

Finalização e Exploração de um Armazém Automático Protótipo

Realizado por: António Manuel Carvalho de Sousa Pinto: em81013@fe.up.pt

Relatório do Projecto Final

Orientador: Prof. Dr. António Pessoa de Magalhães



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM)

Julho de 2008

*Aos meus Pais,
Á Lígia Maria Pinho,
pelo seu apoio incondicional*

Resumo

Este projecto começa por descrever na generalidade a evolução, as características e a relevância cada vez maior dos Armazéns Automáticos (também designados por *Automatic Storage / Retrieval System – AS/RS*) pois numa economia global é importante conciliar a flexibilidade com a redução de custos de capitais imobilizados.

Depois debruça-se sobre o protótipo de um armazém automático, existente na SAIC¹. Este armazém, apesar de ser uma versão mais reduzida e simplificada, incorpora muitas das funcionalidades dos armazéns automáticos reais, tais como: estações de entrada / saída, transportadores, sistemas de controlo de posição e velocidade, accionamentos e sensorização.

Contudo, à data de início deste trabalho não estava a funcionar perfeitamente, porque as mesas de transferência assentavam em sistemas de transmissão pouco fiáveis e também devido a deficiências no projecto mecânico.

Sendo assim, este trabalho pretende resolver estes e outros problemas de forma a transformar este protótipo numa importante peça de demonstração. Concretamente, visa alcançar os seguintes objectivos:

- Projecto mecânico (3D e 2D) e construção de nova mesa de transferência;
- Novo sistema supervisor, com uma nova interface gráfica (HMI).

A gestão do armazém vai ser baseada numa classificação por classes de produtos (A, B e C) representativas do seu nível de transacções;

- Facilidades de apoio á manutenção, através das detecções e identificação de falhas;
- Criação automática de relatórios de inventário.

Devido às suas características, este projecto foi bastante abrangente e motivador. Do ponto de vista pessoal, foram consolidados conceitos, no projecto mecânico, no controlo de posição e de velocidade, na linguagem de programação - Visual Basic e nos sistemas supervisores

Todos os objectivos foram minimamente concluídos

¹ SAIC – Secção de Automação, Instrumentação e Controlo

Completion and commissioning off a prototype automatic storage retrieval system

Abstract

This project describes, in general the evolution and relevance of an Automatic Storage / Retrieval System - AS / RS. In a global economy it is important to combine flexibility with the reduction of capital costs

The prototype of an automatic warehouse, at SAIC² - FEUP, despite being a smaller and simpler version, incorporates many of the features existing in the real automated warehouses, such as: stations of entry / exit, conveyor systems, control systems position and speed, drive systems and sensor systems.

However it was not completely operational, since the transfer tables were unworkable because of the use of bad transmission systems and as well as deficiencies in the mechanical project

So this work, seeks to solve these problems and achieve the following goals:

- Mechanical Project (3D and 2D) and construction of new transfer table;
- New supervisor system, with a new graphical interface (HMI);
The warehouse management will be based on a products class's classification (A, B or C) representative of their level of transactions;
- Maintenance support through the detection and identification of faults;
- Automatic creation inventory reports.

Due to its characteristics, this project was quite comprehensive and motivating. From the personnel point of view, were consolidated concepts in mechanical design, control of position and velocity and supervisors systems.

All goals were hardly completed.

² SAIC – Secção de Automação, Instrumentação e Controlo

Agradecimentos

Ao Prof. Francisco Freitas, pelas suas recomendações e pelo acompanhamento periódico.

Ao meu orientador Prof. António Pessoa de Magalhães pelo seu apoio, pelas suas opiniões e por me ensinar a concentrar no que é essencial.

À Prof. Catarina Castro e ao Prof. António Carvalho Brito, pela sua ajuda no Visual Basic 2005.

Às Oficinas de Mecânica - FEUP, ao Eng. Joaquim Fonseca e ao Sr. Ramalho, pelo seu suporte no projecto mecânico.

