



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE ENERGÉTICA NA GESTÃO INDUSTRIAL DE UMA REFINARIA DE AÇÚCAR

ANA VIRGÍNIA GONÇALVES GOMES

Mestrado em Engenharia Química
Ramo Optimização Energética na Indústria Química
Novembro de 2010



ISEP – Instituto Superior de Engenharia Química
Rua António Bernardino de Almeida, 431
4200 – 072 Porto

RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas SA
Rua Manuel Pinto de Azevedo, 272
4100 – 320 Porto

INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE ENERGÉTICA NA GESTÃO INDUSTRIAL DE UMA REFINARIA DE AÇÚCAR

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Orientador: Engenheiro Luís Braga
Co-Orientador: Engenheiro Gilberto Pinto

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio e colaboração de várias pessoas. A todos os que directa ou indirectamente participaram neste trabalho, desejo expressar o meu agradecimento.

Ao Professor Gilberto Pinto, por ter aceite a co-orientação desta dissertação, pela enorme prestabilidade, pela disponibilidade e todo o apoio que me concedeu durante a elaboração do trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Engenheiro Luís Braga, pela oportunidade da realização de um estágio numa das mais conceituadas empresas Portuguesas, *RAR Açúcar*, concedendo-me deste modo a possibilidade de contacto directo com o mundo do trabalho e da engenharia. Agradeço toda a orientação, disponibilidade e amizade que manifestou ao longo deste trabalho.

A ambos, agradeço também, a revisão crítica desta Tese e as correcções e sugestões que muito valorizaram este trabalho.

Agradeço ao Sr. José Manuel, Sr. Joaquim Vieira, Sr. João Carlos e ao Sr. Vítor Camões pelo companheirismo, disponibilidade, paciência e amizade demonstradas ao longo deste período.

Ao Sr. João Pinto, Sr. Caldas e ao Sr. Mário agradeço toda a cooperação prestada, os conselhos pronunciados e a disponibilidade cedida.

Aos senhores responsáveis da *RAR*, pela forma prestável como me receberam.

A todos os meus amigos, pela amizade incondicional durante estes anos.

Um agradecimento especial ao Nuno, pelo apoio, carinho e compreensão demonstrados.

E, finalmente, o mais importante, o agradecimento aos meus pais e irmãos pelo enorme apoio, carinho e sacrifício que dispensaram durante o desenrolar deste curso.

RESUMO

Actualmente, para atender às necessidades de um mercado cada vez mais globalizado e exigente, as empresas precisam adoptar estratégias que resultem em aumento de produtividade, melhoria da qualidade e redução dos custos a níveis competitivos.

Com o aumento da complexidade dos processos, cada vez se torna mais importante para uma unidade fabril assegurar a disponibilidade operacional dos sistemas produtivos. É neste campo que entra a Manutenção, cuja função agrega conhecimentos e actividades para garantir a disponibilidade dos equipamentos, ao menor custo possível e atendendo a requisitos pertinentes de segurança.

Associado ao sucesso de um programa de manutenção está a existência em *stock* de materiais e peças de reserva. Em casos de paragem não planeada, a questão assume ainda maior importância, tendo em consideração que a indisponibilidade de uma dada peça de reserva pode originar perdas de produção significativas para a economia de uma empresa.

Este trabalho traduz um estudo de casos, desenvolvido na *RAR Açúcar*, que procura pesquisar e sistematizar a ocorrência de avarias incidentes nos sistemas produtivos, e conforme a estratégia de manutenção existente na empresa, pretende a avaliação do factor de disponibilidade associado aos casos, a quantificação das perdas de produção e a definição dos custos resultantes da avaria, nomeadamente, custos energéticos, custos de mão-de-obra do pessoal da manutenção, custos de inactividade associado à mão-de-obra dos operários da produção e custos de consumo de peças de reserva, em resultado de uma manutenção correctiva sem peças de reserva em *stock*. Para avaliar a influência da existência de peças de reserva em *stock* na estratégia da manutenção, nas perdas de produção e nos custos da avaria, o estudo é alargado a esta perspectiva.

A conclusão do estudo revela que a opção mais vantajosa para uma estratégia eficiente de manutenção passa pela presença de peças de reserva em *stock*. O factor de disponibilidade dos equipamentos aumenta em mais de 50% no caso de presença das peças de reserva em *stock* e, conseqüentemente, as perdas de produção diminuem significativamente. Os custos de mão-de-obra dos operários da manutenção e os custos associados à inactividade dos operários da produção diminuem em presença de peças de reserva em *stock*, no entanto, os custos de consumo de peças de reserva aumentam. Este aumento de custo é facilmente suportado pela empresa face à diminuição em cerca de 50% das perdas de produção nestas circunstâncias. O custo de consumo energético varia de forma desigual nos casos estudados.

Palavras-Chave: Manutenção, Disponibilidade, Perdas de Produção, Custos da Avaria, *Stock*.

ABSTRACT

Nowadays, to attend to the needs of a more and more globalized and demanding market, industries need to adopt strategies that will result in the increase of productivity, quality and reduction of costs in order to be competitive.

With an increase in the complexity of the processes, it is much more important for a manufacturing unit to assure the operational availability of the productive systems. In this field, where the maintenance concerns, whose functions bring together knowledge and functions to guarantee the availability of the equipments, at a lesser possible cost and attending to the permanent requirements of security.

Associated to the success of a maintenance program is the existence of stock of the materials and extra supplies. In the case of a non planned stoppage, the case assumes an even greater importance, taking into consideration that the not subject to disposal of each piece in a given stock supply can originate significant losses in production for the economy of a business.

This work translates a study of cases developed in *RAR Açúcar*, that tries to search and systemize the occurrence of damage incidents in the productive systems and according to the strategy of maintenance that exists in the business, it pretends the evaluation of the availability associated to those cases, the quantification of the losses in production, a definition of the costs resulting from the damage, namely, energy cost, maintenance labor costs, costs for the inactivity of labor of the production workers and costs in the use of stock supply, as a result of a correction in a maintenance without pieces in the stock supply. To evaluate the influence of the existing reserved pieces in stock in maintenance strategy, in production loss and cost of damage, the study is extended to this perspective.

The conclusion of the study reveals that the more profitable option for an efficient strategy in maintenance goes through the appearance of pieces in the stock supply. The availability factor of the equipment increases by more 50% in the presence of the stock supply, and consequently, the loss production diminishes significantly. The cost of labor of the maintenance workers and costs associated to inactivity of the production workers diminishes in the presence of the pieces in the stock supply but the costs of waste of the stock supply increases. This increase in the cost is easily supported by the business when faced with the decrease in about 50% of the loss in production under these circumstances. The cost of energy consumption varies in a unequal form in these studied cases.

Key-Words: Maintenance, Availability, Loss in Production, Cost Damages, Stock.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
NOTAÇÃO E GLOSSÁRIO	XIV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO E APRESENTAÇÃO DO PROJECTO	1
1.2 CONTRIBUIÇÕES DA TESE	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DA TESE	4
2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO	5
2.1 HISTÓRIA DA RAR AÇÚCAR	5
2.2 PROCESSO DE REFINAÇÃO DO AÇÚCAR	7
2.2.1 AFINAÇÃO	8
2.2.2 DISSOLUÇÃO	9
2.2.3 CARBONATAÇÃO	10
2.2.4 FILTRAÇÃO	12
2.2.5 DESCOLORAÇÃO	13
2.2.6 EVAPORAÇÃO	16
2.2.7 CRISTALIZAÇÃO	17
2.2.8 CENTRIFUGAÇÃO	18
2.2.9 SECAGEM	18
2.2.10 CLASSIFICAÇÃO	20
2.2.11 PRODUÇÃO DE AÇÚCAR AREADO AMARELO	22
2.2.12 RECUPERAÇÃO	22
2.3 PROCESSO DE EMBALAMENTO DO AÇÚCAR	25
2.3.1 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR GRANULADO BRANCO	26
2.3.2 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR BRANCO FINO	28
2.3.3 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR BRANCO GROSSO	28
2.3.4 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR AREADO AMARELO	29
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
3.1 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL	31
3.2 INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO	32
3.2.1 IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO	33
3.2.2 CONCEITOS E FORMAS DE MANUTENÇÃO	34
3.2.2.1 MANUTENÇÃO CORRECTIVA	35
3.2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	35
3.2.3 GESTÃO DE STOCKS EM MANUTENÇÃO	36
3.2.3.1 SISTEMAS DE GESTÃO DE STOCKS	37
3.2.3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS PELA MANUTENÇÃO	38
3.2.3.3 OBJECTIVOS DA GESTÃO DE MATERIAIS EM MANUTENÇÃO	38

3.2.3.4	MODELOS DE GESTÃO	39
3.2.3.5	NORMALIZAÇÃO EM MANUTENÇÃO	39
3.2.3.6	FUNÇÃO DO APROVISIONAMENTO NA MANUTENÇÃO	40
3.2.3.7	ARMAZÉNS DA MANUTENÇÃO	41
3.2.3.8	CUSTOS ASSOCIADOS AO STOCK	41
3.2.4	A GESTÃO INFORMATIZADA DA MANUTENÇÃO	43
3.2.5	CUSTOS EM MANUTENÇÃO	43
4	LEVANTAMENTO E APRESENTAÇÃO DE DADOS	47
4.1	LEVANTAMENTO E CATALOGAÇÃO: MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E PEÇAS CRÍTICAS DO PROCESSO DE REFINAÇÃO E EMBALAMENTO DO AÇÚCAR	47
4.1.1	SOFTWARE DE GESTÃO UTILIZADO: SAP	47
4.1.2	APRESENTAÇÃO DOS DADOS RECOLHIDOS	49
4.2	LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE AVARIAS EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	52
5	CASOS DE ESTUDO	57
5.1	CASO 1: AVARIA NO SISTEMA DE SOLDADURA DA AGRUPADORA DE PACOTES DE PAPEL DE 1KG	57
5.1.1	ESTUDO DA OCORRÊNCIA REAL	57
5.1.2	SIMULAÇÃO DA OCORRÊNCIA CONSIDERANDO A EXISTÊNCIA DE PEÇAS NECESSÁRIAS PARA REPARAÇÃO DA MÁQUINA EM STOCK	68
5.1.3	COMPARAÇÃO: CASO 1 - Ocorrência Real versus Ocorrência Simulada	73
5.2	CASO 2: AVARIA NO SISTEMA DE COSTURAR OS SACOS 25/50 KG	76
5.2.1	ESTUDO DA OCORRÊNCIA REAL	76
5.2.2	SIMULAÇÃO DA OCORRÊNCIA CONSIDERANDO A EXISTÊNCIA DE PEÇAS NECESSÁRIAS PARA REPARAÇÃO DA MÁQUINA EM STOCK	86
5.2.3	COMPARAÇÃO: CASO 2 – Ocorrência Real versus Ocorrência Simulada	90
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	93
	BIBLIOGRAFIA	95

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

FIGURA 2. 1:	RAR AÇÚCAR	6
FIGURA 2. 2:	FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO DE REFINAÇÃO DO AÇÚCAR	7
FIGURA 2. 3:	PROCESSO DE AFINAÇÃO NA RAR AÇÚCAR	9
FIGURA 2. 4:	PROCESSO DE DISSOLUÇÃO NA RAR AÇÚCAR.	10
FIGURA 2. 5:	PROCESSO DE CARBONATAÇÃO NA RAR AÇÚCAR	11
FIGURA 2. 6:	PROCESSO DE FILTRAÇÃO NA RAR AÇÚCAR	13
FIGURA 2. 7:	PROCESSO DE DESCOLORAÇÃO NA RAR AÇÚCAR	15
FIGURA 2. 8:	PROCESSO DE EVAPORAÇÃO NA RAR AÇÚCAR	16
FIGURA 2. 9:	PROCESSO DE CRISTALIZAÇÃO NA RAR AÇÚCAR	17
FIGURA 2. 10:	PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO NA RAR AÇÚCAR	18

FIGURA 2. 11: <i>PROCESSO DE SECAGEM NA RAR AÇÚCAR</i> -----	20
FIGURA 2. 12: <i>PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO NA RAR AÇÚCAR</i> -----	21
FIGURA 2. 13: <i>PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR AREADO AMARELO NA RAR AÇÚCAR</i> -----	22
FIGURA 2. 14: <i>PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE AÇÚCAR NA RAR AÇÚCAR</i> -----	24
FIGURA 2. 15: <i>PRODUTOS COMERCIALIZADOS PELA RAR AÇÚCAR</i> -----	25
FIGURA 2. 16: <i>PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DO AÇÚCAR GRANULADO BRANCO</i> -----	27
FIGURA 2. 17: <i>PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DO AÇÚCAR BRANCO FINO</i> -----	28
FIGURA 2. 18: <i>PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DO AÇÚCAR BRANCO GROSSO</i> -----	29
FIGURA 2. 19: <i>PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DO AÇÚCAR AREADO AMARELO PELOS SECTORES DE ENSAQUE E EMPACOTAMENTO</i> -----	30
CAPÍTULO 3	
FIGURA 3. 1: <i>EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS</i> -----	33
FIGURA 3. 2: <i>FORMAS DE MANUTENÇÃO</i> -----	35
FIGURA 3. 3: <i>CUSTOS DIRECTOS DE MANUTENÇÃO</i> -----	44
CAPÍTULO 4	
FIGURA 4. 1: <i>TELAS DE SÍNTESE DO SISTEMA SAP</i> -----	48
FIGURA 4. 2: <i>TELA DE SÍNTESE DO SISTEMA SAP</i> -----	52
CAPÍTULO 5	
FIGURA 5. 1: <i>ESQUEMA REPRESENTATIVO DO PROCESSO DE AGRUPAGEM DE PACOTES DE AÇÚCAR GRANULADO BRANCO</i> -	58
FIGURA 5. 2: <i>PLANO PREVISTO DE PRODUÇÃO E PARAGEM TOTAL VERIFICADA POR AVARIA DA MÁQUINA – CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL</i> -----	60
FIGURA 5. 3: <i>PERFIS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA DA AGRUPADORA DE PACOTES E DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO PARA O PERÍODO DE FUNCIONAMENTO NORMAL DAS MÁQUINAS E O PERÍODO DE OCORRÊNCIA DA AVARIA E PERFIL DA TEMPERATURA DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO PARA OS MESMOS PERÍODOS – CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL</i> -----	65
FIGURA 5. 4: <i>PERFIS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA DA AGRUPADORA DE PACOTES E DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO PARA O PERÍODO DE FUNCIONAMENTO NORMAL DAS MÁQUINAS E O PERÍODO DE OCORRÊNCIA DA AVARIA – CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA</i> -----	70
FIGURA 5. 5: <i>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA DO FACTOR DE DISPONIBILIDADE DAS MÁQUINAS</i> -----	73
FIGURA 5. 6: <i>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA DAS PERDAS DE PRODUÇÃO VERIFICADAS DEVIDO À OCORRÊNCIA DE AVARIA</i> -----	74
FIGURA 5. 7: <i>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA DOS CUSTOS DA AVARIA (A); ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA DOS CUSTOS TOTAIS DA AVARIA (B)</i> -----	74
FIGURA 5. 8: <i>ESQUEMA REPRESENTATIVO DO PROCESSO DE EMBALAMENTO DE AÇÚCAR, EM SACOS DE 50KG</i> -----	76
FIGURA 5. 9: <i>PLANO PREVISTO DE PRODUÇÃO E PARAGEM TOTAL VERIFICADA POR AVARIA DA MÁQUINA – CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL</i> -----	78
FIGURA 5. 10: <i>ESQUEMA REPRESENTATIVO DO PROCESSO DE ENSAQUE DE AÇÚCAR EM BIG-BAGS</i> -----	82
FIGURA 5. 11: <i>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA DO FACTOR DE DISPONIBILIDADE DAS MÁQUINAS</i> -----	90

FIGURA 5. 12: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA DAS PERDAS DE PRODUÇÃO-----	91
FIGURA 5. 13: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA DOS CUSTOS DA AVARIA (A); ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL E O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA DOS CUSTOS TOTAIS DA AVARIA (B) -----	91

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 3

TABELA 3. 1: DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS DE POSSE EM PERCENTAGEM DO VALOR DO STOCK -----	42
--	----

CAPÍTULO 4

TABELA 4. 1: CATALOGAÇÃO DAS MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E RESPECTIVAS PEÇAS CRÍTICAS QUE CONSTITUEM O DEPARTAMENTO DE FABRICO E O DEPARTAMENTO DE EMBALAMENTO DO AÇÚCAR-----	50
TABELA 4. 2: CATALOGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E PEÇAS CRÍTICAS DO ELEVADOR DE AÇÚCAR PARA OS CLASSIFICADORES	51
TABELA 4. 3: CATALOGAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS VERIFICADAS NO DEPARTAMENTO DE FABRICO E NO DEPARTAMENTO DE EMBALAMENTO DO AÇÚCAR-----	53
TABELA 4. 4: CATALOGAÇÃO DAS OCORRÊNCIAS VERIFICADAS NO DEPARTAMENTO DE FABRICO E NO DEPARTAMENTO DE EMBALAMENTO DO AÇÚCAR, PARA AS QUAIS NÃO EXISTIAM PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO EM ARMAZÉM DE STOCK.	55

CAPÍTULO 5

TABELA 5. 1: FACTOR DE DISPONIBILIDADE PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL-----	61
TABELA 5. 2: VELOCIDADE NOMINAL DA MÁQUINA DE EMBALAR, DA AGRUPADORA DE PACOTES E DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO-----	61
TABELA 5. 3: CUSTOS OPERACIONAIS COM MÃO-DE-OBRA DA MANUTENÇÃO PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL -----	63
TABELA 5. 4: EQUIPAMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGIA DA AGRUPADORA DE PACOTES E DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO -----	64
TABELA 5. 5: VALORES DE CONSUMOS DE ENERGIA (kWh) E OS RESPECTIVOS CUSTOS PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL -----	66
TABELA 5. 6: CONSUMO ENERGÉTICO E RESPECTIVO CUSTO ASSOCIADO, RELATIVOS AO REPROCESSAMENTO DE PRODUTO REJEITADO: CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL-----	66
TABELA 5. 7: CUSTOS DE REPARAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE PEÇAS PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL-----	67
TABELA 5. 8: CUSTOS DA AVARIA PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL -----	67
TABELA 5. 9: FACTOR DE DISPONIBILIDADE PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA -----	68
TABELA 5. 10: CUSTOS OPERACIONAIS COM MÃO-DE-OBRA DA MANUTENÇÃO PARA CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA -----	69
TABELA 5. 11: VALORES DE CONSUMO DE ENERGIA (kWh) E OS RESPECTIVOS CUSTOS PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA -----	71
TABELA 5. 12: CUSTOS DE PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA-----	72
TABELA 5. 13: CUSTOS DA AVARIA PARA O CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA-----	72
TABELA 5. 14: DIFERENCIAIS OBTIDOS DAS PERDAS DE PRODUÇÃO (EMBALAGENS) E DO CUSTO TOTAL DA AVARIA (€) ENTRE O CASO 1 – OCORRÊNCIA REAL E CASO 1 – OCORRÊNCIA SIMULADA-----	75
TABELA 5. 15: FACTOR DE DISPONIBILIDADE PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL -----	78
TABELA 5. 16: CUSTOS OPERACIONAIS COM MÃO-DE-OBRA DA MANUTENÇÃO PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL -----	79
TABELA 5. 17: EQUIPAMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGIA DA LINHA ENSAQUE -----	80

TABELA 5. 18: ENERGIA CONSUMIDA (KWH) E RESPECTIVO CUSTO ASSOCIADO PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL-----	80
TABELA 5. 19: CONSUMO ENERGÉTICO E RESPECTIVO CUSTO ASSOCIADO, RELATIVOS AO REPROCESSAMENTO DE PRODUTO REJEITADO: CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL -----	81
TABELA 5. 20: EQUIPAMENTOS CONSUMIDORES DE ENERGIA DA LINHA BIG-BAGS -----	83
TABELA 5. 21: ENERGIA CONSUMIDA (KWH) E RESPECTIVO CUSTO ASSOCIADO PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL-----	84
TABELA 5. 24: CUSTOS DA AVARIA PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA REAL-----	85
TABELA 5. 23: FACTOR DE DISPONIBILIDADE PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA -----	86
TABELA 5. 26: CUSTOS OPERACIONAIS COM MÃO-DE-OBRA DA MANUTENÇÃO PARA CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA -----	87
TABELA 5. 25: ENERGIA CONSUMIDA (KWH) E RESPECTIVO CUSTO ASSOCIADO PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA--	88
TABELA 5. 26: CUSTOS DE PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA-----	89
TABELA 5. 27: CUSTOS DA AVARIA PARA O CASO 2 – OCORRÊNCIA SIMULADA-----	89

NOTAÇÃO E GLOSSÁRIO

		DIMENSÃO
CM	CUSTOS DE MANUTENÇÃO	
D	DISPONIBILIDADE	
OT	ORDEM DE TRABALHO	
PNPP	PARAGENS NÃO PLANEADAS DE PRODUÇÃO	T
PPP	PARAGENS PLANEADAS DE PRODUÇÃO	T
TBP	TEMPO BRUTO DE PRODUÇÃO	
TE	TEMPO DE ESPERA	T
TNPP	TEMPO NÃO PLANEADO DE PRODUÇÃO	T
TPP	TEMPO PLANEADO DE PRODUÇÃO	T
TR	TEMPO DE REPARAÇÃO	T
TTAM	TEMPO TOTAL DE ARRANQUE DAS MÁQUINAS	T
TTO	TEMPO TOTAL DE OPERAÇÃO	T
TTPP	TEMPO TOTAL PLANEADO DE PRODUÇÃO	T
TTR	TEMPO TOTAL DE REPARAÇÃO	T

LISTA DE SIGLAS

ETAR	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESISDUAIS
RAR	REFINARIAS DE AÇÚCAR REUNIDAS
SAP	SYSTEME, ANWENDUNGEN UND PRODUKTE IN DER DATENVERARBEITUNG

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E APRESENTAÇÃO DO PROJECTO

O actual ambiente competitivo que se tem verificado em todos os mercados faz com que as empresas procurem melhorias no processo de produção, objectivando a redução de custos de uma forma geral e o aumento da produtividade. Tendo em vista essas finalidades, uma das principais preocupações que deve existir numa linha de produção diz respeito à eficiência energética.

Com o aparecimento da automação nas indústrias, o processo de produção melhorou verificando-se uma maior produtividade com menor consumo de energia e matérias-primas, menores emissões de resíduos, melhores condições de segurança e aumento da eficiência dos equipamentos e máquinas. A manutenção de todo o sistema fabril surge então como de fundamental importância para um programa de eficiência energética completo. Garantir o pleno funcionamento de todas as máquinas e equipamentos tornou-se num objectivo diário. Neste contexto, um dos parâmetros a ter em conta numa linha de produção está directamente relacionado com o tempo de disponibilidade das máquinas e equipamentos que incorporam todo o processo.

Máquinas e equipamentos com defeitos e/ou paradas provocam prejuízos inevitáveis, desde a diminuição ou interrupção da produção, atrasos nas entregas do produto final, perdas financeiras, aumento dos custos de produção passando pela insatisfação do cliente até a perdas de mercado (Rezende, 2008).

De acordo com a síntese anterior, os objectivos a alcançar pela empresa requerem manutenção em serviços de rotina diários e de reparações periódicas programadas, de modo a que perturbem ao mínimo o ritmo de produção e que os riscos associados às avarias imprevistas sejam mínimos. A concretização dessas finalidades exige da manutenção organização, sustentada num sistema de gestão adequado e actualizado (Ferreira, 2006).

Durante a intervenção da manutenção verifica-se em praticamente todos os casos, a necessidade de substituição de diversas peças. No caso de intervenções da manutenção planeadas, as peças encontram-se já definidas no que respeita a referências e respectivas quantidades necessárias. Em relação a intervenções não planeadas, as peças necessárias para substituição não são conhecidas com antecedência, verificando-se geralmente neste caso, perdas de economias e custos elevados para a empresa devido à falta de produção, resultante do aumento do factor de indisponibilidade das máquinas sujeitas à intervenção.

Mas, se por um lado, não ter as peças em *stock* no exacto momento da sua necessidade pode acarretar perdas e custos para a empresa, por outro, o excesso de *stocks* representa custos operacionais de oportunidade do capital empatado.

Surge então a questão de ter ou não ter em *stock* determinado artigo.

A *RAR Açúcar* é uma empresa cujo Departamento de Fabrico se caracteriza pela transformação de rama em açúcar refinado. Este processo é realizado em várias etapas encadeadas (cada uma reúne uma série de operações unitárias), cuja interrupção de uma significa a paragem das outras.

Para além deste departamento, faz ainda parte de uma estrutura operacional da empresa, o Departamento de Embalamento do Açúcar que possui várias linhas de operação de acondicionamento do açúcar, organizadas de forma a proporcionar ao cliente variados modelos de produtos. Cada linha de operação possui vários equipamentos, que laboram em contínuo para o período planeado de produção.

De acordo com a descrição anterior, garantir a disponibilidade dos equipamentos de forma a assegurar a sua operacionalidade nos momentos necessários é um objectivo diário a cumprir pelo grupo de manutenção integrado na empresa, visando a redução dos custos associados às paragens por falha dos equipamentos.

Na empresa existe um armazém de peças de reserva que permite aos operários da manutenção aceder a diversos materiais necessários para a reparação da avaria.

Neste sentido, a *RAR Açúcar* surge como um exemplo de uma indústria interessante à concretização de um estudo que possibilite avaliar o grau de disponibilidade das máquinas e equipamentos em consequência da existência/ausência de peças em *stock*, necessárias para substituição aquando da verificação de uma avaria. Para além disso, a definição dessa relação (disponibilidade/existência/ausência em *stock*) permite a quantificação de todas as perdas e custos associados à ocorrência, nomeadamente perdas de produção, custos de consumos de energia, custos de mão-de-obra, custos de consumo de peças de substituição, etc..

No seguimento das ideias mencionadas anteriormente e para concretização do estudo proposto, apresenta-se aqui a descrição de cada uma das fases de trabalho realizadas na empresa.

Numa primeira fase deste trabalho, efectuou-se uma pesquisa relativa ao processo de refinação. Esta procura foi orientada de modo a adquirir todo o conhecimento da ciência que envolve cada uma das operações unitárias compreendidas no processo, bem como para estimular o contacto com todos os equipamentos e máquinas utilizados.

Posteriormente, e de uma maneira análoga à fase anterior, realizou-se uma pesquisa detalhada do modo de operação respeitante a cada linha de embalagem de açúcar.

Adquirida toda a informação relevante dos processos envolvidos na empresa, procedeu-se, em seguida, ao levantamento e catalogação de todas as máquinas, equipamentos e peças críticas que constituem a linha de refinação e as linhas de embalagem de açúcar, com os principais propósitos:

- actualização dos registos existentes no software de gestão da empresa, relativos às máquinas, equipamentos e peças que constituem o Departamento de Fabrico e o Departamento de Embalamento do Açúcar;
- identificação das peças que constituem determinado equipamento e quais os equipamentos que possuem determinadas peças;

permitindo assim proceder à identificação dos artigos que se justifiquem manter em *stock*.

Numa nova etapa do trabalho, efectuou-se um levantamento das ocorrências verificadas no Departamento de Fabrico e no Departamento de Embalamento do Açúcar, relacionadas apenas com avarias de máquinas, equipamentos ou peças, entre Janeiro e Maio de 2010.

Das ocorrências verificadas, duas foram alvo de um estudo pormenorizado, objectivando uma avaliação que relacione:

- (1) O grau de disponibilidade das máquinas e equipamentos com a presença/ausência de peças em *stock*;
- (2) As perdas de produção com o referido em (1);
- (3) Os custos da avaria (energéticos, mão-de-obra e peças de substituição) com o referido em (1).

1.2 CONTRIBUIÇÕES DA TESE

As principais contribuições da tese são:

Catalogação de todas as máquinas, equipamentos e respectivas peças críticas existentes na linha de refinação e nas linhas de embalagem do açúcar, com as devidas características técnicas para posterior consulta e actualização;

Capacidade de dimensionar correctamente o número de peças a manter em *stock*;

Análise dos custos associados a avarias de equipamentos.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA TESE

Esta tese foi organizada em seis capítulos:

- Introdução;
- Apresentação do Local de Estágio;
- Revisão Bibliográfica;
- Levantamento e Apresentação de Dados;
- Casos de Estudo;
- Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros.

No capítulo 2, Apresentação do Local de Estágio, faz-se inicialmente uma breve descrição da História da *RAR Açúcar* com o intuito de testemunhar todo o caminho percorrido pela empresa até à actualidade, evidenciando todo o progresso conquistado. Faz ainda parte deste capítulo a descrição de todo o processo de fabrico de açúcar executado na empresa, realçando as máquinas e equipamentos que incorporam no processo. Por último, o capítulo termina com a descrição de todo o processo de embalagem do açúcar.

No capítulo 3, Revisão Bibliográfica, são apresentados alguns conceitos importantes no entendimento deste trabalho. São abordados conceitos relacionados nomeadamente com a Conservação de Energia na Indústria e a Manutenção.

No capítulo 4, Levantamento e Apresentação de Dados, indica-se o modo de procedimento executado para a recolha de toda a informação relativa às máquinas, equipamentos e peças bem como as ocorrências de avarias verificadas no Departamento de Fabrico e no Departamento de Embalamento do Açúcar.

No capítulo 5, Casos de Estudo, apresenta-se o estudo destalhado de duas ocorrências de avarias verificadas no Departamento de Embalamento do Açúcar, cujas peças de substituição para reparação da avaria não existiam em *stock*. Para além disso apresenta-se também o estudo dos dois casos numa base simulada, considerando a presença de peças de reserva em *stock*.

O último capítulo da tese apresenta algumas considerações finais, sublinhando o trabalho desenvolvido, assim como recomendações para trabalhos futuros.

2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

2.1 HISTÓRIA DA RAR AÇÚCAR

Em Portugal, até à década de 60, a indústria de Refinação de Açúcar era constituída por algumas unidades fabris de pequena dimensão onde subsistia a indústria manual ou uma indústria mecanizada mas rudimentar.

A política de então impôs a criação de unidades industriais de açúcares modernas, concorrenciais, providas de capital necessário para fazer face aos gastos de investimentos com novos equipamentos, forçando assim à transformação do sector Industrial de Refinação de Açúcar.

Surge então, em 1962, o movimento de algumas empresas do Norte do País com a finalidade de projectar uma só unidade de refinação de açúcar. No seguimento deste contexto, é constituída a *RAR – Refinarias de Açúcar Reunidas*, uma empresa de refinação de açúcar moderna e apetrechada, resultado da agregação de nove unidades fabris.

Em 1967, a *RAR* inaugurava as suas instalações entrando em laboração com uma capacidade de produção anual de 25.000 toneladas. No mesmo ano, as suas vendas atingiram aproximadamente 22.000 toneladas, representando cerca de 11,78% do consumo nacional da época.

Em 1968 muda a composição accionista da *RAR*, o que possibilitou nos anos seguintes um crescimento da empresa a um ritmo acelerado. Em 1973, com a compra da Refinaria Angola estabelecida em Matosinhos, a sua cota de mercado atingiu os 45%.

O resultado desta concentração industrial permitiu uma renovação completa na indústria do açúcar traduzindo-se no aumento do número de trabalhadores e na melhoria das especializações tecnológicas associadas ao processo de fabrico garantindo deste modo a higiene e qualidade do produto oferecido.

Entretanto, com a participação activa em outras áreas de investimento (Alimentar, Embalagem, Imobiliária, Serviços e Turismo) desenvolveu-se o *Grupo RAR*, o que levou à constituição da *RAR – Sociedade de Controle (Holding), S.A.*, a qual passou a deter, entre outras, as participações da *RAR -Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A.*

Actualmente, a *RAR Açúcar* detêm uma capacidade produtiva anual superior a 130.000 toneladas e afigura uma empresa de referência no mercado, com vários produtos e serviços inovadores. A aposta na qualidade dos seus produtos garantiu a certificação de Qualidade pela norma NP EN ISO 9001:2008, a certificação Ambiental pela norma ISO 14001:2004 e a certificação em Segurança Alimentar pela norma NP EN ISSO 22000:2005. (História da *RAR Açúcar*)



Figura 2. 1: RAR Açúcar.
(Fonte: www.rar.pt).

2.2 PROCESSO DE REFINAÇÃO DO AÇÚCAR

Na *RAR Açúcar*, o processo de refinação tem como matéria-prima a rama da cana-de-açúcar. Esta rama consiste em cristais de açúcar de aspecto acastanhado, que possuem uma película de xarope envolvente, na qual se concentram grande parte das impurezas. Esta película permite o transporte da rama a granel passando por diferentes zonas climáticas sem sofrer alteração das suas propriedades físicas e químicas.

