figura 5-6, e os espaços designados de “ponto morto”, ilustrado na Figura 5-7.

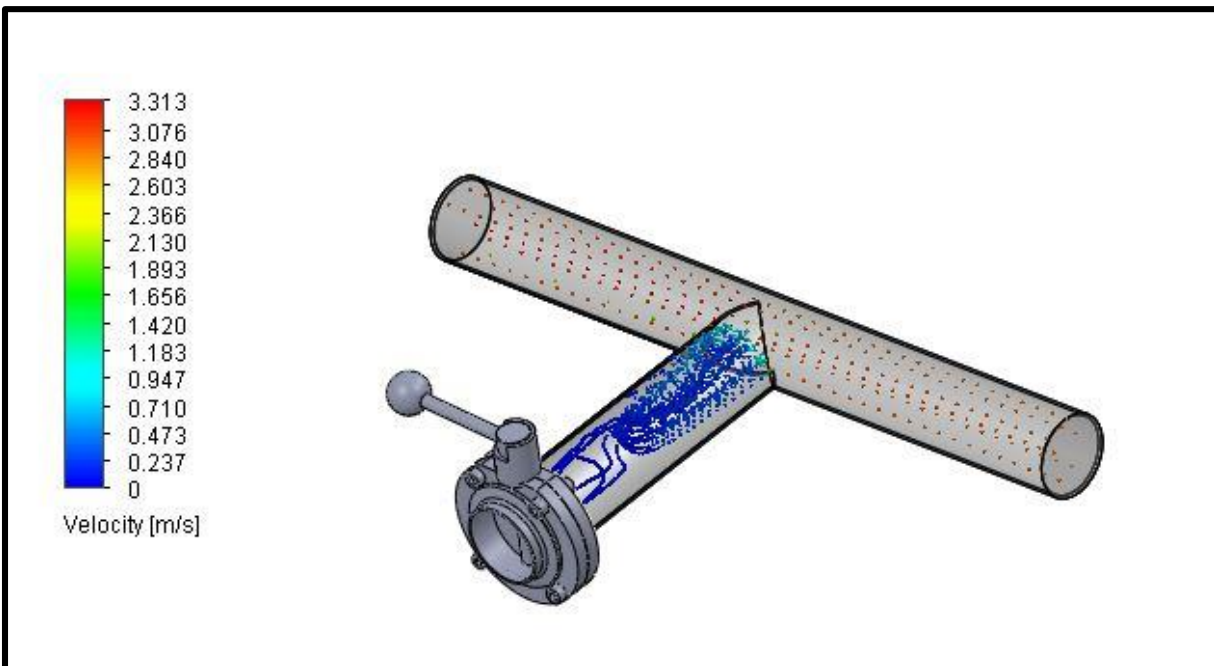


Figura 5-6 Simulação FloXpress do perfil de velocidade do fluido no interior de derivação com válvula borboleta afastada mais que 3 vezes o valor do diâmetro da tubagem.

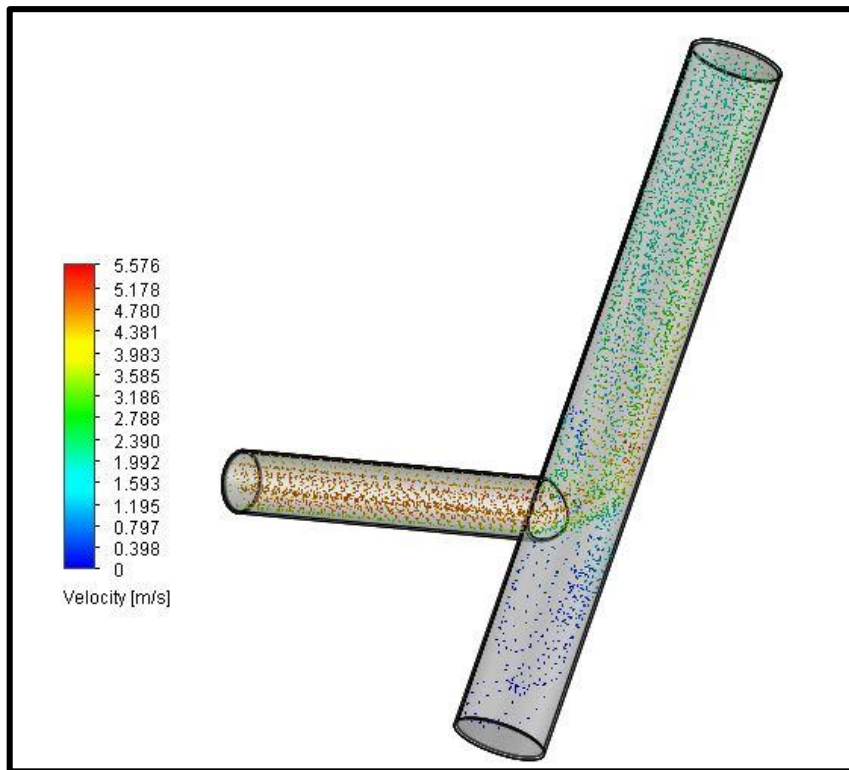


Figura 5-7 Simulação FloXpress do perfil de velocidade em derivação com "ponto morto".

5.6. Limpeza a reservatórios

No processo de higienização de reservatórios são utilizados acessórios para garantir uma limpeza eficiente. Direcionando a solução de limpeza com determinada pressão, pretende-se remover através do impacto, da solução de limpeza, toda a sujidade dos locais no interior do reservatório que estão em contato com o produto. Os fabricantes de acessórios para tubagem industrial apresentam algumas soluções para estes casos, sendo os mais utilizados, bola de spray estática ou também designado de LKRRK, o cabeçote giratório de pulverização e o cabeçote giratório por jatos.

As bolas de spray podem ser de 3 tipos diferentes, variando segundo o equipamento a limpar, podem ser do tipo F, T e B. No tipo F, a bola spray contém furos em toda a sua área disponível, como ilustra a Figura 5-8, o tipo T, apenas tem furação na parte superior e o tipo B apenas tem furação na parte inferior da bola. O fabricante apresenta o Gráfico 5-1 para dimensionamento, em que se pode visualizar o alcance de limpeza deste tipo de acessórios para diferentes caudais.



Figura 5-8 Bola spray.

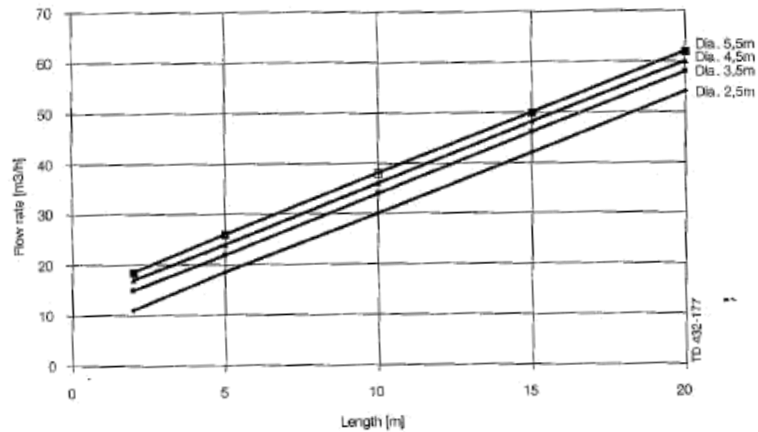


Gráfico 5-1 Comportamento do alcance de limpeza de bola spray variando o caudal.

Os acessórios de cabeçote giratório de pulverização, conforme ilustrado na Figura 5-9, criam um padrão espiral em todo o reservatório, devido à rotação do cabeçote através do fluxo do fluido, que com o impacto da solução de limpeza na superfície do reservatório remove os resíduos do produto.



Figura 5-9 Cabeçote giratório de pulverização.

Segundo os estudos apresentados pelo fabricante, o cabeçote giratório por jatos é a melhor solução comparando a eficácia da limpeza com os custos. Pois, proporciona uma limpeza de impacto com um ângulo de 360°, sendo a solução ideal para reservatórios de capacidade entre 250 e 1250 m³, de indústrias cervejeira e alimentares, devido à garantia de qualidade de limpeza que estes acessórios apresentam. O princípio de funcionamento deste tipo de acessório é a rotação dos bocais em torno do seu eixo vertical e horizontal, devido ao fluxo provocado pela solução de limpeza.



Figura 5-10 Cabeçote giratório de jato.

Este tipo de acessórios de limpeza apresenta estudos sobre a intensidade de humidade no interior de um reservatório, como se pode verificar na Figura 5-11, no qual é possível visualizar o comportamento do fluido de limpeza durante o processo de limpeza.



Figura 5-11 Simulação da intensidade de humidade no software TRAX pela empresa Alfa Laval.

5.7. Ciclos e sequências de CIP

A limpeza automatizada é constituída por ciclos controlados através da tecnologia de controladores lógicos programáveis (PLC), que supervisiona e controla o processo através de, arranque e paragem de bombas, a abertura e fecho de válvulas e o aquecimento das soluções. As variáveis, temperatura, concentração e tempo de contato são definidas no PLC para cada ciclo específico.

Os ciclos são definidos conforme a necessidade, sendo que o PLC pode apresentar diferentes ciclos de limpeza para o mesmo equipamento, isto é, podem ser realizados ciclos curtos ou longos em que apenas se altera os tempos de contato, ou até mesmo a eliminação de algumas etapas de limpeza.

As etapas de CIP mais utilizadas para uma sequência de limpeza são:

- Pré-lavagem com água recuperada

Esta etapa tem o objetivo de remover sujidades grosseiras, onde é utilizada água desmineralizada, água potável, água reaproveitada do enxague final do ultimo CIP ou até mesmo mistura de alguma delas à temperatura recomendada entre 40°C a 45°C, para que no ciclo seguinte não se verifique um enorme diferencial de temperatura na tubagem e nos equipamentos a limpar.

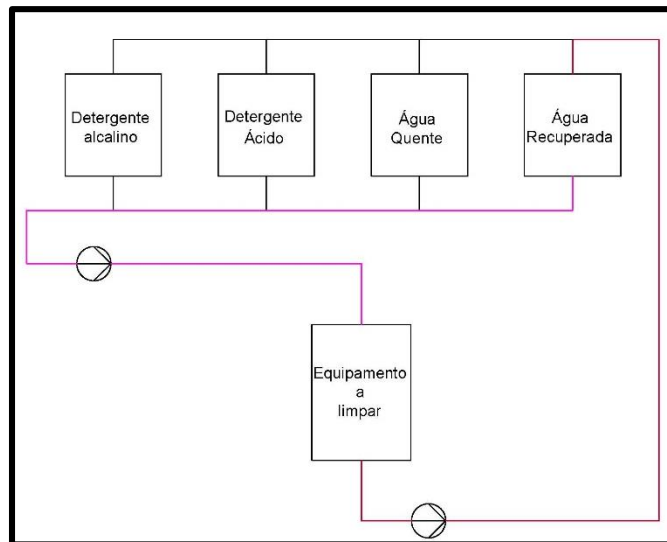


Figura 5-12 Esquema simplificado de limpeza com pré lavagem.

- Limpeza com solução alcalina

O principal objetivo desta etapa é remover proteínas e gorduras, onde a concentração da solução de soda cáustica utilizada neste ciclo é determinada consoante o produto a limpar. No processo de limpeza na indústria alimentar a concentração utilizada é de 2% e a temperatura recomendada é de 80°C a 85°C.

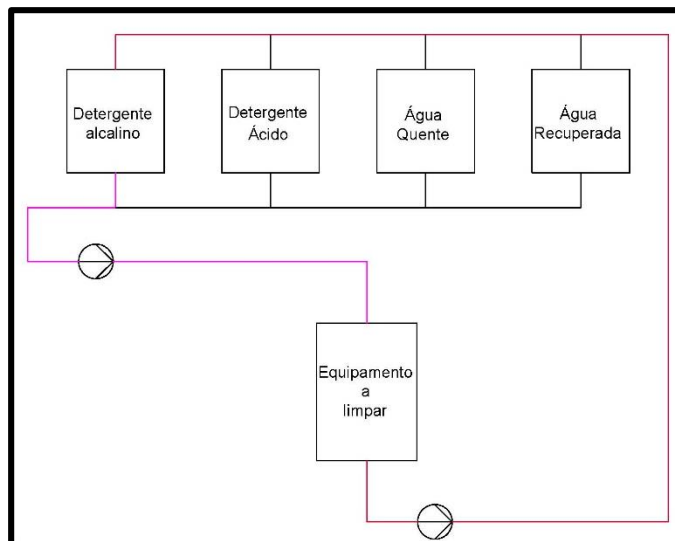


Figura 5-13 Esquema simplificado de limpeza com detergente alcalino.

- Lavagem intermediária com água quente

Para esta etapa deve ser utilizada água desmineralizada ou purificada à temperatura de 40°C, com a finalidade de remover a maior parte do produto alcalino, para que não diminua a eficiência do agente ácido.

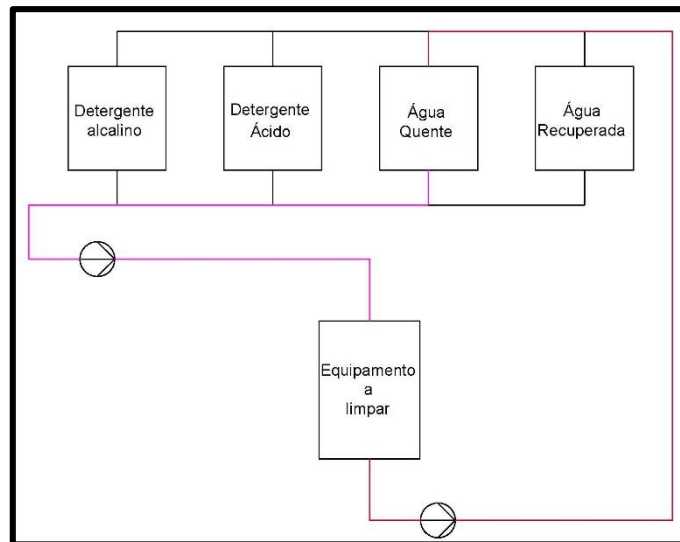


Figura 5-14 Esquema simplificado da limpeza com água quente.

- Limpeza com solução ácida

Esta etapa requer um agente ácido na concentração pré-determinada e a uma temperatura superior a 60°C, com o objetivo principal de remover resíduos minerais.

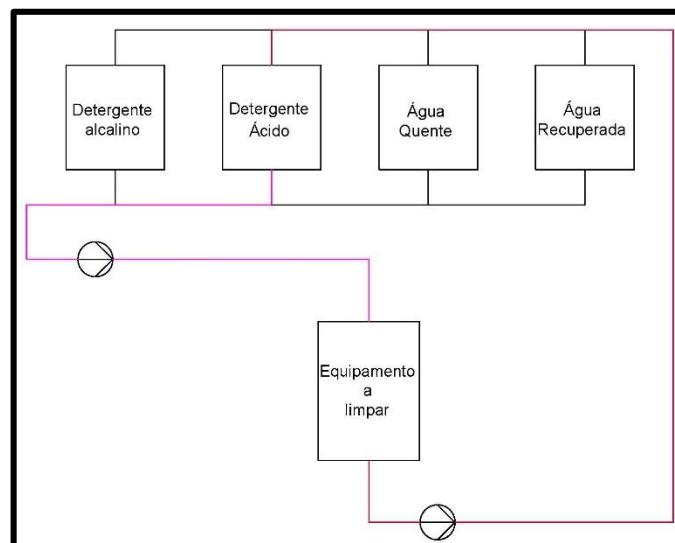


Figura 5-15 Esquema simplificado da limpeza com detergente ácido.

- Lavagem final

Com a finalidade de remover os produtos químicos da limpeza, é utilizada água à temperatura ambiente, de forma a diminuir a temperatura da tubagem e do equipamento para posterior utilização.

Opcionalmente podem ser adicionadas etapas para melhorar a eficiência do sistema de CIP, tais como:

- Esvaziamento: para que não ocorra mistura de soluções de diferentes etapas, pode ser utilizado após cada etapa;
- Percorrer o sistema com ar comprimido: de forma a remover fluido da limpeza sendo utilizado no final ou após cada etapa;
- Submeter sistema de vácuo: para garantir a eliminação de humidade da instalação, é realizado após a lavagem final;
- Desinfecção ou esterilização: de forma a reduzir a carga microbiana, pode ser utilizado após a lavagem do agente ácido e seguido de uma lavagem final.

É designado de CIP curto quando é utilizado apenas uma solução de limpeza ou apenas um enxaguamento com água.

Se a instalação de CIP o permitir, o enxaguamento inicial pode ser com a água recuperada do último CIP. De seguida, deve ser realizado um esvaziamento da linha ou do equipamento para que não ocorra mistura de soluções, de forma a diminuir a eficiência da higienização. Após isso, é realizada a limpeza com a solução alcalina, para que seja removido as proteínas e gorduras, seguida de um esvaziamento que pode recuperar a solução de limpeza, se a condutividade medida no retorno de CIP se encontrar dentro dos parâmetros definidos. A solução alcalina deve ser enxaguada com água purificada a 40 °C, de forma a não existir uma grande diferença de temperatura no interior do equipamento, para retirar toda a solução e estabilizar o valor de pH.