À D. Maria de Lourdes, pela ajuda na requisição dos materiais necessários.

Aos meus colegas de curso, que partilharam este período e contribuíram positivamente com as suas opiniões.

Índice de conteúdos

Capítulo 1 - Introdução.....	13
1.1 - Objectivos deste trabalho	14
1.2 - Estrutura deste relatório	15
Capítulo 2 - Armazéns Automáticos - AS/RS.....	16
2.1 - Definição	17
2.2 - Principais tipos de AS/RS	17
2.3 - Principais vantagens:.....	19
2.4 – Estrutura Física	20
2.4.1 – Estantes (Racks)	20
2.4.2 - Transtocador (Stacker Crane)	21
2.5 - Controlo e sensorização de um AS/RS	27
2.5.1 - Controlo em tempo-real	28
2.5.2 - Ciclos de operações possíveis	28
2.6 – Exploração de um AS/RS.....	29
2.6.1 – Factores que influenciam o desempenho.....	29
2.6.2 - Critérios de desempenho	29
2.6.3 – Tipos de material armazenados	30
2.6.4 – Viabilidade económica / financeira	31
2.7 - Evolução do mercado	33
2.8 – Domínios de Aplicação	34
2.8.1 – Exemplo: Fábrica da Volkswagen (Wolfsburg - Alemanha)	34
2.9 – Características desejáveis para uma boa aplicação de um AS/RS.....	35
2.10 - Síntese	36
Capítulo 3 – Descrição do protótipo do Armazém Automático	37
3.1 – Ciclos de operação possíveis	38
3.2 - Sistemas de transporte.....	39
3.2.1 - Sistema transporte inferior	39
3.2.2 - Sistema transporte superior	40
3.3 - Transtocador.....	41
3.3.1 - Sistemas de accionamento e sensorização do transtocador.....	42
3.3.2 - Controlador de posição do transtocador.....	43
3.3.3 – Precisão posicional	44
3.4 – Sensorização no restante armazém.....	45

3.5 – Accionamentos dos sistemas de transporte	46
3.6 – Quadro eléctrico	47
3.6.1 – PLC - CJ1M, CPU22 (OMRON)	47
3.7 - Sistema Supervisor.....	49
3.7.1 - Gestão do Armazém.....	49
3.8 - Acções a realizar	50
3.8.1 - Análise das falhas mais frequentes e das suas causas	50
3.8.2 - Projecto Mecânico.....	50
3.8.3 - Novo Sistema Supervisor	51
3.9 - Síntese	52
Capítulo 4 – Projecto mecânico da mesa de transferência	53
4.1 – Função e localização.....	53
4.2 – Modo de funcionamento.....	54
4.3 - Visão geral da nova mesa de transferência	55
4.3.1 – Sistema de distribuição do movimento rotativo do motor eléctrico.....	56
4.3.2 – Sistema de elevação da parte superior da mesa de transferência	57
4.3.3 – Uso de mini-rolamentos nos extremos dos veios	58
4.3.4 – Sistema de fixação do motor e ajuste da tensão da correia dentada	59
4.4 – Análise comparativa entre a nova mesa de transferência e a anterior	60
4.5 - Síntese	62
Capítulo 5 – Sistema supervisor do armazém automático.....	63
5.1 - Componentes Físicos de um Sistema SCADA	64
5.2 - Componentes Lógicos de um Sistema SCADA.....	65
5.3 - PADRÃO “OLE for PROCESS CONTROL” (OPC).....	66
5.4 - Sistemas SCADA com OPC	68
5.5 – Requisitos do sistema supervisor do armazém automático	70
5.6 – Interfaces com o exterior	71
5.7 – Estrutura da base de dados	72
5.8 – Ligação à bases de dados.....	72
5.9 – Interface gráfica (HMI) do sistema supervisor.....	73
5.9.1 – Acesso condicionado, através de Login	75
5.9.2 – Atribuição do espaço do armazém às diferentes classes	76
5.9.3 – Flexibilidade para alterar o espaço do armazém atribuído às classes	77
5.9.4 – Simbologia da classificação dos Alvéolos: Classes, Estados e Localização....	78