O processamento da rama de açúcar até à obtenção de açúcar engloba várias operações complexas. A *Figura 2.2* apresenta de uma forma simplificada, as várias etapas de processamento de refinação do açúcar desenvolvidas na *RAR Açúcar*.

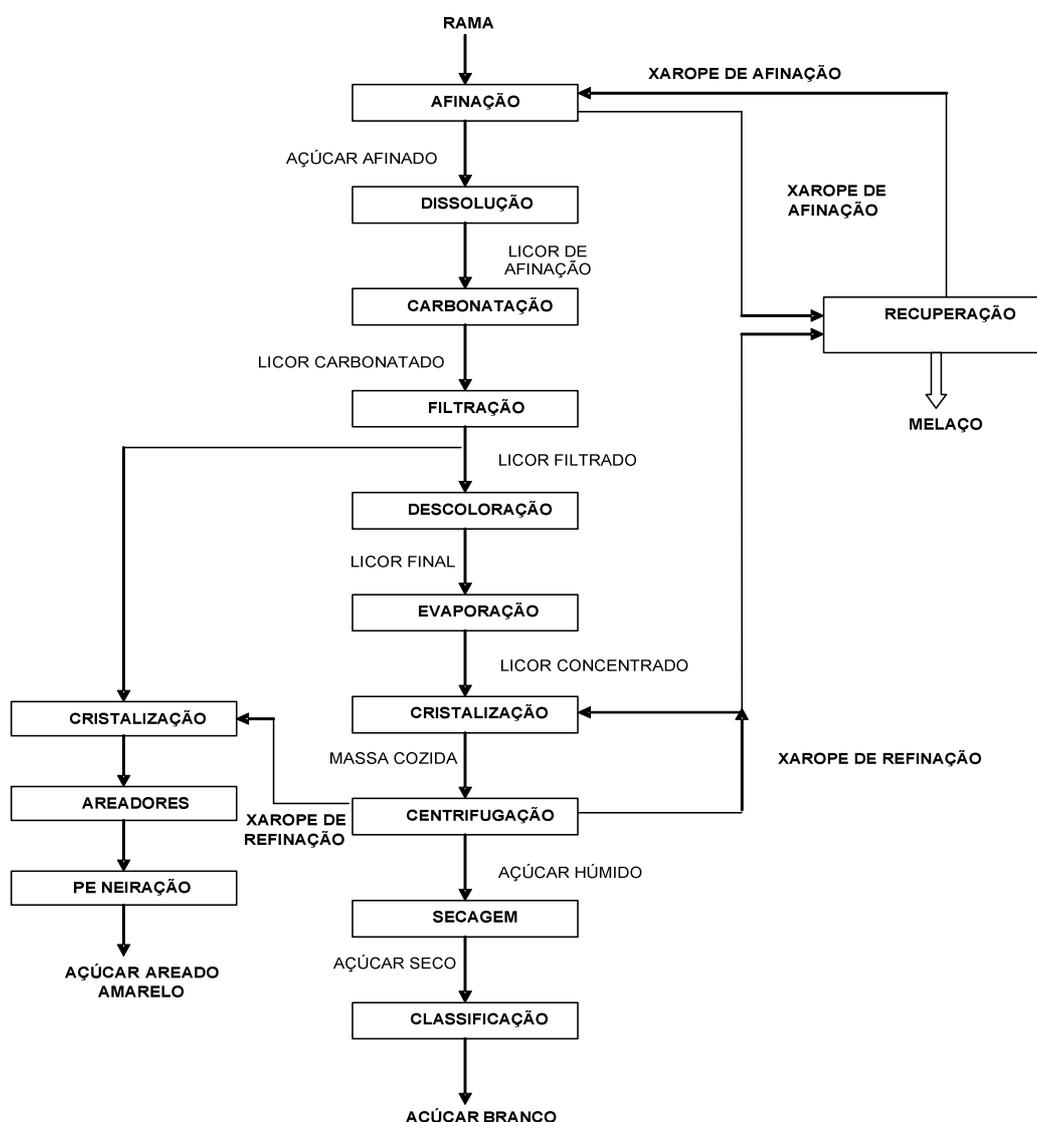


Figura 2. 2: Fluxograma geral do Processo de Refinação do Açúcar.

De seguida, apresenta-se uma descrição de cada uma das etapas de refinação do açúcar, fundamentada a partir da consulta de um documento interno da empresa.

2.2.1 AFINAÇÃO

A primeira operação da Refinação de Açúcar designa-se por Afinação e consiste na separação da película de xarope do cristal de açúcar (*Figura 2.3*).

A rama é transportada do armazém até à refinaria através de um transportador de banda. Já no interior da refinaria, a rama é transportada para um silo através de um elevador de alcatruzes (equipamento que apresenta, no seu interior, baldes – os alcatruzes que transportam o açúcar). À entrada do silo existe um separador de metais que impede a passagem de objectos metálicos susceptíveis de danificar os equipamentos. Na parte inferior do silo existe uma balança que quantifica a descarga de rama necessária ao processo de acordo com a quantidade de açúcar a produzir.

Posteriormente, a rama é descarrega numa amassadora de rama (equipamento equiparado a um reservatório rectangular apetrechado de um sem-fim para mistura e transporte de massa). Em simultâneo a esta descarga de rama, é adicionado para mistura, Xarope de Afinação previamente aquecido, resultante de outras operações do processo. Desta fase resulta o Magma de Afinação.

O Magma de Afinação é enviado para uma outra amassadora de magma a qual servirá para alimentar um colector de massa. Este colector alimenta dois distribuidores de massa, e cada um distribui para duas centrífugas descontínuas de afinação. As centrífugas fazem a separação do Açúcar Afinado do Xarope de Afinação. São constituídas por um cilindro vertical perfurado, revestido por uma rede que retém os cristais de açúcar e deixa passar o xarope através dos orifícios. Quando esta separação está quase completa, os cristais são lavados com água dos condensados a temperatura elevada e descarregados das centrífugas.

O Xarope de Afinação obtido é dirigido para o início do processo de Afinação e, caso se verifique um excesso deste, então é enviado para a secção de Recuperação. O Açúcar Afinado é encaminhado para a próxima etapa do processo.

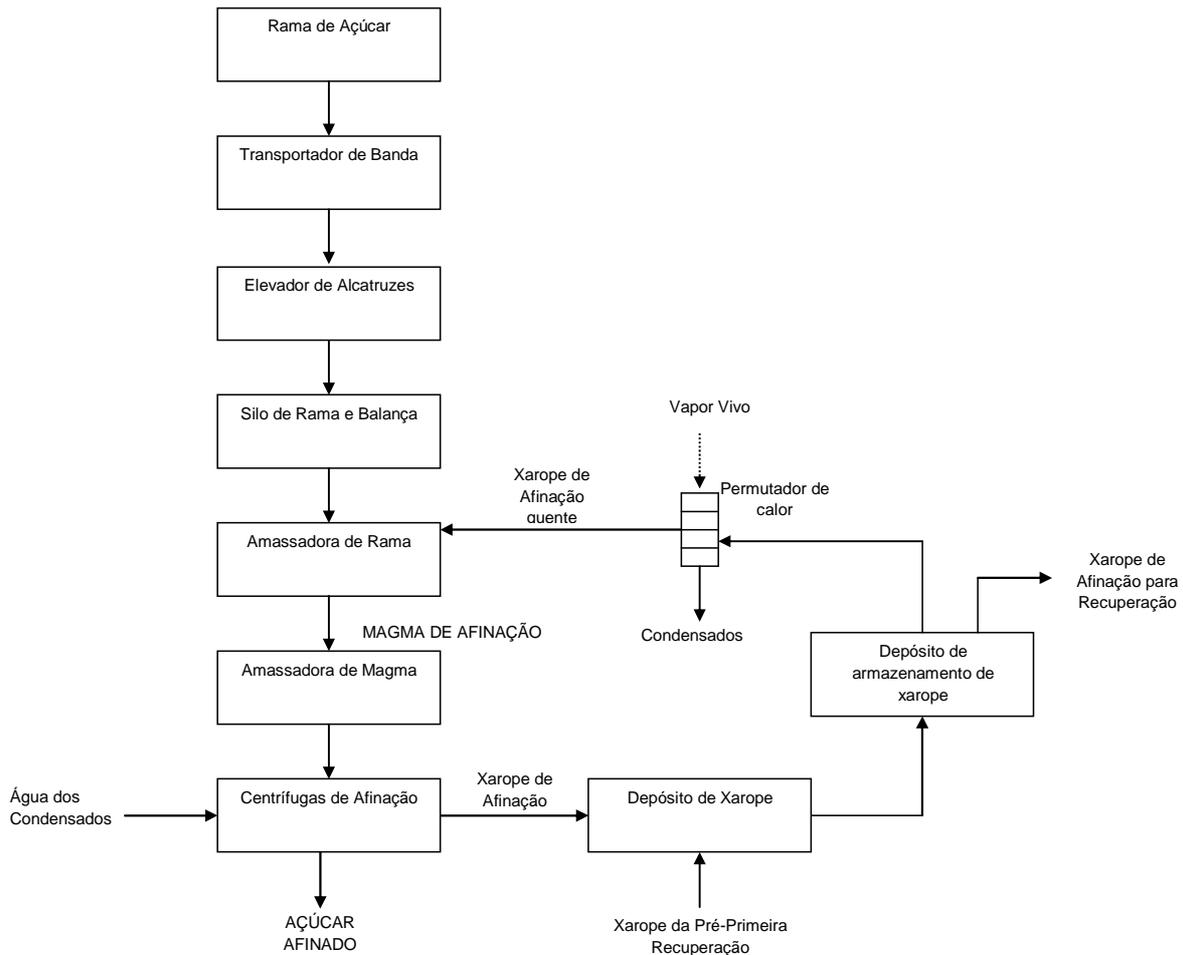


Figura 2. 3: Processo de Afinação na RAR Açúcar.

2.2.2 DISSOLUÇÃO

O processo de Dissolução consiste na dissolução do Açúcar Afinado e Açúcar de Pré-Primeira e Primeira Recuperação em Águas Doces (solução de açúcar e água resultante da lavagem dos filtros e do despoeiramento efectuado aos equipamentos da refinaria).

O Açúcar Afinado obtido nas centrífugas é misturado com águas doces num pré-dissolvedor (sem-fim). Esta mistura é transportada para o dissolvedor de afinação (reservatório em U) provido de agitadores, que além de agitarem a solução, também têm a função de desagregar os aglomerados de cristais de açúcar existentes. Para este dissolvedor podem ser enviados retornos do processo (exemplo: troças – aglomerados de açúcar). Do dissolvedor, o licor obtido passa por um peneiro e é descarregado no depósito do dissolvedor. Pelo peneiro passa também licor resultante de um outro dissolvedor – dissolvedor de recuperação – de menor capacidade, que recebe açúcar da Pré-primeira e Primeira Recuperação e açúcar de retorno externo, sendo descarregado seguidamente no

depósito do dissolvedor. O produto final obtido designa-se por Licor de Afinação. Uma fracção deste licor é encaminhada para um permutador de calor e em seguida é alimentada ao dissolvedor de afinação, o restante segue para a próxima etapa do processo de refinação, a Carbonatação (*Figura 2.4*).

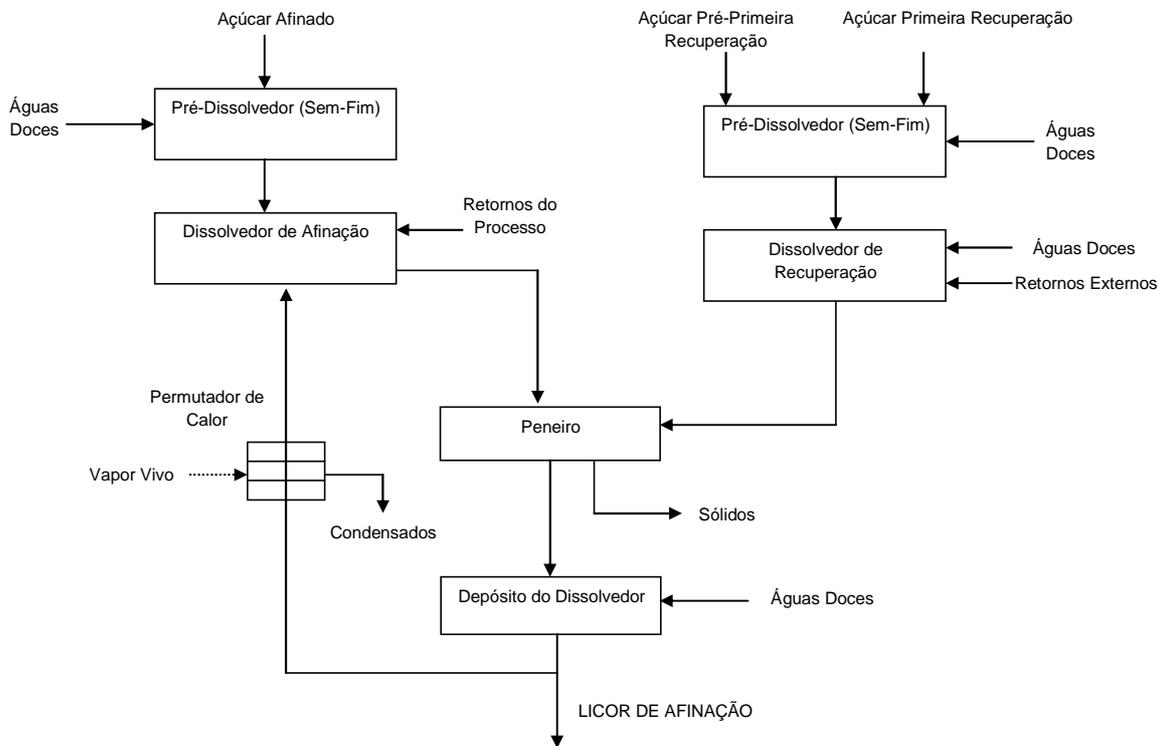
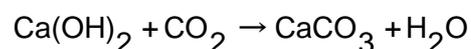


Figura 2. 4: Processo de Dissolução na RAR Açúcar.

2.2.3 CARBONATAÇÃO

A Carbonatação consiste na primeira purificação realizada no processo por adição de leite de cal (mistura de Hidróxido de Cálcio em água quente) ao Licor de Afinação e posterior Carbonatação nos saturadores (torres de saturação) (*Figura 2.5*).

Existem três saturadores (A, A1 e A2), dotados de calândrias onde circula vapor, que recebem a mistura – Licor e Cal. O Dióxido de Carbono – Gás da Carbonatação – é borbulhado na mistura, reagindo desta forma com a cal, formando-se por conseguinte um precipitado de Carbonato de Cálcio, que arrasta consigo parte das impurezas contidas no licor, por intermédio de factores de co-precipitação.



Equação 2. 1

Este gás é proveniente dos gases de exaustão das caldeiras. Fazem-se passar os gases por uma torre onde são lavados com água que lhes retira fuligens, poeiras e gases solúveis que possam conter. Em seguida são submetidos a uma outra lavagem, com uma solução de soda para neutralização dos gases. Após estas operações, o gás contendo Dióxido de Carbono, Oxigénio e Azoto, é comprimido e enviado para os saturadores.

Cada saturador possui uma válvula que permite regular a porção de gás injectada para o saturador. Esta porção a ser injectada é função do pH da mistura no interior do saturador. Para as três torres de saturação com calândria, a entrada de gás é regulada para um pH da mistura entre 8,9 – 9,3.

A solução de Carbonato de Cálcio precipitado com licor, denominada por Licor Carbonatado, obtida nos três saturadores, é enviada para um outro saturador (B), sem calândria mas com entrada de Gás da Carbonatação, que serve apenas para ajuste de pH – valores entre 8,0 – 8,3. É necessário o controlo deste parâmetro uma vez que representa um factor determinante para o sucesso da operação, caso contrário poderá provocar um aumento de impurezas no licor de açúcar ($\text{pH} < 8$ – o precipitado de Carbonato de Cálcio dissolve-se no licor).

Após o término destas operações, o Licor Carbonatado é enviado para um depósito de armazenamento, provido de duas bombas que permitem a alimentação do licor aos filtros.

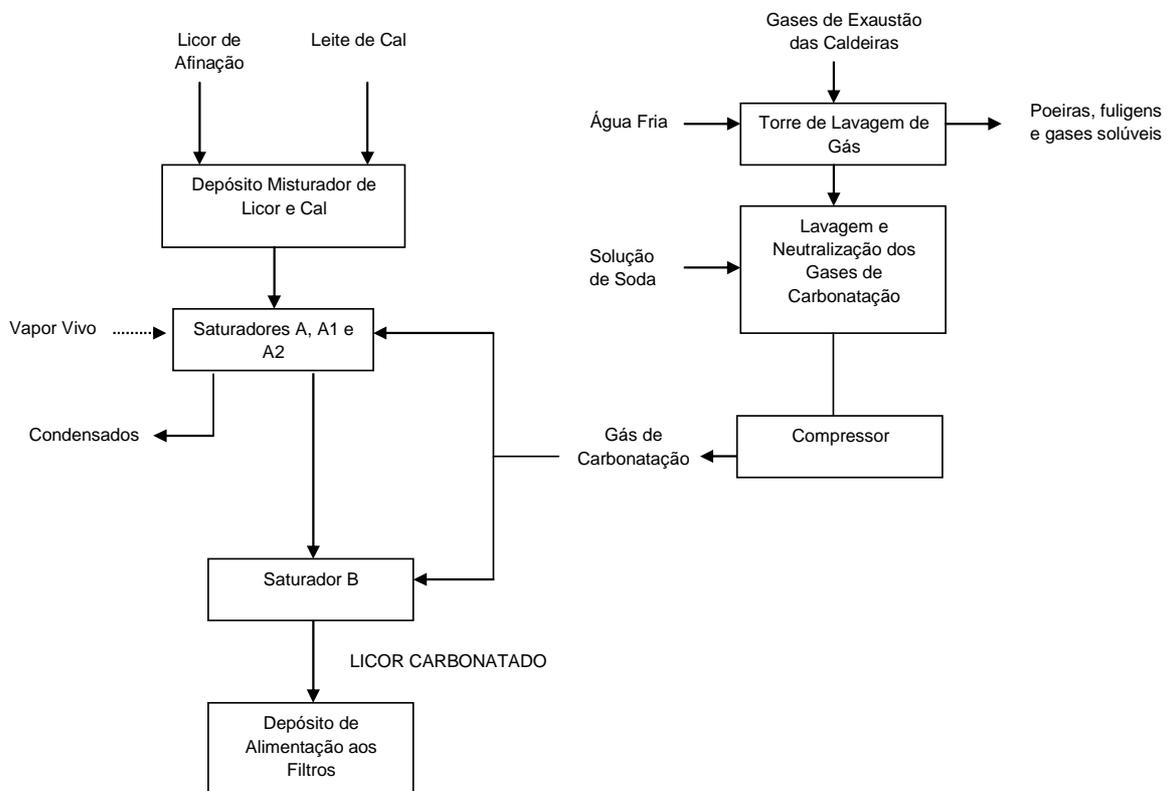


Figura 2. 5: Processo de Carbonatação na RAR Açúcar.

2.2.4 FILTRAÇÃO

A etapa de Filtração consiste em separar o precipitado de Carbonato de Cálcio contendo parte das impurezas do licor (*Figura 2.6*).

A primeira filtração é realizada em dois filtros de prensa, constituídos por quadros e placas dispostos alternadamente. Estes filtros funcionam alternadamente: por um faz-se passar o Licor Carbonatado para separar o precipitado do licor; por outro faz-se passar água quente para dissolver os cristais de açúcar presentes no bolo (lama) obtido no processo de filtração e posteriormente procede-se à secagem desse bolo e subsequente descarga para um transportador sem-fim. Desta primeira filtração obtêm-se: o licor, o bolo e águas doces.

O licor obtido é submetido a uma outra filtração, designada por Filtração de Segurança, para remoção de vestígios de Carbonato de Cálcio no licor. Esta filtração é realizada por dois filtros rotativos de corpo cilíndrico, que trabalham também alternadamente. O licor obtido, Licor Filtrado que apresenta uma concentração entre 61 – 70°Brix e uma cor entre 400 – 800 unidades de cor *ICUMSA*, é enviado para um depósito em que uma parte servirá para alimentar o sector da Descoloração e a restante para a produção de Açúcar Amarelo.

Os filtros utilizados (prensa e rotativo), depois do seu funcionamento são lavados com água, sendo esta posteriormente enviada para um depósito de recirculação de águas turvas, provido de agitador.

O bolo obtido na primeira filtração é misturado com água no sem-fim e posteriormente esta mistura é enviada para o tanque de recirculação de águas turvas. A suspensão obtida neste tanque é transportada para outro depósito (tanque de águas turvas) e em seguida é submetida a uma última filtração. Esta filtração realiza-se num único filtro, pelo qual se faz passar água quente para retirar o máximo possível de açúcar da suspensão. Esta operação termina quando a água que sai do filtro apresenta uma concentração de aproximadamente 3°Brix, sendo esta água enviada para o reservatório de águas doces. A lama originária é encaminhada para valorização agrícola, especificamente para correcção de acidez dos solos.

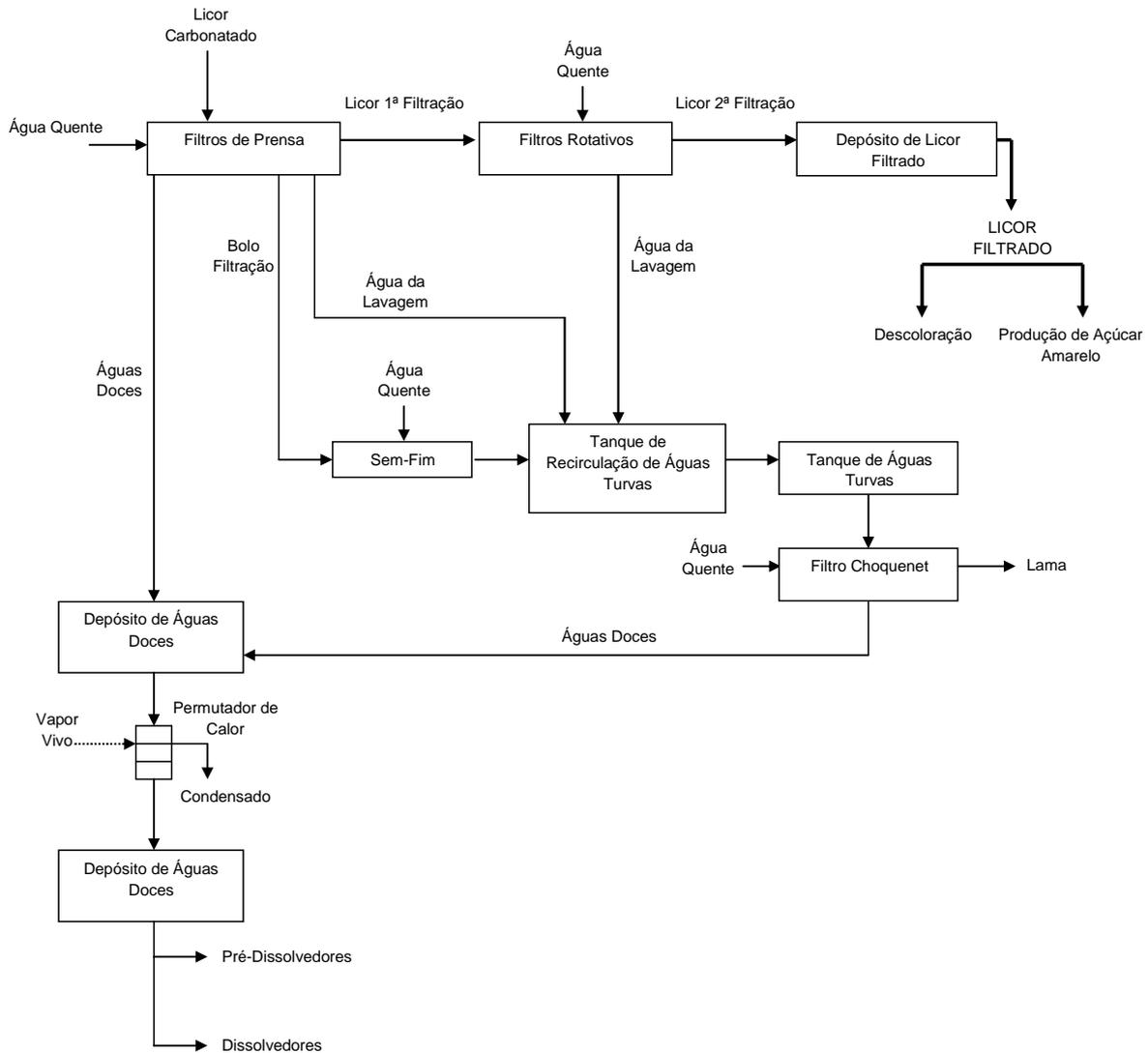


Figura 2. 6: Processo de Filtração na RAR Açúcar.

2.2.5 DESCOLORAÇÃO

Na operação de Descoloração pretende-se remover uma parte de matérias corantes presentes no licor proveniente da Filtração (Figura 2.7). Para este efeito, faz-se passar o licor por um sistema de resinas de permuta iónica. As resinas possuem a capacidade de reter os compostos corados contidos no licor: captam os iões negativos transportados pelo licor, que lhe conferem a coloração, substituindo-os por iões cloreto, incolores.

Existem na refinaria, seis conjuntos designados por sistemas de unidades, sendo dois deles compostos por dois elementos em série (designados corpos) e os outros quatro sistemas apenas constituídos por um corpo. Cada corpo apresenta um reservatório cilíndrico metálico (coluna), cheio de resinas iónicas do tipo aniónica forte. Os seis sistemas

trabalham em paralelo, por ciclos de tratamento, no fim dos quais a resina tem de ser lavada e regenerada.

A execução do processo é igual para os sistemas com dois corpos; o licor entra pelo topo de um dos corpos e sai pela base, entrando no topo do segundo corpo e saindo pela base. Para os sistemas de um corpo, o licor entra também pelo topo do corpo e sai pela base deste. O licor obtido nesta etapa do processo designa-se por Licor Final e apresenta uma cor entre 150 a 400 unidades de cor *ICUMSA*.

As etapas do ciclo de funcionamento dos sistemas são apresentadas seguidamente:

Açucaramento: no início de cada ciclo de tratamento, as colunas encontram-se cheias de água, sendo necessário proceder ao seu enchimento com licor. Alimenta-se licor ao sistema, saindo deste água doce que é enviada para um reservatório. Esta operação decorre até que a concentração à saída da coluna atinja 35° Brix.

Descoloração: terminada a fase de açucaramento, a saída da coluna é dirigida para o reservatório de licor final. O ciclo ocorre em contínuo até que se atinja a capacidade máxima de permuta da resina, que dependendo do caudal a tratar e a cor do licor, pode demorar entre 25h a 40h. No término deste processo, pára-se a passagem de licor e procede-se à lavagem e regeneração da resina.

A regeneração da resina é efectuada com uma solução de cloreto de sódio – salmoura, sendo os iões corantes substituídos por cloreto. Uma das desvantagens de se realizar a regeneração com salmoura reside no facto de se produzir efluentes com elevada carga salina. Para amenizar este facto, existe uma estação de recuperação de salmoura por membranas de nanofiltração.

O processo de regeneração demora cerca de 8h e comporta as seguintes etapas:

Primeiro desaçucaramento: entrada de água pelo topo da coluna e saída de Licor Final pela base da coluna;

Segundo desaçucaramento: entrada de água pelo topo da coluna e saída de águas doces (concentração <40°Brix) pela base da coluna;

Esvaziamento parcial da coluna: saída de efluente pela base da coluna, para a Estação de Tratamento de Águas Residuais – ETAR;

Descompactação: entrada de ar comprimido pela base da coluna com o objectivo de descompactar a resina e saída de ar pelo topo da coluna;

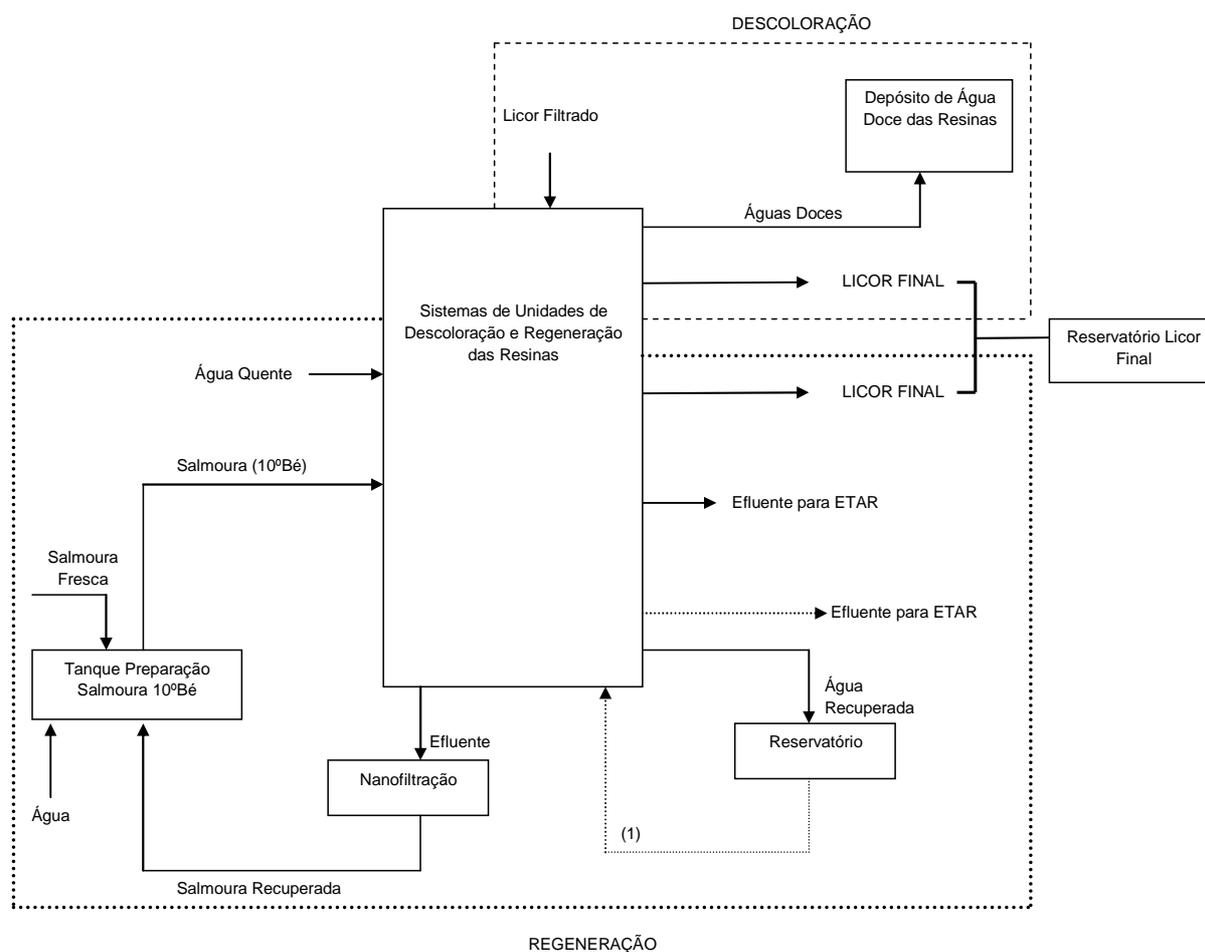
Enchimento: entrada de água recuperada, do ciclo anterior, pelo topo lateral da coluna;

Levantamento: o objectivo desta operação é eliminar caminhos preferenciais e volumes mortos formados durante a descoloração. Alimenta-se água recuperada pela base da coluna, saindo o efluente pelo topo lateral da coluna para a ETAR;

Regeneração com salmoura: entrada de salmoura (10°Bé) pelo topo da coluna e saída de efluente para a ETAR¹ pela base da coluna;

Lavagem lenta: entrada de água pelo topo da coluna e saída de efluente para ETAR²;

Lavagem rápida: entrada de água pelo topo da coluna e saída de efluente para ETAR³.



(1) A água recuperada do ciclo anterior é utilizada na etapa de enchimento e levantamento do ciclo seguinte, saindo depois para a ETAR.

Figura 2. 7: Processo de Descoloração na RAR Açúcar.

¹ Até condutividade 130 mb/cm é dirigido para a ETAR, depois é recuperada por nanofiltração.

² No início o efluente é recuperado para salmoura e depois é descarregado para a ETAR.

³ No início o efluente é descarregado para a ETAR e depois para recuperação de água.

2.2.6 EVAPORAÇÃO

Na secção de Evaporação processa-se a concentração, por evaporação de água do Licor Final proveniente da secção de Descoloração (*Figura 2.8*).