No caso de ser CIP longo é realizada ainda, uma etapa com solução ácida de forma a remover resíduos minerais, seguida de um enxaguamento removendo toda a solução ácida do equipamento. No final é realizada uma etapa com água purificada à temperatura ambiente, para deixar o equipamento pronto a utilizar, sendo que essa água pode ser utilizada para o enxaguamento do próximo CIP.

Na Tabela 5-4, são descritas de forma mais esquematizada as fases que constituem o CIP curto e o CIP longo.

Tabela 5-4 Ciclos CIP.

		Fase	Objetivo	Produto utilizado	Retorno	
CIP Longo	CIP Curto	Enxaguamento inicial	Remover sujidades grosseiras	Água recuperada	Drenagem	
		Esvaziamento	Remover água recuperada da tubagem	-	Drenagem	
		Limpeza com solução alcalina	Remover resíduos de proteína e gordura	Soda cáustica	Tanque de Soda Cáustica	
		Esvaziamento	Remover soda cáustica da tubagem	-	Tanque de Soda Cáustica	
		Enxaguamento solução alcalina	Remover resíduos de soda cáustica	Água da rede	Tanque de Água Recuperada	
		Esvaziamento	Remover água utilizada anteriormente	-	Drenagem	
			Limpeza com solução ácida	Remover resíduos minerais	Ácido nítrico	Tanque de Ácido Nítrico
			Esvaziamento	Remover ácido nítrico da tubagem	-	Tanque de Ácido Nítrico
			Enxaguamento solução ácida	Reduzir a carga microbiana a um nível seguro	Água da rede	Tanque de Água Recuperada
			Esvaziamento	Remover desinfetantes	-	Drenagem

6. Levantamento das condições atuais

6.1. Diagrama de processo

Durante a etapa de levantamento de dados, foi realizado o diagrama de processo onde estão representados todos os equipamentos, linhas de produto e de CIP, através da ferramenta *AutoCAD 2011 LT*, respeitando todas as normas e simbologia. E, foi ainda normalizada a simbologia de equipamentos utilizada em CAD na empresa. O diagrama realizado encontra-se no apêndice 1.

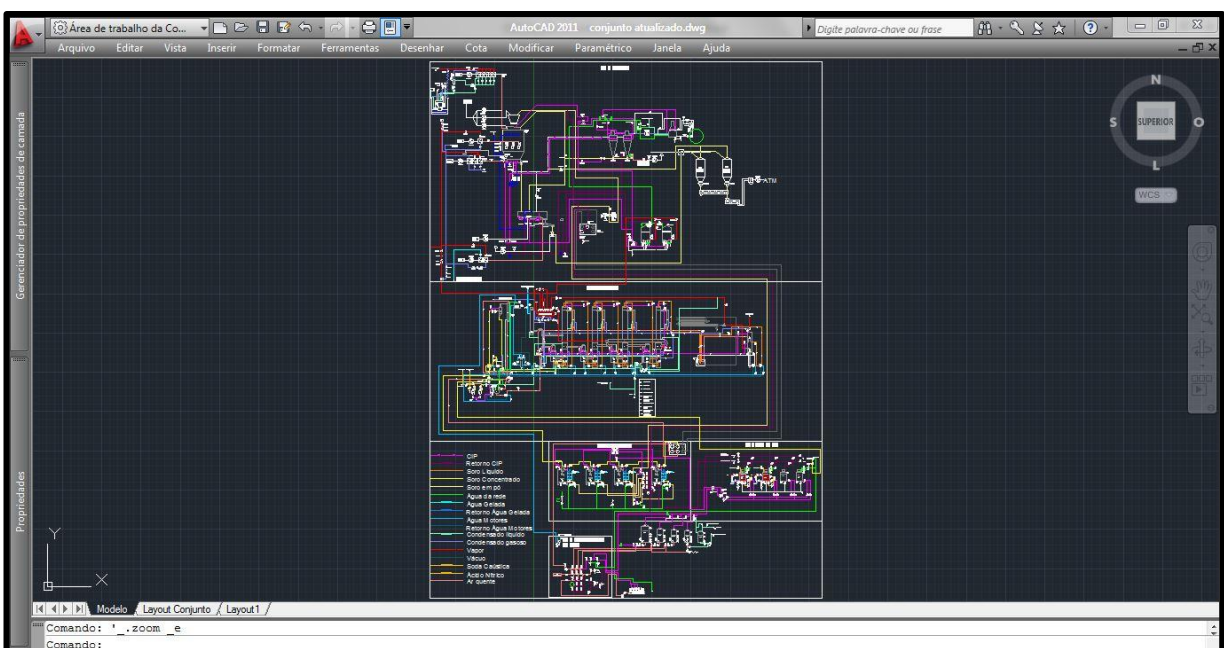


Figura 6-1 Diagrama de processo do conjunto da secagem em AutoCAD.

6.2. Lista de equipamentos

Devido à necessidade de numerar alguns equipamentos existentes na secagem de soro, que não se encontravam identificados, foi realizada uma lista de todos os equipamentos, como válvulas, bombas, acessórios, sensores, reservatórios e equipamentos de processo. Estão representados através de foto e de imagem, conforme utilizada no diagrama de processo, onde está indicado a sua numeração no desenho, a secção onde está aplicada, as funções, as referências de material de manutenção e o plano de manutenção preventiva das mesmas, ou seja, os trabalhos pré-preparados. A lista de equipamentos ainda não está completamente preenchida devido à falta de dados que necessitam de histórico de alguns equipamentos. A lista encontra-se em apêndice digital.

Armatagem	Selo CIP	Zentralteil	Antrieb	Schnapen
50V 111	51V 10	52V 13	53V 1327	54V 2315
50V 211	51V 11	52V 23	53V 1300	54V 2316
50V 311	51V 12	52V 33	53V X1317	54V 2324
	51V 13	52V 43	53V X1318	54V 2225
	51V 14	52V 80	53V X1319	54V 2317
	51V 15	52V 2303	53V 1320	54V 997
	51V 16	52V 2304	53V X1321	54V 998
	51V 17		53V 1322	54V 2326
	51V 20			54V 305
	51V 21			54V 2318
	51V 22			54V 2330
	51V 23			54V 2339
	51V 24			54V 2332
	51V 25			54V 2333
	51V 26			54V 2320
	51V 27			54V X07
				54V 9134

Figura 6-2 Lista de válvula borboleta com atuador pneumático.

6.3. Modelo 3D da secção da secagem de soro

De forma a entender melhor os processos de secagem de soro e para ter disponível todos os dados, como comprimentos e diâmetros da tubagem, posição onde as válvulas, bombas e outros acessórios estão aplicados, foi desenvolvido um modelo 3D à escala de toda a secção de secagem de soro, onde estão representados todos os equipamentos e tubagem que constituem a secção, como se pode verificar na Figura 6-3. O ficheiro realizado encontra-se em apêndice 2.

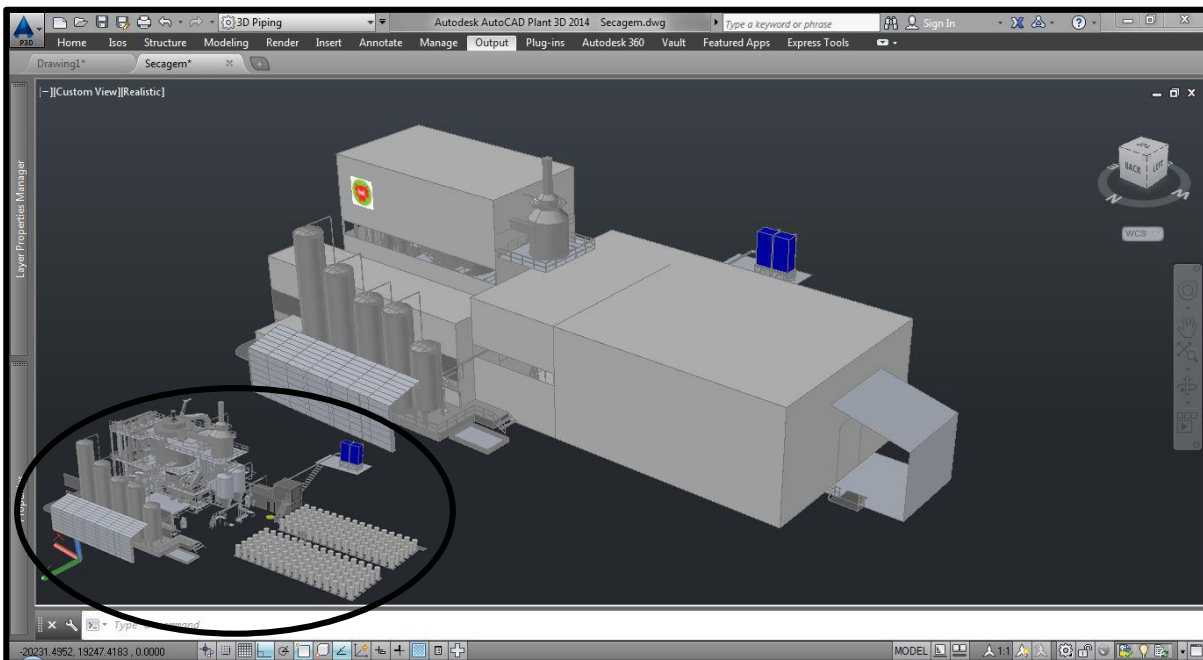


Figura 6-3 Modelo 3D da secagem de soro e pormenor de modelo 3D sem chapa exterior.

6.4. Levantamento de tempos de ciclos CIP

Foi realizado um levantamento da duração de cada etapa de CIP, através da leitura dos tempos definidos no controlador ou através de cronometragem durante o acompanhamento dos processos de limpeza.

Na tabela em apêndice 3 está indicado os tempos de cada ciclo de CIP.

6.5. Sequência dos ciclos de CIP

Para realizar a proposta de otimização dos circuitos e ciclos de CIP, é fundamental conhecer as sequências de CIP existentes, como os circuitos percorridos, os equipamentos envolvidos, as concentrações de soluções, os volumes a higienizar e a duração dos ciclos. Para isso, foi desenvolvido um manual, onde estão descritos todos os circuitos e ciclos do sistema de CIP de cada secção da secagem e o processo que o operador deve seguir na realização de CIP aos diferentes equipamentos, esse manual encontra-se em apêndice digital.

6.6. Processo de produção

Para compreender melhor o processo de produção e auxiliar os operadores, foi realizado um manual de operação, que se encontra no apêndice digital, onde está indicado cada etapa dos diferentes processos, o que ocorre e os equipamentos envolvidos, bem como os parâmetros e valores de referência a utilizar nas operações.

6.7. Análise dos circuitos de CIP

O sistema de CIP para ser eficiente é necessário alguns requisitos, como a temperatura, a concentração da solução de limpeza e o tempo de contato. Também deve ser garantido no interior da tubagem um regime turbulento, para que os equipamentos e acessórios sejam bem higienizados, conforme descrito no capítulo 5. Para realizar este estudo de forma teórica, para servir de suporte a uma análise no local ou para detetar eventuais problemas, foi desenvolvido um programa em *Matlab* para análise das perdas de carga, tipo de regime do fluido, velocidades na tubagem e ponto de funcionamento de bomba centrífuga de uma instalação de CIP. O programa é constituído por um menu inicial, onde o utilizador seleciona uma das

opções disponíveis, sendo elas o cálculo de velocidade ou a perda de carga, conforme ilustrado na Figura 6-4.



Figura 6-4 Menu principal do programa de cálculo.

Todas as janelas do programa contém um botão, onde o utilizador pode abrir uma janela com os créditos do programa, como se pode verificar na Figura 6-5.

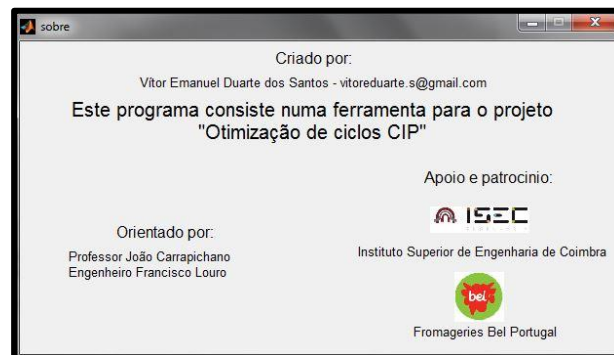


Figura 6-5 Créditos do programa de cálculo.

Se o utilizador escolher a opção para cálculo de velocidade, é aberta uma janela, conforme ilustra a Figura 6-6, em que o utilizador começa por seleccionar o tipo de fluido, a norma, as dimensões da tubagem e por fim o caudal da bomba. Depois, ao clicar em “Submeter”, o programa irá realizar os cálculos e demonstrar os valores na subjanela “Resultados”.

Figura 6-6 Janela de cálculo de velocidade em tubagens.

Se a opção escolhida for Cálculo de perda de carga, é necessário fazer um levantamento inicial de forma a dividir a instalação por troços, segundo os diâmetros da tubagem, o comprimento da tubagem, a localização e perdas de carga, o tipo de fluido e a altura a ser vencida pela bomba.

Troço	Diâmetro interno [mm]	Velocidade [m/s]	Reynold's	E/d	Coef. Perda Carga	Comprime
1	60.3000	2.4317	1.6420e+05	2.4876e-05	0.0158	
2	48.6000	3.7435	2.0373e+05	3.0864e-05	0.0152	

Figura 6-7 Janela de cálculo para perdas de carga para uma instalação de CIP.

Caso o utilizador tenha dúvidas ao preencher a rugosidade, a altura ou a seleccionar a perda de carga, tem a opção de abrir uma janela de informação, clicando sobre o botão atrás da referida palavra.



Figura 6-8 Janela de informação acerca as rugosidades da tubagem.

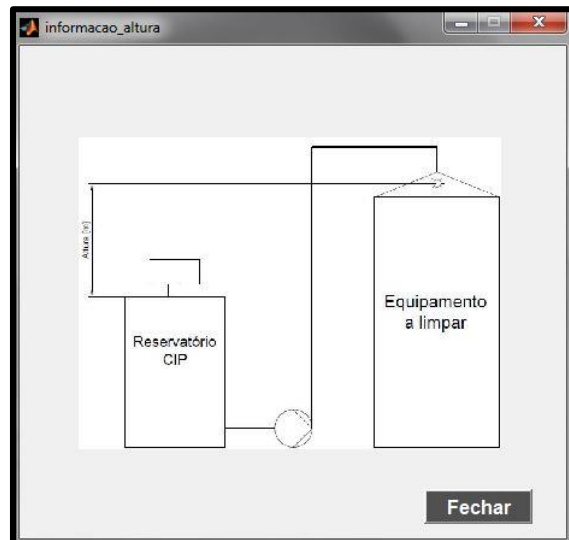


Figura 6-9 Janela de informação acerca a altura a ser vencida pela bomba.

O código fonte e o programa de cálculo encontra-se em apêndice digital.

Para a realização do programa de cálculo, foram utilizadas fórmulas para que, através dos dados inseridos pelo utilizador obtenha o resultado final. Para o cálculo da secção da tubagem, obtida através do diâmetro interno, aplicou-se a Equação 6-1.

Equação 6-1 Cálculo da área de secção circular.

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

O cálculo da velocidade do fluido no interior da tubagem foi obtida através da Equação 6-2, onde o utilizador indica no programa, o caudal. A área é calculada anteriormente através do diâmetro da tubagem. Em seguida, é realizado o cálculo do número de Reynolds (8) através da Equação 6-3, sendo que a viscosidade cinemática é obtida quando o utilizador escolhe o tipo de fluido.

O número de Reynolds é comparado com o valor 2000 e 4000. Se for inferior a 2000, escreve no relatório “Regime Laminar” indicado a vermelho, pois no sistema CIP, o regime do fluido deve ser turbulento, como já referido no capítulo 5, se o número de Reynolds se encontrar entre estes valores, o programa escreve “Regime Transitório”, se o número de Reynolds for superior a 4000 o programa escreve “Regime Turbulento” indicado a verde, sendo este o caso ideal para CIP.

Equação 6-2 Cálculo da velocidade na tubagem.

$$u = \frac{Q}{A}$$

Equação 6-3 Cálculo do número de Reynolds.

$$Re = \frac{u \times d}{\nu}$$

Em seguida, é obtida a relação da rugosidade média da tubagem pelo diâmetro interno, valor esse que é aplicado na Equação 6-4 (Mendes, Escoamento turbulento em Tubos [projeção visual], 2011), para obter o coeficiente de perda de carga.

Equação 6-4 Moody explícita.

$$\lambda = 0.0055 \times \left[1 + \left(20000 \times \frac{\varepsilon}{d} + \frac{10^6}{Re} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

No final é calculado as perdas de carga de cada troço, através da Equação 6-5, que de seguida são somadas, obtendo-se a perda de carga total da instalação.