5.9.5 - Efectuar pedidos.....	79
5.9.6 – Efectuar reservas para armazenar / retirar	80
5.9.7 – Informação para o utilizador	81
5.9.8 – Critérios para Armazenar	82
5.9.9 - Excerto de código (em VB 2005) - critério Armazenar “1º Vazio”	84
5.9.10 - Cais de Entrada	85
5.9.11 - Cais de expedição.....	85
5.9.12 – Relatórios de Inventário	85
5.9.13 – Opções do Help	87
5.10 - Aplicação do padrão OPC	88
5.11 - Síntese	89
Capítulo 6 – Facilidades de apoio à manutenção	90
6.1 - Sistema de transporte inferior e cais de entrada.....	90
6.1.1 - Objectivo	90
6.1.2 - Subsistema 1 (Cais de entrada)	91
6.1.3 - Grafcet Subsistema 1 (Cais de entrada)	92
6.1.4 - Subsistema 2 (Tapete 1 – Tapete de tela).....	92
6.1.5 - Grafcet Subsistema 2 (Tapete 1 – Tapete tela inf.).....	93
6.1.6 - Subsistema 3 (Mesa de transferência – MT1).....	94
6.1.7 - Grafcet Subsistema 3 (Mesa transferência inf. – MT1).....	95
6.1.8 - Subsistema 4 (Tapete de dupla fita).....	96
6.1.9 - Grafcet Subsistema 4 (Tapete de dupla fita).....	97
6.2 - Subsistema Transtocador	98
6.2.1 – Grafcet Subsistema Transtocador (Ciclo Armazenar).....	98
6.3 – Sistema de transporte superior e cais de expedição.....	99
6.3.1 - Objectivo	99
6.4 - Síntese	100
7 - Conclusões	101
7.1 - Sugestões para Trabalhos Futuros.....	101
Referências	102
Links	103