Esta operação é realizada num sistema de evaporadores de duplo efeito. O Licor Final é alimentado pela parte inferior do primeiro evaporador, que é aquecido através de vapor vivo que circula na calândria de aquecimento. Os vapores que resultam deste primeiro efeito vão servir para alimentar a calândria do segundo efeito. O vapor que sai do segundo efeito passa por um permutador de calor de fluxo cruzado que aquece uma corrente de água fria, sendo esta posteriormente encaminhada para o tanque de água quente da refinaria. Após o permutador existe um condensador barométrico de contacto directo, onde entra água da torre de refrigeração pela parte superior. Esta água sofre uma queda de 11m o que vai provocar o vácuo nos evaporadores.

As águas doces obtidas pela condensação do vapor, no evaporador de segundo efeito, são encaminhadas para um reservatório de águas doces servindo posteriormente para os depoeiramentos dos equipamentos.

O licor é concentrado entre 70 – 75°Brix, designando-se no final desta operação por Licor Concentrado.

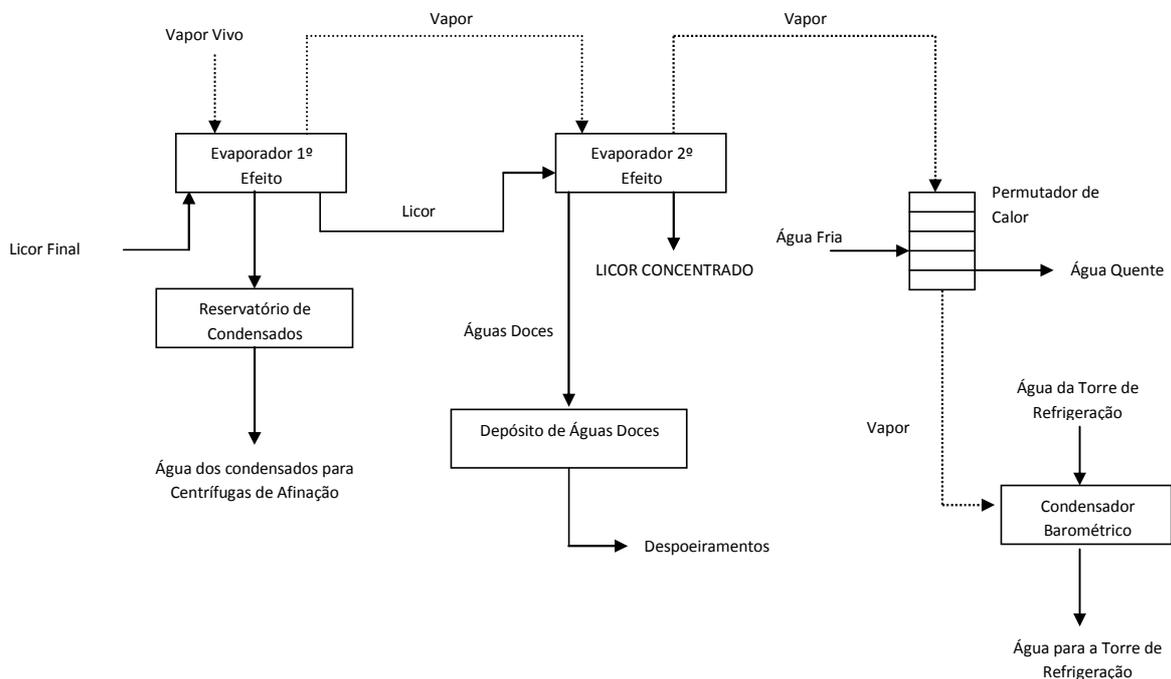


Figura 2. 8: Processo de Evaporação na RAR Açúcar.

2.2.7 CRISTALIZAÇÃO

Na secção de Cristalização de Açúcar Branco, o açúcar dissolvido no Licor Concentrado e no Xarope de Refinação é parcialmente cristalizado (*Figura 2.9*). Esta operação processa-se em cristalizadores descontínuos designados por tachos de vácuo. Na RAR existem três tachos para a cristalização de Açúcar Branco, providos de agitadores mecânicos e com calândrias de aquecimento onde circula vapor.

Semelhante à Evaporação, a Cristalização consiste na evaporação de água do licor, tornando o meio sobressaturado. Nesta fase da operação é injectada uma suspensão de pó de açúcar em álcool – Sementeira de Açúcar – oferecendo assim, as condições necessárias à cristalização da sacarose. Durante a Cristalização, o tacho é alimentado com mais licor obrigando os cristais a crescerem. Na parte final da operação de Cristalização adiciona-se Xarope de Refinação proveniente das operações de Centrifugação dos ciclos anteriores. No final da cozedura, obtém-se a Massa Cozida. Esta massa é descarregada em mexedores, que são tanques horizontais providos de hélices. Após esta fase a massa é enviada para a operação de Centrifugação.

Em cada tacho de vácuo existe um separador de açúcar cujo fim é a retenção de partículas de açúcar que possam ser arrastadas pela evaporação da água do licor. Desta fase resultam águas doces. O vapor segue para um condensador barométrico que, semelhante ao já descrito na evaporação, vai condensar o vapor e provocar o vácuo dentro do tacho.

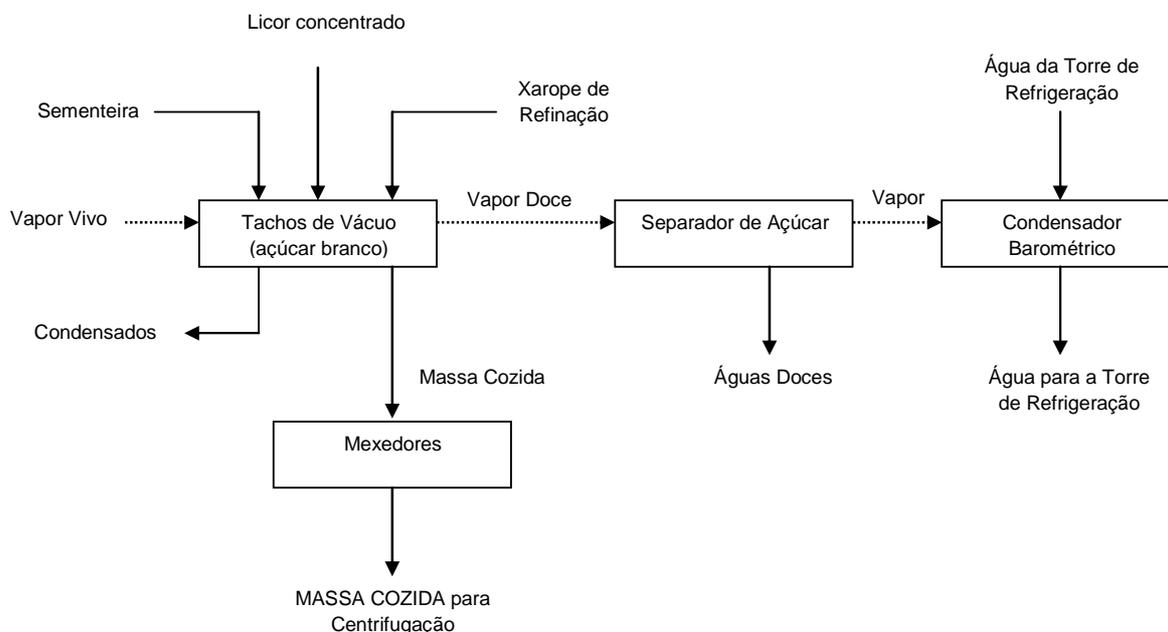


Figura 2. 9: Processo de Cristalização na RAR Açúcar.

2.2.8 CENTRIFUGAÇÃO

A Massa Cozida proveniente da Cristalização é enviada para as centrífugas de refinação onde se dá a separação do Açúcar Húmido do Xarope de Refinação (*Figura 2.10*). Na RAR existem cinco centrífugas de refinação, descontínuas e cujo modo de operação é idêntico às centrífugas de afinação.

O Xarope de Refinação obtido é uma mistura da parte líquida contida na Massa Cozida e o resultante das águas de lavagem do cristal de açúcar e da rede durante a Centrifugação. O xarope é enviado para os depósitos de armazenamento, sendo utilizado posteriormente nas etapas de Cristalização de Açúcar Branco e Açúcar Amarelo do ciclo seguinte de refinação e para a secção de Recuperação.

O Açúcar Húmido é enviado através de um transportador gafanhoto para um elevador de alcatruzes, que por sua vez descarrega num transportador de banda. Este tapete alimenta os secadores.

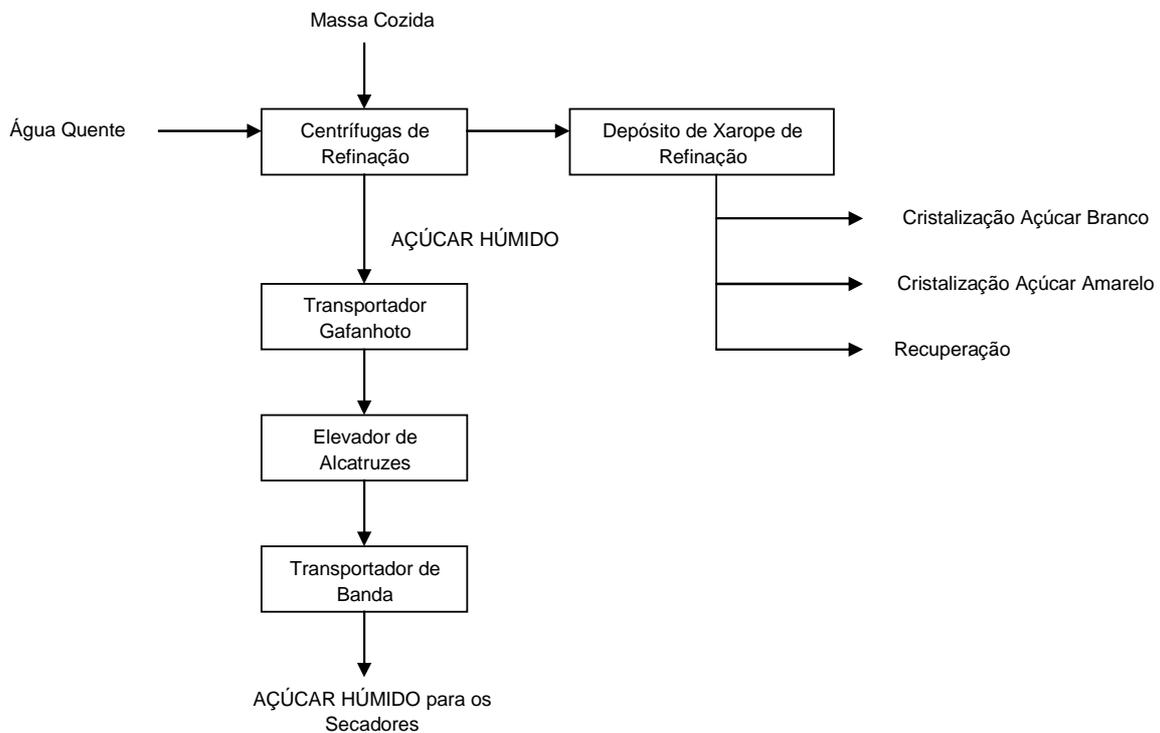


Figura 2.10: Processo de Centrifugação na RAR Açúcar.

2.2.9 SECAGEM

O Açúcar Húmido, proveniente das centrífugas de refinação, é enviado para dois secadores rotativos onde circula ar. O objectivo é retirar toda a humidade ao açúcar para uma boa conservação do produto (*Figura 2.11*).

O princípio de funcionamento dos dois secadores é igual, a única diferença entre eles corresponde à capacidade de carga, um é de 20 ton/h e o outro de 10 ton/h.

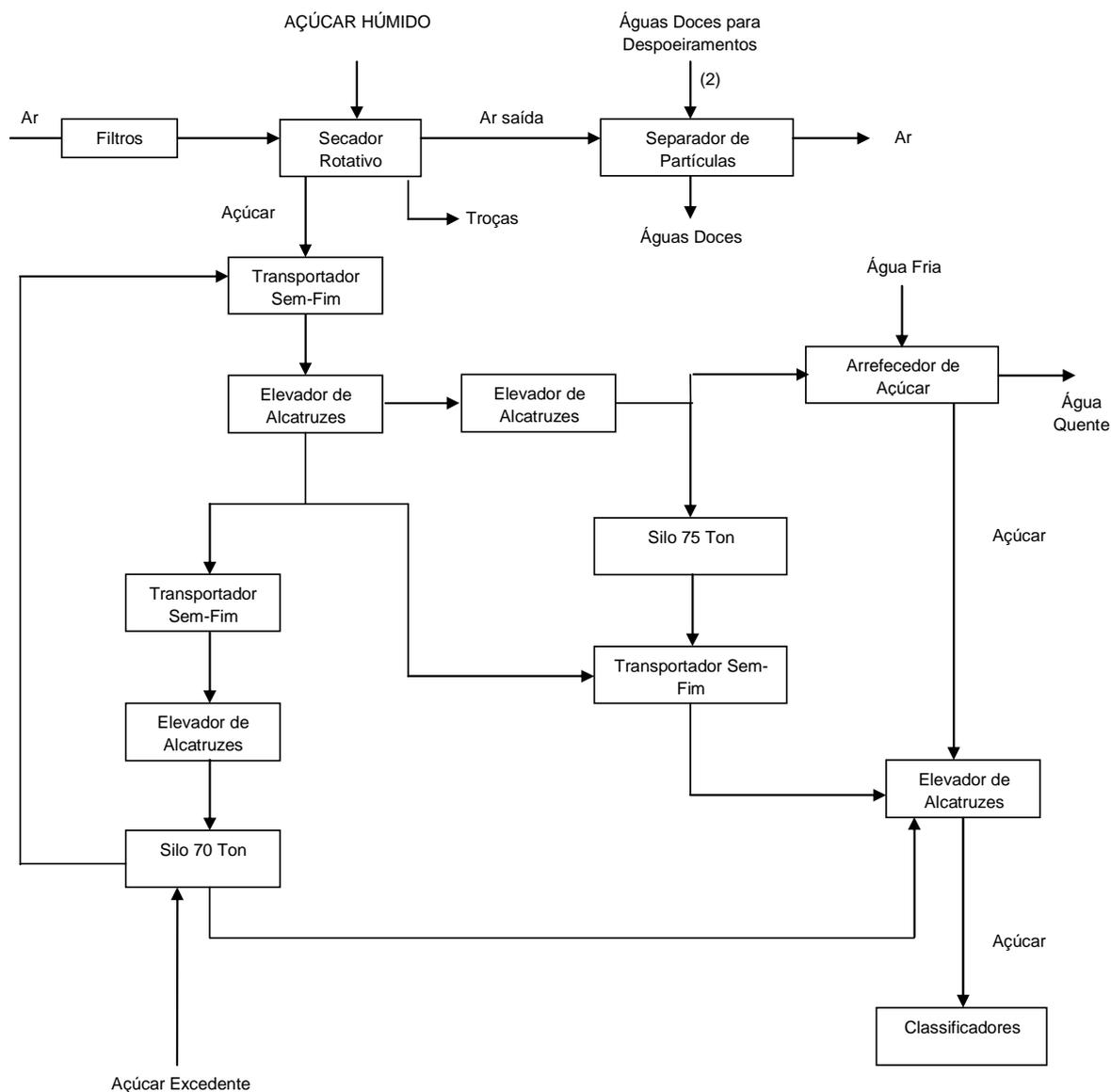
O ar antes de entrar em cada secador é filtrado. A sua passagem pelos secadores é feita através de ventiladores, posicionados quer à entrada como à saída dos próprios secadores.

A corrente de ar que abandona os secadores arrasta consigo pó de açúcar, sendo por isso conduzida para um ciclone onde se faz a separação do pó, através da lavagem do ar, obtendo-se águas doces.

Ambos os secadores possuem também, uma rede na zona de saída do açúcar, que permite a remoção de cristais aglomerados (troças) que são posteriormente reencaminhados para o dissolvedor de afinação.

O açúcar sai dos secadores a uma temperatura de aproximadamente 40°C, sendo necessário proceder ao seu arrefecimento. Para esse efeito, o açúcar é transportado por dois elevadores de alcatruzes para um arrefecedor de açúcar – um dos elevadores recebe o açúcar que sai do secador e entrega ao outro elevador que por sua vez alimenta o arrefecedor de açúcar. O açúcar passa por entre umas placas que constituem o arrefecedor, permutando calor com a corrente de água fria que circula no interior destas. O açúcar sai do arrefecedor a uma temperatura de $25 \approx 30^{\circ}\text{C}$.

Uma parte do açúcar que sai dos secadores pode ser armazenada em dois silos, um de 75 toneladas e outro de 70 toneladas. O silo de 70 toneladas de capacidade recebe também açúcar excedente, ou seja, açúcar que foi armazenado em contentores no Departamento de Embalamento.



(2) Águas Doces obtidas nos Evaporadores

Figura 2. 11: Processo de Secagem na RAR Açúcar.

2.2.10 CLASSIFICAÇÃO

Após a Secagem, o açúcar é enviado através de transportadores de banda e elevadores de alcatruzes para os classificadores. Estes equipamentos são peneiros vibratórios de três andares de redes, que permitem desta forma classificar o açúcar conforme a sua granulometria. Na rede superior ficam retidas as troças de açúcar e o pó passa pela rede inferior. Tanto as troças como o pó são encaminhados para o dissolvedor de afinação, reentrando novamente no processo de refinação. Na rede intermédia fica retido

o Açúcar Granulado Branco. Uma parte deste açúcar é enviada para o Departamento de Embalamento e a restante é transportada para um peneiro com duas redes onde fica retido, na rede inferior, o Açúcar Branco Grosso. O açúcar obtido na rede inferior do classificador é enviado para outro peneiro, onde na rede inferior deste, fica retido o Açúcar Branco Fino. O Açúcar Branco Grosso e o Açúcar Branco Fino são encaminhados para o Departamento de Embalamento do Açúcar (Figura 2.12).

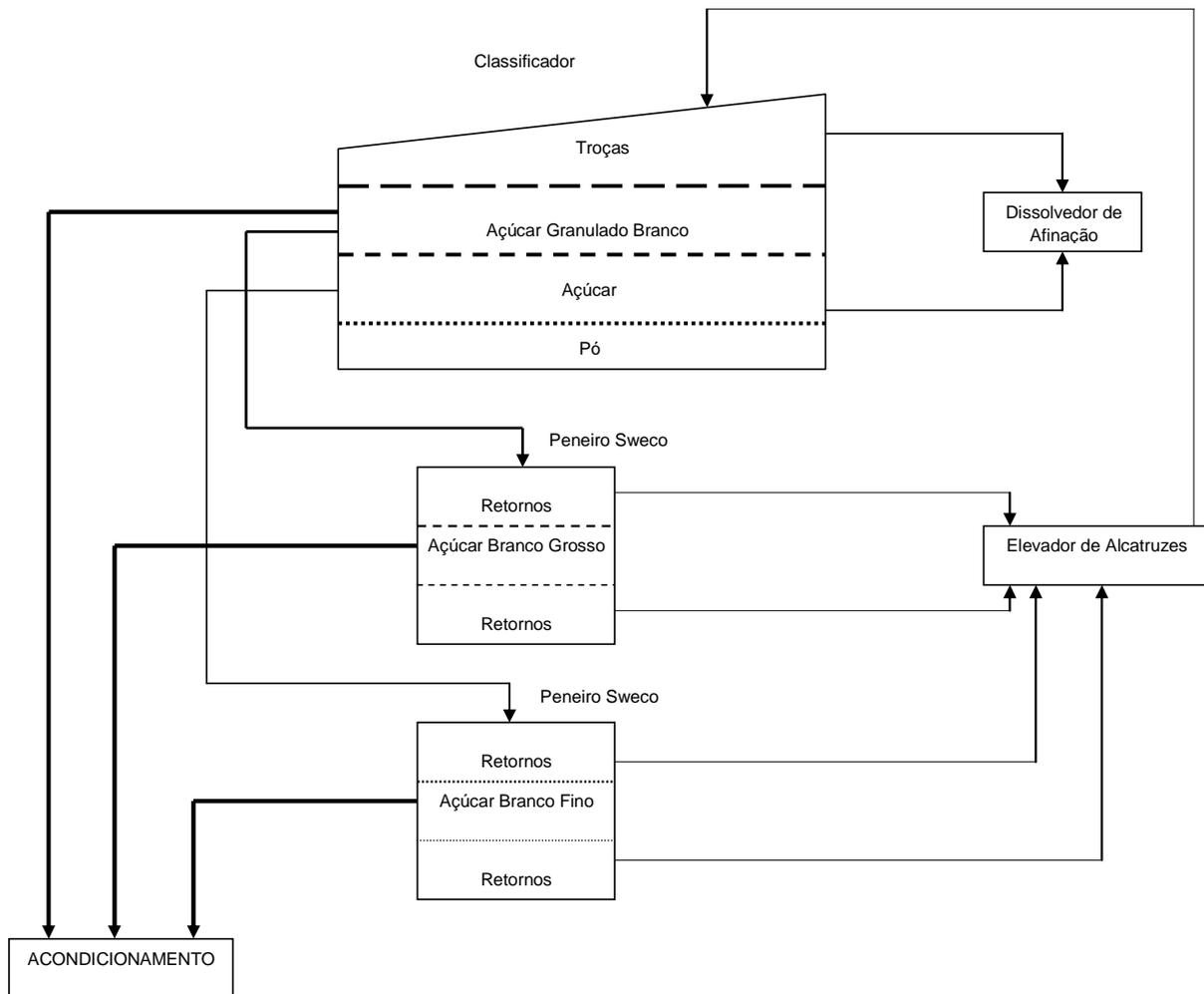


Figura 2.12: Processo de Classificação na RAR Açúcar.

Os classificadores são fechados, permitindo a aspiração do pó que se liberta do açúcar. O pó é aspirado sendo o açúcar recuperado em ciclones húmidos, e as águas doces resultantes enviadas para o depósito de águas doces.

Terminada esta operação, cada um dos diferentes tipos de açúcar é enviado para um circuito de acondicionamento.

2.2.11 PRODUÇÃO DE AÇÚCAR AREADO AMARELO

Para a produção de Açúcar Areado Amarelo utiliza-se licor obtido na Filtração, o Licor Filtrado. Este licor e o Xarope de Refinação são submetidos ao processo de Cristalização. Esta etapa do processo ocorre num único tacho de vácuo, provido de calândria de aquecimento onde circula vapor. A mistura é concentrada até ao aparecimento, de forma espontânea, de cristais de açúcar em grande quantidade e de pequenas dimensões. Esta massa formada é aquecida no próprio tacho, sendo necessário para isso, o aumento da pressão no interior do tacho por entrada de ar e paragem da bomba do condensador barométrico. Após o término desta fase, a massa cozida é descarregada nos areadores (depósitos cilíndricos horizontais providos de pás), onde ocorre a secagem da massa por vácuo. Desta operação obtém-se Açúcar Amarelo. O açúcar obtido é transportado através de transportadores gafanhoto e sem-fim, sendo submetido durante o seu transporte ao arrefecimento e peneiração. Da peneiração são separados os aglomerados de açúcar, sendo posteriormente encaminhados para o dissolvedor de afinação (*Figura 2.13*).

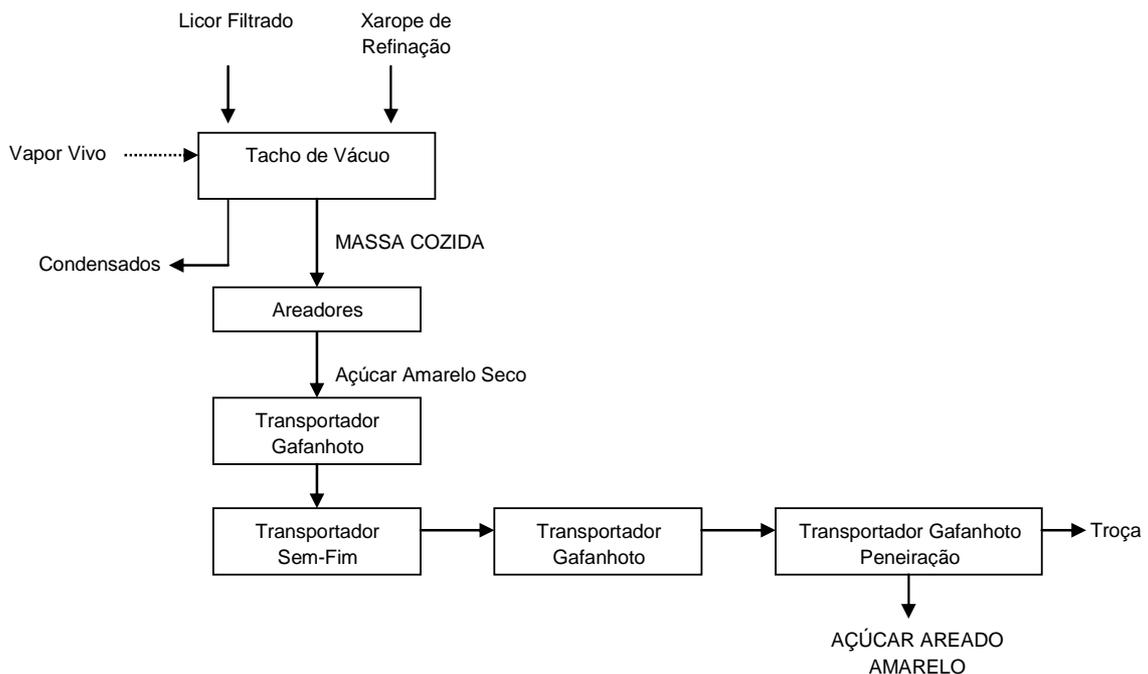


Figura 2.13: Processo de produção de Açúcar Areado Amarelo na RAR Açúcar.

2.2.12 RECUPERAÇÃO

Este sector corresponde a uma linha paralela à principal, onde se faz o aproveitamento do açúcar existente em correntes provenientes de diversas fases do processo. As correntes intervenientes nesta secção são: o Xarope de Afinação em excesso

para a operação de Afinação, o Xarope de Refinação que não foi utilizado nas cozeduras de Açúcar Branco e de Açúcar Amarelo e correntes de águas doces proveniente dos separadores dos tachos de vácuo da recuperação e derrames e lavagens de equipamentos.

A recuperação de açúcar contido nestas correntes comporta quatro etapas: Pré-Primeira, Primeira, Segunda e Terceira Recuperação (*Figura 2.14*).

Existem na refinaria três tachos de vácuo para proceder à cristalização de açúcar na secção de recuperação. Um dos tachos é utilizado quer para a cozedura de Pré-Primeira Recuperação como para a cozedura da Primeira Recuperação, e os outros dois para a cozedura da Segunda e Terceira Recuperação.

Pré-Primeira Recuperação: nesta etapa procede-se à cristalização de açúcar das águas doces e do Xarope de Refinação. O cristal é formado pela adição de sementeira no tacho de vácuo. A massa cozida obtida é descarregada num cristizador (tanque cilíndrico provido de hélices) e posteriormente alimentada à centrífuga contínua de recuperação. Da centrífuga resulta o Açúcar de Pré-Primeira Recuperação que é enviado para o dissolvedor de recuperação e o Xarope de Pré-Primeira Recuperação que é enviado para o depósito de xarope onde se mistura com o Xarope de Afinação.

Primeira Recuperação: nesta etapa faz-se a cristalização de açúcar contido no Xarope de Afinação. A cozedura é iniciada pela adição de Magma de Pé-de-Cozedura de Primeira Recuperação (mistura de Xarope de Primeira Recuperação com o Açúcar de Segunda Recuperação). A cozedura prossegue com a adição de Xarope de Afinação. A massa cozida obtida é encaminhada para um cristizador e posteriormente para a centrífuga contínua de recuperação. Da centrifugação resulta o Açúcar de Primeira Recuperação que é encaminhado para o pré-dissolvedor de recuperação e o Xarope de Primeira Recuperação que é utilizado para fazer as cozeduras de segunda recuperação.

Segunda Recuperação: nesta etapa procede-se à cristalização de sacarose contida no Xarope de Primeira Recuperação, pela adição de Magma de Pé-de-Cozedura de Segunda Recuperação (mistura de Xarope de Segunda Recuperação com o Açúcar de Terceira Recuperação) ao tacho de vácuo. A massa cozida é descarregada para um cristizador e posteriormente é alimentada à centrífuga contínua de recuperação. O açúcar obtido – Açúcar de Segunda Recuperação – é enviado para a amassadora de pé-de-cozedura de Primeira Recuperação. O xarope obtido – Xarope de Segunda Recuperação – é utilizado nas cozeduras de Terceira Recuperação.

Terceira Recuperação: nesta etapa faz-se a cristalização de sacarose contida no Xarope de Segunda Recuperação. O grão é formado pela adição de sementeira no tacho de vácuo. Posteriormente, a massa cozida obtida é enviada para um cristalizador que irá alimentar os cristalizadores verticais. Nestes equipamentos ocorre uma cristalização por arrefecimento sendo necessário, antes de proceder à centrifugação, aquecer a massa através de um reauecedor de magma (permutador de calor). Após a centrifugação, o Açúcar de Terceira Recuperação obtido é enviado para o mexedor de pé-de-cozedura de Segunda Recuperação e o Xarope de Terceira Recuperação resultante constitui o que se designa por Melaço.

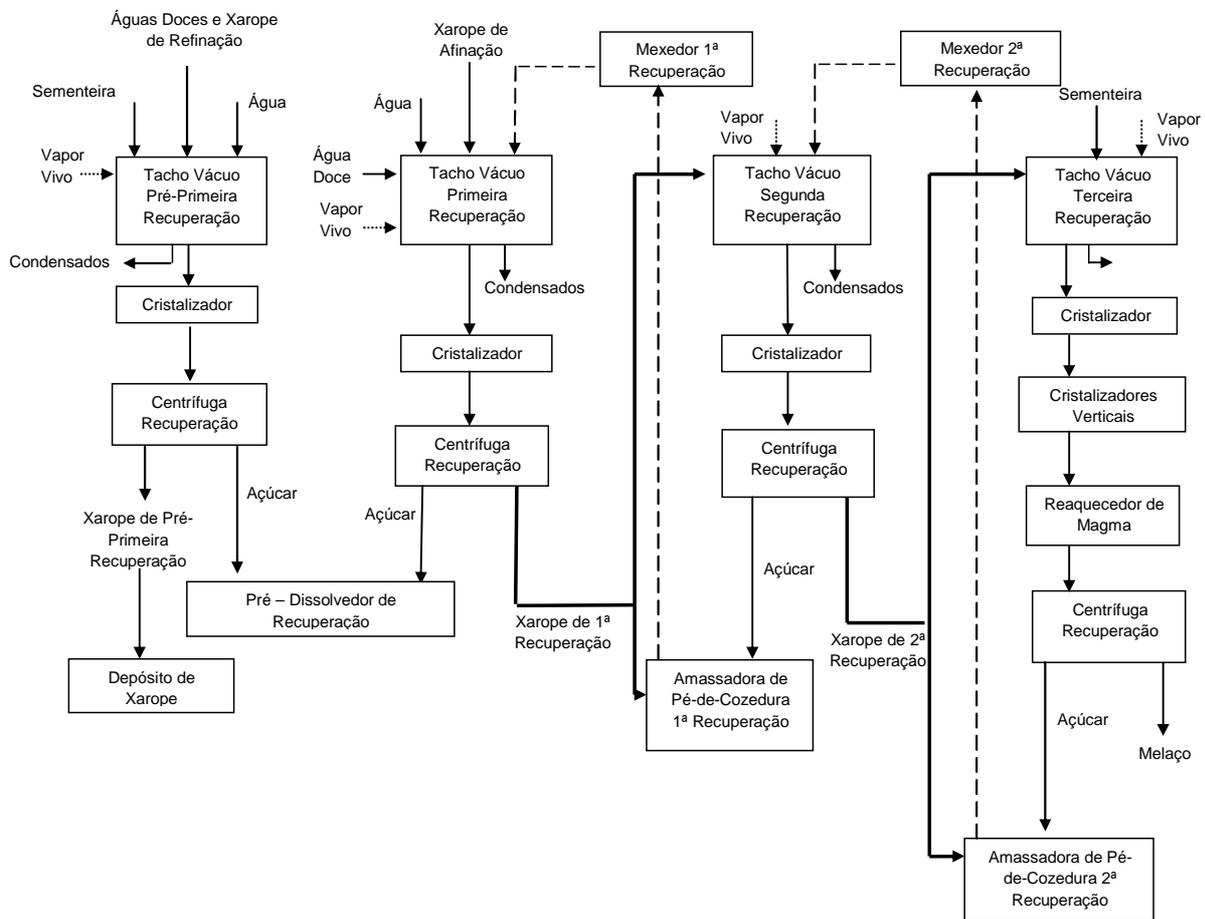


Figura 2. 14: Processo de Recuperação de Açúcar na RAR Açúcar.