Equação 6-5 Perda de carga contínua e localizada.

$$hf_T = \left(\frac{\lambda \times l}{d} + \Sigma K_L \right) \times \frac{u^2}{2 \times g}$$

7. Auditoria de sistemas CIP

Na realização deste projeto, o processo de produção e os processos de CIP foram acompanhados de forma a verificar o funcionamento dos circuitos de higienização e de produção, sendo detetadas não conformidades durante esse acompanhamento. As não conformidades verificadas encontram-se detalhadas de forma sucinta na Tabela 7-1.

Tabela 7-1 Não conformidades na secção de secagem de soro.

	Não conformidade detetada	Possíveis problemas
Linha 2	O controlo das bombas de retorno de CIP são atuadas com desfasamento de tempo.	Elevado consumo de energia elétrica.
Acessórios de CIP	Foi detetado a presença de acessórios que requerem limpeza externa, sem qualquer plano de higiene.	Aumento de perda de carga da instalação e diminuição da filtração da solução de limpeza.
Etapa de esvaziamento	O tempo definido no autómato não é o real efetivo.	Consumo de energia elétrica e duração de higienização superior ao necessário.
Controlo do processo	Não é possível aferir a efetividade da higienização, devido a inexistência de monitorização do caudal.	Pode não ser perceptível o mau funcionamento do sistema CIP.
Controlo do retorno de CIP	O sistema apresenta equipamento e leitura da condutividade da solução em retorno de CIP, mas é detetada a desativação do controlo através do equipamento, sendo realizada através de contador de tempo.	Mistura de soluções de limpeza ou recuperação de solução com elevada carga orgânica.
Tempo de aquecimento das soluções	Devido à inexistência de revestimento térmico e da distância do percurso a ser percorrida pela solução durante o aquecimento ser elevada, o sistema de CIP apresenta um grande intervalo de tempo de aquecimento da solução de limpeza.	Aumento do consumo de energia elétrica, de vapor e da duração total de higienização.

Sistemas de CIP	É verificado aberturas das ramificações nos circuitos de CIP.	Alojamento de solução de limpeza na tubagem.
Silos 100, 200, 300 e 400	Devido ao circuito da instalação, não é possível apresentar caudal na etapa de enxaguamento com água recuperada.	O sistema CIP não apresenta pré lavagem ao equipamento a higienizar.
Linha dos coletores	A etapa de esvaziamento apresenta um defeito na instalação que não permite a aspiração da bomba de retorno de CIP.	Possibilidade de existência de mistura de soluções, diminuindo a eficiência do sistema e a retenção de fluido de limpeza na tubagem aumentando a possibilidade de crescimento de microbactéria.
Perda de vácuo na evaporação	Devido ao desgaste de válvulas de retenção, é detetado perda de vácuo do processo de evaporação.	Diminuição da eficiência do processo e aumento do consumo de energia para funcionamento das bombas.
Controlo do processo de CIP da evaporação	A higienização dos equipamentos da evaporação é muito dependente do operador, para passagem de etapas de CIP.	Possibilidade de erro humano e de aumento da duração total da higienização dos equipamentos do processo.
Descarga de matéria através de outros equipamentos	A instalação do Scrubber apresenta um defeito na drenagem, sendo realizado através da passagem por outros equipamentos.	Aumento da possibilidade de contaminação e de insuficiente higienização dos equipamentos.
Controlo do processo de CIP da secagem	Durante o processo de higienização dos equipamentos da secagem, é necessário um acompanhamento do operador, para abertura e fecho de válvulas em cada etapa.	Possibilidade de erro humano ou não sintonia do operador com o automático.

Não reutilização da solução de limpeza	Após a higienização dos equipamentos da unidade secagem, a solução de limpeza é drenada para a ETAR, não sendo reutilizada, devido à carga orgânica.	Elevada quantidade de soda cáustica enviada para a estação de tratamento de águas residuais.
Drenagem da tubagem	Existência da possibilidade de retenção de soluções de limpeza na tubagem.	Aumento de microbactérias no interior da tubagem.
Equipamento da sala de controlo pouco preciso	A sala de controlo apresenta manómetros analógicos com pouca precisão, e a recolha de valores para controlo de qualidade do produto é realizado manualmente.	Possibilidade de existência de erro nos dados recolhidos para controlo de qualidade, e má leitura dos parâmetros de controlo dos equipamentos.
Excesso de equipamento obsoleto	É verificado que na unidade de secagem de soro existe uma enorme quantidade de equipamentos e tubagem já desativados.	Área de produção ocupada.

O acompanhamento dos sistemas de CIP e de produção permitiu analisar e estruturar propostas de melhoria, para a diminuição das não conformidades referidas ou até para a sua própria eliminação. Essas propostas serão expostas no próximo capítulo.

8. Propostas de melhorias

Para otimizar os sistemas de limpeza CIP, foi realizado uma proposta de melhorias às não conformidades recolhidas durante o acompanhamento dos sistemas de CIP e de produção.

8.1. Total controlo dos equipamentos pelo automático

Atualmente, alguns equipamentos são ativados pelo operador quando necessários, tanto para realizar o CIP como em produção, sendo que quando se trata de bombas centrífugas existe um intervalo de tempo até se iniciar o processo de CIP, uma vez que estas bombas estão em funcionamento em vazio e consumindo energia elétrica sem qualquer propósito.

Foi realizado um estudo, do consumo de energia elétrica de uma bomba centrífuga de 5.5 CV, em utilização apenas o tempo necessário e como se encontra atualmente, na realização de CIP curto ao silo 100 com um caudal de 30 m³/h.

Tabela 8-1 Dados para estudo de consumo de energia de bomba centrífuga em CIP.

DESCRIÇÃO	VALOR
TEMPO DE ARRANQUE DA BOMBA [MIN]	5
TEMPO DE PARAGEM DA BOMBA [MIN]	5
CAUDAL [M ³ /H]	30
DENSIDADE [KG/M ³]	1000
POTÊNCIA DA BOMBA [CV]	5.5
ALTURA MANOMÉTRICA [M.C.A]	17.5
RENDIMENTO [%]	80
PREÇO MÉDIO POR KW [€]	0.113

Foi necessário obter a potência de serviço da bomba, para isso utilizou-se a Equação 8-7 e obteve-se que a potência de serviço para esta instalação é de 2.43 CV.

Equação 8-1 Potência de serviço da bomba.

$$P = \frac{Q \times H \times \rho}{75 \times \eta}$$

Na Tabela 8-2 está indicado o tempo de funcionamento atual, o que realmente é necessário e o custo de energia da bomba de CIP curto para o Silo 100.

Tabela 8-2 Custo por CIP curto ao Silo 100.

Fase	Tempo em funcionamento atual [segundos]	Tempo de funcionamento necessário [segundos]
Tempo de arranque da bomba	300	0
Enxaguamento inicial	300	300
Esvaziamento	300	300
Limpeza alcalina	1200	1200
Esvaziamento	300	300
Enxaguamento	600	600
Esvaziamento	300	300
Tempo de paragem da bomba	300	0
Total	3600	3000
Custo energia bomba	1,79 €	1,49 €

De seguida, é apresentado na Tabela 8-3 o custo atual e uma estimativa do custo necessário, para a realização de CIP do Silo 100.

Tabela 8-3 Estimativa anual de CIP's ao Silo 100 com custo para as diferentes durações.

Mês	Nº de CIP's	Duração atual	Duração necessária
Janeiro	19	33,97 €	28,30 €
Fevereiro	16	28,60 €	23,84 €
Março	17	30,39 €	25,33 €
Abril	17	30,39 €	25,33 €
Maio	19	33,97 €	28,30 €
Junho	16	28,60 €	23,84 €
Julho	18	32,18 €	26,82 €
Agosto	18	32,18 €	26,82 €

Setembro	16	28,60 €	23,84 €
Outubro	19	33,97 €	28,30 €
Novembro	17	30,39 €	25,33 €
Dezembro	17	30,39 €	25,33 €
Total		373,62 €	311,35 €
Poupança/ano		-	62,27 € (16,67%)

Com a análise realizada anteriormente verifica-se, que ao implementar o sistema de arranque e paragem da bomba centrífuga através de um controlador, existe uma poupança de energia elétrica em cerca de 20%, para uma bomba de CIP por ano. Mas, também se deve ter em conta o próprio desgaste da bomba.

8.2. Implementação de permutador para aquecimento das soluções

Atualmente o aquecimento das soluções é realizado através da passagem de vapor por uma serpentina no interior do reservatório de detergente alcalino e ácido, como demonstrada na Figura 8-1, sendo que não apresenta as melhores condições de aquecimento devido á incapacidade de adicionar para aquecimento um novo tanque e o tempo de aquecimento é elevado, podendo ser otimizada através da implementação de um permutador de calor que apresenta a facilidade de adicionar novos reservatórios para aquecimento e o vapor utilizado é mais aproveitado devido ao aumento da superfície de contato com o produto a aquecer diminuindo assim a duração necessária de aquecimento.



Figura 8-1 Aquecimento dos reservatórios de soda cáustica e ácido nítrico.

Na Figura 8-2, está esquematizado o funcionamento do permutador de placas, em que a cor laranja traduz o vapor e a cor azul indica o fluido a aquecer e devido às placas estarem encostadas o fluido é aquecido através de condução do calor entre as placas. Sendo aplicado em circuito fechado e curto a solução de limpeza atinge mais rapidamente a temperatura necessária para higienização do equipamento.

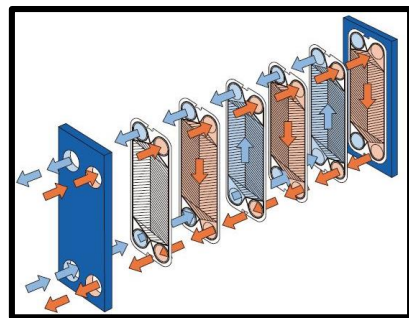


Figura 8-2 Esquema de funcionamento de permutador de placas.

8.3. Plano de limpeza aos filtros CIP

Os filtros de CIP instalados na linha 1 e 2 após a bomba centrífuga de CIP não apresentam qualquer plano de higiene, sendo possível que estejam colmatados proporcionando uma maior perda de carga á linha de CIP e não desempenhando as suas funções de filtração.



Figura 8-3 Filtros de CIP.

A solução a esta não conformidade consiste na realização de limpeza aos filtros de CIP em intervalos de tempo que podem ser definidos através de criação de plano de higiene ou através da implementação de manómetro com indicação de intervalos de pressão a cores, conforme Figura 8-4, para melhor percepção do operador. Com isto é possível diminuir a perda de carga na instalação de CIP reduzindo o consumo da bomba centrífuga e uma filtração eficiente.



Figura 8-4 Manómetro de pressão com visualização RYGYR.

8.4. Implementação de sonda a montante de bombas de retorno de CIP

A duração dos ciclos de CIP são controlados por um temporizador no autómato que controla os circuitos, sendo este o problema na fase de esvaziamento, pois no caso da higienização aos silos é realizado esvaziamento durante 300 segundos e por vezes não sendo esse a duração necessária. Expondo o problema em 2 casos distintos, ou seja quando a duração de 300 segundos é superior ao necessário a bomba de retorno de CIP vai estar em funcionamento em vazio aumentando o seu desgaste, consumo de energia elétrica e aumento da duração total do CIP, ou então quando a duração de 300 segundos é inferior ao necessário vai ocorrer uma mistura de soluções no equipamento a higienizar diminuindo assim a eficiência do sistema de limpeza.

A solução proposta a este problema trata-se da implementação de uma sonda vibratória a montante da bomba de retorno de CIP, conforme ilustrada na Figura 8-5 que envia o sinal ao controlador que enquanto é detetada a passagem de fluido a bomba deve funcionar e quando a sonda não deteta a passagem de fluido o controlador deve dar um tempo de espera de cerca de 10 segundos contínuos, de forma a garantir uma boa drenagem, e parar a bomba seguindo-se para a próxima etapa, caso exista.

Foi realizado um levantamento da duração necessária para esvaziamento, durante uma limpeza CIP ao silo 100 devido a este se encontrar mais próximo da bomba de retorno CIP, recolhendo o valor de 120 segundo estando programado 300 segundo verificando assim 180 segundo de funcionamento da bomba de retorno de CIP sem qualquer propósito. Além deste valor variar significativamente a duração total de CIP, pois quando realizado um CIP longo, a etapa de esvaziamento ocorre 4 vezes, sendo esvaziamento da água recuperada, solução alcalina, solução ácida e esvaziamento final. Assim podemos afirmar que neste caso era possível reduzir o tempo de esvaziamento da limpeza total, contabilizando os 10 segundo que o controlador deve acrescentar após o sinal de paragem de passagem do fluido obtém-se 680 segundos, ou seja cerca de 11 minutos reduzidos na duração total de higienização. Com isto é possível reduzir a duração das etapas de esvaziamento e garantir toda a drenagem de solução existente no equipamento ou linha a higienizar aumento a eficiência do sistema de limpeza.



Figura 8-5 Detetores de níveis tipo vibratório.

8.5. Implementação de controlo de caudal

Atualmente a instalação de CIP da secção da secagem não apresenta qualquer controlo de caudal nas bombas de CIP e de retorno de CIP, sendo que é um parâmetro essencial para garantir uma boa eficiência da higienização dos equipamentos. Sendo assim para contornar este problema é necessário aplicar medidores de caudal a jusante da bomba centrífuga e com ligação ao controlador de forma a emitir erro quando não conforme com valores que devem ser definidos no controlador de forma a garantir regime turbulento na instalação, e assim o sistema de CIP apresenta um controlo do funcionamento das bombas, podendo parar a limpeza caso detete alguma não conformidade.



Figura 8-6 Medidor de caudal com sinal digital.

8.6. Leitura do retorno de CIP

Um parâmetro importante na análise da solução de limpeza é a condutividade que traduz a qualidade da soda cáustica para realizar higienização dos equipamentos. Quando existe um sistema de CIP que reutiliza a soda cáustica é necessário que tenha uma leitura da soda que está a ser recuperada, pois caso seja realizado CIP a um equipamento com maior carga orgânica a soda cáustica não deve ser recuperada devido á possibilidade de diminuir a eficiência do sistema de limpeza, mesmo sendo adicionada soda cáustica pura na preparação de novas soluções. Uma solução a este problema é a utilização de um condutivímetro conforme ilustra Figura 8-7, instalado no retorno de CIP que deverá fazer a leitura da solução de limpeza e direciona-la para o reservatório da solução, caso se encontre em condições ideais ou no caso de a solução conter demasiados resíduos deve ser drenada ou direcionada para um decantador para ser tratada para nova utilização, como é demonstrado na Figura 5-3.



Figura 8-7 Condutivímetro Endress+Hauser.

8.7. Implementação de revestimento térmico na tubagem no exterior

O sistema de CIP contém uma sonda de temperatura PT100 colocada na tubagem de retorno que permite o controlador contar o tempo de CIP apenas quando o produto no silo atinga a temperatura desejada, estando até atingir essa temperatura em circuito fechado e durante o tempo em que não é atingido a temperatura no silo definida, está a ser utilizada energia elétrica do funcionamento da bomba de CIP e vapor para aquecer o produto, sendo que nos dias com maior humidade e menor temperatura existe uma maior perda de fluxo de calor e conseqüentemente a necessidade de mais tempo em recirculação para atingir a temperatura o que leva a um maior aumento de consumo de energia.

Foi realizado um estudo para se obter o fluxo de calor perdido durante a passagem do fluido na tubagem que se encontra no exterior, no qual foi obtido o valor de perda de fluxo de calor igual a 235,8 W/m.

Tabela 8-4 Dados para cálculo do fluxo de calor perdido na tubagem CIP.

Fluido	
Temperatura do fluido	75 °C
Condutividade térmica	668x103 W/(m.K) ¹
Coefficiente de convecção	4000 W/(m2.K)
Tubagem aço inoxidável AISI 316	
Diâmetro externo	51 mm
Diâmetro interno	48 mm
Espessura da tubagem	1.5 mm
Condutividade térmica	14.3 W/(m.K) ²
Emissividade térmica	0.22 ³
Ar externo	
Temperatura ambiente	14 °C ⁴
Coefficiente de convecção	25 W/(m ² .K) ⁵

¹ Valor obtido na tabela em anexo 2 na secção A.6.

² Valor obtido da tabela na secção A.1. (valor interpolado).

³ Valor obtido da tabela em anexo 2 na secção A.11

⁴ Valor temperatura média anual de Vale de Cambra- (Clima)

⁵ Valor arbitrado.

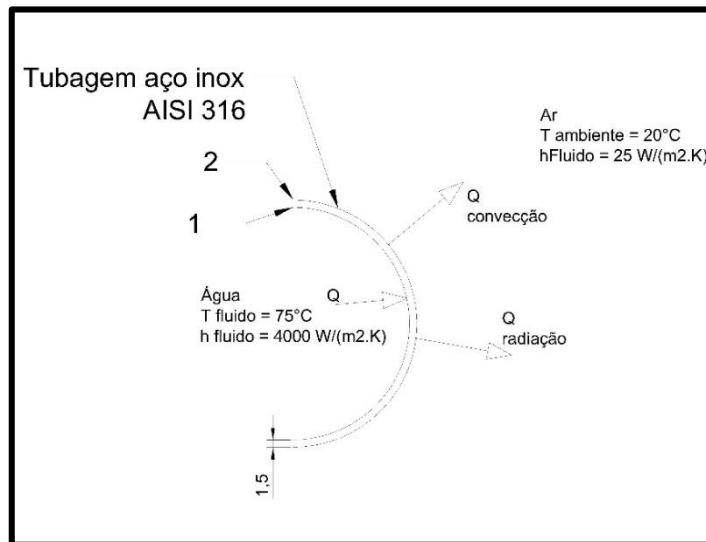


Figura 8-8 Esquema simplificado.