Índice de ilustrações

FIG. 2.1 – CARGA UNITÁRIA (UNIT LOAD)	17
FIG. 2.2 – MINI CARGA (MINI LOAD).....	17
FIG. 2.3 - MAN-ON-BOARD	18
FIG. 2.4 - DEEP-LANE	18
FIG. 2.5 – VISTA ESQUEMATIZADA DE UM AS/RS COM 3 ALAS	20
FIG. 2.6 - EXEMPLO TÍPICO DE UM TRANSTOCADOR.....	21
FIG. 2.7 - TRANSTOCADOR , COM POSSIBILIDADE DE ROTAÇÃO DOS GARFOS	21
FIG. 2.8 - TRANSTOCADOR , NA FASE DE AGARRAR DOIS CAIXAES	21
FIG. 2.9 - MUDANÇA DE ALA, ATRAVÉS DE UM CARRO DE TRANSFERÊNCIA	22
FIG. 2.10 - MUDANÇA DE ALA, ATRAVÉS DE CARRIS DAS ALAS LIGADOS EM CURVA	22
FIG. 2.11 - GAMA DE TRANSTOCADORES	22
FIG. 2.12– PONTE ROLANTE, PARA MANIPULAR CARGAS EXTREMAMENTE PESADAS – EX: BOBINAS DE PAPEL	23
FIG. 2.13 – TRANSTOCADOR, DE DUPLO MASTRO, PARA CHAPAS DE METAL, LONGAS	23
FIG. 2.14 – AGV E STOCADOR.....	24
FIG. 2.15– PALETE STANDARD	25
FIG. 2.16 – PALETE STANDARD, COM ABAS LATERAIS	25
FIG. 2.17 – CAIXA, CONTENTORES.....	25
FIG. 2.18 - ESTAÇÕES DE CARGA/ DESCARGA (PICK/DEPOSIT)	25
FIG. 2.19 - AGV ´S. FÁBRICA TRANSFORMADORES DA EFACEC.....	25
FIG. 2.20 - SISTEMAS DE TRANSPORTADORES (CONVEYORS).....	25
FIG. 2.21 - COMPENSAÇÃO DA DISTORÇÃO DA ESTRUTURA.....	27
FIG. 2.22 – INSTALAÇÕES AS/RS - EUA (1996 -2006).....	33
FIG. 2.23 – AS/RS NA FÁBRICA WOLKSWAGEN (WOLSBURG – ALEMANHA).....	34
FIG. 3.1 – PERSPECTIVA FRONTAL DO ARMAZÉM AUTOMÁTICO.....	37
FIG. 3.2 – PERSPECTIVA POSTERIOR DO ARMAZÉM AUTOMÁTICO	38
FIG. 3.3 – CAIXA TIPO SUC	38
FIG. 3.4 – SISTEMA DE TRANSPORTE INFERIOR	39
FIG. 3.5 – SISTEMA DE TRANSPORTE SUPERIOR	40
FIG. 3.6 – TRANSTOCADOR.....	41
FIG. 3.7 – MOTORES ELÉCTRICOS (DC 24V) DO TRANSTOCADOR E PLATAFORMA DE TRANSFERÊNCIA.....	42
FIG. 3.8 - ENCODER INCREMENTAL.....	42
FIG. 3.9 - FINS DE CURSO ELECTROMECAÑICOS DOS EIXOS X E Y	42
FIG. 3.10 – CONTROLADOR PROPORCIONAL DO TRANSTOCADOR	43
FIG. 3.11 – DEFINIÇÃO DO ERRO DE POSICIONAMENTO DO TRANSTOCADOR.....	44
FIG. 3.12 – ZONA MORTA DO MOTOR.....	44
FIG. 3.14 – DETECTOR FOTOELÉCTRICO DE PROXIMIDADE	45
FIG. 3.15 – ÁREA DE DETECÇÃO DO DETECTOR FOTOELÉCTRICO.....	45
FIG. 3.16 – MOTOR ELÉCTRICO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE	46
FIG. 3.17 – DRIVER DO MOTOR ELÉCTRICO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE	46