2.3 PROCESSO DE EMBALAMENTO DO AÇÚCAR

O sistema de embalagem de açúcar diz respeito a todo o processamento que segue após refinação deste. Os objectivos são focados para garantir a conservação das propriedades do açúcar, a qualidade, conformidade e segurança alimentar; permitir um armazenamento e transporte do produto de uma maneira eficaz.

Tendo em conta as mais variadas necessidades do cliente, a *RAR Açúcar* comercializa diversos produtos de modo a assegurar a satisfação, confiança e preferência dos seus consumidores.

O Açúcar Branco de 1kg tem uma utilização muito diversificada na grande maioria em doces ou massas. O produto é embalado em pacotes de papel e em embalagens de plástico. A embalagem plástica protege melhor o açúcar da humidade.



Açúcar Branco 1kg – Papel



Açúcar Branco 1kg – Plástico

O Açúcar Branco Fino de 1kg é de fácil e rápida dissolução devido à reduzida dimensão dos cristais de açúcar.



Açúcar Branco Fino
1kg – Plástico

O Açúcar Amarelo de 1kg apresenta uma cor, sabor e aroma característicos, pois mantém parte dos corantes naturais da cana-de-açúcar. É um açúcar mais húmido e de fácil dissolução. Este açúcar é embalado em embalagem plástica.



Açúcar Amarelo 1kg – Plástico

As saquetas açúcar branco (7/8g) são de fácil dosagem e muito práticas para utilização diária. Ideais para bebidas quentes ou frias.



Açúcar Branco Saquetas

As saquetas do tipo Stick de açúcar branco (7/8g) apresentam um design colorido, moderno e formato elegante. Ideais para bebidas quentes ou frias.



Açúcar Branco Saquetas Stick

Figura 2. 15: Produtos comercializados pela RAR Açúcar.

Para além dos formatos oferecidos, enunciados anteriormente, o açúcar é também directamente distribuído para camiões tanque e numa outra vertente, é embalado em sacos de 25 e 50kg.

De seguida, apresenta-se uma breve descrição do sistema de distribuição do açúcar obtido nos classificadores e nos peneiros – Açúcar Granulado Branco, Açúcar Branco Fino e Açúcar Branco Grosso – e o açúcar obtido nos transportadores gafanhoto peneiração – Açúcar Areado Amarelo – até ao Departamento de Embalamento, onde é distribuído pelos diversos sectores de embalamento, para consecução dos produtos mencionados anteriormente.

2.3.1 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR GRANULADO BRANCO

O Açúcar Granulado Branco obtido nos classificadores é encaminhado através de transportadores sem-fim e elevadores de alcatruzes para dois silos de armazenamento. Um dos silos serve para alimentação a camiões tanque e/ou contentores para posterior armazenagem e expedição. O outro silo alimenta dois sectores: o Ensaque e o Empacotamento.

O Sector do Ensaque caracteriza-se pelo embalamento do açúcar em quantidades industriais. Um dos processos utilizados é o embalamento do açúcar em sacos de 25 e 50kg, que posteriormente são paletizados e armazenados para subsequente expedição. Outro sistema é o enchimento de sacos de grandes dimensões e com asas, designados por Big-Bags (1100 e 1250kg), que são transportados para armazém para posterior expedição.

O Sector do Empacotamento comporta as linhas de plástico, de papel e saquetas. Em cada linha de produção, o açúcar é encaminhado para as máquinas de embalamento do açúcar. Os pacotes de açúcar obtidos são então agrupados, paletizados e encaminhados para armazém.

A *Figura 2.16* apresenta um fluxograma do processo de distribuição do Açúcar Granulado Branco pelos devidos sectores de Ensaque e Empacotamento.

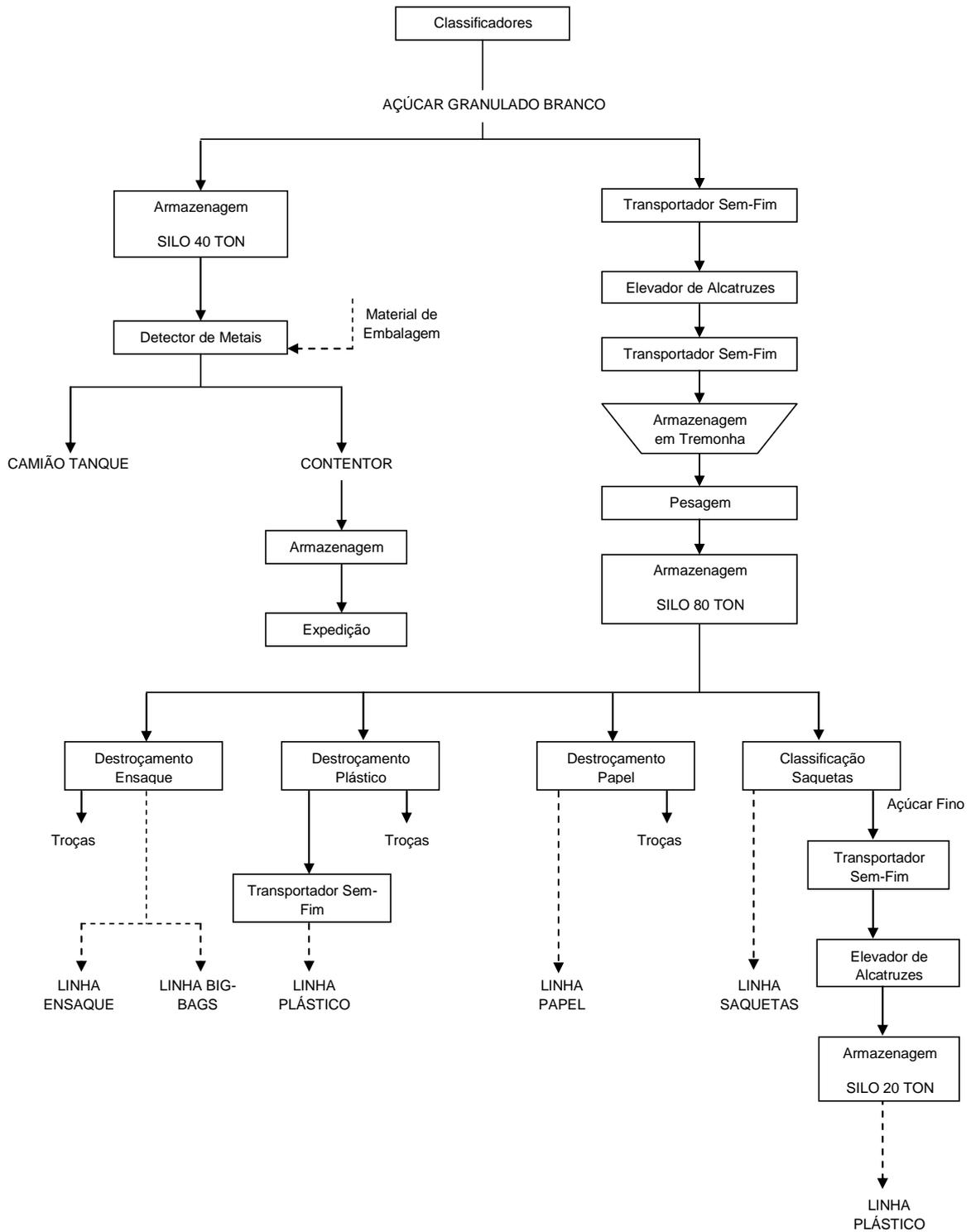


Figura 2. 16: Processo de distribuição do Açúcar Granulado Branco⁴.

⁴ Consultar Anexo A – Figura A.1, Figura A.2, Figura A.3, Figura A.4 e Figura A.5.

2.3.2 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR BRANCO FINO

O Açúcar Branco Fino é transportado para um silo de armazenamento. Este silo distribui, quer directamente para contentores como também para um transportador de banda que alimenta o Sector do Ensaque. No Sector do Ensaque o açúcar é embalado em sacos de 25 e 50kg – Linha Ensaque, que são posteriormente paletizados e encaminhados para armazém. A Linha Ensaque corresponde à mesma linha de Ensaque do Açúcar Granulado Branco.

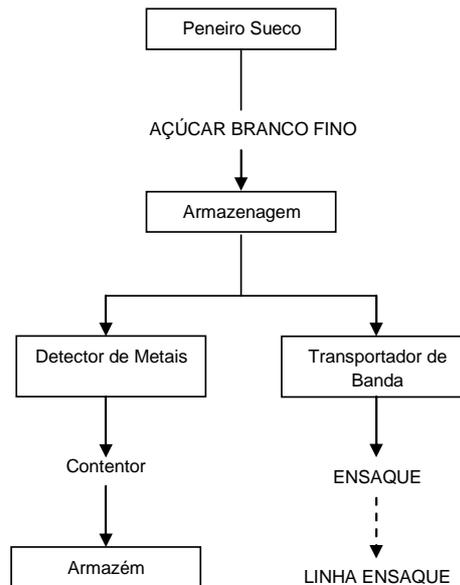


Figura 2. 17: Processo de distribuição do Açúcar Branco Fino.

2.3.3 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR BRANCO GROSSO

O Açúcar Branco Grosso é transportado para um silo de armazenamento. Este silo alimenta o Sector do Ensaque. Neste sector, o açúcar é embalado em sacos de 50kg – Linha Ensaque – e embalado em Big-Bags – Linha Big-Bags. A Linha Ensaque e a Linha Big-Bags correspondem às mesmas linhas do Açúcar Granulado Branco.

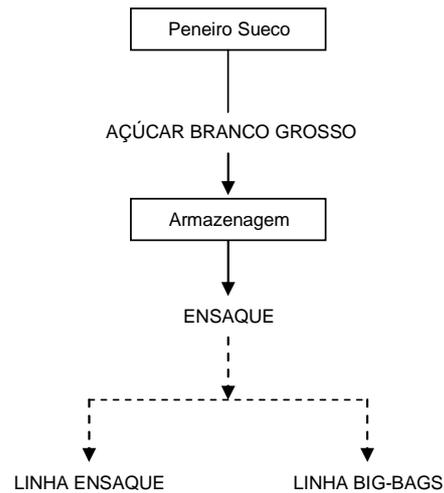


Figura 2. 18: Processo de distribuição do Açúcar Branco Grosso.

2.3.4 EMBALAMENTO DO AÇÚCAR AREADO AMARELO

O Açúcar Areado Amarelo é transportado da refinaria até ao Departamento de Embalamento através de um transportador de banda e de um elevador de alcatruzes. O açúcar é encaminhado para o Sector do Ensaque. Nesta secção, o açúcar é acondicionado em sacos de 25 e 50kg – Linha Ensaque e em Big-Bags – Linha Big-Bags. O Sector do Empacotamento somente abrange a Linha Plástico cujo açúcar utilizado advém dos Big-Bags provenientes do Sector do Ensaque. Nesta linha o açúcar é alimentado às máquinas de embalamento do açúcar, sendo as embalagens obtidas posteriormente agrupadas, paletizadas e encaminhadas para armazém.

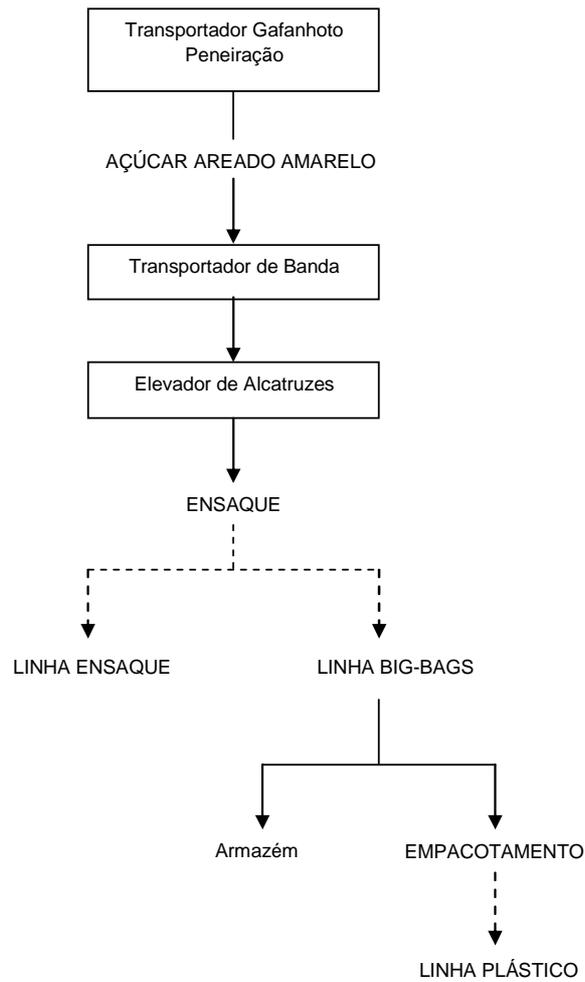


Figura 2. 19: Processo de distribuição do Açúcar Areado Amarelo pelos sectores de Ensaque e Empacotamento⁵.

⁵ Consultar Anexo A – Figura A.6, Figura A.7 e Figura A.8.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica contendo: (i) conservação de energia na produção industrial e respectivas áreas de acção da conservação de energia; (ii) conceitos relacionados com a manutenção, nomeadamente no que se refere à importância do tema, conceitos e formas de manutenção, gestão de *stocks*, gestão informatizada da manutenção e os custos da manutenção, com o objectivo de facilitar o entendimento dos pontos abordados nos capítulos 4 e 5.

3.1 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Numa indústria, uma parte considerável dos custos relativos à produção advém do consumo de energia. O uso adequado e eficiente dessa energia deve estar presente logo na fase de projecto das instalações e na escolha de equipamentos. Assim, a gestão de energia deve ser um processo contínuo e deverá conduzir à utilização cada vez mais racional de energia. A qualidade dessa gestão assenta directamente no conhecimento dos sistemas consumidores.

Neste contexto, um programa de conservação de energia possibilita que a indústria apresente uma atitude responsável e económica no processo de produção, traduzindo-se em benefícios que resultam num acréscimo da eficiência do sistema energético, numa redução da factura energética, num aumento da produtividade, numa redução das emissões poluentes bem como num aumento da competitividade face ao mercado interno e externo ou mesmo aumento de disponibilidades financeiras para outros fins (Ferreira, 2006).

As principais áreas de acção da conservação de energia são:

PROJECTO

Idealmente, um programa de gestão de energia tem início aquando da construção da planta industrial e na escolha dos equipamentos de forma favorável à racionalização de energia a consumir, decidindo-se por soluções que apresentem maior eficiência energética e menores custos de exploração. Nesta fase deverão ser considerados, também, todos os aspectos relacionados com os meios de produção, seleccionando aqueles que ofereçam maior eficácia energética.

PRODUÇÃO

Actualmente, a preocupação com a eficiência energética é alvo de uma maior atenção por parte das empresas que procurem destaque no mercado interno e externo. Um dos

sistemas a ser adoptados pelas entidades passa pela programação da produção do modo mais contínuo possível.

O consumo de energia é também um ponto de consideração a ter em conta na especificação dos produtos e métodos de produção. Experimentar a utilização de materiais diferentes, bem como testar outros métodos de tratamento de matéria-prima, são exemplos de como se pode planear um produto reduzindo os consumos de energia (Mosko et al., 2010).

AUTOMAÇÃO E MANUTENÇÃO

A automação nas indústrias surge com a finalidade de melhorar, acelerar e qualificar os processos produtivos, contribuindo assim, para o consumo eficiente de energia, pois permite que o rendimento das máquinas seja melhorado (Mosko et al., 2010).

As máquinas e os equipamentos devem ser alvo de um planeamento e programação de manutenção, com o objectivo da diminuição de falhas e paragens de emergência, de longas durações. Um equipamento sem manutenção provavelmente labora fora da sua condição nominal e conseqüentemente a sua utilização acarreta um maior consumo de energia eléctrica (Mosko et al., 2010).

INVESTIMENTO

Um programa de eficiência energética não é sinónimo de redução de investimentos, pelo contrário, necessita de recursos financeiros para dar o retorno esperado. Nestes casos, é fundamental o envolvimento das várias áreas: administrativa, financeira, engenharia e directoria, para avaliar o custo-benefício dos projectos envolvidos (Panesi, 2006).

Alguns investimentos podem ser feitos em equipamentos, outros devem incidir na formação adequada dos colaboradores da empresa. Outro investimento necessário passará pela contratação de uma empresa especializada em gestão de eficiência energética, que pelo conhecimento e experiência que agrega, auxiliará na verificação, preparação, planeamento e execução de um plano de conservação de energia (Mosko et al., 2010).

3.2 INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO

Nas últimas décadas, a manutenção deixou de ser uma actividade secundária e dispendiosa para se colocar estrategicamente, como parte fundamental de um processo produtivo. A utilização de equipamentos de grande complexidade, com sistemas mecânicos e electrónicos bastante modernizados, de altos custos e elevadas exigências a nível de manutenção, fez da actividade de manutenção uma função igualmente complexa, levando

ao desenvolvimento de novas técnicas e à criação de ferramentas de gestão mais actualizadas (Júnior, 2006).

A *Figura 3.1* ilustra a evolução temporal das técnicas e filosofias de manutenção nas indústrias, bem como as principais características que definem cada uma das fases.

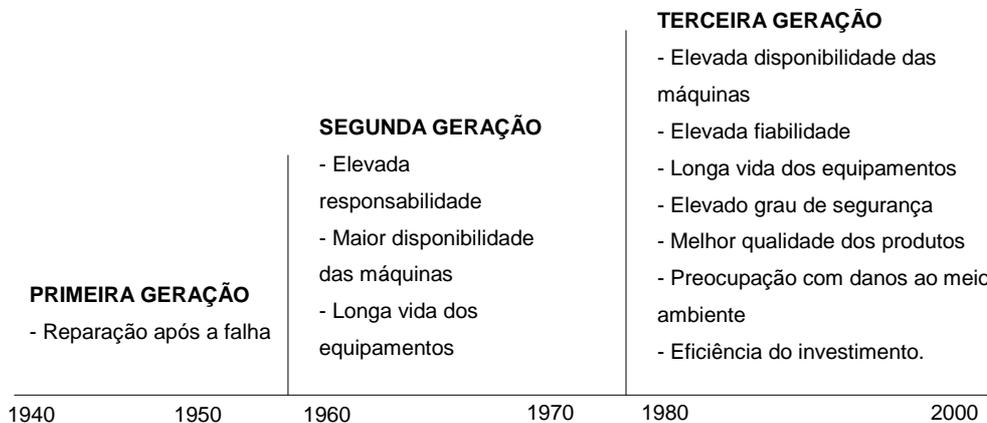


Figura 3. 1: Evolução temporal das técnicas de manutenção e respectivas características (PRONACI, 2003).

Uma correcta e eficaz actividade de manutenção exige um bom nível de organização, conhecimento de métodos e sistemas de planeamento e execução que sejam eficientes e economicamente viáveis, contribuindo assim para a obtenção do máximo de produtividade com custos mínimos e garantindo o nível de qualidade prescrito.

3.2.1 IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

Numa empresa, a função manutenção assume um papel importante, geralmente associado à disponibilidade de equipamentos produtivos, ou seja, à capacidade destes para se encontrarem operacionais nos períodos de trabalho pretendidos. Neste seguimento, é a manutenção que pode garantir a disponibilidade dos equipamentos e permitir assim, o cumprimento de objectivos (Faro et al., 2005).

A Disponibilidade (D) pode ser definida como a relação entre o tempo em que a máquina ficou disponível para trabalho, ou seja, Tempo Bruto de Produção, em relação ao Tempo Planeado de Produção, como apresentado seguidamente:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Bruto de Produção}}{\text{Tempo Planeado de Produção}} \quad \text{Equação 3. 1}$$

Dado que o Tempo Planeado de Produção corresponde ao Tempo Bruto de Produção e ao período de Paragem Não Planeada de Produção, então pode escrever-se:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Bruto de Produção}}{\text{Tempo Bruto de Produção} + \text{Paragem Não Planeada de Produção}} \quad \text{Equação 3.2}$$

O aumento do valor do índice de disponibilidade é um objectivo dos serviços de manutenção, e implica o aumento da fiabilidade dos equipamentos e a diminuição dos tempos de intervenção.

O interesse da função manutenção passa também pelo controlo de custos relativos à execução das intervenções de manutenção, das peças de substituição, etc., que normalmente assumem valores relevantes para a gestão da empresa.

Acresce ainda realçar que a importância da manutenção, para além das razões económicas e de operacionalidade das instalações, centra-se também na qualidade dos bens produzidos. A manutenção pode assim intervir na melhoria da qualidade do produto através de verificações periódicas que permitam controlar o afastamento das condições nominais de operação dos variados equipamentos, e que regra geral constituem uma causa de diminuição do seu desempenho e podem indicar início de avarias, permitindo deste modo controlar as origens de eventuais alterações ao nível da Qualidade.

Segundo Faro et al. (2005), “a Gestão da Manutenção pode ser definida como um conjunto de acções que visam providenciar a execução, correcta e atempada, das operações necessárias de manutenção de forma a garantir o nível de operacionalidade dos equipamentos para obter Disponibilidade e Qualidade prescritas, e que, para além da distribuição no tempo das intervenções de manutenção dos diversos equipamentos, atende à necessidade de aprovisionamento de peças de substituição, à disponibilidade de mão-de-obra, à necessidade de ferramentas e equipamentos específicos, à eventual subcontratação de tarefas, etc.”.

3.2.2 CONCEITOS E FORMAS DE MANUTENÇÃO

A maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza as várias formas de manutenção existentes. O diagrama seguinte apresenta, de um modo geral, os vários tipos de manutenção de equipamentos ou bens.

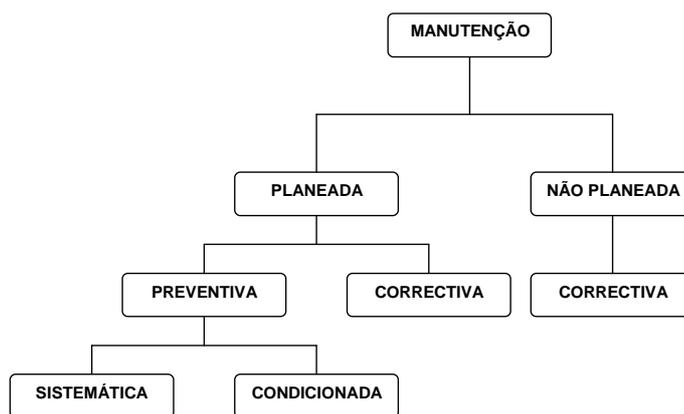


Figura 3. 2: Formas de manutenção (ASSIS, 1997).

3.2.2.1 MANUTENÇÃO CORRECTIVA

De acordo com Assis (1997), a manutenção correctiva pode ser definida como sendo uma política de manutenção que se aplica após a avaria, com o objectivo de reparar os materiais e a repô-los no estado de bom funcionamento. No entanto, pode-se distinguir dois casos, se por um lado a anomalia se verificar de forma catastrófica, dizemos que ocorreu uma avaria e a manutenção tem de intervir de emergência, por outro, se a anomalia se revelar de forma progressiva a intervenção da manutenção pode ser planeada para o momento mais oportuno.

Esta forma de manutenção apresenta algumas desvantagens, entre as quais se destacam: a exigência de grande *stock* de peças de reserva e a perda de produção (Pronaci, 2003).

3.2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva é sempre planeada para antes da data provável do aparecimento de uma avaria, podendo ser classificada por preventiva sistemática ou preventiva por controlo de condição:

- As intervenções sistemáticas desencadeiam-se periodicamente, com base nos dados do construtor do equipamento, ou pela experiência adquirida na manutenção correctiva (Assis, 1997, Ferreira, 1998);

É uma forma de manutenção normalmente utilizada nas operações de lubrificação, nas verificações periódicas obrigatórias e na substituição de componentes com custo reduzido (Pronaci, 2003).

Este tipo de manutenção apresenta algumas mais-valias para a empresa, destacando-se as seguintes (Pronaci, 2003):

- ✓ O custo de cada operação de manutenção é predeterminado;
- ✓ A gestão financeira é simplificada;
- ✓ As operações e paragens são programadas de acordo com a produção.

No entanto, as desvantagens também são evidentes (Pronaci, 2003):

- ✗ O custo de cada operação é elevado, devido à periodicidade das intervenções;
- ✗ Elevado custo de mão-de-obra.

- As intervenções por controlo de condição são realizadas em função do estado dos componentes do equipamento. É um tipo de manutenção sujeita à medição de parâmetros predeterminados (nível e frequência de vibrações e ruídos, análises de temperaturas, análise dos lubrificantes utilizados, etc.) que revelarão o estado de funcionamento e de degradação de um determinado equipamento (Assis, 1997, Ferreira, 1998);

É uma forma de manutenção geralmente aplicada a máquinas fundamentais para a produção, a equipamentos cuja avaria compromete a segurança e a equipamentos críticos⁶, com avarias caras e frequentes (Pronaci, 2003).

As vantagens associadas a este tipo de manutenção são definidas seguidamente (Pronaci, 2003):

- ✓ Aumento da longevidade dos equipamentos;
- ✓ Controlo mais eficaz de peças de reserva;
- ✓ Menor custo de reparação;
- ✓ Aumento da produtividade.

3.2.3 GESTÃO DE STOCKS EM MANUTENÇÃO

O sucesso de um programa de manutenção depende, na maioria das vezes, da existência em *stock* de peças de reserva e materiais. A questão assume ainda maior interesse em casos de paragem não planeada onde, a indisponibilidade de uma dada peça de reserva ou sobressalente pode originar perdas de produção dificilmente recuperáveis (Giagi, 2007).

⁶ Segundo Faro et al. (2005), entende-se por equipamento crítico um equipamento cujo estado de imobilização determina alterações sensíveis na produção, quer porque origina interrupção da produção, quer porque reduz significativamente a qualidade dos bens produzidos.

Deste modo, a manutenção deverá preocupar-se por administrar correctamente os seus materiais em armazém, de forma a reduzir a parcela associada ao custo do *stock*, paralelamente ao esforço que realiza para prever e planear atempadamente as suas intervenções (Faro, 1998).

3.2.3.1 SISTEMAS DE GESTÃO DE STOCKS

Um sistema de gestão de *stocks* deve ter em consideração determinados parâmetros, dos quais se evidenciam (Giagi, 2007, Braga, 1991):

- Quais os artigos a constituir *stocks*;
- Que quantidades manter em *stock* para cada artigo;
- Quando encomendar;
- Quanto encomendar;
- Ponto de encomenda (o nível de inventário em que se deverá desencadear uma nova encomenda de materiais), tendo em conta os gastos e o prazo de entrega;
- *Stock* máximo (quantidade máxima a manter em *stock* em qualquer circunstância);
- *Stock* mínimo (a menor quantidade a ter em *stock* de modo a evitar paragens no equipamento por falta de materiais ou peças de reserva).

Para além disso, a gestão de *stocks* em manutenção deverá constituir novas estratégias que visam melhorias significativas em algumas áreas fundamentais, como por exemplo (Giagi, 2007):

- Procura de artigos: deverá desenvolver mecanismos que facilitem a procura de materiais e peças no momento oportuno de forma a evitar perdas de tempo na procura de artigos, que podem mesmo não estar na fábrica;
- Relação entre peça e equipamento: conhecer quais as peças que determinado equipamento usa; e quais os equipamentos que usam essas peças;
- Controlo da quantidade de artigos mantidos em *stock* e do fluxo de entradas e saídas.
- Identificação dos fornecedores: criação de mecanismos que permitam o contacto rápido com os fornecedores das diversas peças mantidas em *stock* e outras que não existem em *stock* e poderão ser necessárias para reparar determinada máquina.

3.2.3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS PELA MANUTENÇÃO

Os diversos materiais usados pelo serviço de manutenção podem ser classificados em quatro categorias (Giagi, 2007):

- **Peças de reserva ou sobressalentes:** materiais necessários aos trabalhos previstos no programa de manutenção e materiais necessários à reposição em funcionamento de um equipamento, cuja paragem não tenha sido planeada;
- **Existências gerais:** inclui materiais como válvulas, tubos, cabos eléctricos, etc.
- **Consumíveis:** inclui artigos como porcas, juntas, anilhas, óleos, massa, materiais de limpeza, etc.
- **Ferramentas, instrumentação e equipamentos de apoio à manutenção:** inclui as ferramentas, os instrumentos usados na actividade de manutenção e equipamentos de apoio (máquinas de soldar, máquinas de corte, etc.).

É de salientar que as peças de reserva são as que mais contribuem para o sucesso de um programa de manutenção, quer pelos seus elevados custos, quer pelo modo como afectam a disponibilidade e operacionalidade dos equipamentos. Interessa deste modo encontrar um ajuste entre elevados níveis de *stocks* (favorecendo a disponibilidade e a segurança mas agravando os custos) e reduzidos níveis de *stocks* (favorecendo a redução de custos mas prejudicando a disponibilidade e a segurança) (Giagi, 2007).

3.2.3.3 OBJECTIVOS DA GESTÃO DE MATERIAIS EM MANUTENÇÃO

A gestão de materiais, sem os ter necessariamente em armazém, a identificação correcta de todas as peças e equipamentos, onde se utilizam e a relação peça/equipamento, a facilidade em encontrar rapidamente e de forma eficaz o material de que necessitamos em muitas existências, são objectivos operacionais da gestão de materiais (Giagi, 2007).

Em resumo, os objectivos que devem orientar tal gestão são (Giagi, 2007)

Objectivos financeiros:

- Libertar informação financeira rigorosa para a gestão da empresa.
- Reduzir o imobilizado em armazém.
- Conhecer, a todo o momento, o que se tem, quanto vale e onde está.

Objectivos operacionais:

- Dispor dos materiais necessários nas oportunidades certas e perfeitamente identificados (empresa/fornecedor).
- Não perder tempo à procura (critérios de designação e arrumação) em armazém.
- Dispor de imputação correcta dos consumos.
- Conhecer a verdadeira situação do *stock* face às exigências (*stock* mínimo).

Objectivos motivacionais:

- O armazém de peças como espelho da manutenção baseada na realidade cliente/ fornecedor.
- Motivação dos técnicos.

3.2.3.4 MODELOS DE GESTÃO

Para a definição dos modelos de gestão a ser empregues às peças e materiais usados em manutenção, deve-se atender a determinadas informações consideradas fundamentais para esse propósito, como por exemplo:

- Consumos históricos;
- Prazos de entrega e atrasos nas entregas;
- Possibilidade de normalização;
- Intermutabilidade de peças entre vários componentes;
- Custo provocado pela falta do material;
- Custo do material e custo da sua posse;
- Possibilidade da execução interna dos materiais e peças de reserva;
- Sugestões do fabricante relativamente às quantidades de peças e materiais a manter em *stock*.

Uma análise de decisão relacionada com a questão: Manter ou não em *stock* determinado artigo? Pode ser efectuada comparando o custo de posse do artigo, com o custo da provável perda de produção originada pela ausência do mesmo.

3.2.3.5 NORMALIZAÇÃO EM MANUTENÇÃO

A normalização assume um papel cada vez mais importante na função da manutenção, devido sobretudo ao aumento do grau de sofisticação dos equipamentos, que se tem verificado de dia para dia.

É nas indústrias que laboram com equipamentos análogos que se encontra mais facilmente aplicada a normalização, no entanto, mesmo em indústrias de processos de fabrico bastante individualizados, é sempre possível normalizar algumas unidades auxiliares, como por exemplo: motores eléctricos, rolamentos, correias de transmissão e fontes de alimentação, que são materiais comuns entre equipamentos. Desta forma torna-se possível diminuir as quantidades a manter em *stock*, e, em consequência disso, a redução dos custos de posse e os eventuais tempos de imobilização (Giagi, 2007).

A normalização permite assim (Giagi, 2007):

- A simplificação na selecção dos equipamentos;
- A redução do tipo, variedade e número de artigos em *stock*;
- A eliminação de duplicações desnecessárias;
- A intermutabilidade de peças entre vários equipamentos;
- A redução dos tipos de ferramentas de manutenção.

3.2.3.6 FUNÇÃO DO APROVISIONAMENTO NA MANUTENÇÃO

Segundo Braga (1991), a função de aprovisionamento deve ter como missão o fornecimento à empresa de todos os artigos que ela necessita, nas quantidades, qualidades e momentos necessários, sempre com a finalidade determinante de realizar esse objectivo com o mínimo de encargos para a empresa.