Pode-se simplificar o estudo admitindo as seguintes simplificações de condução unidimensional, sem geração de calor e regime permanente, obtendo o balanço de energia ilustrado na Equação 8-2.

Equação 8-2 Balanço de energia.

$$Q_{entrada} = Q_{saída}$$

$$Q_{condução} = Q_{convecção} + Q_{radiação}$$

Equação 8-3 Condução de energia térmica.

$$Q_{condução} = \frac{T_{fluido} - T_2}{\frac{1}{h_{fluido} \times (2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot L)} + \frac{\ln(R_2/R_1)}{K \times (2 \cdot \pi \cdot L)}}$$

Equação 8-4 Convecção de energia térmica.

$$Q_{convecção} = h_{ambiente} \times (2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot L) \times (T_2 - T_{ambiente})$$

Equação 8-5 Radiação de energia térmica.

$$Q_{radiação} = \epsilon \cdot \sigma \cdot (2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot L) \times (T_2^4 - T_{ambiente}^4)$$

O valor da temperatura da superfície da tubagem onde é percorrido a solução de limpeza é de 74.45 °C

Equação 8-6 Fluxo de calor.

$$q = \frac{T_{\text{fluido}} - T_2}{\frac{1}{h_{\text{fluido}} \times (2 \times \pi \times R \times L)} + \frac{\ln(R_2/R_1)}{K_{12} \times (2 \times \pi \times L)}} \quad 1.$$

$$q = \frac{T_{\text{fluido}} - T_2}{\frac{1}{h_{\text{fluido}} \times (2 \times \pi \times R \times L)} + \frac{\ln(R_2/R_1)}{K_{12} \times (2 \times \pi \times L)}}$$

O valor do fluxo de calor perdido pela solução nesta situação é igual a 236 W/m, com este valor é possível obter a potência térmica dissipada na higienização dos Silos, aplicando a equação 10.

Equação 8-7 Potência térmica dissipada.

$$Q = q \cdot L$$

Tabela 8-5 Comprimentos da tubagem no exterior de CIP aos Silos.

Silo 100	
Comprimento da tubagem – 16.8 m	Q = 3961.45 w
Silo 200	
Comprimento da tubagem – 13 m	Q = 3065.4 w
Silo 300	
Comprimento da tubagem – 9.5 m	Q = 2240.1 w
Silo 400	
Comprimento da tubagem – 6.2 m	Q = 1461.96 w

Através deste estudo é possível afirmar que é fundamental revestir a tubagem que se encontra em contato com a temperatura exterior, ou que é percorrido por fluidos a temperaturas elevadas de forma a reduzir a energia térmica dissipada pelo fluido que pode levar a uma redução do tempo necessário para aquecimento da solução de limpeza, reduzindo assim os custos com a energia para aquecimento.

É também proposto que o sistema de aquecimento deve ser alterado, de forma a reduzir a distância do percurso da solução quando se encontra em fase de

aquecimento implementando um permutador de placas em circuito fechado e em retorno curto até se atingir a temperatura ideal para a limpeza, representado na Figura 5-3.

8.8. Redução de distância de circuitos de CIP

Atualmente existe ramificações na tubagem principal, conforme exemplo demonstrado na Figura 8-9, que se encontram abertas o que permite o alojamento indesejado de soluções e o volume a percorrer pelo produto é superior ao necessário. Esta situação pode provocar uma má higienização devido a que o enxaguamento inicial pode não ser injetado no equipamento ou grande parte dele, pois primeiro é preenchido as ramificações de tubagem livres, ainda existindo o problema de alojamento da solução de limpeza na ramificação favorecendo o crescimento de microrganismos.



Figura 8-9 Derivação de CIP á linha dos Coletores.

Uma possível solução para esta situação seria a aplicação de equipamento de corte de caudal na derivação de forma a evitar percursos indesejados, reduzindo assim a distância percorrida da solução de limpeza. Devido a estas derivações se encontrarem em difícil acesso ao operador é necessário que o equipamento de corte de caudal tenha atuador pneumático que deve ser comandado através do controlador da Protagma da sala CIP. O equipamento de corte caudal pode ser válvula borboleta ou válvulas de globo com atuador pneumático controlado através do autómato. Esta solução apresenta algumas vantagens mas também inconvenientes, sendo que com a implementação de equipamentos de corte de caudal nas derivações é possível eliminar o alojamento indesejado de soluções de limpeza e reduzir as distâncias percorridas pela solução de limpeza diminuindo a duração de limpeza mas com isto a perda de carga na instalação irá aumentar quando a utilização das linhas onde são aplicados os equipamentos.

8.9. Caudal de CIP para Silos de armazenagem de soro líquido

Na instalação atual conforme ilustrada na Figura 8-10, semelhante ao problema anterior, apenas se consegue o caudal necessário quando a tubagem á frente da derivação se encontra preenchida, sendo neste caso específico até á sala de válvulas da armazenagem de soro.

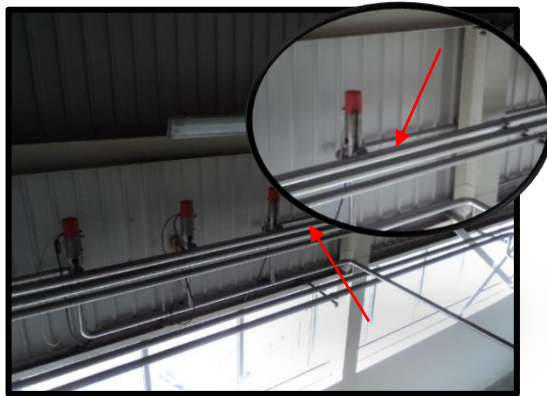


Figura 8-10 Pormenor da linha número 2 de CIP aos Silos.

Para garantir caudal de CIP sem ser necessário tempo de enchimento da linha é fundamental aplicar válvula borboleta ou válvula de globo com atuador pneumático comandado pelo controlador de CIP, devido ao difícil acesso do operador, após a derivação CIP para os Silos. A válvula a ser instalada deve estar afastada da derivação no mínimo, o dobro do valor de diâmetro da tubagem, conforme demonstrado na simulação em Solidworks representada na Figura 8-11, de forma a diminuir o desgaste da válvula, não estando assim sujeita constantemente ao impacto provocado pelo fluido, aumentando a sua vida útil.

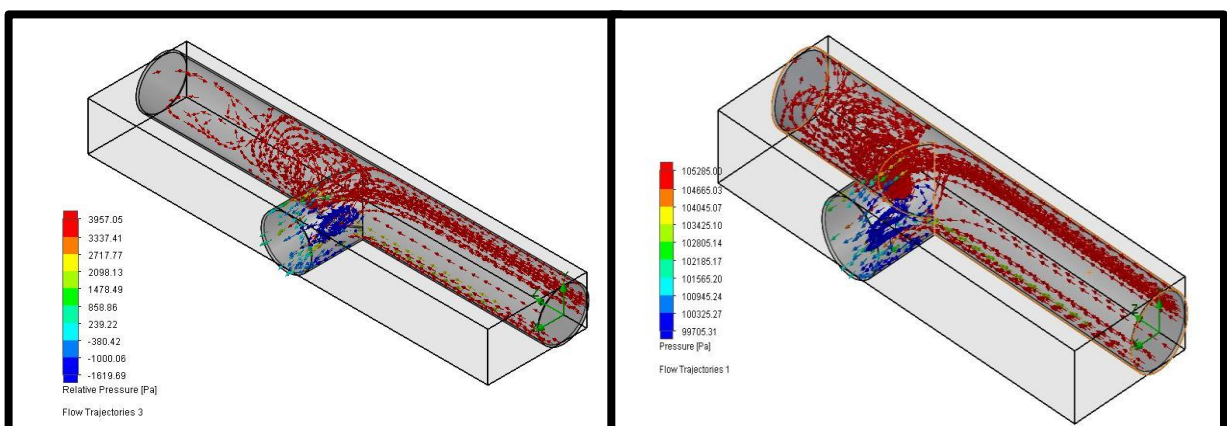


Figura 8-11 Análise do comportamento do fluido em derivações, com distância superior ao dobro do diâmetro (esquerda) e igual ao dobro do diâmetro (direita).

Com a implementação desta proposta é possível garantir que o Silo a higienizar foi bem enxaguado com água recuperada devido a que nesta etapa a solução não necessita de percorrer a tubagem para a frente da derivação, sendo cerca de 22.85 metros com diâmetro interno de 60.3 que corresponde a 68.55 litros, não ficando alojada nessa tubagem podendo levar ao crescimento de microbactérias, visto tratar-se de ser água recuperada da limpeza anterior. No entanto temos de considerar o aumento de perda de carga que vai ser verificado quando utilização do CIP da linha 2 devido á válvula instalada, mas de reduzido valor.

8.10. Retorno de CIP da linha dos coletores

Durante a higienização á linha dos coletores é verificado que o retorno de CIP não apresenta qualquer caudal, devido á instalação atual não permitir a passagem do produto na bomba centrífuga de retorno CIP. Atualmente o retorno CIP é realizado com o empurro de produto através da bomba centrífuga CIP, sendo que quando o controlador entra no modo de “esvaziamento” o retorno CIP está parado. Sendo assim a bomba centrífuga de retorno CIP encontra-se em funcionamento sem qualquer propósito, existindo a possibilidade de mistura de soluções diminuindo a eficiência do sistema de limpeza e como a bomba de retorno de CIP está em funcionamento em vazio, está em desgaste excessivo. Pode-se ainda verificar que a ultima etapa, que se trata de água da rede, fica retida na tubagem.



Figura 8-12 Fotografias de pormenores ao retorno de CIP da linha dos Coletores.

A solução a este problema é a alteração de tubagem conforme Figura 8-13, sendo a remoção da válvula de assento tipo 300 com a referência 50V316 fazendo o retorno CIP da linha dos Coletores através da válvula de assento tipo 200 de referência 50V317 e bomba retorno CIP com referência 50M951.

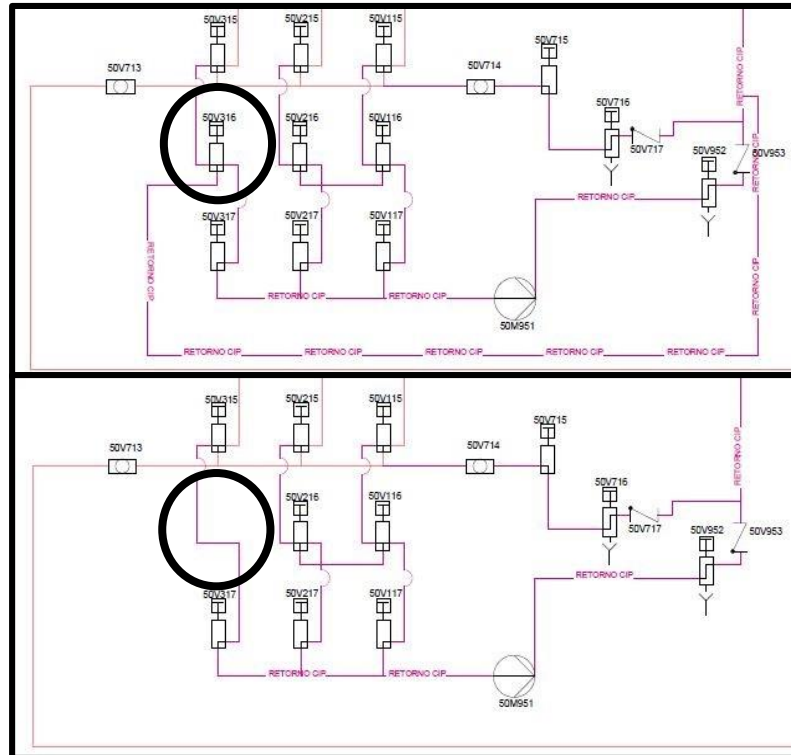


Figura 8-13 Pormenor ao retorno de CIP da linha dos Coletores atualmente (cima) e a solução (baixo).

8.11. Isolamento de fugas de vácuo na evaporação

O processo de evaporação funciona em vácuo, como referido anteriormente, e é gerado esse vácuo através de 2 bombas que demoram cerca de 30 minutos para garantir a pressão de serviço no processo. O sistema deve de se encontrar a uma pressão de 21.325 Pa. Estão aplicadas válvulas de retenção nas saídas para a atmosfera de modo a que não se perca o vácuo gerado pelas bombas, mas tem se detetado que é perdido muito desse vácuo através dessas saídas, por isso é necessário trocar as válvulas de retenção existentes ou substituir por válvulas de corte, devido á sua vida útil ser superior, podendo ser de borboleta ou de globo com atuador pneumático nas 4 saídas para a atmosfera, conforme assinaladas na Figura 8-14, sendo atuadas quando se inicia o processo de vácuo no sistema e abrindo quando se inicia o processo de evaporação, podendo-se verificar uma redução de consumo elétrico sendo até possível a desativação de uma das bombas de vácuo.

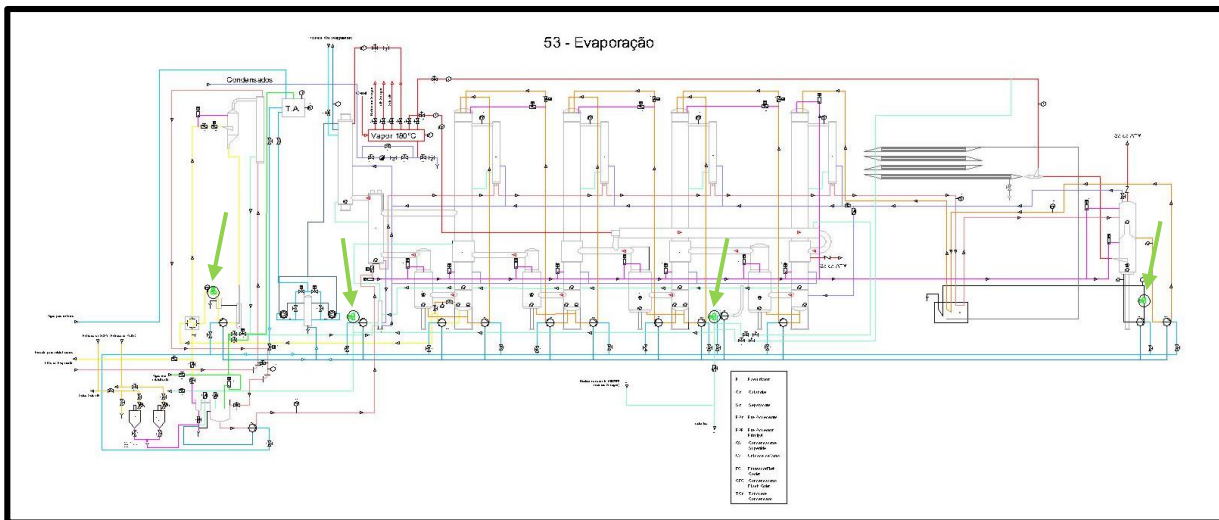


Figura 8-14 Localização das válvulas a aplicar.

8.12. Implementação de CIP aos silos de pó

Atualmente os silos de armazenagem de soro em pó não tem qualquer plano de higiene devido á possibilidade de existir humidade no interior dos silos afetando a qualidade do produto final. Para implementar um sistema de limpeza aos silos de pó e respetiva tubagem é necessário ter em conta o aspeto da humidade após a higienização, sendo assim a solução apresentada consiste em aplicar uma resistência de aquecimento de ar na saída do compressor que fornece caudal para o transporte de soro em pó para os silos de forma a poder secar os silos e a tubagem após a limpeza. A transferência da água quente é realizada pelo circuito de transferência do produto para os silos de pó, ou seja a água quente de limpeza do peneiro é transferida pela tubagem de soro em pó para os silos, podendo apenas realizar CIP apenas á tubagem ou ao conjunto tubagem e silos. O retorno de CIP é realizado através do movimento do fuso que realiza a transferência da água quente para a saída de enchimento dos BigBag's no qual deve ter ligação ao retorno de CIP, conforme ilustra a Figura 8-15.