FIG. 3.18 – QUADRO ELÉCTRICO DO ARMAZÉM AUTOMÁTICO	47
FIG. 3.19 – PLC CJ1M - OMRON.....	48
FIG. 3.20 – ECRÃ DO SISTEMA SUPERVISOR	49
FIG. 4.1 – MESA DE TRANSFERÊNCIA (INF.) ENTRE DOIS TRANSPORTADORES PERPENDICULARES	53
FIG. 4.2 – DESLOCAMENTO DE UMA CAIXA PARA A MESA DE TRANSFERÊNCIA.....	54
FIG. 4.3 – NOVA MESA DE TRANSFERÊNCIA (ÍNFERIOR E SUPERIOR)	55
FIG. 4.4 – PORMENORES DA TRANSMISSÃO DO MOV. ROTATIVO AOS VEIOS.....	56
FIG. 4.5 – VISTA FRONTAL DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DO MOVIMENTO ROTATIVO.....	56
FIG. 4.6 – VISTA LATERAL DO SISTEMA DE ELEVAÇÃO DA MESA DE TRANSFERÊNCIA	57
FIG. 4.7 – UTILIZAÇÃO DE MINI-ROLAMENTOS PARA OS EXTREMOS DOS VEIOS.....	58
FIG. 4.8 – SISTEMA FIXAÇÃO DO MOTOR E AJUSTE DA CORREIA DENTADA	59
FIG. 4.9 – NOVA MESA DE TRANSFERÊNCIA.....	60
FIG. 4.10 – ANTERIOR MESA DE TRANSFERÊNCIA	60
FIG. 5.1 – ESTRUTURA FÍSICA DE UM SCADA.....	65
FIG. 5.2 - CAMADAS DE INFORMAÇÃO ENGLOBALDAS PELA TECNOLOGIA OPC	67
FIG. 5.3 - ARQUITECTURA DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	68
FIG. 5.4 - ARQUITECTURA ENTRE CLIENTE OPC E DIVERSOS SERVIDORES OPC.....	69
FIG. 5.5 - EXEMPLO DE RELACIONAMENTO ENTRE SERVIDORES E CLIENTES OPC	70
FIG. 5.6 – INTERFACES DO ARMAZÉM AUTOMÁTICO COM O EXTERIOR	71
FIG. 5.7 – ESTRUTURA E RELAÇÕES DA NOVA BASE DE DADOS.....	72
FIG. 5.8 – NOVA INTERFACE GRÁFICA (HMI) - ARMAZÉM AUTOMÁTICO.....	73
FIG. 5.9 – FORMULÁRIO PARA REALIZAR O LOGIN	75
FIG. 5.10 – ATRIBUIÇÃO DO ESPAÇO (INICIAL) DO ARMAZÉM AUTOMÁTICO ÀS DIFERENTES CLASSES	76
FIG. 5.11 – FLEXIBILIDADE PARA ALTERAR O ESPAÇO ATRIBUÍDO AO ARMAZÉM AUTOMÁTICO.....	77
FIG. 5.12 – SIMBOLOGIA DOS ALVÉOLOS	78
FIG. 5.13 – PEDIDOS PARA ARMAZENAR	79
FIG. 5.14 – PEDIDOS PARA RETIRAR.....	79
FIG. 5.15 – INFORMAÇÃO AO UTILIZADOR.....	80
FIG. 5.16 – INDICADORES DE UTILIZAÇÃO	81
FIG. 5.17 – REGISTO DE MOVIMENTOS.....	81
FIG. 5.18 – DISTANCIAS DA ENTRADA E SAÍDA AOS ALVÉOLOS	82
FIG. 5.19 – ALGORITMO P/ARMAZENAR NO 1º ALVÉOLO VAZIO.....	83
FIG. 5.20 – CAIS DE ENTRADA.....	85
FIG. 5.21 – CAIS DE ENTRADA.....	85
FIG. 5.22 – VISUALIZAR OU IMPRIMIR RELATÓRIOS DE INVENTÁRIO	85
FIG. 5.23 – VISUALIZAR OU IMPRIMIR RELATÓRIOS DE INVENTÁRIO	86
FIG. 5.24 – OPÇÕES DE HELP	87
FIG. 5.25 – HELP - ALVÉOLOS	87
FIG. 6.1 – VISTA (ESQUEMATIZADA) DO SISTEMA DE TRANSPORTE INFERIOR	90
FIG. 6.2 – SUBSISTEMA 1 – CAIS DE ENTRADA.....	91
FIG. 6.3 – GRAFCET SUBSISTEMA 1 (CAIS DE ENTRADA).....	92

FIG. 6.4 – VISTA (ESQUEMATIZADA) DO SUBSISTEMA 2	92
FIG. 6.5 – GRAFCET DO SUBSISTEMA 2 (TAPETE 1 – TAPETE DE TELA)	93
FIG. 6.6 – VISTA (ESQUEMATIZADA) DO SUBSISTEMA 3	94
FIG. 6.7 – GRAFCET DO SUBSISTEMA 3 (MESA TRANSFERÊNCIA INF. – MT1)	95
FIG. 6.8 – SUBSISTEMA 4 (TAPETE DUPLA FITA)	96
FIG. 6.9 – GRAFCET SUBSISTEMA 4 (TAPETE DE DUPLA FITA)	97
FIG. 6.10 – GRAFCET DO SISTEMA TRANSTOCADOR.....	98
FIG. 6.11 – SISTEMA DE TRANSPORTE SUPERIOR E CAIS DE EXPEDIÇÃO	99