O aprovisionamento compreende as seguintes actividades:

- Operações de compra

Esta actividade caracteriza-se pela pesquisa das possibilidades do mercado (fornecedores) em satisfazer as necessidades, em tempo oportuno e ao menor custo, pelas negociações de preços, ordens de pagamento, condições de descontos, etc. Para além disso, esta actividade deverá ocupar-se também com as operações de recepção qualitativa e quantitativa do material, controlo de prazo de entrega bem como a entrega do material ao requisitante.

- Funções de gestão

Esta actividade deverá ocupar-se da gestão de material: preocupação com a parte física dos artigos em *stock* (compreende, portanto, os armazéns), sobretudo com as condições de ambiente e manutenção; da gestão administrativa: relacionada com os aspectos burocráticos dos aprovisionamentos; e da gestão económica: preocupação em atingir os custos mínimos na compra e no fornecimento.

3.2.3.7 ARMAZÉNS DA MANUTENÇÃO

A localização dos armazéns deve ser cuidadosamente decidida. Uma localização centralizada facilita o controlo de *stocks* e reduz o número de itens armazenados. O armazém deve conter meios de controlo de entradas e saídas, permitindo assim, apenas a entrada de pessoal da manutenção. Para além deste tipo de controlo, é também conveniente a aplicação de um meio de controlo de consumos, por exemplo, o indivíduo responsável pelo armazém só deverá entregar um artigo em sequência da apresentação da folha de requisição ou ordem de trabalho (OT) correspondente.

3.2.3.8 CUSTOS ASSOCIADOS AO STOCK

Todas as existências incorrem em custos. Os quatro tipos de custos analisados são:

➤ Custos de Encomenda

Os custos de encomenda são os custos administrativos dos serviços que fazem a colocação e acompanhamento das encomendas e os custos de recepção quantitativa, qualitativa e classificativa. Estes custos são independentes da quantidade encomendada.

➤ Custos do Material

Este custo representa o custo suportado no momento da aquisição do material.

➤ Custos de Posse

O custo de posse de *stock* é o custo que está directamente relacionado com a manutenção dos artigos em armazém. A sua determinação representa um modo de obter uma ordem de grandeza do que representam para a empresa os encargos resultantes do facto de possuir *stock*.

Segundo Braga (1991), essa determinação pode ser realizada pelo somatório de três parcelas:

- Encargos da armazenagem e a sua gestão;
Os encargos associados à armazenagem de *stocks* e a sua gestão compreendem despesas do tipo: ordenados e encargos com o pessoal dos armazéns; amortizações fixas de edifícios, instalações, equipamentos; seguros; luz, telefone, etc.
- Perda de juros do capital imobilizado;

A partir do instante em que existem *stocks*, o seu valor médio encontra-se imobilizado ao longo do ano, significando isto, que a empresa não dispõe daquele valor para o aplicar de uma outra forma rentável, da qual obteria juros.

- Perda por desvalorização dos materiais inutilizáveis.

À existência de *stocks* em armazém tem associado um risco de aparecimento de materiais inutilizáveis para a empresa. Esses materiais deverão ser eliminados periodicamente.

A *Tabela 3.1* apresenta um exemplo da distribuição dos custos de posse em percentagem do valor do *stock*:

Tabela 3. 1: Distribuição dos custos de posse em percentagem do valor do *stock* (Pinto, 2010).

Categoria	% do valor do Stock
Armazenagem	3%
Manuseamento de materiais	1%
Custo do capital imobilizado	3%
Custo com o pessoal	4%
Custos de perdas, obsolência, etc.	3%
Custo Total de Posse	14%

Este valor indica que 14% dos custos totais (anuais) despendidos com o *stock* é gasto com a sua posse.

➤ Custos ruptura

Os custos de ruptura são os custos associados à falta de um determinado produto. Estes custos, na maioria dos casos, são difíceis de calcular passando a resolução por uma estimativa, devendo por isso ser utilizados com um certo cuidado. No entanto, é consensual que as rupturas de *stock* podem acarretar efeitos negativos para as empresas. Neste seguimento, as empresas encontram-se dispostas a sustentar os custos de posse dos *stocks* de modo a evitar a ruptura. A ruptura de *stock* pode desencadear perturbações significantes da produção, e para além disso, em consequência da ruptura podem ser activados mecanismos de reposição que apresentam custos elevados como por exemplo: encomendas de emergência, procura de fornecedores alternativos, etc.

O objectivo principal da gestão de existências é, normalmente, a minimização dos custos.

3.2.4 A GESTÃO INFORMATIZADA DA MANUTENÇÃO

A adopção de um suporte informático deverá constituir uma ferramenta para apoiar a gestão da manutenção. Este tipo de sistema deve permitir a gestão e tratamento conveniente de toda a informação relativa a equipamentos, pessoal, intervenções, etc. Como alguns exemplos de dados manipulados pela manutenção e que devem ser informatizados, apresenta-se:

- Caracterização dos equipamentos sob o ponto de vista das suas características técnicas e operativas como também numa perspectiva administrativa;
- Caracterização das peças de reserva, das peças consumíveis e inclusive a gestão articulada entre ambos;
- Caracterização dos meios humanos disponíveis e a sua distribuição pelas oficinas;
- Caracterização das intervenções de manutenção;
- Emissão de ordens de trabalho;
- Planeamento das intervenções de manutenção;
- Obtenção e actualização do histórico dos equipamentos;
- Etc.

Porém, as necessidades em termos de gestão da manutenção variam de empresa para empresa e por esse motivo, a solução que se ajusta a determinada organização pode não ser adequada para outra. Esta situação explica a existência no mercado de variadas soluções informáticas de apoio à gestão da manutenção.

Segundo Faro et al. (2005), "...qualquer solução informática de apoio à manutenção só será eficaz se for baseada e fizer parte de um sistema organizado de gestão de manutenção e só nessa situação pode permitir simplificar a sua gestão e possibilitar meios de análise que permitam tornar a manutenção mais eficaz.”.

3.2.5 CUSTOS EM MANUTENÇÃO

Os custos de manutenção são considerados no preço final de produção dos produtos fabricados ou serviços prestados.

Segundo Ferreira (1998), os Custos de Manutenção (CM) podem ser divididos em dois grupos: directos e indirectos.

Numa dada intervenção, os custos directos derivam de:

- Mão-de-obra do pessoal da manutenção;
- Custos de materiais: peças de reserva e peças consumíveis;
- Custos de trabalhos subcontratados;
- Custos globais de manutenção (custos fixos e acessórios à manutenção como apoio administrativo, climatização ou telefones);
- Custos de posse de *stock*;
- Custos de posse de ferramentas e máquinas, caracterizados por uma taxa de amortização.

Conforme o mesmo autor, os custos directos de uma intervenção da manutenção podem relacionar-se com o Tempo Total de Reparação (TTR), através da curva $CM = f(TTR)$ apresentada na *Figura 3.3*.

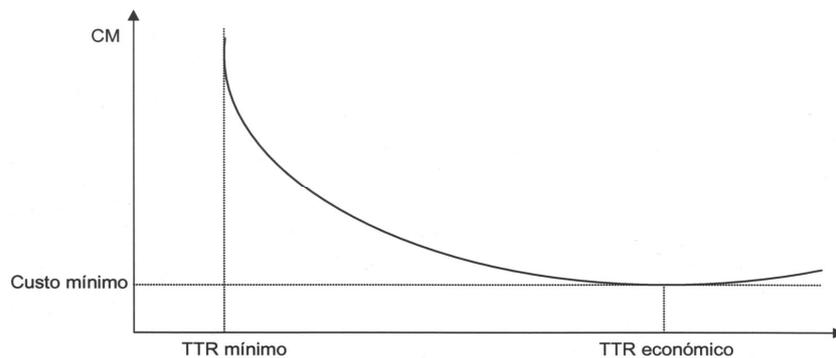


Figura 3. 3: Custos directos de manutenção (Ferreira, 1998).

O TTR depende dos meios disponíveis no serviço de manutenção. Pretendendo o TTR económico, cujo custo de manutenção é mínimo, devem ter-se em conta os custos globais induzidos na instalação para concretização do pretendido.

Os custos indirectos, que segundo o mesmo autor podem ser definidos também como custos de perda de produção comportam:

- Custo de perda de produtos não fabricados, de qualidade e de produtos rejeitados;
- Custos de inactividade, inerentes à mão-de-obra da produção;
- Custos de inoperacionalidade: despesas da amortização dos equipamentos parados;
- Custos de arranque do processo;
- Custos por não cumprimento dos prazos, penalidades ou perdas de clientes.

Os custos da avaria são o somatório dos custos directos de manutenção e dos directos.

É de referir também, que os custos de manutenção aumentam com a mecanização e com o aumento de produção. Assim, os custos só poderão ser reduzidos para uma dada situação estável, pois a um aumento de dimensão ou a uma automatização corresponderá a um aumento de custo de manutenção.

4 LEVANTAMENTO E APRESENTAÇÃO DE DADOS

4.1 LEVANTAMENTO E CATALOGAÇÃO: MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E PEÇAS CRÍTICAS DO PROCESSO DE REFINAÇÃO E EMBALAMENTO DO AÇÚCAR

De acordo com os objectivos pretendidos descritos no capítulo *Introdução* deste trabalho, foi fundamental efectuar um inventário de todas as máquinas e equipamentos que constituem a linha de refinação e as linhas de operação de embalagem do açúcar, caracterizadas nos subcapítulos *Processo de Refinação do Açúcar* e *Processo de Embalamento do Açúcar*,

Em conjunto com esta tarefa, foram sendo definidas para cada máquina e equipamento as respectivas peças críticas e identificadas as especificações técnicas relativas a cada material listado.

Este processo de levantamento teve início no próprio local de instalação de todas as máquinas e equipamentos, no entanto, esta tarefa traduziu-se num processo moroso, nem sempre exequível. Dificuldades como: local de difícil acesso, forma de disposição da máquina ou equipamento, o próprio desgaste do equipamento; são alguns exemplos de complicações que foram surgindo ao longo do trabalho.

Em consequência destas dificuldades, surgiu a possibilidade de auxiliar esta etapa do trabalho a partir da utilização de um *software* de gestão integrado na empresa.

4.1.1 SOFTWARE DE GESTÃO UTILIZADO: SAP

O sistema informático *SAP – Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung* é um programa de informação integrado e flexível a diversas áreas de negócio.

Este sistema informático está integrado no sistema global da empresa *RAR Açúcar*, mas actua de forma independente de acordo com a área de trabalho.

No caso particular de gestão da Manutenção, o sistema informático consiste num programa organizado à volta de uma base de dados, que permite a gestão de todas as actividades do serviço de Manutenção (preparação, planificação, execução, etc.), a gestão dos materiais e equipamentos, gestão de aprovisionamentos e *stocks*, a gestão económica, de investimentos e ainda a gestão de mão-de-obra.

Os dados manipulados pela manutenção são em número crescente, sendo que o tratamento destas informações necessita de funcionar em tempo real, nas próprias instalações automatizadas. O *software* de gestão coloca as informações de decisão à disposição do conjunto de técnicos interessados.

Através do sistema *SAP*, foi possível recolher informação relativa às máquinas, equipamentos e peças que integram todo o processo de refinação e de embalagem do açúcar. Pode-se enunciar alguns exemplos de informação disponível pelo *software* de gestão, que se tornaram úteis para esta fase do trabalho:

- Código interno da máquina e/ou equipamento;
- Número de código das peças em *stock*;
- Fabricante;
- Modelo ou tipo;
- Características principais;
- Especificações técnicas;
- Custo unitário dos equipamentos e das peças.

The figure consists of two screenshots from the SAP system. The left screenshot shows the 'Exibir equipamento : classificação' screen. The 'Objeto' field contains 'ELVE-0012' and 'Elevador'. The 'Tipo de classe' field contains '002' and 'Equipment class'. Below this, there is a table with columns 'Classe' and 'Denominação', showing 'ELVE' and 'Elevador de Alcatruzes'. At the bottom, there is a table titled 'Avaliação de Classe ELVE - Objeto ELVE-0012' with columns 'Denominação caract.' and 'Valor'. The table contains technical specifications such as 'Capacidade ton/h: 20,000 ton/h', 'Altura mm: 0,000 mm', 'Largura mm: 0,000 mm', 'Velocidade m/s: 1,200 m/s', etc.

The right screenshot shows the 'Representação estrutura loc.instal.: Lista de estrutura' screen. It displays a hierarchical list of components for 'Elevador de Açúcar p/Classificadores'. The list includes components like 'ROLAMENTO', 'CASQ P/ROLAMENTO', 'OBTURADOR TSNA', 'CHUMACEIRA', 'RODA DENTADA', 'CORRENTE ISO', and 'ELO LIGACAO REF ISO'. Each component is listed with its material number, description, and quantity.

Annotations in the image point to specific elements: 'Entidade do equipamento' points to the 'Objeto' field in the left screenshot; 'Código das peças' points to the material numbers in the right screenshot; and 'Especificações técnicas do equipamento' points to the 'Avaliação de Classe' table in the left screenshot.

Figura 4. 1: Telas de síntese do sistema *SAP*.

4.1.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS RECOLHIDOS

Os dados recolhidos nesta fase do trabalho foram catalogados de uma forma prática para posterior consulta e actualização (consultar *Anexo B*).

A *Tabela 4.1* apresenta alguns elementos recolhidos e listados, servindo como exemplo do trabalho efectuado.

Este catálogo apresenta os códigos padronizados para os materiais, visando um melhor relacionamento entre o requisitante e a área do material. Assim, na empresa, os materiais são ordenados segundo um plano metódico e sistemático, atribuindo-se a cada um deles, determinada designação. Neste contexto é muito mais fácil e rápido pedir o material necessário.

Na *RAR Açúcar* existem duas codificações de materiais:

- a) Numérica: somente são usados números arábicos sendo este tipo de codificação apenas atribuída a peças.

Exemplo: Corrente ISO 1" 16-B2 Dupla – **24927**

- b) Alfanumérica: é uma combinação de letras e números sendo este tipo de codificação atribuída a equipamentos e máquinas.

Exemplos: Motorreductor – **MOTR-0373**

Dissolvedor de Afinação – **DISS-0005**

Faz ainda parte integrante do catálogo, a identificação dos materiais conforme as suas características ou descrição. Este género de informação é particularmente útil a uma linguagem externa, isto é, entre a empresa e os seus fornecedores, servindo como um auxílio ao aprovisionamento do material necessário.

Tabela 4. 1: Catalogação das máquinas, equipamentos e respectivas peças críticas que constituem o Departamento de Fabrico e o Departamento de Embalamento do Açúcar.

	EQUIPAMENTO	ENTIDADE DO EQUIPAMENTO	FABRICANTE	TIPO	PEÇAS/EQUIPAMENTOS CRÍTICOS	CÓDIGO PEÇA EM STOCK	ENTIDADE EQUIPAMENTO CRÍTICO	REFERÊNCIA DO FORNECEDOR	TIPO	FABRICANTE	FORNECEDOR	MARCA	POTÊNCIA	PRESSÃO	CAUDAL	TENSÃO	VELOCIDADE	INTENSIDADE	QUANTIDADE NECESSÁRIA POR INTERVENÇÃO	CUSTO UNITÁRIO (€)								
DEPARTAMENTO DE FABRICO	ELEVADOR DE RAMA	ELVE-0001	VICTOR I. MECÁNICA	ALCATRUZES	BALDE ELEVADOR ALCATRUZES	30301													1	95,00								
					CASQUILHO PARA ROLAMENTO	20819		H 313 SKF														2	9,04					
					CASQUILHO PARA ROLAMENTO	20820		H 316 SKF															2	23,39				
					CHUMACEIRA	23867		SNH513-611																2	45,72			
					CORRENTE	24927		ISO 1" 16-B2 DUPLA																	2	70,58		
					ELO LIGAÇÃO PARA CORRENTE	21009		ISO 16-B2																	1	5,00		
					MOTORREDUTOR						MOTR-0232		4P-PM60 MD 132	RENOLD GEARS			10 Cv				40 rpm				1			
					OBTURADOR PARA CHUMACEIRA	21938		TSNA 516 - G																	2	7,31		
					OBTURADOR PARA CHUMACEIRA	22967		TSNA 513 - G																	2	5,38		
					RODA DENTADA (RODA DE TRANSMISSÃO)	27140		19 DENTES DUPLA 1"																	1	30,61		
					ROLAMENTO	22850		22216-CK/C3																	2	83,65		
					ROLAMENTO	23278		2213-K/C3																	2	40,79		
					SENSOR	20618		E2K-C25ME1						OMRON												1	89,25	
					DISSOLVEDOR DE AFINAÇÃO	DISS-0005	ARSOPI		BOMBA CENTRÍFUGA			BBCE-0289	INV-000530	KWPK 65-313 GC2	K S B				60 m3/h		1460 rpm			1	6.833,00			
	BOMBA CENTRÍFUGA			BBCE-0288					INV-000530	KWPK 65-313 GC2	K S B					60 m3/h		1460 rpm			1	6.833,00						
	EMPANQUE PILOTPACK	25642																						1	0,14			
	PERMUTADOR DE CALOR			PCCL-0031																				1	8.680,00			
	PERMUTADOR DE CALOR			PCCL-0033								FHL20-HP-48	ARSOPI-THERMAL											1	3.710,00			
	KIT HIDRÁULICO - BOMBA DE LICOR BRUTO												DRAULIMAC												1			
	AGITADOR			AGIT-0051																				1	9.996,67			
	AGITADOR			AGIT-0052																				1	9.996,67			
	AGITADOR			AGIT-0053																				1	9.996,66			
	DISTRIBUIDOR DE MAGMA DE AFINAÇÃO - Nº1	DIST-0001	BMA	U					MOTOR ELÉCTRICO PARA DIST-0001			MOTE-0725		BF3 132 M4	EFACEC MOTORES		5,5 Cv			380 V	960 rpm	9,3 Amp		1				
									DISTRIBUIDOR DE MAGMA DE AFINAÇÃO - Nº2	DIST-0008	RAR				REDU-0144	RAR											1	
	COLUNAS DE DESCOLORAÇÃO SISTEMA 1	RESI-0001	APPLEXION	UP FLOW	BOMBA ÁCIDO PARA DEPÓSITO PREPARAÇÃO REGENERANTE			BBDO-0020		SIFB2P2PQBS100	TERMÁQUINA										1	995,00						
BOMBA ÁCIDO PARA DEPÓSITO PREPARAÇÃO REGENERANTE							BBDO-0003		117 R 162	DOSAPRO MILTON ROY				10 bar	268 L/h						1							
BOMBA SODA PARA DEPÓSITO PREPARAÇÃO REGENERANTE							BBDO-0001		117 R 162	DOSAPRO MILTON ROY				10 bar	268 L/h							1						
BOMBA SODA PARA DEPÓSITO PREPARAÇÃO REGENERANTE							BBDO-0002		117 R 162	DOSAPRO MILTON ROY				10 bar	268 L/h							1						
BOMBA SODA PARA DEPÓSITO PREPARAÇÃO REGENERANTE							BBDO-0021			SIFB2P2PQBS100	TERMÁQUINA												1	995,00				
MEDIDOR DE CAUDAL SISTEMA 1							TRCA-0079			801 HA-WRP-SJGZZZ-C	FOX BORO												1					
MEDIDOR DE CAUDAL SISTEMA 3							TRCA-0085			800 2A-WRP-SJGKNZ-C	FLOESERVE					20 m3/h							1	1.060,00				
MEDIDOR DE CAUDAL SISTEMA 4							TRCA-0081			800 2A-WRP-SJGKNZ-C	FOX BORO												1	1.100,00				
SENSOR DE CONDUTIVIDADE										CLM 253-CD0010	ENDRESS+HAUSER												1					
TRANSMISSOR DE CAUDAL SISTEMA 1							TRCA-0080			IMT25-SEATB10U	FOXBORO (FLOESERVE)												1					
TRANSMISSOR DE CAUDAL SISTEMA 3							TRCA-0082			IMT25-SEATB10U-B	FOXBORO (FLOESERVE)												1	797,00				
TRANSMISSOR DE CAUDAL SISTEMA 4							TRCA-0086			IMT25-SEATB0U-B	FLOESERVE												1	760,00				
VÁLVULA COM ACTUADOR											Nº 790-003 DIN 259				KEYSTONE													
VÁLVULA COM ACTUADOR											Nº 790-018 DIN 259				KEYSTONE													
VÁLVULA COM ACTUADOR							Nº 790-012 DIN 259				KEYSTONE																	
SECADOR AÇÚCAR - 10 TON	SCAC-0002	JENKINS OF RETFORD	ROTATIVO	CHUMACEIRA	24404			MFC-65 CIROL 1060-55G RHP													1	81,61						
				CHUMACEIRA COM ROLAMENTO	23398			MFC 1 1/2 RHP																1	76,08			
				CHUMACEIRA COM RODA	28151			MFC3																	1	1.947,22		
				CORREIA TRAPEZOIDAL	20702			M 61 - 10X1570																	1	3,55		
				MOTOR			MOTE-0738			BF3 160 L6IV	EFACEC MOTORES				20 Cv			380 V	1450 rpm	29,5 Amp			1					
				REDUTOR			REDU-0148			OD 12-4	HIMMEL WERK AG				1 Cv				1400 rpm	3,7/2,13 Amp			1					
ROLO APOIO				28350																	1	1.438,26						
MÁQUINA DE EMBALAR SAQUETAS	EBSQ-0001	UNIVERSAL PACK	NV-4	MAXILA CIRCULAR	29627			11188		8 PISTA												1	1.848,72					
				MOTOR ELÉCTRICO RESISTÊNCIA COM SONDA	22207			MOTE-0704			CARPANELLI			0,75 Cv			220/380 V	940 rpm	3,54/2,05 Amp			1	121,65					
MÁQUINA DE EMBALAR SAQUETAS EUROSICMA	EBSQ-0002 EBSQ-0003	SEGRATE SEGRATE	122 HF 122 HF-5 ROWS	BATENTE	24602			295X12X5														1	14,45					
				BATENTE CIRCULAR PARA LÁMINA	24605				TL7 DATALOGIC																1	4,00		
				CÉLULA LEITURA DO PONTO						TS122																1	44,96	
				COLECTOR PARA ESCOVA	24418					J BAUSER 200 4/220V																1	32,65	
				CONTADOR HORA	25546					PB20-45																2	154,42	
				CONTROLADOR DA CÉLULA - FONTE ALIMENTAÇÃO	22450					OMRON E5H2-YIC 0-300 110/220V																4	154,76	
				CONTROLADOR TEMPERATURA	21407																					1	19,86	
				GUIAS DE ENTRADA DO PAPEL							ALUMÍNIO																1	6,28
				INTERRUPTOR FIM CURSO	21588						DZ-10GW2-1A																3	11,95
				LÁMINA CIRCULAR	24604						40X19X06																1	196,61
				LÁMINA CORTE HORIZONTAL	24603						295X12,5X3,8 MM																1	196,61
				MAXILA CIRCULAR DIREITA	21404																						1	375,65
				MAXILA CIRCULAR ESQUERDA	21403																						1	375,65
				MAXILA TRIANGULAR DIREITA	21405																						1	48,07
				MAXILA TRIANGULAR ESQUERDA	21406																						1	48,07
				RESISTÊNCIA	25473						110V-500W D 24MM																2	
				VARIADOR DE VELOCIDADE EBSQ-0002							MOTR-0175					1,5 Cv				1420 rpm						1		
				VARIADOR DE VELOCIDADE EBSQ-0003							MOTR-0172									190 rpm							1	
				MOTOR DE CORRECÇÃO DO PONTO CÉLULA EBSQ-0002							MOTE-0421					0,25 Cv			220 / 380 V	1380 rpm						1		
MOTOR DE CORRECÇÃO DO PONTO CÉLULA EBSQ-0003							MOTE-0418					0,25 Cv			220 / 380 V	1380 rpm	1,12 / 0,65 Amp					1						
BALANÇA DE CONTROLO SACOS 50 KG- BALANÇA DE BRANCOS	BALA-0052	BOEKELS	EUK 450/3	CÉLULAS DE PESAGEM					Z6FC3 100KG													2						
				CILINDROS PNEUMÁTICOS				45067.88.0050		D-38104 BRAUNSCHWEIG	LIDRAWERK														2			
				CONSOLA						LIBRATRONIK 20	LIBRA															1		
				ELECTROVÁLVULAS						A5435		NORGREN														3		
				SENSORES							M50/LSU/CP		NORGREN															
SENSORES								E3F2-DS30B4-P1		OMRON																		

O resultado final desta fase do trabalho representa uma mais-valia para a empresa, nomeadamente para a área da manutenção.

No caso de manutenção correctiva: tomando como exemplo uma avaria no elevador de açúcar para os classificadores, considerando que a ocorrência em questão necessita de substituição de vários materiais, facilmente se procederia às suas identificações através de uma consulta à catalogação efectuada (*Tabela 4.2*).

Tabela 4. 2: Catalogação dos equipamentos e peças críticas do elevador de açúcar para os classificadores.

EQUIPAMENTO	ENTIDADE	FABRICANTE	TIPO	PEÇAS/EQUIPAMENTOS CRÍTICOS	CÓDIGO PEÇA EM STOCK	ENTIDADE EQUIPAMENTO CRÍTICO	REFERÊNCIA DO FORNECEDOR
ELEVADOR DE AÇÚCAR PARA OS CLASSIFICADORES	ELVE-0012	TATE & LYLE	ALCATRUZES	BALDE PARA CORRENTE ELEVADOR ALCATRUZ	30301	MOTR-0232	PEWAG
				CASQUILHO PARA ROLAMENTO	20819		H 313 SKF
				CASQUILHO PARA ROLAMENTO	20820		H 316 SKF
				CHUMACEIRA	23487		SNH - 516 - 613
				CHUMACEIRA	23867		SNH - 513 - 611
				MOTORREDUTOR			4P - PM60 MD 132
				OBTURADOR PARA CHUMACEIRA	21938		TSNA 516 G
				OBTURADOR PARA CHUMACEIRA	22967		TSNA 513 G
				ROLAMENTO	22850		22216-CK/C3
ROLAMENTO	23278	2213-K/C3					

Este fácil e rápido acesso à informação permite proceder imediatamente à requisição de material de substituição em *stock*, necessário para a resolução da anomalia, ou, no caso em que seja necessário, permite o eventual aprovisionamento do mesmo.

No caso de manutenção preventiva, a consulta da listagem permite, com a devida antecedência, o aprovisionamento de todos os materiais que a máquina ou equipamento possam necessitar para substituição, aquando da sua revisão.

Este trabalho permite ainda identificar os materiais que são comuns a mais de que uma máquina ou equipamento, possibilitando assim o seu correcto dimensionamento em termos de número de materiais a manter em *stock*.

4.2 LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE AVARIAS EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Após a concretização da primeira fase deste trabalho, procedeu-se ao levantamento e caracterização das ocorrências de avarias verificadas no Departamento de Fabrico e no Departamento de Embalamento do Açúcar. Para cumprir estes objectivos, recorreu-se aos relatórios diários das entidades responsáveis pelas áreas de manutenção, nomeadamente a serralharia, electricidade e ainda os responsáveis pelo Departamento de Fabrico e o Departamento de Embalamento (chefes de turnos).

A caracterização das ocorrências completou-se através da utilização do sistema SAP, especificamente no que respeita a datas de início e fim da avaria, material necessário de substituição, ausência/presença das peças em *stock* bem como as respectivas quantidades a serem substituídas (Figura 4.2).

Entidade responsável pela manutenção do equipamento

Data de início e fim da avaria

Figura 4. 2: Tela de síntese do sistema SAP.

A Tabela 4.3 apresenta alguns exemplos de ocorrências observadas na RAR Açúcar, servindo como exemplo do trabalho efectuado (consultar Anexo C).

Tabela 4. 3: Catalogação das ocorrências verificadas no Departamento de Fabrico e no Departamento de Embalamento do Açúcar.

	OCORRÊNCIA	MOTIVO/SINTOMAS DANO	EQUIPAMENTO	PARAGEM			DATA INÍCIO AVARIA	ORDEM DE TRABALHO	ORDEM	DATA INÍCIO	HORA INÍCIO	DATA FIM	HORA FIM	MATERIALSSTITUÍDO	REFERÊNCIA DO FORNECEDOR	QUANTIDADE	EM STOCK	DATA PEDIDO	DATA ENTREGA	OBSERVAÇÕES
				FABRICA	SECTOR	MÁQUINA														
DEPARTAMENTO DE FABRICO	REPARAÇÃO: REDE DO TANQUE DO DESPOEIRAMENTO GERAL	REPARAÇÃO DIVERSA	DEPO-0063			x	04-01-2010	✓	100000021035	07-01-2010	14:00:00	08-01-2010	12:00:00	PARAFUSO LATÃO ANILHA LATÃO	CAB EMB 3/16X1/2 3/16	38 UN 60 UN	✓ ✓	- -	- -	PRIORIDADE ELEVADA
	SUBSTITUIÇÃO: MANÓMETRO DE PRESSÃO DE ÁGUA DAS CENTRÍFUGAS DE AFINAÇÃO	AVARIA MECÂNICA	TBAQ-AF01			x	08-01-2010	✓	100000021065	08-01-2010	08:00:00	08-01-2010	09:00:00	-	-	-	-	-	-	PRIORIDADE MÉDIA
	SUBSTITUIÇÃO: VÁLVULA DE ENTRADA DE ÁGUA PARA A CENTRÍFUGA DESCONTÍNUA DE AFINAÇÃO Nº3	AVARIA MECÂNICA	CNTG-0008			x	09-01-2010	✓	100000021081	11-01-2010	13:00:00	11-01-2010	14:00:00	VÁLVULA CAVILHA ELÁSTICA SPRAY TINTA ZINCO VÁLVULA	PN 16- 20 MM (GLOBO SIGMA) 4X30 MM 475 893 113 PN 16- 15 MM (GLOBO SIGMA)	1 UN 1 UN 1 UN 1 UN	✓ ✓ ✓ ✓	- - - -	- - - -	PRIORIDADE MÉDIA
	REPARAÇÃO: PLACAS DO FILTRO DE PRENSA PUTSCH Nº2	-	FPRE-0006			x	05-03-2010	✓	100000021361	05.03.2010	08:00:00	08.03.2010	14:00:00	MEMBRANA FÊMEA ANILHA	RDR 1300 C/FR NYLON M10 REF 391-10 ACO INOX 10MM REF 409-10	10 UN 4 UN 4 UN	✓ ✓ ✓	- - -	- - -	PRIORIDADE MÉDIA
	REPARAÇÃO: FUGA NO TACHO DE VÁCUO DE AÇÚCAR AMARELO AREADO	FUGA	TVAC-0004			x	18-03-2010	✓	100000021400	19-03-2010	08:00:00	19-03-2010	17:00:00	BORRACHA TELA SPRAY LUBRIFICANTE	4 MM (BRANCA) HHS 5000	8.100 G 2 UN	✓ ✓	- -	- -	PRIORIDADE MÉDIA
	SUBSTITUIÇÃO: VÁLVULA AUTOMÁTICA DA TUBAGEM DE TRANSPORTE DE LICOR PARA O TACHO DE VÁCUO Nº4	AVARIA ELÉCTRICA	TBLI-RF01			x	20-03-2010	✓	100000021409	22-03-2010	13:30:00	22-03-2010	15:30:00	JUNTA BORRACHA POSICIONADOR ELECTROPNE FOXBORO VALV TV5 POSICIONADOR ELECTROPNE FOXBORO VALV TV7	502170018 P/POISIC ECKARDT - -	1 UN 1 UN 1 UN	✓ ✓ ✓	- - -	- - -	PRIORIDADE MÉDIA
	SUBSTITUIÇÃO: MEMBRANA	FUGA	BBPN-0003			x	21-04-2010		100000021559	21-04-2010	13:00:00	30-04-2010	17:00:00	DIAFRAGMA	286095364 EPDM P/BBPN-0003	2 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA
	DEPARTAMENTO DE EMBALAMENTO DO AÇÚCAR	REPARAÇÃO: MÁQUINA DE EMBALAR AÇÚCAR AREADO AMARELO	MAU FUNCIONAMENTO	EBPL-0006			x	04-01-2010	✓	100000021027	04-01-2010	09:00:00	04-01-2010	11:00:00	FONTE ALIMENTAÇÃO	PSCU-10	1 UN	✓	-	-
REPARAÇÃO: REFRIGERADOR DE ÁGUA DA MÁQUINA DE EMBALAR AÇÚCAR AREADO AMARELO - Nº1		AVARIA MECÂNICA	REFR-0010			x	14-01-2010	✓	100000021099	14-01-2010	8:00:00	17-02-2010	17:00:00	ROLAMENTO O RING PARAFUSO ROSCA CHAPA EMPANQUE MECÂNICO	6201-2RS 050X2 42-13 REF 119 1/2X8 DIAM 12 MM -301-12/MAV	2 UN 1 UN 10 UN 2 UN	✓ ✓ ✓ x	- - - 17-02-2010	- - - 17-02-2010	PRIORIDADE MÉDIA
SUBSTITUIÇÃO: RESISTÊNCIA DA MAXILA DA MÁQUINA DE EMBALAR STICKS - Nº1		MÁQUINA PARADA	EBSQ-0013		x		25-01-2010	✓	100000021163	25-01-2010	14:00:00	25-01-2010	16:00:00	TERMOPAR	M-1CAL1500	1 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA
REPARAÇÃO: TRANSPORTADOR DE BANDA DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO DA MÁQUINA BOSCH		REPARAÇÃO DIVERSA	TRBA-0209		x		05-02-2010	✓	100000021243	05-02-2010	08:00:00	11-02-2010	17:00:00	PARAFUSO TELA TRANSPORTADORA ROLAMENTO PARAFUSO PARAFUSO FÊMEA ANILHA PARAFUSO PARAFUSO ANILHA PLACA	INOX CAB SEXT 5X25 MM R/T C/4400X560 MM AB/FORN MESOMA 6005-2ZR UMBRAKO CAB EMB 5X20 MM UMBRAKO CAB CIL 8X35 MM SEXT FERR M 8 (ZINC) CHAPA 5/16 REFORC ZINC UMBRAKO CAB CIL 6X25 MM FERR CAB SEXT 5X 25 R/T 8 8 CHAPA 1/4 REFOC ZINC TEFLON 1200X1200X10 MM	24 UN 1 UN 6 UN 30 UN 10 UN 10 UN 10 UN 10 UN 12 UN 12 UN 1 UN	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ x	- - - - - - - - - - 05-02-2010	- - - - - - - - - - 05-02-2010	PRIORIDADE MÉDIA
REPARAÇÃO: MOTOR DO TRANSPORTADOR DE ROLOS DO ROBOT PARA PALETE CHEIA		ROLAMENTO GRIPADO	MOTR-0415			x	19-03-2010	✓	100000021406	22-03-2010	08:00:00	22-03-2010	17:00:00	ROLAMENTO ROLAMENTO RETENTOR	6005-2ZR 6202-2RS 027X47X7 BA	1 UN 1 UN 1 UN	✓ ✓ ✓	- - -	- - -	PRIORIDADE MÉDIA
SUBSTITUIÇÃO: RESISTÊNCIA DA AGRUPADORA MAF		RESISTÊNCIA QUEIMADA	AGRU-0010			x	23-04-2010	✓	100000021564	23-04-2010	15:00:00	23-04-2010	16:30:00	RESISTÊNCIA	VERTICAL 3X0,15X680MM MESOMA	4 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA
SUBSTITUIÇÃO: SENSOR DO TAPETE DA BALANÇA DE PESAGEM SISTEMA LIBRA		SENSOR AVARIADO	MENC-0001			x	06-05-2010	✓	100000021625	06-05-2010	13:00:00	06-05-2010	14:00:00	SENSOR	SICK VS/VE18-4P3140 BAL-ENSAQ	1 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA

A forma de manutenção para as ocorrências apresentadas é do tipo correctiva, tendo em conta que todas as situações apresentadas são momentâneas, sendo fundamental o restabelecimento das condições normais de funcionamento da máquina/equipamento em questão, no menor tempo possível.