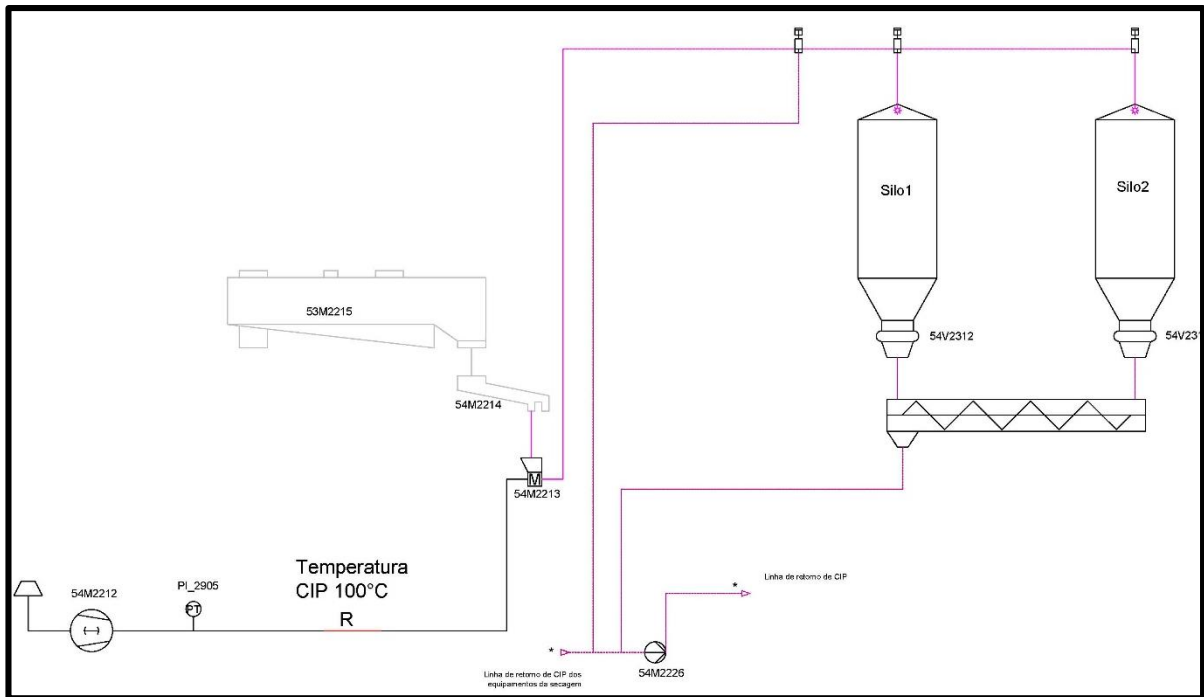


Figura 8-15 Sistema de CIP a armazenagem de soro em pó.

8.13. Automatizar CIP da Evaporação

O processo de CIP da evaporação está dependente da contagem de tempo do operador, sendo que pode eventualmente estar mais tempo a drenar do que o planeado aumentando assim o consumo de água da rede, consumo de energia elétrica e a duração total de CIP. Por isso é proposto a automatização do sistema de limpeza e para isso é necessário alterar o atuador manual para pneumático na válvula borboleta 53V134 que faz a drenagem da linha de enchimento dos cristalizadores, sendo atuada conforme definido no controlador e a implementação de sistema para introdução de Soda Cáustica e Ácido Nítrico de forma automática pelo controlador da Evaporação controlada conforme a leitura do condutivímetro na saída do Flash Cooler. Com isto é possível reduzir o consumo de água durante o processo de CIP da evaporação e a eliminação de erro humano na contaminação ou de má higienização dos equipamentos.



Figura 8-16 Válvula borboleta 53V134.

8.14. Redesign da tubagem de descarga do Scrubber

A descarga do Scrubber atualmente é realizada para o Ciclone 2 após este ter sido lavado manualmente, existindo assim um problema de água da rede mal utilizada e contaminação de equipamentos, sendo que pode ser possível uma passagem de caudal durante o pleno funcionamento de secagem, caso a válvula não estanque o fluido drenado do Scrubber, contaminando todo o produto depositado no ciclone 2 e transferindo esse produto para o Ciclone 1 e torre de Secagem.



Figura 8-17 Instalação atual para descarga do Scrubber pelo Ciclone 2.

Uma solução possível para esta situação seria a alteração da tubagem conforme Figura 8-18, sendo a remoção da ligação do Scrubber ao Ciclone 2 passando a realizar a descarga do Scrubber através de energia potencial provocada pela altura a que se encontra o equipamento para uma tubagem ligada diretamente ao esgoto, não sendo necessário qualquer caudal provocado pela bomba centrífuga através de tubagem direta a esgoto. A tubagem que fazia a ligação ao ciclone 2, deve estar ligada ao tubo de limpeza superior do Scrubber não sendo necessária a alteração ao programa, pois como definido no programa quando fazia a descarga do Scrubber, agora irá fazer uma recirculação, lavando as paredes do Scrubber enquanto este drena. O atuador da válvula 54V507 deve ser pneumático, funcionando segundo o esquema do atuador 54V2331.

Outra solução seria retirar a válvula 54V2331 e o seu atuador deveria ser aplicado na válvula 54V507 para que não seja necessário ser o operador a abrir e fechar evitando erro humano. Esta deve ser aberta quando for iniciado CIP á secagem estando aberta todo o tempo de CIP e fechada após a drenagem total do Scrubber.

Com estas alterações garante-se a eliminação da descarga entre equipamentos eliminando a possibilidade de contaminação das superfícies que contactam com o produto.

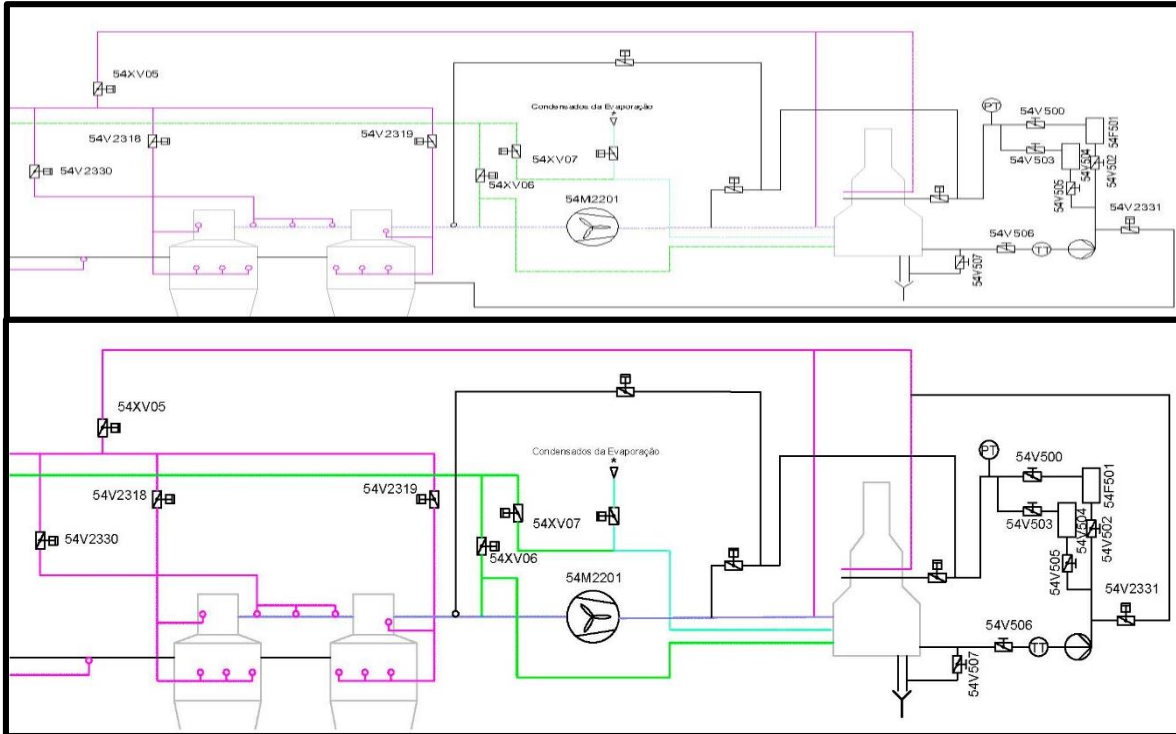


Figura 8-18 Pormenor da situação atual em cima e a solução em baixo da descarga do Scrubber.

8.15. Automatizar CIP da secagem

Com a instalação atual é necessário o operador contabilizar o tempo para abrir e fechar os passadores dos tanques de CIP em cada etapa e há a necessidade de em algumas etapas ser necessário abrir apenas metade da válvula, sendo que pode existir aqui um grande problema de ajuste, pois no entender do operador metade da abertura pode não corresponder á metade necessária para uma boa higienização.

Ainda existe o problema que durante o processo de higienização dos equipamentos da secagem de soro, o operador deve fechar a válvula de passagem de ar comprimido do compressor, para não danificar a resistência de aquecimento do ar e não existe qualquer controlo dessa válvula.

A solução proposta a este problema é refazer o controlo do sistema de limpeza dos equipamentos da secagem de soro, de forma a permitir que seja instalado atuadores nas válvulas da saída dos tanques de solução e na válvula manual 54V401, em que seria aberta apenas quando o compressor se encontra em funcionamento para garantir que não há passagem de humidade para a resistência de aquecimento do transporte de finos e as válvulas á saída dos tanques de CIP atuadas conforme

definido no programa do controlador de forma a facilitar a execução de limpeza dos equipamentos da unidade de secagem de soro.

8.16. Implementação de decantador para solução alcalina

Atualmente a realização da limpeza dos equipamentos da secagem de soro apresenta perda total da solução de limpeza devido á carga orgânica removida dos equipamentos. Na limpeza dos equipamentos da armazenagem de soro e cristalização a solução de limpeza é recuperada mas sem respeitar a leitura do condutivímetro instalado na linha de retorno de CIP, sendo que a solução de limpeza recuperada pode não se encontrar em condições para reutilização.

A solução proposta a este problema é a implementação de um decantador da solução de limpeza, conforme ilustrado Figura 5-3, em que a leitura efetuada pelo condutivímetro ao produto no retorno da solução após passagem no equipamento a higienizar controla o seu percurso através de parâmetros pré-definidos no PLC, sendo que na situação em que a solução de limpeza não se encontra em condições de ser recuperada, esta é submetida ao processo de decantação removendo a carga orgânica presente na solução de forma a poder ser reutilizada na preparação de novas soluções de limpeza. No caso da solução de limpeza se encontrar em condições de recuperação esta é transferida para o reservatório da solução de limpeza para nova reutilização sem a necessidade de ser submetida ao processo de decantação. A solução de limpeza a ser submetida ao processo de decantação deve ser o detergente alcalino devido a ser utilizada no processo de limpeza numa etapa anterior ao detergente ácido e sendo assim apresentando uma maior probabilidade de conter carga orgânica.

8.17. Drenagem na tubagem de CIP

Após a higienização dos equipamentos existe o problema da solução ficar retida na tubagem podendo provocar um crescimento de microbactérias que podem levar á contaminação do produto, desta forma o uso de válvulas assépticas permitem a drenagem da solução de limpeza presente na tubagem após término do programa de limpeza. O funcionamento destas válvulas permitem a descarga do fluido por uma sede central no fundo da válvula que permite a descarga do fluido presente na tubagem.

8.18. Atualização dos sistemas de controlo da secagem

Atualmente o sistema de controlo da secagem é composto por muitos componentes analógicos que não apresentam as melhores condições de leitura e a aquisição de dados é recolhida manualmente que por vezes pode não apresentar o rigor exigido.



Figura 8-19 Manómetro de leitura analógico de pressão na camara.

Através da implementação de programa de aquisição de dados com apenas interface digital seria de fácil atualização de sinóticos, de leitura dos dados e de operação dos processos bem como uma mais completa e rigorosa aquisição de dados.

8.19. Retirar equipamentos e tubagem desativados

Na secção da secagem de soro atualmente existe muitos equipamentos e tubagem desativados devido a alterações realizadas ao longo do tempo. Estes equipamentos podem ser utilizados em outras aplicações e a tubagem ocupa espaço que pode vir a ser útil. E existe um caso em que devido a instalação ter sido alterada e não ter sido removido por completo, o retorno de CIP da linha do atomizador percorre um distribuidor sem qualquer necessidade provocando uma maior perda de carga.

Ao aplicar a solução de retirar os equipamentos e tubagem desativados consegue-se organizar o espaço útil da secagem de soro possibilitando uma facilidade de acesso aos equipamentos durante a manutenção, eventuais reduções de perdas de carga e a possibilidade de reutilizar os equipamentos desativados.

9. Matriz decisão

Foi realizado para melhor entender, o grau de importância de cada proposta de melhoria para a secção da secagem de soro uma matriz decisão que é suportada pelos requisitos que a empresa visa responder da melhor forma, sendo eles a qualidade, segurança e ambiente. Foi ainda adicionado um 4 parâmetro muito importante a ter em conta em qualquer projeto, sendo ele o custo de implementação da solução.

Para a realização da matriz decisão, foi realizado a comparação entre os requisitos, no qual é estipulado uma relevância ao parâmetro da qualidade e ambiente, pois o objetivo deste projeto é o aumento da eficiência e eficácia. Foi da mesma forma comparado as propostas de melhorias classificando-as quantitativamente para cada parâmetro de decisão.

Tabela 9-1 Comparação dos requisitos de avaliação.

Requisitos	Q/S	Q/A	Q/€	S/A	S/€	A/€	Importância	Importância Normalizada
Qualidade	80%	60%	70%	-	-	-	1	0,35
Segurança	20%	-	-	40%	90%	-	0,71	0,25
Ambiente	-	40%	-	60%	-	90%	0,90	0,32
€	-	-	30%	-	10%	10%	0,24	0,08
					Total		2,86	1,00

Através da Tabela 9-1 é obtido o valor da importância normalizada que pode ser definido como o peso do requisito para a decisão final.

Tabela 9-2 Comparação das propostas aos requisitos.

Propostas	Qualidade	Segurança	Ambiente	€
Limpeza Filtros CIP	100%	0%	80%	80%
Equipamentos controlados pelo automático	100%	52%	87%	60%
Implementação sonda bombas retorno CIP	90%	0%	100%	38%
Implementação controlo caudal	75%	0%	0%	38%
Retorno CIP linha coletores	100%	0%	63%	75%
Redução da distância circuitos CIP	62%	0%	75%	40%
Caudal CIP para Silos	90%	0%	24%	64%
Revestimento térmico na tubagem	20%	0%	95%	60%
Isolamento fugas vácuo	30%	0%	95%	80%
Automatizar CIP evaporação	60%	35%	90%	15%
Redesign da tubagem de descarga do Scrubber	100%	0%	30%	80%
Automatizar CIP da secagem	60%	35%	90%	27%
Retirar equipamentos e tubagem desativados	0%	35%	0%	98%
Atualização dos sistemas de controlo da secagem	25%	22%	0%	20%
Implementação de decantador	18%	0%	100%	10%
Drenagem na tubagem CIP	100%	0%	0%	55%
Leitura do retorno do CIP	100%	0%	100%	95%
Implementação de permutador de calor	0%	0%	100%	55%

Através da Tabela 9-2 é avaliado quantitativamente a importância de cada proposta para cada requisito. Essa avaliação é multiplicada com a importância normalizada dos requisitos do projeto. Com a soma desses valores é obtido o grau de importância de cada proposta no projeto, estando representado esses resultados no Gráfico 9-1.

A vermelho está representado a proposta com menor importância e a verde a proposta com maior prioridade.

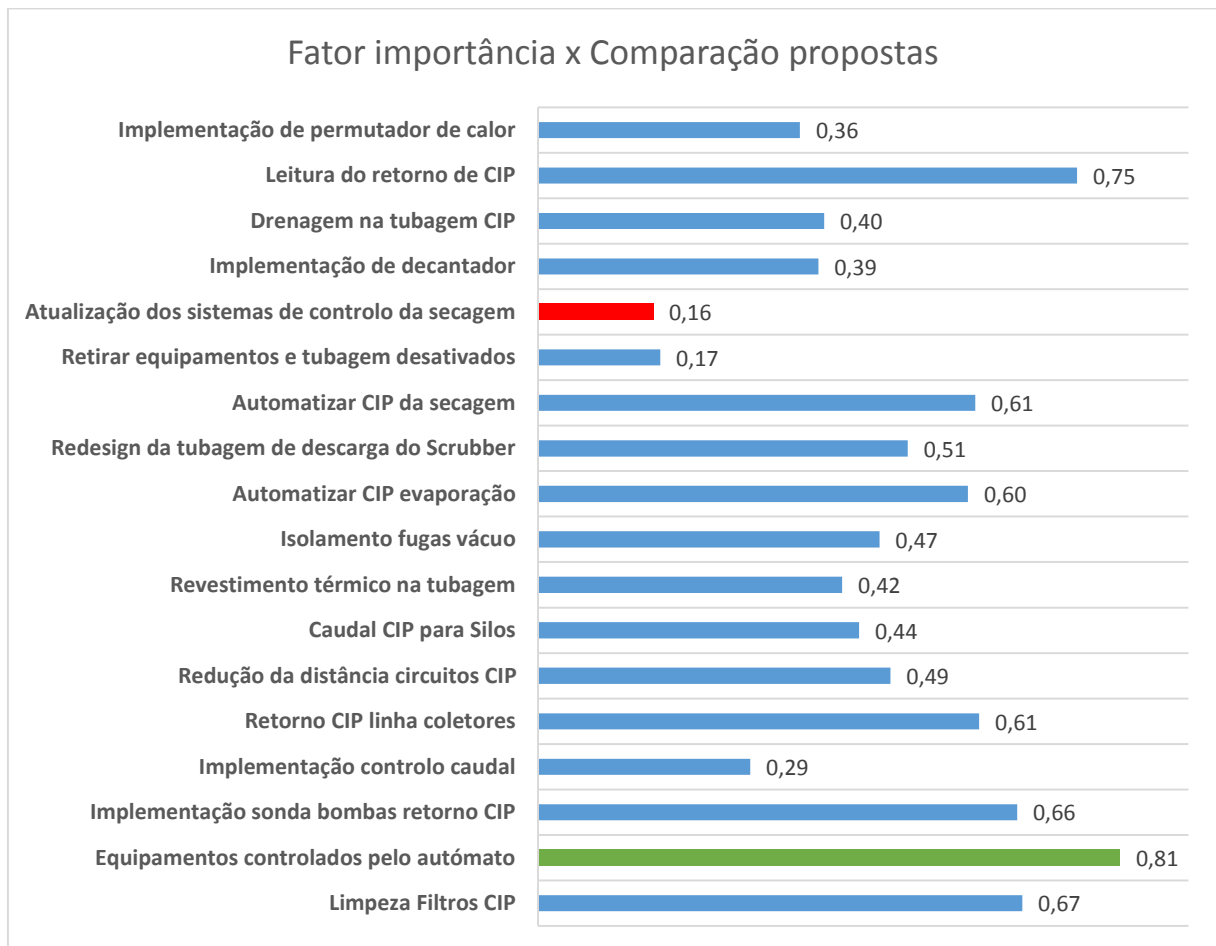


Gráfico 9-1 Grau de importância propostas.