Índice de Tabelas

TABELA 1 – TOLERÂNCIAS DOS SISTEMAS DE MANIPULAÇÃO, FUNÇÃO DAS INTERFACES	26
TABELA 2 - TIPOS DE MATERIAIS NORMALMENTE ARMAZENADOS NUMA FÁBRICA	30
TABELA 3 - ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE UM ARMAZÉM CONVENCIONAL E UM AR/RS	31
TABELA 4 - PAY BACK TIME DO INVESTIMENTO ACRESCIDO NUM AS/RS.....	32
TABELA 5 - DISTRIBUIÇÃO POR ÁREAS DE APLICAÇÃO DOS PROJECTOS AS/RS DA EFACEC	33
TABELA 6 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MOTOR ELÉCTRICO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE	46
TABELA 7 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PLC - CJ1M	48
TABELA 8 - PLANO DE MELHORIAS	50
TABELA 9 – ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A NOVA E A ANTERIOR MESA DE TRANSFERÊNCIA	61
TABELA 10 - ATRIBUIÇÃO DO ESPAÇO DO ARMAZÉM, ÀS DIFERENTES CLASSES DE PRODUTOS.....	76

Capítulo 1 - Introdução

Num contexto de uma economia competitiva e globalizada, os armazéns automáticos (também designados por *Automátic Storage / Retrivel System – AS/RS*) têm vindo a demonstrar a sua relevância cada vez maior, pois permitem dar uma resposta positiva a um compromisso difícil entre flexibilidade, fiabilidade e produtividade.

A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, através da sua Secção de Automação, Instrumentação e Controlo – SAIC, atenta a estas situações, decidiu construir um protótipo de um armazém automático, de modo a sensibilizar e a motivar os alunos para estas questões.

Apesar de ser uma versão mais reduzida e simplificada (com fins predominantemente didácticos) incorpora muitas das funcionalidades existentes nos armazéns automáticos reais, tais como: estações de entrada / saída, transportadores, sistemas de controlo de posição e velocidade, accionamentos e sensorização.

Este projecto tem evoluído ao longo do tempo, tendo-se acrescentando sucessivamente, mais valias significativas.

Este trabalho pretende finalizar a sua construção, garantir a sua fiabilidade e avaliar as suas potencialidades.

1.1 - Objectivos deste trabalho

Os objectivos que se pretendem atingir são os seguintes:

- Projecto mecânico (3D e 2D) e construção de novas mesas de transferência. Pretende-se focar os seguintes aspectos: fiabilidade da transmissão do movimento rotativo do motor eléctrico aos veios tractores, garantir a capacidade de rotação dos mesmos, reduzir o peso da mesa e reutilizar o mais possível os componentes já existentes.
- Novo sistema supervisor, com uma nova interface gráfica (HMI). A gestão do armazém irá ser baseada numa classificação por classes de produtos (A, B e C) representativas dos níveis de transacções. Esta é uma solução mais aproximada da realidade. A interface gráfica, pretende dar uma ideia do estado do armazém em cada momento, representar toda a sua dinâmica e ser intuitiva. Esta aplicação comunica com bases de dados que contêm informação relevante.
- Criação, automática de relatórios de inventário e de eventuais falhas. É importante saber a quantidade e os diferentes tipos de produtos existentes em cada momento. Por outro lado conhecer o histórico das falhas do armazém, permitirá elaborar um plano de manutenção preventiva mais correcto. Tudo isto reduz o tempo de análise e consequentemente também reduz os custos indirectos.
- Introduzir facilidades de apoio á manutenção, através de identificação e localização de falhas. Isto permitirá direccionar o técnico de manutenção para o foco do problema em vez de perder tempo a analisar todo o sistema.

1.2 - Estrutura deste relatório

Os restantes capítulos deste relatório estão assim organizados:

O Capítulo 2: aborda de uma forma geral os Armazéns Automáticos – AS/RS. As suas tipologias, os componentes principais, as suas vantagens, os critérios que influenciam o desempenho e as condições mais vantajosas para a escolha desta solução.