Concluída esta etapa, foi efectuada uma triagem de todos os casos em que a reparação da avaria exigiu substituição de material e cuja necessidade deste não pôde ser repostada no momento oportuno, por falta de peças de reserva em *stock* (*Tabela 4.4*).

Tabela 4. 4: Catalogação das ocorrências verificadas no Departamento de Fabrico e no Departamento de Embalamento do Açúcar, para as quais não existiam peças de substituição em armazém de stock.

OCORRÊNCIA	MOTIVO/SINTOMAS DANO	EQUIPAMENTO	PARAGEM			DATA INÍCIO AVARIA	ORDEM DE TRABALHO	ORDEM	DATA INÍCIO	HORA INÍCIO	DATA FIM	HORA FIM	MATERIALSUBSTITUÍDO	REFERÊNCIA DO FORNECEDOR	QUANTIDADE	EM STOCK	DATA PEDIDO	DATA ENTREGA	OBSERVAÇÕES											
			FABRICA	SECTOR	MÁQUINA																									
SUBSTITUIÇÃO: VÁLVULA AUTOMÁTICA DA TUBAGEM DE TRANSPORTE DO XAROPE DE AFINAÇÃO PARA AMASSADORA 1	AVARIA MECÂNICA	TBXR-AF01			x	14-01-2010	✓	10000021104	09-02-2010	14:00:00	09-02-2010	15:00:00	ACTUADOR PNEUMÁTICO	SIEFEITO EBRO EB6	1 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA											
			VÁLVULA	EBRO BORB 100 316	1 UN								x	15-01-2010	15-01-2010															
			CAIXA	MSK C/2CONTACTOS F/CURSO EBRO	1 UN								x	15-01-2010	15-01-2010															
REPARAÇÃO: REFRIGERADOR DE ÁGUA DA MÁQUINA DE EMBALAR AÇÚCAR AREADO AMARELO - Nº1	AVARIA MECÂNICA	REFR-0010			x	14-01-2010	✓	10000021099	14-01-2010	8:00:00	17-02-2010	17:00:00	ROLAMENTO	6201-2RS	2 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA											
			O'RING	050X2	1 UN								✓	-	-															
			PARAFUSO ROSCA CHAPA	42-13 REF 119 1/2X8	10 UN								✓	-	-															
			EMPANQUE MECÂNICO	DIAM 12 MM -301-12MAV	2 UN								x	17-02-2010	17-02-2010															
SUBSTITUIÇÃO: SENSOR DO SILO DE RAMA	AVARIA	SILO-0001			x	25-01-2010	✓	10000021158	19-03-2010	08:00:00	22-03-2010	17:00:00	BUCIN	PG 13,5 D 16MM	14 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA											
			BICHA FLEXÍVEL	DIFLEX D 16MM PR	9 M								✓	-	-															
			CAIXA DERIVAÇÃO	313-ET	1 UN								✓	-	-															
			BUCIN	PLAST C/SEDE FEMEA 13MM 415 ET	2 UN								✓	-	-															
			TUBO GALVANIZADO	1/2	6 M								✓	-	-															
			UNIÃO GALVANIZADO	F 1/2	4 UN								✓	-	-															
			MEDIDOR DE NÍVEL	VEGAFLEX 62.	1 UN								x	29-01-2010	11-02-2010															
REPARAÇÃO: TRANSPORTADOR DE BANDA DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO DA MÁQUINA BOSCH	REPARAÇÃO DIVERSA	TRBA-0209		x		05-02-2010	✓	10000021243	05-02-2010	08:00:00	11-02-2010	17:00:00	PARAFUSO	INOX CAB SEXT 5X25 MM R/T	24 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA											
			TELA TRANSPORTADORA	C/4400X560 MM AB/FORN MESOMA	1 UN								✓	-	-															
			ROLAMENTO	6005-2ZR	6 UN								✓	-	-															
			PARAFUSO	UMBRAKO CAB EMB 5X20 MM	30 UN								✓	-	-															
			PARAFUSO	UMBRAKO CAB CIL 8X35 MM	10 UN								✓	-	-															
			FÊMEA	SEXT FERR M 8 (ZINC)	10 UN								✓	-	-															
			ANILHA	CHAPA 5/16 REFORC ZINC	10 UN								✓	-	-															
			PARAFUSO	UMBRAKO CAB CIL 6X25 MM	10 UN								✓	-	-															
			PARAFUSO	FERR CAB SEXT 5X 25 R/T 8 8	12 UN								✓	-	-															
			ANILHA	CHAPA 1/4 REFOC ZINC	12 UN								✓	-	-															
			PLACA	TEFLON 1200X1200X10 MM	1 UN								x	05-02-2010	05-02-2010															
			SUBSTITUIÇÃO: TELA DO TRANSPORTADOR DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO	DESGASTE	TRBA-0200										x	09-02-2010	✓	10000021258		09-02-2010	17:00:00	09-02-2010	20:00:00	TELA TRANSPORTADORA	C/10000X550 TRN-FORNO RC KG	1 UN	✓	-	-	PRIORIDADE MÉDIA
													TELA TRANSPORTADORA	C/5540X700 36.P10 MEYPACK	1 UN									✓	-	-				
TELA TRANSPORTADORA	C/10000X690 TRN-FORNO RC KG	1 UN				✓	-	-																						
VARÃO	ACO INOX A 316 18 MM	12 UN				x	09-02-2010	09-02-2010																						
REPARAÇÃO: SISTEMA DE SOLDADURA DA AGRUPADORA DE PACOTES - MAF	DESGASTE DAS BORRACHAS DAS MAXILAS E DA LÂMINA DE CORTE	AGRU-0010		x		03-05-2010	✓	10000021605	03-05-2010	08:00:00	04-05-2010	11:17:00	BORRACHA	-	4 UN	x	03-05-2010	04-05-2010	PRIORIDADE MÉDIA											
SUBSTITUIÇÃO: CÉLULA DA MÁQUINA DE COSTURAR SACOS 25/50 KG	CÉLULA AVARIADA	MENC-0001		x		24-05-2010	✓	10000021705	24-05-2010	09:00:00	24-05-2010	13:30:00	CÉLULA	E3F2-DS30B4-P1	1 UN	x	24-05-2010	24-05-2010	PRIORIDADE MÉDIA											

5 CASOS DE ESTUDO

De acordo com a catalogação realizada das ocorrências verificadas no Departamento de Fabrico e no Departamento de Embalamento de Açúcar, foram alvo de um estudo detalhado dois dos casos listados, cujas peças sobressalentes necessárias para a reparação da avaria não existiam em *stock*.

Os casos em estudo foram:

CASO 1: Avaria no sistema de soldadura da agrupadora de pacotes de papel de 1kg.

CASO 2: Avaria no sistema de costurar os sacos 25/50kg.

São apresentados também, para cada caso de ocorrência de avaria descrito anteriormente, a situação que ocorreria caso as peças de substituição necessárias para a reparação da avaria existissem em *stock* no momento oportuno (estudo simulado da ocorrência considerando peças sobressalentes existentes em *stock*).

Para completar, é ainda apresentado para cada caso em estudo a comparação considerando a não existência de peças em *stock* (ocorrência real) e a existência de peças em *stock* (ocorrência simulada).

Com esta fase do trabalho pretende-se:

- Avaliar o factor de disponibilidade das máquinas face à Paragem Não Planeada de Produção das mesmas;
- Determinar as perdas de produção por indisponibilidade das máquinas;
- Determinar os custos associados à avaria:
 - Custos de mão-de-obra dos operários da manutenção
 - Custos de inactividade inerentes à mão-de-obra dos operários da produção;
 - Custos energéticos;
 - Custos de consumo de peças de substituição.

5.1 CASO 1: AVARIA NO SISTEMA DE SOLDADURA DA AGRUPADORA DE PACOTES DE PAPEL DE 1kg

5.1.1 ESTUDO DA OCORRÊNCIA REAL

A ocorrência em estudo incide sobre a agrupadora de pacotes de Açúcar Granulado Branco (10kg) – MAF. Esta máquina encontra-se inserida no Sector de Empacotamento da Linha de Papel (consultar *Anexo A – Figura A.4*).

A figura seguinte ilustra o esquema representativo da linha de operação em questão, em condições normais de funcionamento. A máquina de embalar pacotes de açúcar (1kg papel) encontra-se a trabalhar para a agrupadora de pacotes (10kg), o que implica, que os transportadores de banda representados, quer para a Box como para a Meia Box estejam parados.

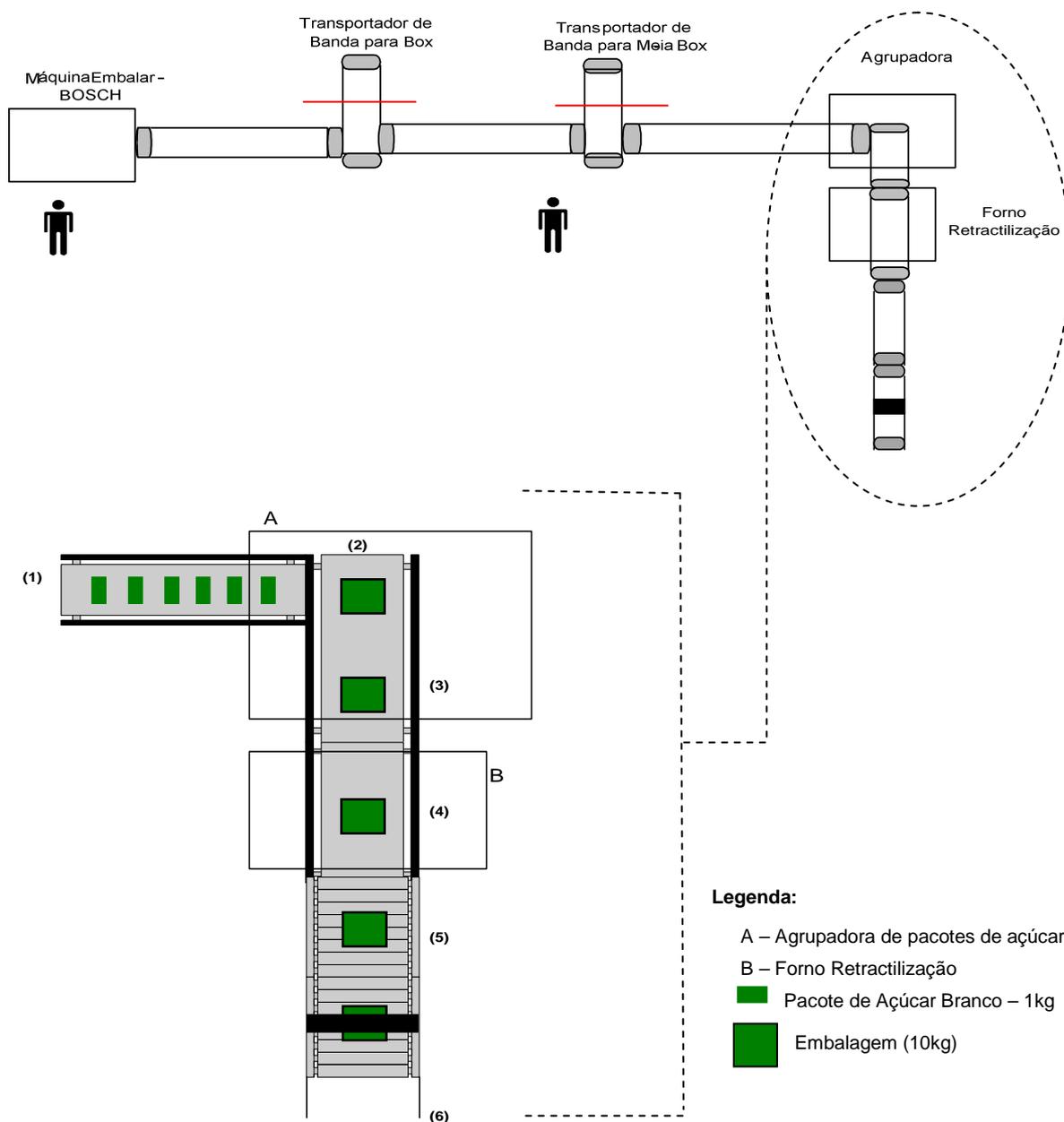


Figura 5. 1: Esquema representativo do processo de agrupagem de pacotes de Açúcar Granulado Branco.

DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

(1) Transporte de pacotes de açúcar branco através de um transportador de banda;

- (2) Agrupagem de dez pacotes de açúcar 1kg e colocação de uma película de filme estirável;
- (3) Transporte das embalagens de açúcar através de um transportador de banda até ao forno retráctil;
- (4) Retractilização das embalagens;
- (5) Transporte das embalagens através de um transportador de rolos e arrefecimento das embalagens através de um ventilador;
- (6) Transporte das embalagens para paletização.

DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA

Desgaste das borrachas das maxilas de soldadura da película de filme estirável;
Lâmina de corte da película de filme estirável com resistência a abrasão muito baixa.

NACESSIDADES

Substituição das borrachas das maxilas de soldadura da película de filme estirável;
Afição da lâmina de corte da película de filme estirável.

Não foi possível substituir a borracha da maxila de soldadura nem a lâmina de corte por ausência de *stock* das mesmas. Foi dada ordem para encomenda de novas borrachas e, em relação à lâmina de corte foi necessário encaminhá-la para uma entidade responsável pela sua afiação.

No seguimento deste contexto, foi necessário desligar a agrupadora de pacotes e por conseguinte o forno de retractilização foi desactivado e inclusive, o transportador de banda para a Meia Box foi activado, evitando a paragem da máquina de embalar açúcar que passou desta forma a trabalhar para a Meia Box (sistema de acondicionamento de pacotes de açúcar em caixas de 384kg). Os transportadores das embalagens para paletização continuaram em laboração, uma vez que efectuem também o transporte das embalagens obtidas de uma outra agrupadora de pacotes.

Um dos aspectos a ter em consideração no Departamento de Embalamento de Açúcar corresponde ao tempo de laboração das máquinas e equipamentos que o constituem.

Este departamento trabalha 24 horas diárias, todos os dias do mês. Os trabalhadores são distribuídos por quatro turnos rotativos.

O tempo de laboração das máquinas e equipamentos depende directamente dos objectivos (diários, semanais e mensais) a serem cumpridos. Neste contexto, uma máquina pode laborar desde apenas algumas horas a vários dias sem interrupções.

De acordo com esta síntese, torna-se necessário para a concretização deste estudo, conhecer os dias exactos de início e fim do plano de trabalho que envolve a agrupadora e o forno de retractilização, o regime de laboração diário planeado e ainda a duração da paragem das máquinas, para deste modo ser possível a determinação do respectivo factor de disponibilidade, as perdas de produção e ainda os custos totais que envolvem o caso.

O regime de laboração planeado para a agrupadora e para o forno corresponde a um regime contínuo, sem Paragens Planeadas de Produção, para o Tempo Total Planeado de Produção.

A Paragem Não Planeada de Produção corresponde ao período de “não produção” da agrupadora de pacotes devido à avaria verificada e ao consequente período de paragem de produção do forno de retractilização, uma vez que este depende directamente da agrupadora para laborar em condições normais.

A duração deste período, para o caso em questão, compreende as seguintes parcelas:

- Tempo de Espera das peças necessárias para substituição (TE);
- Tempo de Reparação da irregularidade (TR);
- Tempo Total de Arranque das Máquinas (TTAM) envolvidas na ocorrência.

Para a ocorrência em estudo verificou-se:

TE – 1560 minutos

TR – 60 minutos

TTAM – 17 minutos

O plano previsto de trabalho bem como o tempo de paragem verificado por avaria da máquina para o *Caso 1 – ocorrência real*, são apresentados na *Figura 5.2*.



Figura 5.2: Plano previsto de produção e paragem total verificada por avaria da máquina – *Caso 1 – ocorrência real*.

FACTOR DE DISPONIBILIDADE

A partir dos dados da *Figura 5.2* e aplicando a *Equação 3.1* apresentada no capítulo 3, foi possível determinar o factor de disponibilidade das máquinas, em resultado da avaria verificada (*Tabela 5.1*).

Tabela 5. 1: Factor de disponibilidade para o Caso 1 – ocorrência real.

FÓRMULAS	ABREVIATURAS	DESIGNAÇÃO	VALOR	UNIDADE
A	TTPP	TEMPO TOTAL PLANEADO DE PRODUÇÃO	1890	MINUTOS
B	TNPP	TEMPO NÃO PLANEADO DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
C = A-B	TTO	TEMPO TOTAL DE OPERAÇÃO	1890	MINUTOS
D	PPP	PARAGENS PLANEADAS DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
E = C-D	TPP	TEMPO PLANEADO DE PRODUÇÃO	1890	MINUTOS
F	PNPP	PARAGENS NÃO PLANEADAS DE PRODUÇÃO	1637	MINUTOS
G = E-F	TBP	TEMPO BRUTO DE PRODUÇÃO	253	MINUTOS
H = G/E × 100	D	FACTOR DE DISPONIBILIDADE	13,39	%

De acordo com os dados tabelados, o factor de disponibilidade das máquinas obtido foi cerca de 13,5%, valor que corresponde à percentagem de tempo útil (tempo activo das máquinas) em relação ao Tempo Planeado de Produção.

PERDAS DE PRODUÇÃO

Ao tempo total de Paragem Não Planeada de Produção das máquinas estão associadas perdas de produção que se podem revelar significativas e originar falhas de compromissos com os fornecedores, rupturas de *stocks* nos armazéns e até mesmo, em última análise, influir no preço de venda do produto final.

Para a determinação das perdas de produção relacionadas com a avaria em questão tornou-se necessário conhecer a velocidade nominal da agrupadora e a velocidade nominal do forno de retractilização, que no caso em particular dependem da velocidade nominal da máquina de embalar os pacotes de açúcar de 1kg.

Tendo em conta a informação da tabela seguinte:

Tabela 5. 2: Velocidade nominal da máquina de embalar, da agrupadora de pacotes e do forno de retractilização.

Velocidade nominal da máquina de embalar pacotes de 1 kg de açúcar - BOSCH	140 pac/mint
Velocidade nominal da agrupadora de pacotes	14 emb/mint
Velocidade nominal do forno de retractilização	14 emb/mint

o número de embalagens por produzir durante a Paragem Não Planeada de Produção corresponde a:

$$\text{n}^\circ \text{ embalagens} \text{ / produzir} = 14 \frac{\text{nb}}{\text{min}} \times 1637 \text{ min} = 22.918 \text{ embalagens} \text{ / produzir}$$

Devem ser contabilizadas e somadas, à parcela determinada anteriormente, as perdas relacionadas com produção rejeitada, ou seja, produto não conforme. Estas perdas de produção resultam de defeitos que possam ocorrer nas embalagens produzidas durante o período de detecção da avaria da máquina e o período de arranque e afinação da mesma após reparação da avaria.

Para o caso em estudo, observou-se seis embalagens de açúcar não conformes durante o período de detecção da avaria da agrupadora de pacotes. No momento de arranque e afinação da máquina observou-se quatro embalagens de açúcar rejeitadas. O total de perdas de produto rejeitado obtido é de dez embalagens.

No global, as perdas de produção verificadas devido à ocorrência correspondem a 22.928 embalagens.

CUSTOS DA AVARIA

Para além das perdas de produção, apresentam-se seguidamente os custos de mão-de-obra dos operários da manutenção intervenientes na resolução da avaria, os custos de inactividade inerentes à mão-de-obra dos operários da produção, os custos de consumo de energia em consequência da ocorrência e ainda os custos de consumo de peças de substituição para reparação da anomalia.

Custos de mão-de-obra dos operários da manutenção

Para a determinação destes custos é necessário ter conhecimento do número total de operários intervenientes na reparação da avaria, o número total de horas de intervenção (períodos de averiguação da avaria e período de reparação da mesma) e ainda a remuneração atribuída a cada funcionário⁷.

A tabela seguinte apresenta detalhadamente os parâmetros necessários para a determinação dos custos totais de mão-de-obra associados ao caso em estudo.

⁷ Valor fornecido pela empresa.

Tabela 5. 3: Custos operacionais com mão-de-obra da manutenção para o Caso 1 – ocorrência real.

OPERÁRIOS	INTERVENÇÃO REALIZADA POR	DIA INTERVENÇÃO	DURAÇÃO DA INTERVENÇÃO (h)	PREÇO/HORA (€/h)	TOTAL (€)
A	MECÂNICO	03-05-2010	0.5	9,29	4,65
		04-05-2010	1	9,29	9,29
B	MECÂNICO	04-05-2010	1	9,29	9,29
					23,23

Custos de inactividade inerentes á mão-de-obra dos operários da produção

Associado a cada linha de operação no Departamento de Embalamento, existem postos de monitorização e vigilância que implicam a presença permanente de pelo menos um operador por turno em cada posto.

Neste caso particular existe um operador responsável pela agrupadora de pacotes, pelo forno de retractilização e pelos transportadores de banda que transportam os pacotes de açúcar após a máquina de embalar, como representado na *Figura 5.1*.

A Paragem Não Planeada de Produção da agrupadora e do forno iria representar um subaproveitamento do operador, uma vez que o serviço prestado por este seria reduzido parcialmente, por indisponibilidade de duas máquinas a seu cargo. No entanto, como foi accionado um dos sistemas de produção alternativos existentes nesta linha de produção (activação da linha de produção da Meia Box), já mencionado anteriormente, a questão relacionada com a inactividade inerente à mão-de-obra dos operários da produção deixa de existir, uma vez que fica a cargo do referido operador a responsabilidade da monitorização e vigilância dos equipamentos da linha alternativa accionada. Neste seguimento, os custos de inactividade inerentes à mão-de-obra dos operadores da produção são nulos.

Custos de consumos energéticos

Os custos de consumos energéticos dizem respeito a todos os gastos com energia consumida durante a paragem do processo devido à avaria, energia necessária para a reparação das máquinas envolvidas na avaria, energia consumida sem “gerar” produção, energia consumida para o restabelecimento das condições normais de pleno funcionamento das máquinas e a energia consumida no reprocessamento do produto rejeitado.

$$E_{\text{Total}} = E_{\text{paragem processo}} + E_{\text{reparação avaria}} + E_{\text{sem "gerar" produção}} + E_{\text{arranque processo}} + E_{\text{reprocessamento}} \quad \text{Equação 5.1}$$

Para o caso em questão, não foi necessário a utilização de equipamentos consumidores de energia para a reparação da agrupadora de pacotes, deste modo os consumos verificados correspondem ao momento entre a detecção da avaria e o momento em que foi necessário a paragem das máquinas envolvidas na ocorrência, ao arranque das mesmas e ao consumo de energia no reprocessamento dos produtos não conformes.

Apresenta-se seguidamente os principais equipamentos consumidores de energia da agrupadora e do forno respectivamente.

Tabela 5. 4: Equipamentos consumidores de energia da agrupadora de pacotes e do forno de retractilização.

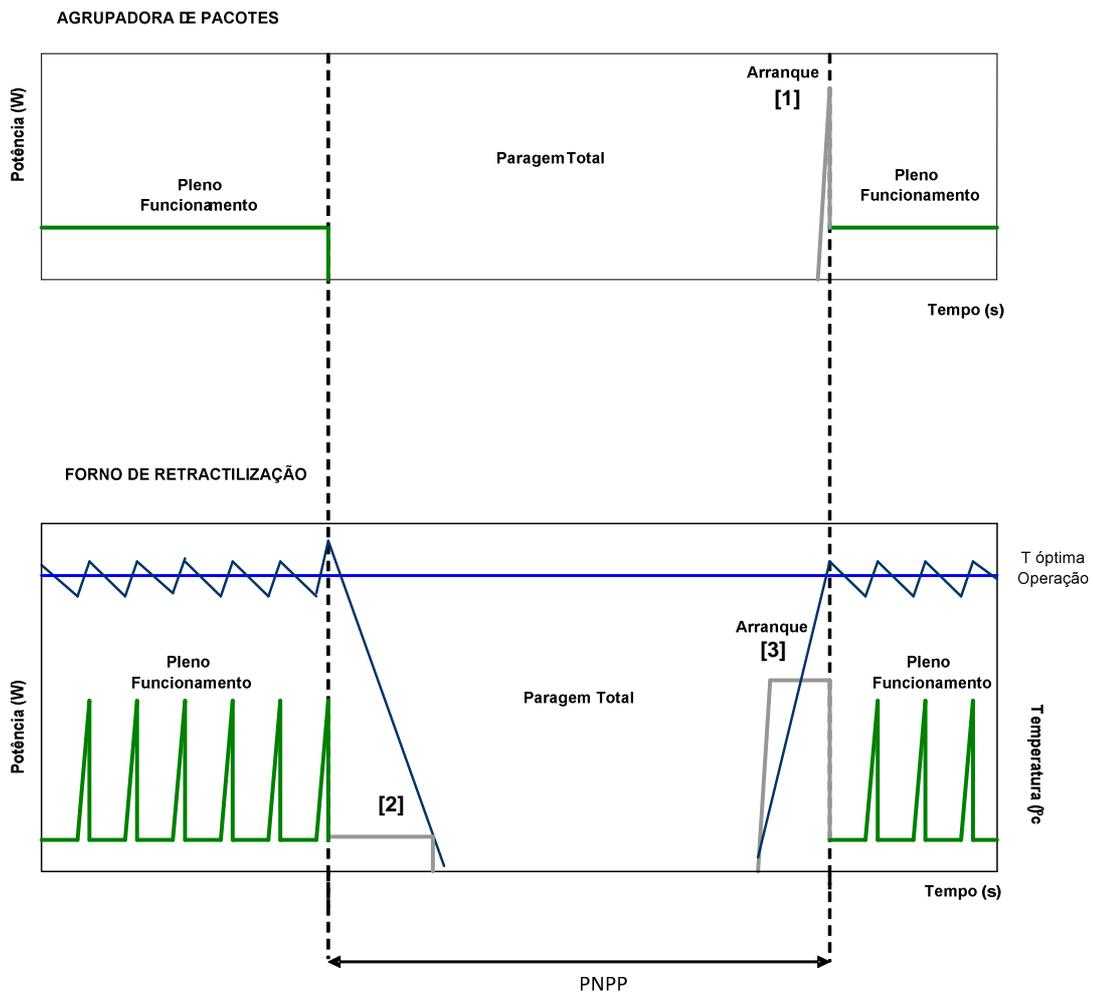
AGRUPADORA DE PACOTES	QT.
MOTORREDUTOR DA MAXILA SOLDADURA SUPERIOR	1 UN
MOTORREDUTOR DA MAXILA SOLDADURA INFERIOR	1 UN
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE BANDA DE ENTRADA NA MÁQUINA	1 UN
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE BANDA DE SAÍDA NA MÁQUINA	1 UN
FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO	QT
MOTOR ELÉTRICO DO VENTILADOR DO FORNO	1 UN
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE REDE DA MÁQUINA	1 UN
RESISTÊNCIAS	12 UN
MOTOR ELÉTRICO DO VENTILADOR	1 UN

Em relação à agrupadora, no momento de detecção da avaria, esta foi imediatamente desligada, provocando o corte directo de energia. Apenas se verificou consumo energético no momento do arranque da máquina, já quando as condições de funcionamento o permitiram (*Figura 5.3 - [1]*).

Por outro lado, o forno apresenta consumo de energia em certos componentes eléctricos durante a sua paragem. As condições de segurança a serem cumpridas em relação a esta máquina ditam que esta deve ser arrefecida, até atingir uma temperatura de aproximadamente 40°C antes de ser desligada completamente. No seguimento deste contexto e na sequência da avaria na agrupadora de pacotes, as resistências do forno foram desligadas aquando da paragem da agrupadora e apenas

foram mantidos em funcionamento o ventilador e o transportador de rede, pelo tempo necessário de arrefecimento do forno até aos 40°C (*Figura 5.3 - [2]*).

Posteriormente, na reactivação do forno, foi necessário proceder ao seu aquecimento até à temperatura de operação +158°C. A energia eléctrica consumida nesta fase deve ser contabilizada como energia necessária para repor as condições normais de funcionamento da linha de embalagem de açúcar em questão (*Figura 5.3 - [3]*).



Legenda:

PNPP – Paragem Não Planeada de Produção

— Consumo de energia eléctrica durante o funcionamento normal da máquina

— Consumo de energia eléctrica em consequência da avaria

— Temperatura óptima de operação do forno de retractilização

— Variação da temperatura do forno de retractilização

Figura 5.3: Perfis do consumo de energia eléctrica da agrupadora de pacotes e do forno de retractilização para o período de funcionamento normal das máquinas e o período de ocorrência da avaria e perfil da temperatura do forno de retractilização para os mesmos períodos – *Caso 1 – ocorrência real.*

Para a determinação dos consumos energéticos foi utilizado um Analisador de Energia – *FLUKE 435* (consultar *Anexo D*, subcapítulo *D.1*). Este equipamento permite medir a energia consumida pela máquina ou equipamento num determinado período de tempo.

A *Tabela 5.5* apresenta a energia total consumida pelas máquinas em consequência da avaria em questão e o custo total associado a esse consumo. No *Anexo D*, subcapítulo *D.2.1*, apresentam-se as medições experimentais efectuadas dos consumos de energia e o tratamento de dados.

Tabela 5. 5: Valores de consumos de energia (kWh) e os respectivos custos para o *Caso 1 – ocorrência real*.

	ENERGIA CONSUMIDA (kWh)	CUSTO ENERGÉTICO (€)
ARREFECIMENTO DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO	6	0,54
ARRANQUE DA AGRUPADORA DE PACOTES	0,0158	0,00142
ARRANQUE DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO	4	0,36
	TOTAL	0,90

Relativamente aos produtos rejeitados obtidos no Departamento de Embalamento do Açúcar, estes são encaminhados para um armazém onde se separa o açúcar do material de embalamento, procedendo-se posteriormente ao ensaque do açúcar em Big-Bags. Os Big-Bags são transportados para o Departamento de Fabrico, sendo posteriormente descarregados no dissolvedor de recuperação para reprocessamento do açúcar (consultar subcapítulo 2.2.2, *Figura 2.4*).