10. Conclusão

Com a realização deste projeto foi possível concluir que através do sistema Clean-in-place a indústria alimentar consegue reduzir consideravelmente o tempo de paragem dos equipamentos e das linhas. Ainda é reduzido o risco de contaminação dos operadores devido á exposição às soluções de limpeza. Sendo assim é uma tecnologia que se deve desenvolver de forma a aumentar a eficiência e eficácia da higienização para de uma forma direta aumentar a produção e a qualidade.

As propostas estudadas promovem uma otimização do sistema de CIP da unidade fabril da secagem de soro estando sido avaliadas por uma matriz decisão em que são classificadas por grau de importância a serem implementadas. Com a sua implementação o sistema de limpeza aumenta a sua eficiência e a sua eficácia de forma a promover uma redução de consumos de energia, melhor reutilização das soluções de limpeza e mais autónoma.

Foi ainda proposto melhorias no processo de forma a reduzir o consumo energético e melhor controlo da parte dos operadores.

11. Trabalhos futuros

Ao longo do meu estágio ocorreu me ideias e deparei me com alguns problemas que podem ser melhorados e a meu ver alguns dos possíveis trabalhos futuros poderiam vir a ser uma mais valia para a empresa Bel Portugal. Vou enumerar algumas possíveis alterações e fazer uma breve justificação.

11.1. Realização de manual de sequência e operação

Elaboração de manual onde é indicado todos os parâmetros, valores de referência e detalhes dos equipamentos envolventes no sistema de produção e de limpeza dos equipamentos, de forma a suportar o plano de auditorias.

11.2. Realização de plano de auditoria interna

Através de um plano suportado por uma *check list* que numera todas as etapas a serem analisadas com os valores de referência a serem observados de forma a facilitar a realização da auditoria.

11.3. Cálculo teórico e experimental dos parâmetros de CIP

Em conjunto com as entidades envolventes deve ser realizado cálculos para suportar os parâmetros de concentração, temperatura, velocidade e duração de cada equipamento a higienizar, isolando cada caso.

11.4. Levantamento das condições atuais de toda a unidade fabril

Deve ser realizado um levantamento dos diagramas de todo o processo fabril, devidamente representado com todos os equipamentos envolventes e linhas.

11.5. Implementação de etapa de esterilização ao processo CIP

Em processos de higiene mais crítica deve ser realizado estudos de forma a suportar a implementação do sistema de esterilização.

Referências bibliográficas

- [1] Anderson, D. (16 de Outubro de 2007). *Consutivity Measurement: Critical for Clean-in-place Systems*. Obtido em 12 de Maio de 2014, de Pharmaceutical Manufacturing: <http://www.pharmamanufacturing.com/articles/2007/159/?start=1>
- [2] Barbosa, T. J. (2010). *Optimização de Sistemas CIP*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Química. Obtido em 6 de Abril de 2014
- [3] *Brix*. (2 de Dezembro de 2013). Obtido em 15 de Fevereiro de 2014, de Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Brix>
- [4] Chapecó Soluções. (16 de maio de 2012). *CIP automático*. Obtido em 16 de junho de 2014, de Chapecó Soluções Industriais: <http://chapecosolucoesindustriais.blogspot.com.br/>
- [5] *Clean-in-place*. (30 de 1 de 2014). Obtido em 10 de 3 de 2014, de Wikipedia, the free encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Clean-in-place>
- [6] Clima. (s.d.). *Climate*. Obtido em 2 de junho de 2014, de Clima: Vale de Cambra: <http://pt.climate-data.org/location/6904/>
- [7] Dialever. (s.d.). *Soluções em Higiene*. Obtido em 5 de Fevereiro de 2014, de Dialever: <http://www.dialever.com.br>
- [8] Donald W. Schroeder, J. (2001). *A Tutorial on Pipe Flow Equations*. Carlisle: Stoner Associates, Inc. Obtido em 3 de Janeiro de 2014, de <http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~ernesto/S2009/EP/Materials4Students/Douglas/PipeFlowTutorial-Schroeder.pdf>
- [9] DOW Química S.A. (s.d.). *Manual de Soda Caustica*. Obtido em 29 de Janeiro de 2014, de http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_003d/0901b8038003dd08.pdf?filepath=causticsoda/pdfs/noreg/102-00421.pdf&fromPage=GetDoc
- [10] Eesa, M. (2009). *CFD Studies of Complex Fluid Flows in Pipes*. The University of Birmingham, Department of Chemical Engineering. Obtido em 3 de janeiro de 2014, de <http://ebookbrowse.net/eesa09phd-pdf-d55653338>
- [11] ELION, S. (2013). *elion*. Obtido em 23 de Maio de 2014, de Serie VIBRANIVO de UWT: <http://www.elion.es/noticias/novedades/uwt-vibranivo/index.html>
- [12] Fromageries Bel Portugal, S.A. (2013). *Bel Portugal*. Obtido em 3 de Outubro de 2013, de Bel Partilhando Sorrisos: Disponível na internet <URL <http://www.belportugal.pt>>

- [13] Graham Broadhurst, B. o. (s.d.). Principles and Practice of Cleaning in Place [projeção visual]. *41 diapositivos*. Obtido em 17 de Abril de 2014, de www.conserve-greatlakes.com
- [14] Grupo Virtuous. (s.d.). *2ª Lei da Termodinâmica, Enunciado de Clausius*. Obtido em 5 de Junho de 2014, de Só Física: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/2leidatermodinamica.php>
- [15] *Higroscopia*. (26 de Março de 2014). Obtido em 30 de Maio de 2014, de Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Higroscopia>
- [16] Junior, V. M. (2011). *Instrumentação e Identificação de um Processo de Sanitização Cinética CIP*. Escola de Engenharia Mauá, São Caetano do Sul. Obtido em 25 de Outubro de 2013
- [17] Koch Membrane Systems, Inc. (2012). *Application Bulletin*. Obtido em 12 de Maio de 2014, de Recovery of Caustic and Acids in the Dairy Industry: http://kochmembrane.com/PDFs/Application-Bulletins/KMS-Dairy-Chemical_Recovery-Application-Bulletin.aspx
- [18] Mendes, J. (2011). Escoamento turbulento em Tubos [projeção visual]. *Escoamento Turbulento. 27 diapositivos*. Coimbra. Obtido em 29 de Janeiro de 2014
- [19] Mendes, J. (2011). Escoamento turbulento em tubos [projeção visual]. *Exemplos. 50 diapositivos*. Coimbra. Obtido em 29 de 1 de 2014
- [20] Misirli, G. M. (s.d.). *Formulando detergente*. Obtido em 17 de Junho de 2014, de Household & Cosméticos: http://www.freedom.inf.br/artigos_tecnicos/20020919/20020919.asp
- [21] Mizubuti, I. Y. (1994). Soro de Leite: Composição, Processamento e Utilização na Alimentação. Em *Semina: Ciências Agrárias* (Vol. 15, pp. 80-94). Londrina. Obtido em 12 de Novembro de 2013
- [22] Nicolini, C. (2008). *Leite em pó*. Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Ciências dos Alimentos, Pelotas. Obtido em 12 de Novembro de 2013, de <http://quimicadealimentos.files.wordpress.com/2009/08/leite-em-po.pdf>
- [23] Oliveira, L. A., & Lopes, A. G. (2007). *Mecânica dos Fluidos* (2ª Edição ed.). ETEP. Obtido em 6 de Janeiro de 2014, de ISBN 978-972-8480-13-4
- [24] Parraga, J. R. (Julho de 2010). Clean In Place Made Simple. (I. Rockwell Automation, Ed.) Milwaukee. Obtido em 2 de Outubro de 2013, de www.rockwellautomation.com
- [25] Perrone, Í. T. (2010). *Soro de Leite: Concentração, Cristalização da Lactose e Secagem*. Universidade Federal de Viçosa. Obtido em 8 de Março de 2014, de http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/38/TDE-2011-04-06T083336Z-2989/Publico/texto%20completo.pdf

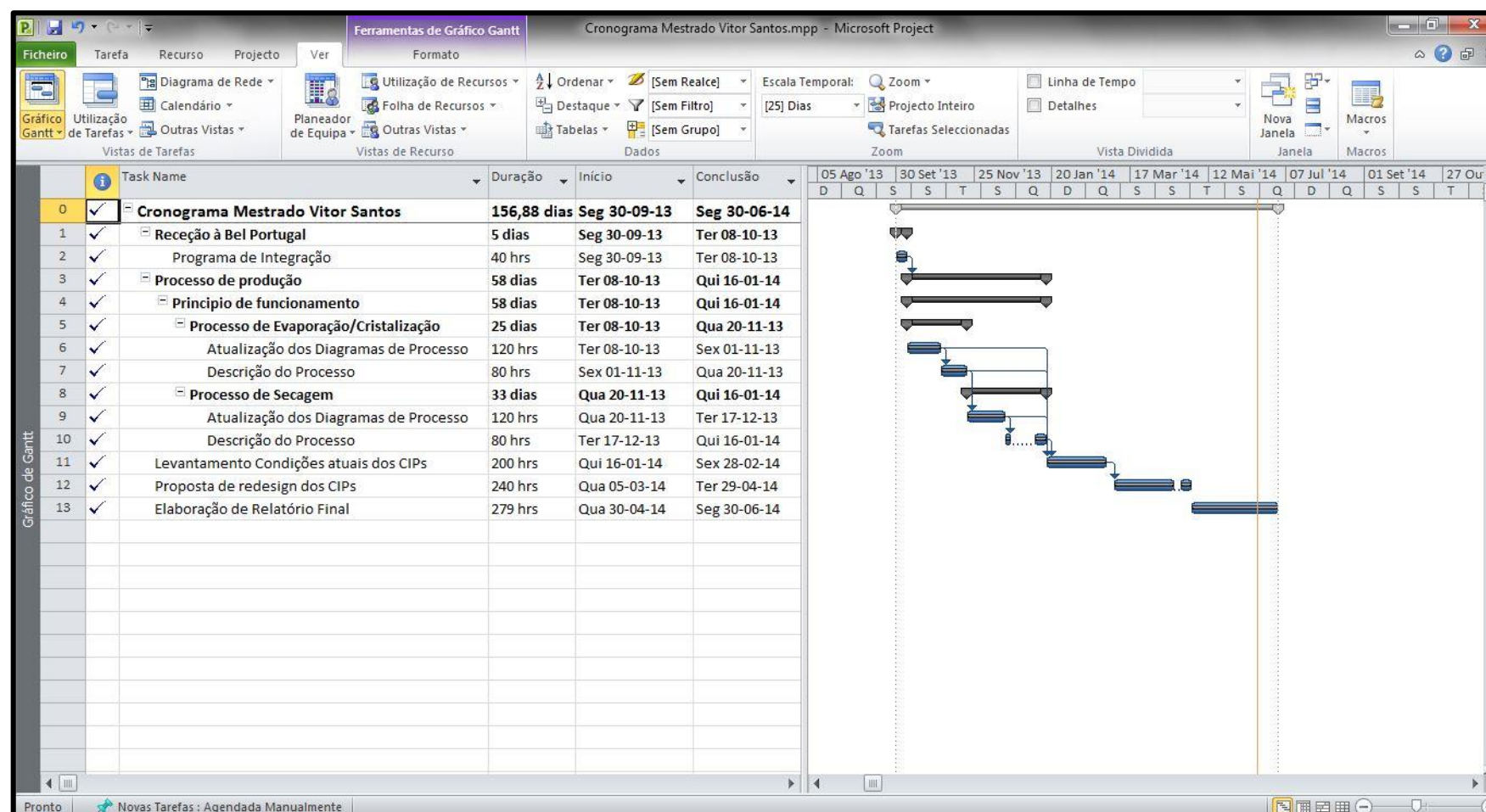
- [26] Perrone, Í. T., Pereira, J. P., & Carvalho, A. F. (Maio/Junho de 2011). Rev. Inst. Lact. "Cândido Tostes". *Aspectos Tecnológicos da Fabricação de Soro em pó: Uma Revisão*, pp. 23-30. Obtido em 12 de Novembro de 2013, de <http://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/165>
- [27] *pH*. (26 de Dezembro de 2013). Obtido em 15 de Fevereiro de 2014, de Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/PH>
- [28] Rodrigues, P. M. (18 de 2 de 2010). Introdução a Cinemática dos Fluidos. São Paulo, Brasil. Obtido em 10 de 3 de 2014, de <http://www.engbrasil.eng.br/pp/mf/aula8.pdf>
- [29] Rosa, E. D., Tsukada, M., & Freitas, L. A. (s.d.). Secagem por Atomização na Indústria Alimentícia: Fundamentos e Aplicações. 12. São Paulo. Obtido em 29 de Janeiro de 2014, de <http://fazu.br/hd2/jornada2006/PALESTRAS/ENGE/palestra2.pdf>
- [30] Rosa, E. D., Tsukada, M., & Freitas, L. A. (s.d.). Secagem por Atomização na Indústria Alimentícia: Fundamentos e Aplicações. São Paulo. Obtido em 29 de Janeiro de 2014, de <http://fazu.br/hd2/jornada2006/PALESTRAS/ENGE/palestra2.pdf>
- [31] *Soro de Leite*. (25 de Março de 2013). Obtido em 3 de Outubro de 2013, de Wikipédia, a enciclopédia livre: http://pt.wikipedia.org/wiki/Soro_de_leite
- [32] Teixeira, J. V., Renhe, Í. R., Pereira, J. P., Pinto, R. L., & Perrone, Í. T. (Agosto de 2011). Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica. *Evaporação de soro em concentrador a vácuo semi-industrial*, p. 2. Obtido em 12 de Novembro de 2013, de http://epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc...
- [33] The American Society of Mechanical Engineers. (20 de Outubro de 2009). ASME BPE-2009 (Revision of ASME BPE-2007). *BioProcessing Equipment*. Three Park Avenue, New York, U.S.A. Obtido em 30 de Maio de 2014, de ISBN-13: 978-0-7918-3213-4
- [34] V. Davy, N. W. (15 de Junho de 2010). Optimization of Cleaning-In-Place (CIP) processes in bottled water industry [projeção visual]. *31 diapositivos*. Oviedo. Obtido em 7 de Fevereiro de 2014, de <http://www.aquafit4use.eu/userdata/file/Mid-term%20Conference/Session%204%20Good%20Examples%20Industrial%20Cases/Optimization%20of%20Cleaning-In-Place%20processes%20in%20bottled%20water%20in.pdf>
- [35] *wikia*. (s.d.). Obtido em 16 de junho de 2014, de Clean in place (CIP) - Limpeza em circuito fechado em equipamentos de esterelização e envase de produtos UHT: [http://pt-br.uht.wikia.com/wiki/CLEAN_IN_PLACE_\(CIP\)_%E2%80%93_Limpeza_em_circuito_fechado_em_equipamentos_de_estereliza%C3%A7%C3%A3o_e_envase_de_produtos_UHT](http://pt-br.uht.wikia.com/wiki/CLEAN_IN_PLACE_(CIP)_%E2%80%93_Limpeza_em_circuito_fechado_em_equipamentos_de_estereliza%C3%A7%C3%A3o_e_envase_de_produtos_UHT)

Glossário

- (1) Brix: Escala numérica de índice de refração, comparando o desvio provocado pela solução com o desvio provocado por água destilada a uma temperatura de referência de 15,5 °C. (Brix, 2013)
- (2) Cinemática dos fluidos: Ramificação da mecânica dos fluidos que estuda o comportamento de um fluido em condição de movimento.
- (3) CIP: *Clean-in-place*: limpeza interna de um equipamento sem desmontagem. O equipamento é limpo, mas não necessariamente esterilizado. A limpeza é normalmente realizada com ácido nítrico, soda cáustica ou uma combinação de ambos e com água para injeção de enxaguamento (The American Society of Mechanical Engineers, 2009).
- (4) Potencial de Hidrogénio: Grandeza físico-química que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa (pH, 2013).
- (5) Limpo (*Clean*): livre de sujidade, resíduos, detergentes ou quaisquer contaminantes que podem afetar ou adulterar o produto ou processo (The American Society of Mechanical Engineers, 2009);
- (6) Limpeza (*Cleaning*): todas as operações necessárias para a remoção de contaminantes da superfície de metal para garantir a prevenção do produto e a aparência desejada (The American Society of Mechanical Engineers, 2009);
- (7) 2ª Lei da Termodinâmica: “O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para outro corpo de temperatura mais alta.” (Grupo Virtuous, s.d.)
- (8) Número de Reynolds: materializa a relação entre as forças de inércia e as de viscosidade.
- (9) Hidroscopia: é a propriedade que certos materiais possuem de absorver água. (Higroscopia, 2014)
- (10) Sequestrante: é um composto químico formado por um ou mais ions negativos que estabelece ligação com ions positivos de outros compostos. (Misirli, s.d.)
- (11) Sterilization-in-Place: é um processo de desinfecção de equipamentos e tubagem sem a necessidade de desmontar, sendo realizado com água a elevada temperatura ou com produtos químicos a baixas temperaturas de modo a eliminar quase por completo toda a vida microbológica.

Anexos

1. Cronograma do estágio



2. Tabelas de transmissão de calor

TABELA A.11 Emissividade normal (n) ou hemisférica (h) total de superfícies selecionadas

Sólidos Metálicos e Seus Óxidos*

Descrição/Composição	Emissividade, ϵ_n ou ϵ_h , a Várias Temperaturas (K)											
	100	200	300	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500	
Aços inoxidáveis												
Típico, polido	(n)			0,17	0,17	0,19	0,23	0,30				
Típico, limpo	(n)			0,22	0,22	0,24	0,28	0,35				
Típico, ligeiramente oxidado	(n)						0,33	0,40				
Típico, altamente oxidado	(n)						0,67	0,70	0,76			
AISI 347, com oxidação estável	(n)					0,87	0,88	0,89	0,90			
Alumínio												
Altamente polido, película	(h)	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06						
Folha, brilhante	(h)	0,06	0,06	0,07								
Anodizado	(h)			0,82	0,76							
Cobre												
Altamente polido	(h)			0,03	0,03	0,04	0,04	0,04				
Com oxidação estável	(h)					0,50	0,58	0,80				
Cromo												
Polido ou laminado	(n)	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14						
Molibdênio												
Polido	(h)					0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,21	0,26
Jaleado, fosco	(h)					0,25	0,28	0,31	0,35	0,42		
Com oxidação estável	(h)					0,80	0,82					
Níquel												
Polido	(h)					0,09	0,11	0,14	0,17			
Com oxidação estável	(h)					0,40	0,49	0,57				
Ouro												
Altamente polido ou película	(h)	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06				
Folha, brilhante	(h)	0,06	0,07	0,07								
Platina												
Polida	(h)						0,10	0,13	0,15	0,18		
Prata												
Polida	(h)			0,02	0,02	0,03	0,05	0,08				
Tântalo												
Polido	(h)								0,11	0,17	0,23	0,28
Tungstênio												
Polido	(h)							0,10	0,13	0,18	0,25	0,29

*Adaptado da Referência 1.

TABELA A.6 Propriedades termofísicas da água saturada^a

Temperatura, T (K)	Pressão, p (bar) ^b	Volume Específico (m ³ /kg)		Calor de Vaporização, h_{fg} (kJ/kg)	Calor Específico (kJ/(kg · K))		Viscosidade, (N · s/m ²)		Condutividade Térmica (W/(m · K))		Número de Prandtl		Tensão Superficial, $\sigma_s \cdot 10^3$ (N/m)	Coeficiente de Expansão, $\beta_s \cdot 10^6$ (K ⁻¹)	Temperatura, T (K)
		$v_e \cdot 10^3$	v_g		$c_{p,e}$	$c_{p,g}$	$\mu_e \cdot 10^6$	$\mu_g \cdot 10^6$	$k_e \cdot 10^3$	$k_g \cdot 10^3$	Pr_e	Pr_g			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18,6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	99.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	668	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	697.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	728.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	788	380
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.49	685	25.8	1.53	1.004	56.6	814	385
390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013	55.6	841	390
400	2.455	1.067	0.731	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033	53.6	896	400
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054	51.5	952	410
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075	49.4	1010	420
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10	47.2		430

^aAdaptado da Referência 22.
^b1 bar = 10⁵ N/m².

3. “Boiling point”

Boiling Point of Water at Various Vacuum Levels

Temp. F	Temp. C	Microns	Inches of HG Vacuum	Pressure PSIA
212	100	759,968	0.00	14.696
205	96.11	535,000	4.92	12.279
194	90	525,526	9.23	10.162
176	80	355,092	15.94	6.866
158	70	233,680	20.72	4.519
140	60	149,352	24.04	2.888
122	50	92,456	26.28	1.788
104	40	55,118	27.75	1.066
86	30	31,750	28.67	0.614
80	26.67	25,400	28.92	0.491
76	24.44	22,860	29.02	0.442
72	22.22	20,320	29.12	0.393
69	20.56	17,780	29.22	0.344
64	17.78	15,240	29.32	0.295
59	15	12,700	29.42	0.246
53	11.67	10,160	29.52	0.196
45	7.22	7,620	29.62	0.147
32	0	4,572	29.74	0.088
21	-6.11	2,540	29.82	0.049
6	-14.44	1,270	29.87	0.0245
-24	-31.11	254	29.91	0.0049
-35	-37.22	127	29.9150	0.00245
-60	-51.11	25.40	29.9190	0.00049
-70	-56.67	12.70	29.9195	0.00024
-90	-67.78	2.54	29.9199	0.00005
--		0.00	29.9200	0.000000

4. Ficha técnica de soda cáustica

 <small>QUÍMICOS INDUSTRIAIS</small>	Ficha de Especificação Sistema de Gestão Integrado	Documento Informatizado DT-203-005
	Soda Cáustica Líquida	

Características dos Produtos à Saída da Fábrica

DESCRIÇÃO FÍSICA:

Líquido incolor sem cheiro.

PROPRIEDADES:

Temperatura de Ebulição	143° C
Temperatura de Congelação	10° C
Tensão de Vapor (20° C)	100 Pa
Tensão de Vapor (60° C)	1,5 Pa
Viscosidade (20° C)	75 m Pa.s
Solubilidade	Em água e álcoois, não solúvel em solventes orgânicos.

ESPECIFICAÇÃO:

	Especificação	Máximo	Método
Concentração em NaOH (%)	≥ 48,5	50,5	MET-80-020
Carbonato de Sódio – Na ₂ CO ₃ (%)	≤ 0,20	----	MET-80-017
Cloreto de Sódio – NaCl (ppm)	≤ 150	----	MET-80-015
Ferro – Fe (ppm)	≤ 7	----	MET-80-012
Sulfato de Sódio – Na ₂ SO ₄ (ppm)	≤ 3	----	MET-80-007
Densidade (20° C)	≥ 1,51	1,53	MET-80-020
Arsénio – As (ppm)	≤ 1,5		ICP
Chumbo – Pb (ppm)	≤ 0,25		ICP
Mercúrio – Hg (ppm)	≤ 0,5		AAS

IDENTIFICAÇÃO:

N° CE (do EINECS)	215-185-5
N° CAS	1310-73-2
UN	1824
Código NC	2815-11-11
N° de Índice CE	011-002-00-6

GRAU ALIMENTÍCIO

O produto cumpre com os critérios de pureza estabelecidos na Directiva Comunitária 2008/84/EC.

Impressão Não Controlada

Data de Atualização: 09-11-11

Data de Impressão : 15-11-11

Quinta da Indústria, Beduído, 3860-680 Estarreja
 VERSÃO: 04

Página: 1 / 1

TLF: 234 810 300 - Fax: 234 810 306
 quimicos.industriais@cuf-qi.pt

5. Ficha técnica do ácido nítrico



FICHA DE PRODUTO ÁCIDO NÍTRICO 60%

1. IDENTIFICAÇÃO

NOME QUÍMICO: **Ácido Nítrico 60%**
 FÓRMULA QUÍMICA: HNO_3
 N.º CAS: 7697-37-2
 N.º CE: 231-714-2

2. CARACTERÍSTICAS

- O Ácido Nítrico é um líquido de cor ligeiramente amarelada, é muito corrosivo e tem cheiro irritante
- Miscível na água

Composição Química

ESPECIFICAÇÃO	Garantido	Método
Concentração ($\text{HNO}_3\%$)	≥ 59	NP 1065
Ferro (Fe mg/kg)	≤ 8	NP 1063
Ácido Nitroso (HNO_2 mg/kg)	≤ 20	NP 1064
Cloretos (Cl mg/kg)	≤ 2	NP 1685
Resíduo Fixo a 800°C (mg/kg)	≤ 15	NP 1062

Características Físicas

PROPRIEDADE	VALOR
Massa volúmica a 20°C	$\geq 1,365 \text{ g/cm}^3$
Ponto de Ebulição a 100 kPa	86 °C
Ponto de Fusão a 100 kPa	-42 °C

3. APLICAÇÕES

- Indústria de Lactínios
- Indústria de Explosivos
- Indústria Metalúrgica
- Indústria Química
- Agricultura

4. BENEFÍCIOS

- Oxidante enérgico mesmo em solução diluída.

5. APRESENTAÇÃO

- O Produto pode ser comercializado sob a forma:
- Jerricans de 20L ou 60 L
 - Contentores de 1000 L
 - Granel - cisternas de 25t

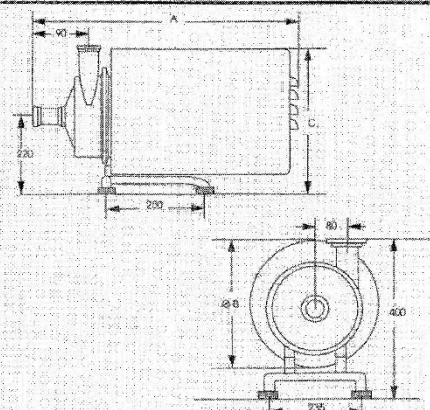
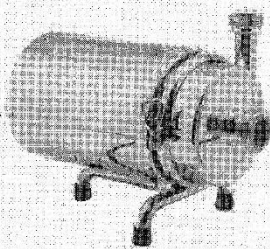
6. HIGIENE, SEGURANÇA E AMBIENTE

O Ácido Nítrico é uma substância corrosiva que pode causar queimaduras e liberta gases tóxicos. Informação sobre a sua utilização, forma de manipulação, bem como informações sobre segurança e ambiente pode ser encontrada na ficha de segurança elaborada por QuimiTécnica.com, S.A.

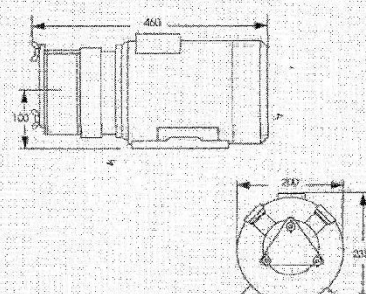
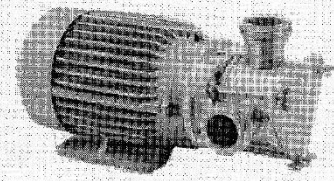
6. Ficha técnica de bombas centrífugas



		CENTRÍFUGAS CENTRIFUGAL PUMPS						
	CÓDIGO CODE	MOTOR		ENTRADA INLET	SAIDA OUTLET	A	B	C
		CV/HP	RPM	∅	∅	∅	∅	
MP 759	5611.0553	1.5	1.500	50	38	500	280	365
	5611.0562	3	3.000	50	38	500	280	365
	5611.0571	4	3.000	50	38	650	320	400
	5611.0580	5,5	3.000	63	50	650	320	400
	5611.0599	7,5	3.000	63	50	650	320	400
	5611.0605	10	3.000	63	50	650	320	400
MP759 / TA	5611.0164	3	3.000	63	50	500	280	365
	5611.0173	4	3.000	63	50	650	320	400
ESPECIFICAÇÕES				SPECIFICATIONS				
COUPO - AÇO INOXIDÁVEL AISI 316 TURBINA - AÇO INOXIDÁVEL AISI 316 BLINDAGEM - AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 JUNTA - NEOPRENE VEDANTE - TIPO MECÂNICO MOTOR - 380 V - 60 Hz				PUMP HOUSING - ST. STEEL AISI 316 IMPELLER - ST. STEEL AISI 316 MOTOR COVER - ST. STEEL AISI 304 ORING - NEOPRENE SHAFT SEAL - MECHANICAL TYPE MOTOR - 380 V - 50 Hz				




























		AUTO ASPIRANTE SELF-PRIMING PUMP			
	CÓDIGO CODE	MOTOR		ENTRADA INLET	SAIDA OUTLET
		CV/HP	RPM	∅	∅
MP 760	5611.0021	3	1.500	50	50
ESPECIFICAÇÕES		SPECIFICATIONS			
CORPO - AÇO INOXIDÁVEL AISI 316 TURBINA - AÇO INOXIDÁVEL AISI 316 JUNTA - NEOPRENE VEDANTE - TIPO MECÂNICO MOTOR - 380 V - 50 Hz		PUMP HOUSING - ST. STEEL AISI 316 IMPELLER - ST. STEEL AISI 316 ORING - NEOPRENE SHAFT SEAL - MECHANICAL TYPE MOTOR - 380 V - 50 Hz			
EQUIPAMENTO OPCIONAL / OPTIONAL EQUIPMENT					
CENTRIFUGAL PUMPS ON WHEELS AND EQUIPPED WITH ELECTRICAL CIRCUIT BREAKER					

Rev. 2000

7. Tabela de valores de perda de carga

	NORMA	DN 20	1"	DN 25	1 ¼"	DN 32	1 ½"	DN 40	DN 50	2"	2 ½"	DN 65	3"	DN 80	4"	DN 100	DN 125	DN 150	
		Ø _{EXT.}	22	25	28	32	33	38	40	51	51	63,5	70	76,1	85	101,6	104	129	154
		Ø _{INT.}	20,5	23,8	26,5	30,8	31,5	36,8	38,5	49,5	49,8	61,9	68	74,5	83	99,6	102	127	152
		Espessura	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5	1,5	1,2	1,6	2	1,6	2	2	2	2	2
 1	Válvula de globo	7	9	9	10	10	15	15	18	18	25	25	30	30	35	35	40	50	
 2	Válvula de retenção	6	7	7	9	9	10	10	15	15	20	20	25	25	30	30	35	40	
 3	Válvula angular	3,5	4	4	6	6	7	7	8	8	10	10	14	14	16	16	20	25	
 4 (a)	Válvula especial entrada superior	4	5	5	7	7	9	9	10	10	15	15	17	17	22	22	30	35	
 4 (b)	Válvula especial entrada lateral	3	3	3	5	5	5	5	6	6	8	8	10	10	12	12	15	20	
 5	Tê saída lateral (90°)	2	2,5	2,5	4	4	4	4	5	5	7	7	8	8	10	10	13	15	
 6	Curva de 180°	2	2	2	3	3	3,5	3,5	4	4	0,55	0,55	7	7	9	9	11	13	
 7	Tê saída superior (90°)	1,7	2	2	2,7	2,7	3	3	4	4	5	5	6	6	8	8	10	12	
 8	Joelho	1,5	1,7	1,7	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	5	5	5,5	5,5	7	7	9	11	
 9	Redução cônica	0,8	0,9	0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4,5	5,5	
 10	Tê de redução	0,8	0,9	0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4,5	5,5	
 11	Curva de raio muito reduzido	0,7	0,9	0,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	2	2	2,5	2,5	3,2	3,2	4	5	
 12	Redução em T	0,6	0,7	0,7	1	1	1,2	1,2	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	3	4	4,5	
 13	Curva 90°	0,55	0,7	0,7	0,9	0,9	1	1	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,2	2,5	2,5	3,5	4	
 14	Redução (d/D = %)	0,55	0,7	0,7	0,9	0,9	1	1	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,2	2,5	2,5	3,5	4	