Para o caso em estudo, o produto rejeitado corresponde a 10 embalagens de açúcar (10kg) como descrito anteriormente no subcapítulo 5.1.2. O total de açúcar para reprocessar corresponde a 100kg. Os custos energéticos associados ao reprocessamento englobam:

- Consumo de fuel;
- Consumo de electricidade;
- Consumo de água.

A determinação destes consumos foi efectuada com base em valores fornecidos pela empresa, como se expõe na *Tabela 5.6*.

Tabela 5. 6: Consumo energético e respectivo custo associado, relativos ao reprocessamento de produto rejeitado: *Caso 1 – ocorrência real*.

CONSUMO ENERGÉTICO	1 TON AÇÚCAR		100 kg AÇÚCAR	
FUEL	80 kg	380 € / (Ton Fuel)	8 kg	3,04 €
ELECTRICIDADE	65 kWh	0,09 €/kWh	6,5 kWh	0,585 €
ÁGUA	2 m ³	4 €/m ³	0,2 m ³	0,80 €
			TOTAL	4,43 €

No global, o custo associado ao consumo energético para o *Caso 1 – ocorrência real* corresponde a 5,33 € (0,90+4,43).

Custos de consumo de peças de substituição

De acordo com a definição da avaria, foi necessário afiar a lâmina de corte da película de filme estirável e foi dada ordem de encomenda de borrachas para as maxilas de soldadura da agrupadora de pacotes. O custo total associado, quer à reparação como à aquisição das peças, é apresentado na *Tabela 5.7*.

Tabela 5. 7: Custos de reparação e substituição de peças para o Caso 1 – ocorrência real.

PEÇA	QUANTIDADE NECESSÁRIA (UN)	CUSTO DAS PEÇAS (€)	CUSTO DE REPARAÇÃO (€)	TOTAL (€)
LÂMINA DE CORTE	1	–	24,00	24,00
BORRACHAS DAS MAXILAS DE SOLDADURA	4	20,80	–	20,80
				44,80

A tabela seguinte apresenta um resumo dos custos da avaria determinados para o *Caso 1 – ocorrência real*.

Tabela 5. 8: Custos da avaria para o Caso 1 – ocorrência real.

CUSTOS DA AVARIA	(€)
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (MANUTENÇÃO)	23,23
CUSTOS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	5,33
CUSTO DE CONSUMO DE PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO	44,80
TOTAL	73,36

5.1.2 SIMULAÇÃO DA OCORRÊNCIA CONSIDERANDO A EXISTÊNCIA DE PEÇAS NECESSÁRIAS PARA REPARAÇÃO DA MÁQUINA EM STOCK

A existência de material em *stock* de ambas as peças necessárias para a resolução do caso em questão significa, em termos práticos, que a agrupadora de pacotes não necessita de ser desligada. Esta solução só é possível uma vez que esta máquina possui um sistema de paragem de emergência que bloqueia mecanicamente todo o sistema envolvido até que a ordem de rearme seja autorizada. O rearme é intencional mediante uma acção manual. Este mecanismo permite à entidade de manutenção proceder à reparação da máquina em conformidade com os requisitos obrigatórios de segurança no trabalho.

Tendo em conta a situação descrita anteriormente, o forno de retractilização também não é desligado, mantendo-se em condições de funcionamento durante o período de reparação da avaria da agrupadora, no entanto sem “gerar” produção.

Neste contexto, a Paragem Não Planeada de Produção considerando o caso em estudo, abrange a agrupadora e o forno. A duração da paragem verifica-se apenas pelo período necessário para reparação da agrupadora de pacotes, ou seja, para um TR de 60 minutos. Durante este período é accionada a linha de produção para a Meia Box, do mesmo modo que referido no subcapítulo 5.1.1.

FACTOR DE DISPONIBILIDADE

O factor de disponibilidade obtido para o caso em questão é de aproximadamente 97% (*Tabela 5.9*).

Tabela 5. 9: Factor de disponibilidade para o Caso 1 – ocorrência simulada.

FÓRMULAS	ABREVIATURAS	DESIGNAÇÃO	VALOR	UNIDADE
A	TTPP	TEMPO TOTAL PLANEADO DE PRODUÇÃO	1890	MINUTOS
B	TNPP	TEMPO NÃO PLANEADO DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
C = A-B	TTO	TEMPO TOTAL DE OPERAÇÃO	1890	MINUTOS
D	PPP	PARAGENS PLANEADAS DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
E = C-D	TPP	TEMPO PLANEADO DE PRODUÇÃO	1890	MINUTOS
F	PNPP	PARAGENS NÃO PLANEADAS DE PRODUÇÃO	60	MINUTOS
G = E-F	TBP	TEMPO BRUTO DE PRODUÇÃO	1830	MINUTOS
H = G/E x 100	D	FACTOR DE DISPONIBILIDADE	96,83	%

PERDAS DE PRODUÇÃO

Tendo em conta o período de indisponibilidade das máquinas, o número de embalagens não fabricadas corresponde a:

$$\text{n}^\circ \text{ embalagens} / \text{produzir} = 14 \frac{\text{emb}}{\text{min}} \times 60 \text{min} = 840 \text{ embalagens} / \text{produzir}$$

Considerando que o número de produtos rejeitados corresponde a dez embalagens (assumindo as condições referidas no subcapítulo 5.1.1), as perdas totais de produção correspondem a 850 embalagens.

CUSTOS DA AVARIA

Os custos associados à avaria comportam os seguintes itens:

Custos de mão-de-obra dos operários da manutenção

Para a reparação da avaria é necessária a intervenção de dois operários, sendo o custo de mão-de-obra total associado, apresentado na tabela seguinte.

Tabela 5. 10: Custos operacionais com mão-de-obra da manutenção para Caso 1 – ocorrência simulada.

OPERÁRIOS	INTERVENÇÃO REALIZADA POR	DIA INTERVENÇÃO	DURAÇÃO DA INTERVENÇÃO (h)	PREÇO/HORA (€/h)	TOTAL (€)
A	MECÂNICO	03-05-2010	1	9,29	9,29
B	MECÂNICO	03-05-2010	1	9,29	9,29
					18,58

Custos de inactividade inerentes à mão-de-obra dos operários da produção

Este caso assume as mesmas condições do *Caso 1 – ocorrência real* no que se refere aos custos de inactividade dos operários da produção. Para o período de Paragem Não Planeada de Produção, o operador responsável pelos transportadores de banda, pela agrupadora de pacotes e pelo forno de retractilização passa a monitorizar e a vigiar a linha de produção da Meia Box, durante o Tempo de Reparação da irregularidade observada na agrupadora, evitando assim qualquer tipo de custo associado à inactividade do operador da produção.

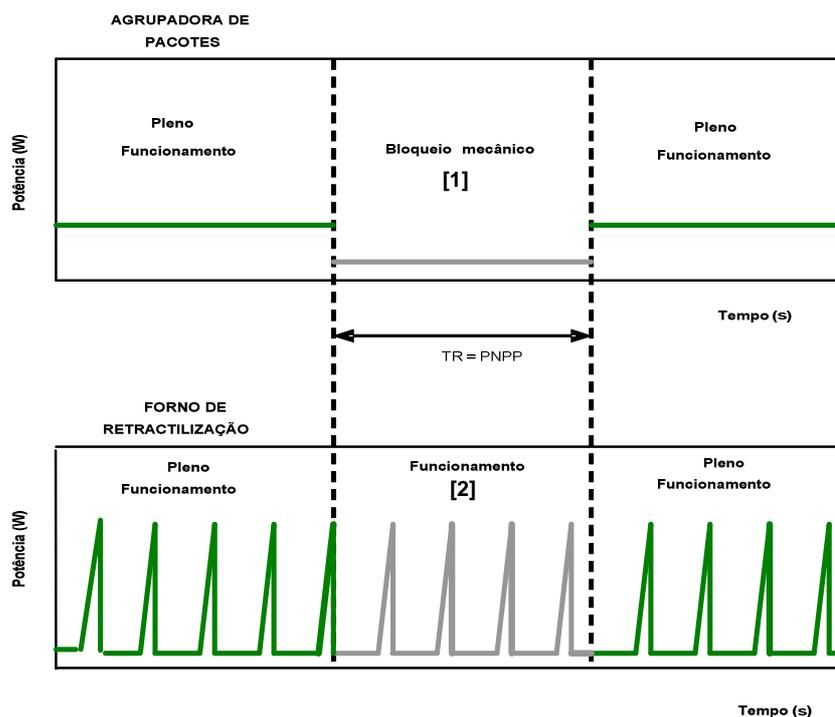
Custos de consumos energéticos

Os consumos energéticos ligados ao caso em consideração traduzem-se apenas em consumos de energia que não “geram” produção e consumos energéticos no reprocessamento de produto rejeitado.

Para a ocorrência, os consumos que não “geram” produção correspondem aos consumos de energia verificados pela agrupadora de pacotes e pelo forno de retractilização durante o período de Paragem Não Planeada de Produção.

No caso da agrupadora, o consumo energético verificado aquando da reparação da máquina diz respeito a peças que incorporam o sistema, como por exemplo: fotocélulas, válvulas e sensores. Os motorreductores das maxilas de soldadura e dos transportadores encontram-se bloqueados mecanicamente, não havendo consumo de energia por parte destes (*Figura 5.4- [1]*).

Em relação ao forno de retractilização, sabendo que não é desligado durante o período de reparação da agrupadora, o consumo de energia por parte deste para esse período corresponde ao consumo normal que se verifica durante o seu funcionamento (*Figura 5.4- [2]*).



Legenda:

PNPP – Paragem Não Planeada de Produção

TR – Tempo de Reparação da avaria

— Consumo de energia eléctrica durante o funcionamento normal da máquina

— Consumo de energia eléctrica em consequência da avaria

Figura 5. 4: Perfis do consumo de energia eléctrica da agrupadora de pacotes e do forno de retractilização para o período de funcionamento normal das máquinas e o período de ocorrência da avaria – Caso 1 – ocorrência simulada.

A tabela seguinte apresenta a energia total consumida pelas máquinas em consequência da avaria e o custo total associado a esse consumo. No *Anexo D*, subcapítulo *D.2.2*, apresentam-se as medições experimentais efectuadas dos consumos de energia e o tratamento de dados.

Tabela 5. 11: Valores de consumo de energia (kWh) e os respectivos custos para o Caso 1 – ocorrência simulada.

	ENERGIA CONSUMIDA (kWh)	CUSTO ENERGÉTICO (€)
BLOQUEIO MECANICO DA AGRUPADORA DE PACOTES	0,2	0,018
FUNCIONAMENTO DO FORNO DE RETRACTILIZAÇÃO	16	1,44
	TOTAL	1,46 €

Em relação ao custo energético, respeitante ao reprocessamento do produto não conforme (10 embalagens), o valor obtido corresponde a 4,43€ (valor determinado anteriormente para o *Caso 1 – ocorrência real*).

No global, o custo associado ao consumo energético para o caso corresponde a 5,89€ (1,46+4,43).

Custos de consumos de peças de substituição

Os custos associados ao consumo de peças, neste caso em particular, peças existentes em *stock*, são apresentados na *Tabela 5.12*. Nestas circunstâncias e de acordo com o referido no capítulo 3, o custo total das peças corresponde ao somatório do custo das peças (custo no momento da aquisição) e do custo de posse.

A determinação do custo de posse foi efectuada com base nos seguintes percentuais do valor do *stock*:

Armazenagem das peças: 3%

Manuseamento das peças: 1%

Custos com o pessoal: 4%

Custo do capital imobilizado: 3%

Custos de perdas, deterioração, etc.: 3%

Custo Total de Posse: 14%

Este valor indica que, anualmente, a empresa incorre num custo de armazenagem correspondente a 14% do seu valor de aquisição. Isto significa que ao custo de capital imobilizado acresce o somatório dos outros custos (espaço, manuseamento, pessoas, etc.).

Considerando que para o caso em análise, as peças de substituição necessárias se encontravam em *stock* há 3 anos, então, o custo total associado ao consumo destas peças corresponde a 361,93€ como se apresenta na *Tabela 5.12*.

O custo de aquisição apresentado relativo às borrachas das maxilas de soldadura é igual ao valor apresentado para o *Caso 1 – ocorrência real* (aquisição das peças no momento da avaria, ou seja, o momento actual). Isto significa que o custo de aquisição destas peças manteve o seu valor ao longo do tempo (estabilidade de preço), nomeadamente durante os últimos 3 anos.

Tabela 5. 12: Custos de peças de substituição para o Caso 1 – ocorrência simulada.

PEÇA	QUANTIDADE NECESSÁRIA (UN)	CUSTO DE AQUISIÇÃO (€)	TOTAL (€)
LÂMINA DE CORTE	1	223,50	$223,50 \cdot (1+14\%)^3$
BORRACHAS DAS MAXILAS DE SOLDADURA	4	20,80	$20,80 \cdot (1+14\%)^3$
			361,93

A tabela seguinte apresenta um resumo dos custos da avaria determinados para o *Caso 1 – ocorrência simulada*.

Tabela 5. 13: Custos da avaria para o Caso 1 – ocorrência simulada.

CUSTOS DA AVARIA	(€)
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (MANUTENÇÃO)	18,58
CUSTOS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	5,89
CUSTO DE CONSUMO DE PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO	361,93
TOTAL	386,40

5.1.3 COMPARAÇÃO: CASO 1 - Ocorrência Real versus Ocorrência Simulada

Após os resultados obtidos para o *Caso 1 – ocorrência real* (avaria sem peças de substituição em *stock*) e para o *Caso 1 – ocorrência simulada* (avaria com peças de substituição em *stock*), apresenta-se seguidamente uma avaliação comparativa de ambos os casos.

- **Factor de disponibilidade das máquinas**

De acordo com os resultados obtidos relativos ao factor de disponibilidade associado às máquinas, verifica-se pela análise da *Figura 5.5* um aumento de cerca de 83% do factor de disponibilidade das máquinas, em relação ao caso de avaria sem as peças de substituição em *stock* – *Caso 1 – ocorrência real* e o caso de avaria com as peças de substituição em *stock* – *Caso 1 – ocorrência simulada*.

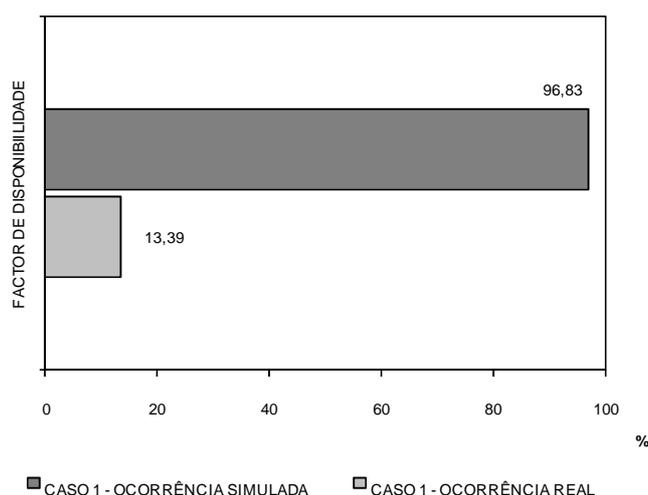


Figura 5. 5: Análise comparativa entre o *Caso 1 – ocorrência real* e o *Caso 1 – ocorrência simulada* do factor de disponibilidade das máquinas.

No entanto, convém salientar, que os valores do factor de disponibilidade a que se chegou são afectados pela estratégia de manutenção da empresa, não sendo correcto que sejam generalizados para outras situações.

- **Perdas de produção**

As perdas de produção variam em função do factor de disponibilidade das máquinas de produção. O aumento do factor de disponibilidade provoca uma diminuição das perdas de produção. Observando a *Figura 5.6* verifica-se uma diminuição das perdas de produção

entre o *Caso 1 – ocorrência real* e o *Caso 1 – ocorrência simulada* correspondente a 22.078 embalagens.

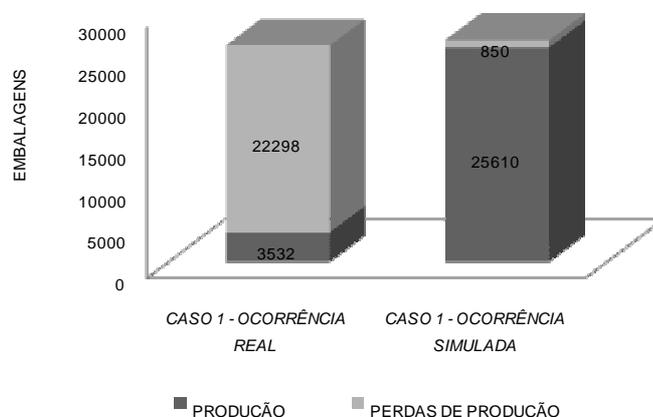


Figura 5. 6: Análise comparativa entre o *Caso 1 – ocorrência real* e o *Caso 1 – ocorrência simulada* das perdas de produção verificadas devido à ocorrência de avaria.

Tendo em conta que para o Tempo Planeado de Produção o objectivo pretendido seria a produção de 26.460 embalagens de açúcar, a ausência de peças de substituição para a reparação da avaria implicou uma redução em cerca de 87% desse valor, enquanto que a presença das peças de substituição em *stock* apenas implicaria uma redução em cerca de 3% do objectivo pretendido.

• Custos da avaria

Apresenta-se na *Figura 5.7* uma análise comparativa entre o *Caso 1 – ocorrência real* e o *Caso 1 – ocorrência simulada* dos custos da avaria.

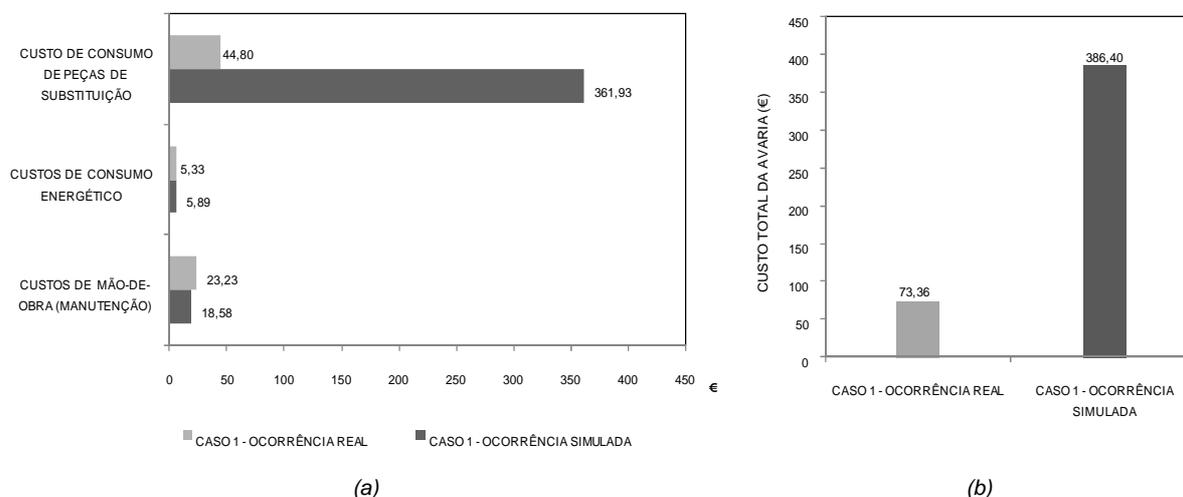


Figura 5. 7: Análise comparativa entre o *Caso 1 – ocorrência real* e o *Caso 1 – ocorrência simulada* dos custos da avaria (a); Análise comparativa entre o *Caso 1 – ocorrência real* e o *Caso 1 – ocorrência simulada* dos custos totais da avaria (b).

De acordo com os valores apresentados na *Figura 5.7 (a)* verifica-se que os custos com maior relevância são os custos relativos ao consumo de peças de substituição. Além disso, estes custos são os que apresentam um diferencial maior entre ambos os casos em estudo, observando-se como menos vantajosa a opção de ter as peças de substituição em *stock*.

Por outro lado, os custos associados ao consumo energético e à mão-de-obra dos operários da manutenção são os menos relevantes e os que apresentam um menor diferencial de custo entre o *Caso 1 – ocorrência real* e o *Caso 1 – ocorrência simulada*, observando-se apenas, para o custo de mão-de-obra dos operários da manutenção, como mais vantajosa a opção de ter as peças de substituição em *stock*.

Pela análise da representação gráfica em *5.7 (b)* verifica-se que o custo total da avaria assume um valor superior quando as peças necessárias para substituição se encontram em armazém de *stock*. No entanto, este resultado não deve ser analisado como um facto isolado, mas deve ser comparado com o valor obtido das perdas de produção. A tabela seguinte permite essa avaliação.

Tabela 5. 14: Diferenciais obtidos das perdas de produção (embalagens) e do custo total da avaria (€) entre o Caso 1 – ocorrência real e Caso 1 – ocorrência simulada.

	CASO 1 - OCORRÊNCIA REAL SEM PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO EM STOCK	CASO 1 - OCORRÊNCIA SIMULADA COM PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO EM STOCK	DIFERENCIAL REAL/SIMULADA
PERDAS DE PRODUÇÃO (EMBALAGENS)	22.928	850	- 22.078
CUSTO TOTAL DA AVARIA (€)	73,36	386,40	+ 313,04

Pela análise dos dados tabelados observa-se que, embora o custo total da avaria seja superior no *Caso 1 – ocorrência simulada* em relação ao *Caso 1 – ocorrência real* em 313,04€, as perdas de produção justificam a presença das peças de substituição em *stock*, uma vez que nesta situação, a empresa poderia reduzir as perdas de produção em 22.078 embalagens, ou seja, poderia diminuir em 96%, o valor das perdas verificadas no *Caso 1 – ocorrência real*.

5.2 CASO 2: AVARIA NO SISTEMA DE COSTURAR OS SACOS 25/50 kg

5.2.1 ESTUDO DA OCORRÊNCIA REAL

O sistema de costurar os sacos encontra-se inserido na Linha Ensaque. O caso em questão ocorreu aquando do ensaque de Açúcar Granulado Branco (50kg) (*Anexo A – Figura A.1*).

A *Figura 5.8* apresenta de uma forma simplificada o processo normal de ensaque de açúcar.

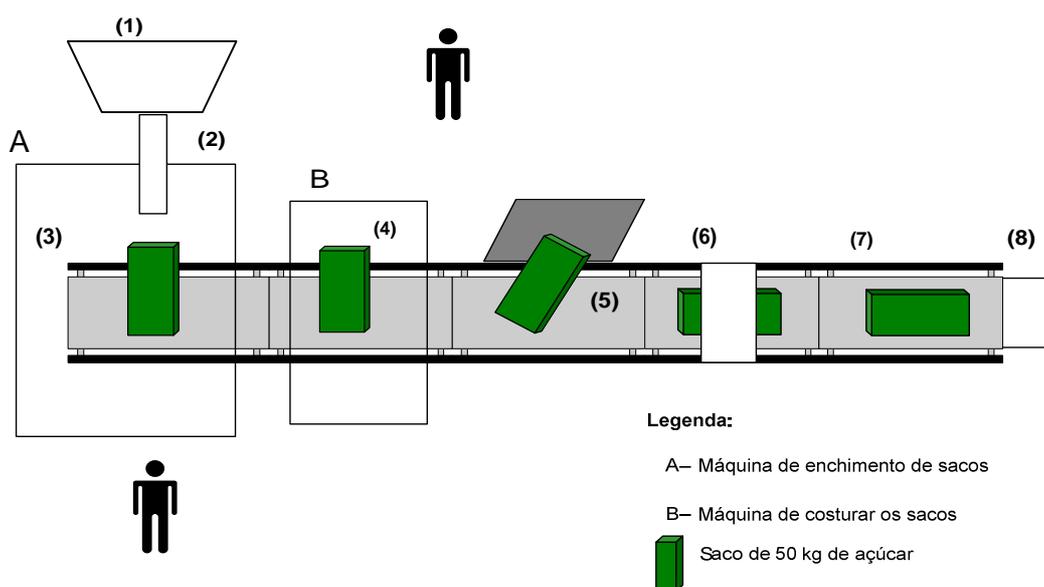


Figura 5. 8: Esquema representativo do processo de embalamento de açúcar, em sacos de 50kg.

DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

- (1) Armazenagem do açúcar numa tremonha;
- (2) Sistema de pesagem do açúcar;
- (3) Enchimento de sacos de 50kg de açúcar e transporte destes através de um transportador de banda;
- (4) Fecho do topo dos sacos (costurados) e transporte através de um transportador de banda;
- (5) Mecanismo de girar os sacos da posição vertical para horizontal e transporte destes através de um transportador de banda;
- (6) Submissão dos sacos a um detector de metais;
- (7) Pesagem dos sacos para controlo do peso.
- (8) Transporte dos sacos para a paletizadora e a envolvedora.

DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA

Célula do sistema de costurar os sacos avariada.

NECESSIDADES

Substituição da célula.

A célula necessária para substituição não existia em *stock*, pelo que foi necessária a paragem de toda a linha de ensaque representada na *Figura 5.8*, pelo período necessário de aquisição da peça e reparação da avaria. É de salientar que a partir do ponto (8) representado na *Figura 5.8*, a linha de operação não parou, uma vez que constitui fisicamente um sistema autónomo do restante, podendo laborar para outros fins necessários.

Para além das situações mencionadas anteriormente, é de salientar o seguinte facto:

O açúcar armazenado na tremonha, como representado na *Figura 5.8* em (1), advém do silo de 80 toneladas (consultar subcapítulo 2.3, *Figura 2.16*) – silo que recebe e armazena grande parte do açúcar produzido no Departamento de Fabrico, sendo a partir deste distribuído pelos vários sectores de embalagem de açúcar. O facto de quase toda a Linha Ensaque parar devido à avaria, traduz-se em custos acrescidos para além dos necessários para a restituição das condições normais de funcionamento da linha.

Vejamos: a paragem da máquina de enchimento de sacos provoca a paragem da restante linha de operação representada na *Figura 5.8* e para além disso, o açúcar que se encontrava destinado a ser ensacado no dia da ocorrência da avaria e não foi, terá que ser descarregado do silo de 80 toneladas de modo a evitar o enchimento do mesmo e conseqüente empanque. Perante esta situação, a solução adoptada foi o ensaque do açúcar em Big-Bags de 1250kg cada um. Este procedimento envolve custos de mão-de-obra e custos de energia, que devem ser devidamente contabilizados.

Apresenta-se na *Figura 5.9* o plano previsto de trabalho respeitante à linha de produção em questão, para o dia da ocorrência. Para além disso, apresenta-se também o período total de Paragem Não Planeada de Produção verificado, que para o caso em estudo admite os seguintes itens:

TE – 210 minutos

TR – 60 minutos

TAM – 4 minutos

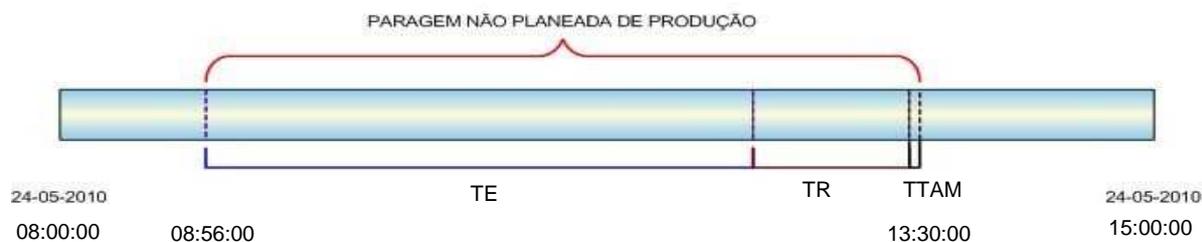


Figura 5. 9: Plano previsto de produção e paragem total verificada por avaria da máquina – Caso 2 – ocorrência real.

FACTOR DE DISPONIBILIDADE

A partir dos dados da *Figura 5.9* e aplicando a *Equação 3.1* foi possível determinar o factor de disponibilidade das máquinas, em resultado da avaria verificada (*Tabela 5.15*).

Tabela 5. 15: Factor de disponibilidade para o Caso 2 – ocorrência real.

FÓRMULAS	ABREVIATURAS	DESIGNAÇÃO	VALOR	UNIDADE
A	TTPP	TEMPO TOTAL PLANEADO DE PRODUÇÃO	420	MINUTOS
B	TNPP	TEMPO NÃO PLANEADO DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
C = A-B	TTO	TEMPO TOTAL DE OPERAÇÃO	420	MINUTOS
D	PPP	PARAGENS PLANEADAS DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
E = C-D	TPP	TEMPO PLANEADO DE PRODUÇÃO	420	MINUTOS
F	PNPP	PARAGENS NÃO PLANEADAS DE PRODUÇÃO	274	MINUTOS
G = E-F	TBP	TEMPO BRUTO DE PRODUÇÃO	146	MINUTOS
H = G/Ex100	D	FACTOR DE DISPONIBILIDADE	34,76	%

Pela análise dos dados obtidos verifica-se que o factor de disponibilidade é baixo, cerca de 35%, ou seja, as máquinas estiveram indisponíveis por mais de metade do tempo operacional inicialmente previsto.

PERDAS DE PRODUÇÃO

As perdas de produção associadas à Paragem Não Planeada de Produção são quantificadas e apresentadas seguidamente. Para essa determinação foi necessário o conhecimento da velocidade nominal da máquina de ensacar açúcar, uma vez que as restantes máquinas da linha de operação laboram em função deste valor, portanto, o número de sacos por produzir ao fim de determinado período de tempo é definido por este parâmetro.

Sabendo que a velocidade nominal da máquina de ensacar Açúcar Granulado Branco (Libra) corresponde a 5 sacos/min, então o número de sacos por produzir durante a Paragem Não Planeada de Produção corresponde a:

$$\text{n}^\circ \text{ sacos/produzir} = 5 \frac{\text{sacos}}{\text{min}} \times 274 \text{min} = 1.370 \text{ sacos/produzir}$$

Relativamente à produção rejeitada verificada para o caso em estudo, observou-se quatro sacos não conformes durante o período de detecção da avaria e no momento de arranque da máquina observou-se dois sacos rejeitados. O total de perdas de produto rejeitado obtido é de seis sacos.

No global, as perdas de produção verificadas devido à ocorrência correspondem a um total de 1.376 sacos.

CUSTOS DA AVARIA

Os custos associados à avaria comportam as seguintes parcelas:

Custos de mão-de-obra dos operários da manutenção

Para a reposição normal de funcionamento da Linha Ensaque foi necessário a intervenção de um técnico da manutenção. A duração da intervenção corresponde ao período de averiguação da avaria e o período de reparação da mesma. Apresenta-se na *Tabela 5.16* o custo total de mão-de-obra relativo ao operário da manutenção.

Tabela 5.16: Custos operacionais com mão-de-obra da manutenção para o Caso 2 – ocorrência real.

OPERÁRIOS	INTERVENÇÃO REALIZADA POR	DIA INTERVENÇÃO	DURAÇÃO DA INTERVENÇÃO (h)	PREÇO/HORA (€/h)	TOTAL (€)
A	ELECTRICISTA	24-05-2010	0,5	9,29	4,65
	ELECTRICISTA	24-05-2010	1	9,29	9,29
					13,94

Custos de inactividade inerentes à mão-de-obra dos operários da produção

Para o caso em estudo existem dois operários responsáveis pela monitorização e vigilância da Linha Ensaque representada na *Figura 5.8*. A Paragem Não Planeada de Produção afecta o serviço prestado pelos dois operários devido à indisponibilidade das máquinas envolvidas na avaria.

Tendo em conta que a remuneração de cada operador envolvido corresponde a 5€/h, então, o custo de inactividade inerente à mão-de-obra dos operários, associado à indisponibilidade das máquinas corresponde a:

$$274 \text{ min} \times \frac{5 \text{ €}}{60 \text{ min}} \times 2 \text{ operários} = 45,67\text{€}$$

Custos de consumos energéticos

Os consumos energéticos verificados para o caso em estudo correspondem apenas a consumos de energia verificados no arranque das máquinas que constituem a Linha Ensaque e a energia consumida no reprocessamento do produto rejeitado, uma vez que não foi necessário o uso de equipamentos consumidores de energia para a reparação da avaria, nem se verificou qualquer outro consumo no decorrer da reparação.

Apresenta-se na *Tabela 5.17* os principais equipamentos consumidores de energia da Linha Ensaque representada na *Figura 5.8*.

Tabela 5. 17: Equipamentos consumidores de energia da Linha Ensaque.