	NORMA	DN 20	1"	DN 25	1 1/4"	DN 32	1 1/2"	DN 40	DN 50	2"	2 1/2"	DN 65	3"	DN 80	4"	DN 100	DN 125	DN 150	
		Ø _{EXT.}	22	25	28	32	33	38	40	51	51	63,5	70	76,1	85	101,6	104	129	154
		Ø _{int.}	20,5	23,8	26,5	30,8	31,5	36,8	38,5	49,5	49,8	61,9	68	74,5	83	99,6	102	127	152
		Espessura	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5	1,5	1,2	1,6	2	1,6	2	2	2	2	2
 15 Curva de raio reduzido		0,45	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	2,3	2,3	2,5	3,1	
 16 Tê saída direita		0,45	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	2,3	2,3	2,5	3,1	
 17 Redução em T suave		0,4	0,45	0,45	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,8	
 18 Redução (d/D = 1/2)		0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	1	1	1,4	1,4	1,5	1,5	2	2	2,5	3	
 19 Redução (d/D = 1/4)		0,3	0,35	0,35	0,5	0,5	0,55	0,55	0,65	0,65	1	1	1,2	1,2	1,5	1,5	1,9	2,2	
 20 Redução (d/D = 1/2)		0,2	0,25	0,25	0,4	0,4	0,45	0,45	0,55	0,55	0,7	0,7	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5	1	
 21 Curva 45°		0,3	0,3	0,3	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5	1,5	1,8	2	
 22 Válvula cunha		0,15	0,15	0,15	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,35	0,4	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9	1	
 23 Redução (d/D = 3/4)		0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,35	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	1	1,2	

Instruções de trabalho

**1) Local de Trabalho:** Secagem de Soro**2) Responsável:** Operador de serviço**3) Equipamento:** Cristalizadores**4) Materiais:** [Soda Cáustica] = 1,1+/-0,1%
[Ácido Nítrico] = 1,05+/-0,1%

Tsoda caustica = 75±2°C

Tácido nítrico = 65±2°C

5) Frequência:

	Enxag. Inicial	Lavagem alcalina	Enxag. Intermédia/Final	Lavagem ácida	Enxag. Final
Temp. (°C)	Ambiente	75 °C	Ambiente	65 °C	Ambiente
Conc. (%)	---	1.1 %	---	1.05 %	---
Tempo (min)	5 min	20 min	5 min	20 min	5 min
Produto	Água da rede	Soda Cáustica	Água da rede	Ácido Nítrico	Água da rede
Frequência	Antes de lavar	Após utilização	Fim de lavagem alcalina	Após lavagem alcalina	Após lavagem ácida

6) Instrução de Trabalho:

- 1- Colocar o grampo de acordo com o equipamento a higienizar no distribuidor CIP.
- 2- Colocar a curva no topo do cristalizador a higienizar.
- 3- Selecionar no controlador CIP ao Cristalizador.
- 4- Lavagem manual do Cristalizador com água da rede durante aproximadamente 5 min (até retirar o produto do fundo)
- 5- Selecionar no controlador da Protagma
 - 5.1 “CIP 1” – “Programa 2 (Soda+Ácido)” – Cristalizador “n”
 - 5.2 “START”

**1) Local de Trabalho:** Secagem de Soro**2) Responsável:** Operador de serviço**3) Equipamento:** Linha Secagem**4) Materiais:** [Soda Cáustica] = 1,1+/-0,1%
[Ácido Nítrico] = 1,05+/-0,1%

Tsoda caustica = 75±2°C

Tácido nítrico = 65±2°C

5) Frequência:

	Enxag. Inicial	Lavagem alcalina	Enxag. Intermédia /Final	Lavagem ácida	Enxag. Final
Temp. (°C)	Ambiente	75 °C	Ambiente	65 °C	Ambiente
Conc. (%)	---	1.1 %	---	1.05 %	---
Tempo (min)	5 min	20 min	5 min	20 min	5 min
Produto	Água da rede	Soda Cáustica	Água da rede	Ácido Nítrico	Água da rede
Frequência	Antes de lavar	Após utilização	Fim de lavagem alcalina	Após lavagem alcalina	Após lavagem ácida

6) Instrução de Trabalho:

- 1- Colocar o grampo de acordo com o equipamento a higienizar no distribuidor CIP.
- 2- Colocar a curva da saída da linha ao retorno de CIP (Piso 5).
- 3- Selecionar no controlador da Protagma
 - 5.1 “CIP 1” – “Programa 2 (Soda+Ácido)” – Linha Secagem
 - 5.2 “START”

Apêndice

1. Diagramas de processo

2. Modelação 3D

3. Ciclos de CIP

Tabela 3-1 Tempo em segundos dos ciclos de CIP dos equipamentos linha 1 e 2.

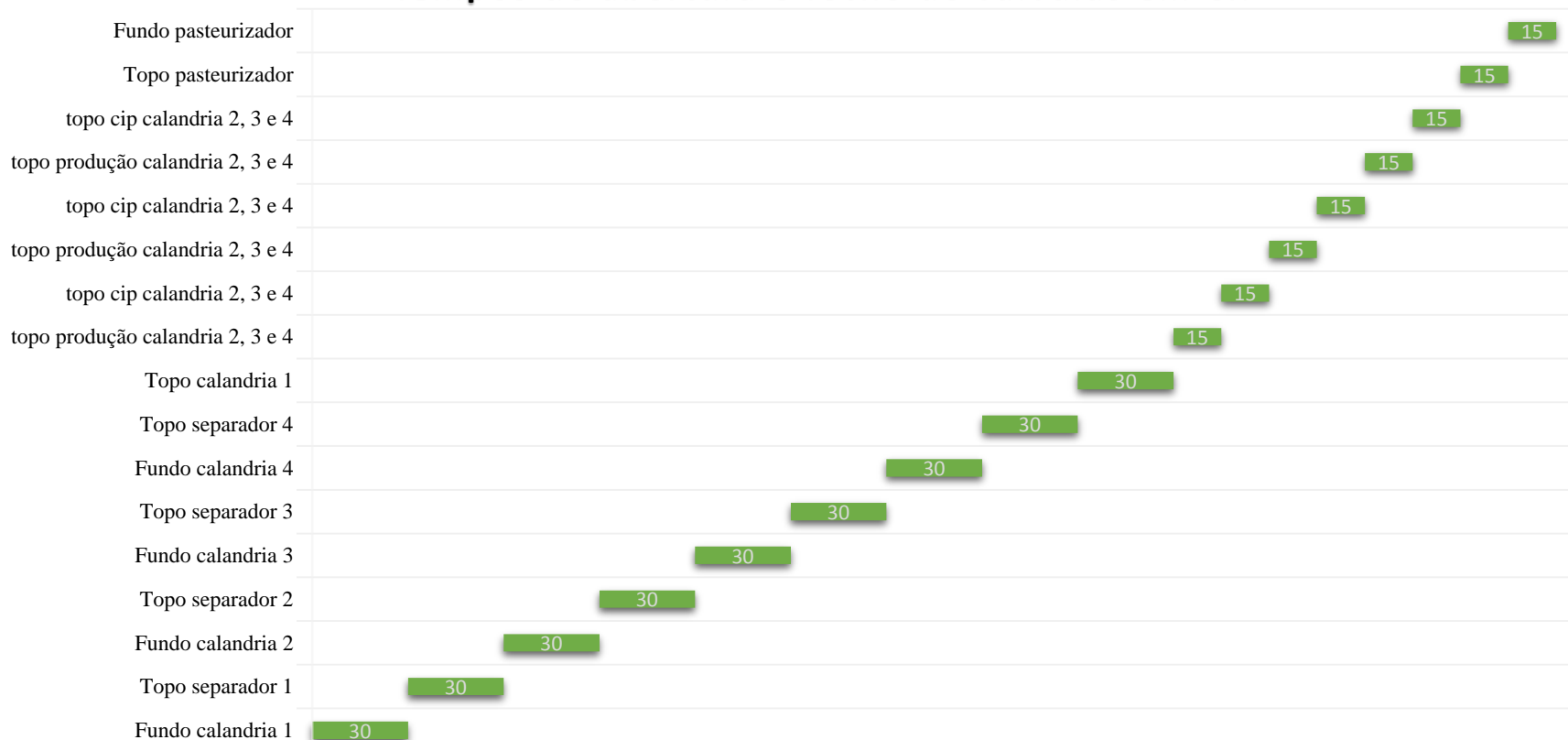
		Fase	Equipamentos Linha 1		Equipamentos Linha 2							
			Cristalizadores	L. Atomizador	Silo 100	Silo 200	Silo 300	Silo 400	L. Evaporação	L. Coletores	L. Cisternas	
CIP Longo	CIP Curto	Enxaguamento inicial	300	250	300	250	250	200	300	300	300	
		Esvaziamento	300	300	300	250	250	200	140	140	140	
		Limpeza com detergente alcalino	1200	900	1200	1200	1200	1200	900	900	900	
		Esvaziamento	300	150	300	300	300	300	140	140	140	
		Enxaguamento detergente alcalino	300	300	600	600	600	600	300	300	900	
		Esvaziamento	300	900	300	300	300	300	140	140	140	
			Limpeza com detergente ácida	1200	150	1200	1200	1200	1200	900	900	900
			Esvaziamento	300	200	300	300	300	300	140	140	140
			Enxaguamento detergente ácido	300	300	600	600	600	500	200	200	200
			Esvaziamento	300	300	300	300	300	300	140	140	140
	Enxaguamento final			350	200	300	300	300	300	250	250	250
				5150	3950	5700	5600	5600	5400	3550	3550	4150

Tabela 3-2 Etapas de CIP do processo da evaporação.

Fase	Tempo [minutos]		Válvulas borboleta manuais				
	CIP Longo	CIP Curto	Condensados Esgoto	Condensados T. Balanço	Condensados Scrubber	Enchimento Cristalizadores	Enchimento Esgoto
Empurro de produto na linha	2		OFF	OFF	OFF	ON	OFF
Soda cáustica + Condensados	2		OFF	ON	OFF	ON	OFF
Esvaziamento	10		OFF	ON	OFF	ON	ON
Detergente alcalino em retorno	30	20	OFF	ON	OFF	ON	OFF
Enxaguar detergente alcalino	30		OFF	ON	OFF	ON	ON
Detergente ácido em retorno	30	20	OFF	ON	OFF	ON	ON
Enxaguar detergente ácido	20		OFF	ON	OFF	ON	ON
Enxaguar linha de enchimento	10		OFF	ON	OFF	ON	OFF

Tabela 3-3 Tempo de abertura e fecho de válvulas CIP da evaporação.

Tempos de abertura e fecho de válvulas em CIP



	Fundo calandria 1	Topo separado 1	Fundo calandria 2	Topo separado 2	Fundo calandria 3	Topo separado 3	Fundo calandria 4	Topo separado 4	Topo calandria 1	topo produção calandria 2, 3 e 4	topo cip calandria 2, 3 e 4	topo produção calandria 2, 3 e 4	topo cip calandria 2, 3 e 4	topo produção calandria 2, 3 e 4	topo cip calandria 2, 3 e 4	Topo pasteurizador	Fundo pasteurizador
Início	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	285	300	315	330	345	360	375
Duração	30	30	30	30	30	30	30	30	30	15	15	15	15	15	15	15	15

Tabela 3-4 Etapas de CIP do processo de secagem de soro.

Fase	Tempo [minutos]	Tanque Água Quente		Tanque Soda Cáustica		Drenagem
		Passador n°3	Retorno CIP	Passador n°3	Retorno CIP	Retorno CIP
Retorno Finos - Câmara	2	ON	OFF	OFF	OFF	ON
Câmara	15	OFF	OFF	ON	ON	OFF
Câmara SFB	8	ON	ON	OFF	OFF	OFF
Retorno Finos - Peneiro	2	ON	ON	OFF	OFF	OFF
Peneiro - V.F.	8	ON	ON	OFF	OFF	OFF
Conduta Saída - Chaminé	45	ON	OFF	ON	OFF	ON
Conduta Saída - Câmara	10 + 8	ON	ON	ON	ON	OFF
Ciclone 1	15	ON	ON	ON	ON	OFF
Ciclone 2	15	ON	ON	ON	ON	OFF
Esgoto - Ventilação	80	ON	OFF	ON	OFF	ON

4. Matriz decisão

4.1. Comparação entre requisitos

Requisitos	Q/S	Q/A	Q/€	S/A	S/€	A/€	Somatório	Importância	Importância Normalizada
Qualidade	80%	60%	70%				2,1	1	0,35
Segurança	20%			40%	90%		1,5	0,71	0,25
Ambiente		40%		60%		90%	1,9	0,90	0,32
€			30%		10%	10%	0,5	0,24	0,08
Total							6	2,86	1,00
Máximo							2,1	1	0,35

4.2. Comparação entre propostas

Propostas	Qualidade	Segurança	Ambiente	€
Limpeza Filtros CIP	100,0%	0,0%	80,0%	80,0%
Equipamentos controlados pelo automático	100,0%	52,0%	87,0%	60,0%
Implementação sonda bombas retorno CIP	90,0%	0,0%	100,0%	37,5%
Implementação controlo caudal	75,0%	0,0%	0,0%	37,5%
Retorno CIP linha coletores	100,0%	0,0%	62,5%	75,0%
Redução da distância circuitos CIP	62,0%	0,0%	75,0%	40,0%
Caudal CIP para Silos	90,0%	0,0%	24,0%	64,0%
Revestimento térmico na tubagem	20,0%	0,0%	95,0%	60,0%
Isolamento fugas vácuo	30,0%	0,0%	95,0%	80,0%
Transferência de condensados caldeiras	22,0%	70,0%	45,0%	100,0%
Automatizar CIP evaporação	60,0%	35,0%	90,0%	15,0%
Redesign da tubagem de descarga do Scrubber	100,0%	0,0%	30,0%	80,0%
Automatizar CIP da secagem	60,0%	35,0%	90,0%	27,0%
Retirar equipamentos e tubagem desativados	0,0%	35,0%	0,0%	98,0%
Atualização dos sistemas de controlo da secagem	25,0%	22,0%	0,0%	20,0%
Implementação de decantador	18,0%	0,0%	100,0%	10,0%
Drenagem na tubagem CIP	100,0%	0,0%	0,0%	55,0%
Leitura do retorno do CIP	100,0%	0,0%	100,0%	95,0%
Implementação de permutador de calor	0,0%	0,0%	100,0%	55,0%

4.3. Matriz decisão

Propostas	Fator de importância	0,35	0,25	0,32	0,08	Somatório	Grau de importância
	Requisitos	Qualidade	Segurança	Ambiente	€		
Limpeza Filtros CIP	Comparação entre propostas	1	0	0,8	0,8		4
	Fator de importância x comparação	0,35	0	0,253	0,067	0,670	
Equipamentos controlados pelo automático	Comparação entre propostas	1	0,52	0,87	0,6		5
	Fator de importância x comparação	0,35	0,13	0,276	0,05	0,806	
Implementação sonda bombas retorno CIP	Comparação entre propostas	0,9	0	1	0,375		4
	Fator de importância x comparação	0,315	0	0,317	0,031	0,663	
Implementação controlo caudal	Comparação entre propostas	0,75	0	0	0,375		2
	Fator de importância x comparação	0,2625	0	0	0,031	0,294	
Retorno CIP linha coletores	Comparação entre propostas	1	0	0,625	0,75		4
	Fator de importância x comparação	0,35	0	0,198	0,063	0,610	
Redução da distância circuitos CIP	Comparação entre propostas	0,62	0	0,75	0,4		3
	Fator de importância x comparação	0,217	0	0,238	0,033	0,488	
Caudal CIP para Silos	Comparação entre propostas	0,9	0	0,24	0,64		3
	Fator de importância x comparação	0,315	0	0,076	0,053	0,444	
Revestimento térmico na tubagem	Comparação entre propostas	0,2	0	0,95	0,6		3
	Fator de importância x comparação	0,07	0	0,301	0,05	0,421	
Isolamento fugas vácuo	Comparação entre propostas	0,3	0	0,95	0,8		3
	Fator de importância x comparação	0,105	0	0,301	0,067	0,473	
Automatizar CIP evaporação	Comparação entre propostas	0,6	0,35	0,9	0,15		4
	Fator de importância x comparação	0,21	0,088	0,285	0,013	0,595	
Redesign da tubagem de descarga do Scrubber	Comparação entre propostas	1	0	0,3	0,8		3
	Fator de importância x comparação	0,35	0	0,095	0,067	0,512	

Automatizar CIP da secagem	Comparação entre propostas	0,6	0,35	0,9	0,27		4
	Fator de importância x comparação	0,21	0,088	0,285	0,0225	0,605	
Retirar equipamentos e tubagem desativados	Comparação entre propostas	0	0,35	0	0,98		1
	Fator de importância x comparação	0	0,088	0	0,082	0,169	
Atualização dos sistemas de controlo da secagem	Comparação entre propostas	0,25	0,22	0	0,2		1
	Fator de importância x comparação	0,088	0,055	0	0,017	0,159	
Implementação de decantador	Comparação entre propostas	0,18	0	1	0,1		2
	Fator de importância x comparação	0,063	0	0,317	0,008	0,388	
Drenagem na tubagem CIP	Comparação entre propostas	1	0	0	0,55		2
	Fator de importância x comparação	0,35	0	0	0,046	0,396	
Leitura do retorno de CIP	Comparação entre propostas	1	0	1	0,95		5
	Fator de importância x comparação	0,35	0	0,317	0,079	0,746	
Implementação de permutador de calor	Comparação entre propostas	0	0	1	0,55		2
	Fator de importância x comparação	0	0	0,317	0,046	0,363	

5. Fluxograma do processo da fábrica de Vale de Cambra