LINHA ENSAQUE	QT.
MOTORREDUTOR DA MÁQUINA DE ENCHIMENTO DE SACOS	10 UN
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR BANDA (VIRADOR DE SACOS)	1 UN
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE BANDA (PASSAGEM NO DETECTOR DE METAIS)	1 UN
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE BANDA (PASSAGEM NA BALANÇA DE CONTROLO DE PESO)	1 UN

Para a determinação dos consumos energéticos foi utilizado o Analisador de Energia – *FLUKE 435*.

A *Tabela 5.18* apresenta a energia total consumida pelas máquinas que constituem a Linha Ensaque, em consequência da avaria em questão e o custo total associado a esse consumo. No *Anexo D*, subcapítulo *D.2.3*, apresentam-se as medições experimentais efectuadas dos consumos de energia e o tratamento de dados.

Tabela 5. 18: Energia Consumida (kWh) e respectivo custo associado para o *Caso 2 – ocorrência real*.

	ENERGIA CONSUMIDA (kWh)	CUSTO ENERGÉTICO (€)
ARRANQUE DA LINHA ENSAQUE	0,0675	0,0061

Relativamente ao produto rejeitado, este corresponde a 6 sacos de 50kg de açúcar como descrito no subcapítulo 5.4.2. O total de açúcar por reprocessar corresponde a 300kg. Os custos energéticos associados ao reprocessamento são apresentados em seguida na *Tabela 5.19*, e foram determinados com base em valores fornecidos pela empresa.

Tabela 5. 19: Consumo energético e respectivo custo associado, relativos ao reprocessamento de produto rejeitado: Caso 2 – ocorrência real.

CONSUMO ENERGÉTICO	1 TON AÇÚCAR		300 kg AÇÚCAR	
FUEL	80 kg	380 € / (Ton Fuel)	24 kg	9,12 €
ELECTRICIDADE	65 kWh	0,09 €/kWh	19,5 kWh	1,755 €
ÁGUA	2 m3	4 €/m3	0,6 m3	2,40 €
			TOTAL	13,28 €

No global, o custo associado ao consumo energético corresponde a 13,29€ (0,0061+13,28).

Custos de consumo de peças de substituição

O custo total pela encomenda e pela aquisição da peça de substituição necessária para a reparação da anomalia corresponde a 48,45€.

Custos associados ao processo de ensaque de açúcar em Big-Bags

O sistema representado na *Figura 5.10* diz respeito ao Sector Ensaque: Linha Big-Bags – Açúcar Granulado Branco (consultar *Anexo A – Figura A.2*).

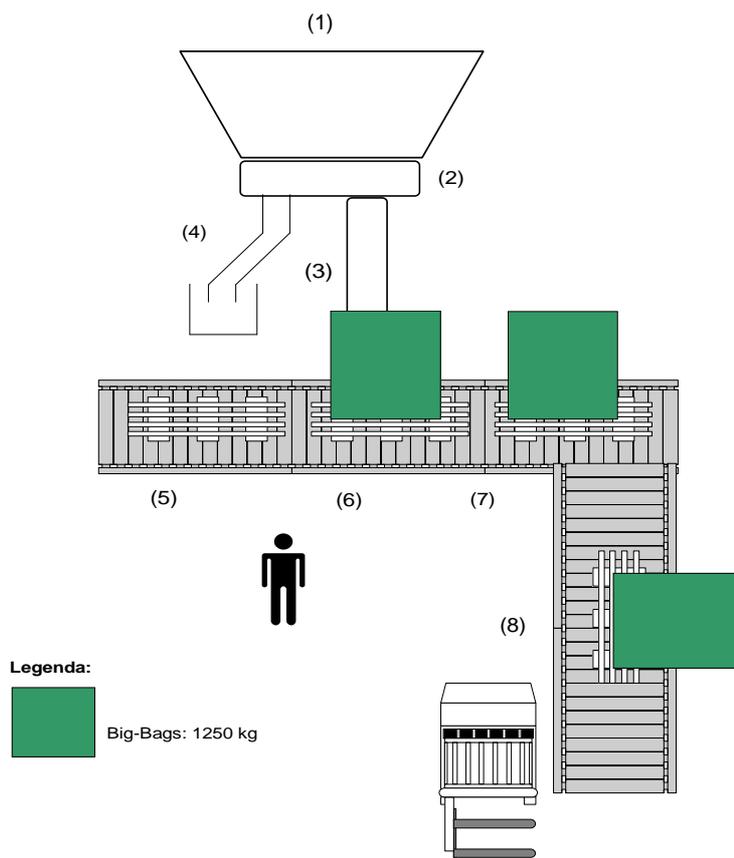


Figura 5. 10: Esquema representativo do processo de ensaque de açúcar em Big-Bags.

DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

- (1) Armazenagem do açúcar numa tremonha;
- (2) Submissão do açúcar a um detector de metais;
- (3) Ensaque do açúcar em Big-Bags;
- (4) Armazenagem do açúcar não conforme;
- (5) Transportador de rolos – alimentador de paletes;
- (6) Transportador de rolos – balança Big-Bags;
- (7) Transportador de rolos – saída da balança;
- (8) Transportador de rolos – transporte para armazém.

A quantidade de açúcar por embalar devido à ocorrência de avaria no sistema de costurar os sacos corresponde a:

$$1370 \frac{\text{sacos}}{\text{produzir}} \times 50 \frac{\text{kg}}{\text{saco}} = 68.500 \text{ kg Açúcar}$$

ou seja, 68.500kg será a quantidade de açúcar que deve ser descarregada do silo de 80 toneladas e ensacada em Big-Bags. Este açúcar designa-se por açúcar excedente.

Cada Big-Bag armazena 1.250kg de açúcar, sendo necessário 55 Big-Bags para armazenar todo o açúcar que não chegou a ser ensacado (em sacos de 50kg).

a) Custos de mão-de-obra dos operários da produção

A Linha Big-Bags dispõe de um operário responsável pelo acondicionamento do açúcar.

A média de ensaque de açúcar em Big-Bags observada corresponde a 20 Big-Bags/hora. De acordo com este parâmetro, o tempo necessário para o ensaque de 55 Big-Bags corresponde a aproximadamente 2,8 horas.

No seguimento deste contexto e de acordo com a taxa de remuneração do operador – 5€/h, o custo de mão-de-obra de produção corresponde a:

$$2,8h \times 5 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 14,00\text{€}$$

b) Custos de consumos energéticos

Os custos energéticos verificados na Linha Big-Bags resultam da soma dos custos relativos ao consumo de energia eléctrica pelos equipamentos apresentados na *Tabela 5.20* e os custos inerentes ao consumo de ar comprimido pelo sistema de ensaque.

Tabela 5. 20: Equipamentos consumidores de energia da Linha Big-Bags.

LINHA BIG-BAGS	QT.
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE ROLOS - ALIMENTADOR DE PALETES	1 UN
MOTOREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE ROLOS - BALANÇA BIG-BAGS	1 UN
MOTORREDUTOR DO TRANSPORTADOR DE ROLOS - SAÍDA BALANÇA	1 UN
MOTORREDUTORES DOS TRANSPORTADORES DE ROLOS - TRANSPORTE PARA ARMAZÉM	2 UN

A *Tabela 5.21* apresenta a energia total consumida pelos equipamentos e o custo total associado a esse consumo, respectivos ao processo de ensaque de 55 Big-Bags. No *Anexo D*, subcapítulo *D.2.3*, apresentam-se as medições experimentais efectuadas dos consumos de energia e o tratamento de dados.

Tabela 5. 21: Energia Consumida (kWh) e respectivo custo associado para o *Caso 2 – ocorrência real*.

	ENERGIA CONSUMIDA (kWh)	CUSTO ENERGÉTICO (€)
SISTEMA BIG-BAGS	0,0748	0,0067

O consumo médio de ar comprimido no processo de ensaque corresponde a 115 m³/h e o consumo médio específico eléctrico a 0,16 kWh/m³ (valores fornecidos pela empresa). Para o caso em estudo, sabendo que o tempo de ensaque é de 2,8h, então o consumo de energia para a produção do ar comprimido corresponde a 51,52 kWh. O custo associado a este consumo corresponde a 4,64€ (Electricidade: 0,09 €/kWh).

No total, o custo de consumo energético corresponde a 4,65€.

Custo de contentores transformados

Os contentores transformados correspondem a Contentores/Big-Bags que armazenam o açúcar excedente e que posteriormente são descarregados no silo de 70 toneladas, para reprocessamento do açúcar (consultar subcapítulo 2.2.9, *Figura 2.11*). Este processo acarreta consumos, nomeadamente consumos energéticos – 1Ton Açúcar Excedente /15 kWh (valor fornecido pela empresa).

Para o caso em questão, sabendo que a quantidade de açúcar a ser reprocessada corresponde a 68.500kg, então o consumo de energia corresponde a 1027,5kWh. O custo associado a este consumo corresponde a 92,48€ (Electricidade: 0,09 €/kWh).

A tabela seguinte apresenta um resumo dos custos da avaria determinados para o *Caso 2 – ocorrência real*.

Tabela 5. 22: Custos da avaria para o Caso 2 – ocorrência real.

CUSTOS DA AVARIA	(€)
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (MANUTENÇÃO)	13,94
CUSTOS DE INACTIVIDADE INERENTES À MÃO-DE-OBRA (PRODUÇÃO)	45,57
CUSTOS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	13,29
CUSTO DE CONSUMO DE PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO	48,45
CUSTOS COM ENSAQUE DE AÇÚCAR EM BIG-BAGS	
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA	14,00
CUSTOS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	4,65
CUSTOS DE CONTENTORES TRANSFORMADOS	
CUSTOS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	92,48
TOTAL	
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (MANUTENÇÃO)	13,94
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (PRODUÇÃO)	59,57
CUSTOS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	110,42
CUSTO DE CONSUMO DE PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO	48,45
	232,38

5.2.2 SIMULAÇÃO DA OCORRÊNCIA CONSIDERANDO A EXISTÊNCIA DE PEÇAS NECESSÁRIAS PARA REPARAÇÃO DA MÁQUINA EM STOCK

A existência em *stock* da peça necessária para a resolução do caso em questão, significa em termos práticos, evitar a paragem das máquinas que envolvem a Linha Ensaque. Esta solução só é possível uma vez que o sistema possui um modo de paragem de emergência que bloqueia electricamente todo o sistema envolvido até que a ordem de rearme seja autorizada. No seguimento deste contexto, o período de Paragem Não Planeada de Produção para o caso em consideração diz respeito apenas ao tempo necessário para reparação da avaria, ou seja, para um TR de 60 minutos.

FACTOR DE DISPONIBILIDADE

O factor de disponibilidade obtido é de aproximadamente 86% (*Tabela 5.23*).

Tabela 5. 23: Factor de disponibilidade para o Caso 2 – ocorrência simulada.

FÓRMULAS	ABREVIATURAS	DESIGNAÇÃO	VALOR	UNIDADE
A	TTPP	TEMPO TOTAL PLANEADO DE PRODUÇÃO	420	MINUTOS
B	TNPP	TEMPO NÃO PLANEADO DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
C = A-B	TTO	TEMPO TOTAL DE OPERAÇÃO	420	MINUTOS
D	PPP	PARAGENS PLANEADAS DE PRODUÇÃO	0	MINUTOS
E = C-D	TPP	TEMPO PLANEADO DE PRODUÇÃO	420	MINUTOS
F	PNPP	PARAGENS NÃO PLANEADAS DE PRODUÇÃO	60	MINUTOS
G = E-F	TBP	TEMPO BRUTO DE PRODUÇÃO	360	MINUTOS
H = G/Ex100	D	FACTOR DE DISPONIBILIDADE	85,71	%

PERDAS DE PRODUÇÃO

Tendo em conta o período de indisponibilidade das máquinas, o número de embalagens não fabricadas corresponde a:

$$\text{n}^\circ \text{ sacos/produzir} = 5 \frac{\text{sacos}}{\text{min}} \times 60\text{min} = 300 \text{ sacos/produzir}$$

Considerando que o número de produtos rejeitados corresponde a seis sacos (assumindo as condições referidas no subcapítulo 5.2.1), as perdas totais de produção correspondem a 306 sacos.

CUSTOS DA AVARIA

Os custos totais associados à avaria comportam as seguintes parcelas:

Custos de mão-de-obra dos operários da manutenção;

Para a reparação da avaria é necessária a intervenção de apenas um operário da manutenção, sendo o custo de mão-de-obra associado, apresentado na tabela seguinte.

Tabela 5. 24: Custos operacionais com mão-de-obra da manutenção para Caso 2 – ocorrência simulada.

OPERÁRIOS	INTERVENÇÃO REALIZADA POR	DIA INTERVENÇÃO	DURAÇÃO DA INTERVENÇÃO (h)	PREÇO/HORA (€)	TOTAL (€)
A	ELECTRICIDADE	24-05-2010	1	9,29	9,29

Custos de inactividade inerentes à mão-de-obra dos operários da produção;

Sendo o tempo de reparação da máquina de costurar os sacos de 60 minutos, o custo de inactividade inerente à mão-de-obra dos operários da produção corresponde a:

$$60\text{min} \times \frac{5}{60} \frac{\text{€}}{\text{min}} \times 2\text{operários} = 10,00\text{€}$$

Custos de consumos energéticos;

Os consumos energéticos ligados ao caso em consideração traduzem-se apenas em, consumos de energia que não “geram” produção e consumos energéticos gerados no reprocessamento de produto rejeitado.

Para a ocorrência, os consumos que não “geram” produção correspondem aos consumos de energia verificados pelos equipamentos que constituem a Linha Ensaque, durante o período de Paragem Não Planeada de Produção. A Tabela 5.25 apresenta o valor da energia consumida e o custo associado a esse consumo. No Anexo D, subcapítulo D.2.4, apresentam-se as medições experimentais efectuadas dos consumos de energia e o tratamento de dados.

Tabela 5. 25: Energia Consumida (kWh) e respectivo custo associado para o *Caso 2 – ocorrência simulada*.

	ENERGIA CONSUMIDA (kWh)	CUSTO ENERGÉTICO (€)
BLOQUEIO ELÉCTRICO DA LINHA ENSAQUE	0,1	0,009

Em relação ao custo energético, respeitante ao reprocessamento do produto não conforme (6 embalagens), o valor obtido corresponde a 13,28€ (valor determinado anteriormente para o *Caso 2 – ocorrência real*).

No global, o custo associado ao consumo energético corresponde a 13,29€ (0,009+13,28).

Custos de consumo de peças de substituição

Os custos associados ao consumo de peças, neste caso em particular, peças existentes em *stock*, são apresentados na *Tabela 5.26*. Nestas circunstâncias e de acordo com o referido no capítulo 3, o custo total das peças corresponde ao somatório do custo das peças (custo no momento da aquisição) e do custo de posse.

A determinação do custo de posse foi efectuada com base nos seguintes percentuais do valor do *stock*:

Armazenagem das peças: 3%

Manuseamento das peças: 1%

Custos com o pessoal: 4%

Custo do capital imobilizado: 3%

Custos de perdas, deterioração, etc.: 3%

Custo Total de Posse: 14%

Este valor indica que, anualmente, a empresa incorre num custo de stockagem correspondente a 14% do seu valor de aquisição. Isto significa que ao custo de capital imobilizado acresce o somatório dos outros custos (espaço, manuseamento, pessoas, etc.).

Sabendo que para o caso em análise, a peça de substituição necessária se encontrava em *stock* há 1 ano, então, o custo total associado ao consumo desta peça corresponde a 55,23€ como se apresenta na *Tabela 5.26*.

O custo de aquisição apresentado relativo à célula é igual ao valor apresentado para o *Caso 2 – ocorrência real* (aquisição das peças no momento da avaria, ou seja, o momento actual). Isto significa que o custo de aquisição desta peça manteve o seu valor ao longo do tempo (estabilidade de preço), nomeadamente durante o último ano.

Tabela 5. 26: Custos de peças de substituição para o *Caso 2 – ocorrência simulada*.

PEÇA	QUANTIDADE NECESSÁRIA (UN)	CUSTO DE AQUISIÇÃO (€)	TOTAL (€)
CÉLULA	1	48,45	$48,45 \cdot (1+14\%)^1$
			55,23

A tabela seguinte apresenta um resumo dos custos da avaria determinados para o *Caso 2 – ocorrência simulada*.

Tabela 5. 27: Custos da avaria para o *Caso 2 – ocorrência simulada*.

CUSTOS DA AVARIA	(€)
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (MANUTENÇÃO)	9,29
CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA (PRODUÇÃO)	10,00
CUSTOS DE CONSUMOS ENERGÉTICOS	13,29
CUSTO DE CONSUMO DE PEÇAS DE SUBSTITUIÇÃO	55,23
	87,81

5.2.3 COMPARAÇÃO: CASO 2 – Ocorrência Real versus Ocorrência Simulada

Após os resultados obtidos para o *Caso 2 – ocorrência real* (avaria sem peças de substituição em *stock*) e para o *Caso 2 – ocorrência simulada* (avaria com peças de substituição em *stock*), apresenta-se seguidamente uma avaliação comparativa de ambos os casos.

- **Factor de disponibilidade das máquinas**

De acordo com os resultados obtidos, relativos ao factor de disponibilidade associado às máquinas afectadas pela avaria, verifica-se pela análise da *Figura 5.11* um aumento de cerca de 51% do factor de disponibilidade das máquinas, entre o caso de avaria sem a peça para substituição em *stock* – *Caso 2 – ocorrência real* e o caso de avaria com a peça em *stock* – *Caso 2 – ocorrência simulada*.

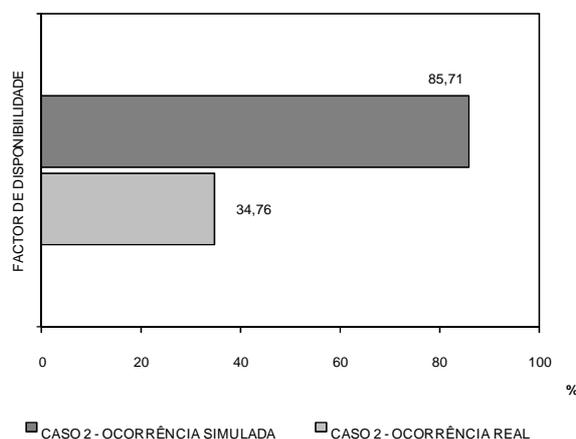


Figura 5. 11: Análise comparativa entre o *Caso 2 – ocorrência real* e o *Caso 2 – ocorrência simulada* do factor de disponibilidade das máquinas.

No entanto, como já foi referido anteriormente, os valores do factor de disponibilidade a que se chegou são afectados pela estratégia de manutenção da empresa, não sendo correcto que sejam generalizados para outras situações.

- **Perdas de produção**

As perdas de produção variam em função do factor de disponibilidade das máquinas de produção. Observando a *Figura 5.12* verifica-se uma diminuição das perdas de produção, entre o *Caso 2 – ocorrência real* e o *Caso 2 – ocorrência simulada*, correspondente a 1070 sacos de 50kg de açúcar.

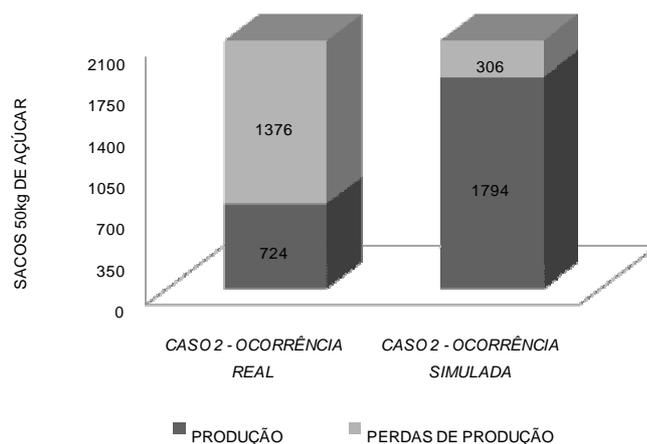


Figura 5. 12: Análise comparativa entre o Caso 2 – ocorrência real e o Caso 2 – ocorrência simulada das perdas de produção.

Tendo em conta que para o Tempo Planeado de Produção o objectivo pretendido seria a produção de 2100 sacos de 50kg de açúcar, a ausência da peça de substituição necessária para a reparação da avaria implicou uma redução em cerca de 66% desse valor, enquanto que considerando a presença da peça de substituição em *stock* implicaria uma redução de apenas 15% do objectivo pretendido.

• Custos da avaria

Apresenta-se na Figura 5.13 uma análise comparativa dos custos da avaria entre o Caso 2 – ocorrência real e o Caso 2 – ocorrência simulada.

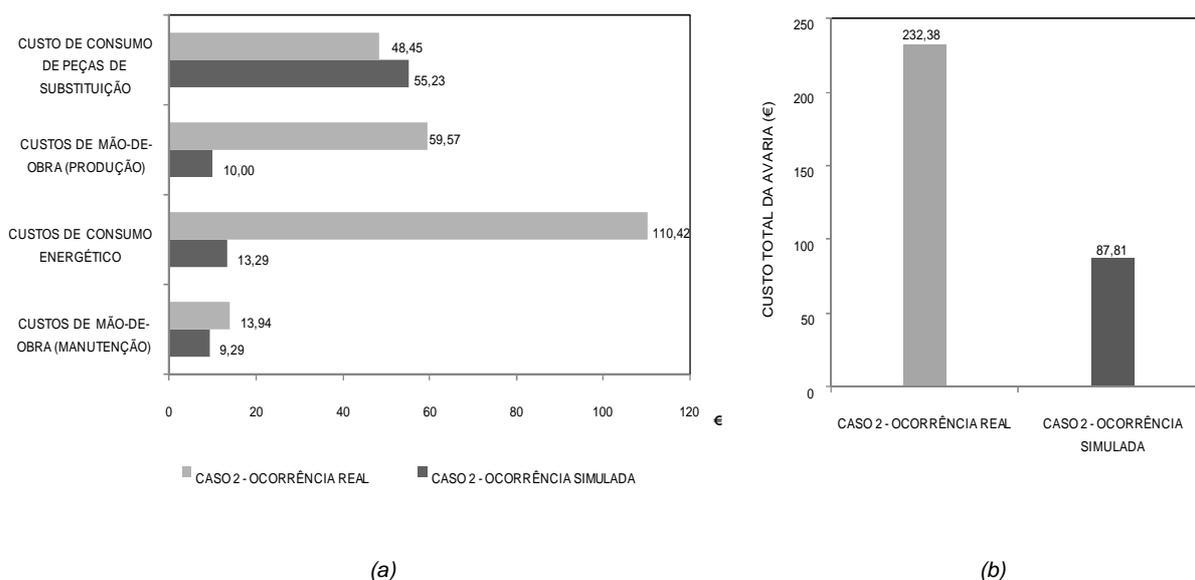


Figura 5. 13: Análise comparativa entre o Caso 2 – ocorrência real e o Caso 2 – ocorrência simulada dos custos da avaria (a); Análise comparativa entre o Caso 2 – ocorrência real e o Caso 2 – ocorrência simulada dos custos totais da avaria (b).

De acordo com os valores apresentados na *Figura 5.13 (a)* verifica-se que os custos com maior relevância são os custos relativos ao consumo energético e à mão-de-obra dos operários de produção. Em ambos os casos, *Caso 2 – ocorrência real* e *Caso 2 – ocorrência simulada*, a presença da peça de substituição em *stock* verificou-se a opção mais vantajosa.

No lado oposto, os custos associados ao consumo de peças de substituição e mão-de-obra dos operários da manutenção são os menos relevantes e os que apresentam um menor diferencial de custo entre o *Caso 2 – ocorrência real* e o *Caso 2 – ocorrência simulada*, observando-se apenas, para o custo de mão-de-obra dos operários da manutenção, como mais vantajosa a opção de ter as peças de substituição em *stock*.

Pela análise da representação gráfica em *(b)* verifica-se que o custo total da avaria assume um valor bastante inferior quando as peças necessárias para substituição se encontram em *stock*.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Um sistema de gestão de uma unidade de produção implica a identificação de todos os equipamentos que integram a unidade, quer a um nível orientado para o conhecimento das funções realizadas pelas máquinas, possibilitando deste modo diferenciar a importância de cada posto de trabalho e as incidências que as suas avarias ou baixos rendimentos têm no processo fabril, como também a um nível técnico, orientado para a natureza dos equipamentos e aparelhos.

Para a obtenção de níveis produtivos elevados dos equipamentos ou bens, a função manutenção surge como determinante numa instalação fabril, proporcionando um conjunto de acções destinadas a manter ou repor a operacionalidade dos equipamentos nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, de uma forma segura, através de intervenções oportunas e correctas.

No caso de ocorrências de avarias nos equipamentos ou bens integrados no processo fabril, as consequências são evidentes e não devem ser desprezadas. De acordo com o presente estudo realizado na empresa, o factor de disponibilidade de um equipamento aumenta em mais de 50% do valor quando as peças necessárias para substituição se encontram em *stock* no momento oportuno para a sua utilização, comparado com o caso que ocorre quando à ausência das mesmas. Os valores do factor de disponibilidade obtidos neste trabalho são afectados pela estratégia de manutenção existente na empresa, não sendo correcto a sua generalização para outras situações.

A indisponibilidade de um equipamento afecta directamente a produção. Através deste estudo, as perdas de produção podem atingir valores bastante significativos para a economia de uma empresa quando se verifica indisponibilidade de equipamentos ou bens. De acordo com esta síntese, conclui-se que um programa eficiente de manutenção e uma correcta gestão de *stocks* assumem uma particular importância em situações de paragem não prevista, onde a indisponibilidade de uma dada peça sobressalente pode implicar perdas de produção bastante significativas.

Para além das perdas de produção que se verificam, aquando da ocorrência de uma avaria num equipamento ou bem, constituem um custo para a empresa, existem outros custos associados à avaria que não devem ser ignorados. De acordo com o estudo efectuado conclui-se que, na generalidade, os custos da avaria diminuem com a existência de peças de substituição necessárias para reparação da ocorrência em *stock*. A presença da peça implica uma diminuição dos custos de mão-de-obra da manutenção, face à rápida actividade correctiva que os serviços da manutenção podem oferecer. Os custos de inactividade associada à mão-de-obra dos operários da produção também são reduzidos pela presença das peças de reserva em *stock*, uma vez que a disponibilidade dos

equipamentos aumenta substancialmente nestas circunstâncias permitindo assim retomar as condições ótimas de trabalho mais rapidamente.

Em relação aos custos energéticos, o estudo não poderá conduzir a conclusões precisas em termos de tendências observadas, como nos casos mencionados anteriormente. Pode-se concluir nestes casos que o custo energético varia em função da energia consumida pelos equipamentos afectados pela ocorrência, pela paragem integral/paragem parcial dos equipamentos, pela presença/ausência das peças de reserva em *stock* e pelo tempo de actuação correctiva do pessoal da manutenção. Relativamente ao consumo de peças de reserva verifica-se um aumento do custo entre o caso de ausência de peças e o caso de presença de peças. No entanto, para os casos estudados, este aumento é perfeitamente suportado face à diminuição evidente das perdas de produção nestas circunstâncias.

Para os casos estudados conclui-se que a opção mais vantajosa para a empresa seria a presença das peças de reserva necessárias para reparação da avaria em *stock*.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho determinou-se o grau de disponibilidade dos equipamentos em função da existência/ausência de peças em *stock* necessárias para substituição aquando da verificação de uma avaria, as perdas de produção e os respectivos custos associados à avaria, para dois sectores distintos de embalamento de açúcar. Como trabalho futuro sugere-se o alargamento do estudo aos restantes sectores da fabrica, nomeadamente ao sector de fabrico de açúcar, no sentido de se quantificarem os indicadores atrás referidos. Deste modo seria possível efectuar uma análise das tendências verificadas, o que poderia conduzir a possíveis sugestões de melhorias no sistema produtivo e no sistema de gestão de *stocks*.

Torna-se também interessante para trabalho futuro, a realização de um estudo mais aprofundado aos equipamentos/máquinas com maior taxa de avarias, no sentido de se efectuar uma gestão de peças de reposição mais consentânea com a realidade da empresa ou se decidir pela sua substituição.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, J. F. “**A Indústria de Refinação de Açúcar no Porto**” <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/5300.pdf> (acedido em 15 de Janeiro de 2010).
- Antunes, M., 1993. **Estudo do Consumo de Água no Processo de Fabrico do Açúcar**. Relatório de Estágio em Engenharia Química. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 262pp.
- Assis, R. “**Adquirir ou Não um Sobressalente?**” Maio, 2005. <http://www.rassis.com/artigos/Sobressalentes.pdf> (acedido em 15 de Julho).
- Assis, R., 1997. **Manutenção Centrada na Fiabilidade**. LIDEL, Lisboa, 277pp.
- Braga, M., 1991. **Gestão do Aprovisionamento**. BIBLIOTECA DE GESTÃO MODERNA, Lisboa, 152pp.
- Brito, M. 2003. **Manutenção. Manual Pedagógico PRONACI**. 972-8702-12-4. (versão PDF do documento descarregada em 9 de Julho de 2010).
- Faro, H. T., Nunes, N. N., Santos, L. C., Craveiro, J. T., Duarte, J. C., Lourenço, P. S. 2005. **Gestão Informatizada da Manutenção**. (versão PDF do documento descarregada em 3 de Maio de 2010).
- Fernandes, M. A., 2003. **Como Aumentar a Disponibilidade das Máquinas e Reduzir Custos de Manutenção**. Revista MÁQUINAS E METAIS: 316 – 329. (versão PDF do documento descarregada em 29 de Março de 2010).
- Ferreira, J. J.. “**Curso de Gestão de Energia na Indústria – Manutenção Industrial**.” Junho, 2006. http://www.jesusferreira.com.pt/ficheiros_artigos/Apresenta%C3%A7%C3%A3oManuten%C3%A7%C3%A3oIndustrial.pdf (acedido em 20 de Julho de 2010).
- Ferreira, L. F., 1998. **Uma Introdução à Manutenção**. PUBLINDÚSTRIA, Porto, 193pp.
- “**Gestão de Stocks**”. <http://www.cencal.pt/pt/livro/Cap9%20-%20Gest%C3%A3o%20de%20Stocks.pdf> (acedido em 28 de Maio de 2010).
- GIAGI – Consultores em Gestão Industrial, LDA. 2007. **Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos**. (versão PDF do documento descarregada em 16 de Junho de 2010).
- “**História da RAR Açúcar**”. <http://www.docerar.pt/index.php?id=120> (acedido em 20 de Dezembro de 2009).
- Júnior, E. E. C., 2006. **Reestruturação da Área de Planeamento, Programação e Controle na Gerência de Manutenção Portuária – CVRD**. (versão PDF do documento descarregada em 9 de Julho de 2010).
- Leal, H., 2007. **Optimização do Processo de Fabrico em Linha de Produção Flexível**. Relatório de Projecto em Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 55pp.

Leandro, M. J., Greszezeszyn, G. 2008. **Gestão de Custos Indirectos – Custos da Manutenção Industrial**. UNICENTRO – Revista Electrónica *Lato Sensus*. Ed.5. ISSN: 1980-6116. (versão PDF do documento descarregada em 23 de Junho de 2010).

Monteiro, A. M. S. C., 2000. **Fiabilidade de Equipamentos na Indústria Automóvel. Disponibilidade e Manutibilidade. Gestão Técnica de uma Linha de Produção**. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 163pp.

Mosko, J. M., Pilatti, L. A., Pedroso, B. “**Elaboração e Planeamento de Programas de Conservação de Energia na Produção Industrial.**” <http://www.pg.cefetpr.br/incubadora/wp-content/themes/utfpr-gerec/artigos/33.pdf> (acedido em 22 de Abril de 2010).

Nadais, A., 1995. **Estudo dos Consumos de Água no Processo de Refinação do Açúcar**. Trabalho de Projecto em Engenharia Química. Instituto Superior de Engenharia Química.

Panesi, A. Q., 2006. **Fundamentos de Eficiência Energética**. ENSINO PROFISSIONAL EDITORA, 189 pp.

Serrador, G., Sampaio, C. “**Aprovisionamento, Armazenagem e Gestão de Stocks em Manutenção**” Maio, 2006. http://www.enautica.pt/publico/professores/chedas/Manut/2005_2006/Aprovisionamento.pdf (acedido em 30 de Abril de 2010).

Silva, J. P. A. R. **QEE – A forma de medir a eficácia dos equipamentos**. (versão PDF do documento descarregada em 5 de Junho de 2010).

Silveira, A., 2009. **Segurança e Saúde do Trabalho O Desafio da Directiva <<Máquinas>>**. VERLAG DASHOFER, Lisboa, 304 pp.

Souris, J. -P., 1992. **Manutenção Industrial Custo ou Benefício?**. LIDEL, Lisboa, 173pp.