O Capítulo 3: Descreve o protótipo do armazém automático, existente na SAIC – FEUP, à luz do que foi referido no capítulo anterior. Faz o ponto de situação do que já está feito e do que necessário realizar.

O Capítulo 4: Descreve o projecto mecânico da nova mesa de transferência. Foca-se no sistema de distribuição de movimento do motor eléctrico e na ligação entre a parte móvel e fixa. É feita uma análise comparativa entre esta solução e a anterior.

O Capítulo 5: Descreve o desenvolvimento e a construção do novo sistema supervisor, baseado numa gestão por classes de produtos (A, B e C). A interface gráfica (HMI) pretende representar a dinâmica do armazém. Os utilizadores podem efectuar armazenagens e resgates segundo vários critérios. Podem também efectuar reservas.

O Capítulo 6: Pretende introduzir facilidades de apoio à manutenção com a identificação e localização de falhas. O armazém automático foi dividido em subsistemas elementares para facilitar a compreensão do seu comportamento.

Toda a informação relativa a este trabalho pode encontrar-se no CD-ROM que acompanhará este relatório.

Capítulo 2 - Armazéns Automáticos - AS/RS

Os sistemas de armazenamento / resgate automáticos (AS/RS) têm sido usados, desde a década de sessenta. Com o passar dos anos, estes sistemas evoluíram naturalmente, incorporando numerosas ferramentas de produtividade. Contudo, ao mesmo tempo, foram sendo criados alguns equívocos e estereótipos, tais como: "somente serviam para a gestão de grandes inventários" e "inviável, devido à sua baixa utilização". Na realidade, hoje em dia, um AS/RS faz muito mais do que a gestão de inventários. É uma poderosa ajuda nas aplicações de **Just-in-Time – JIT** e **Lean** e permite um melhor controlo do trabalho em curso (*Work in Progress – WIP*) [Kulwiec, 2006].

Por outro lado, os custos de capital imobilizado, durante um certo período de tempo, devem ser reduzidos ao máximo. No entanto, a experiência mostra que em diversos campos de actividade não é possível sincronizar completamente todos os elementos da cadeia produtora, desde a recepção da matéria-prima até ao fornecimento ao cliente final.

As razões para isso são diversas e incluem, entre outras:

- Encomendas de clientes que exigem prazos de entrega inferiores aos que seriam possíveis no caso de se trabalhar com "stock zero"
- Áreas em que a diversidade de produtos obriga a utilizar os mesmos meios de produção para diferentes produtos e em que não é técnica e economicamente possível mudar o programa de fabrico de uma secção com a frequência necessária para o adaptar estritamente à produção encomendada. Outros factores podem ainda surgir como, a título de exemplo, o facto de as encomendas definirem pormenores finais que diferenciam o mesmo produto de base (por vezes só a nível da embalagem).

Nos últimos anos, tem sido aplicado um grande esforço no sentido de encurtar os ciclos de produção, flexibilizar os equipamentos, limitando ao máximo as "séries económicas" e de uma forma geral, controlar e gerir o stock da melhor forma [Sampaio, 1999].

2.1 - Definição

Um Armazém Automático - AS/RS, é um lugar de armazenamento temporário, onde os movimentos são tipicamente efectuados por equipamentos automáticos, sem nenhuma ou pouca intervenção humana. É um sistema fundamental de suporte ao manuseamento e armazenagem automáticos de materiais em sistemas de fabrico e em cadeias automatizadas de distribuição de produtos [Groover, 2001].

2.2 - Principais tipos de AS/RS

Existem as seguintes tipologias [Santos, 2004] :

- **Carga Unitária (*Unit Load*)** - Fig. 2.1;

Concebido para cargas armazenadas em paletes ou noutros contentores normalizados; cada alvéolo comporta uma paleta ou caixa, eventualmente constituída por vários objectos, mas tratada como um todo. É o **mais usado**.

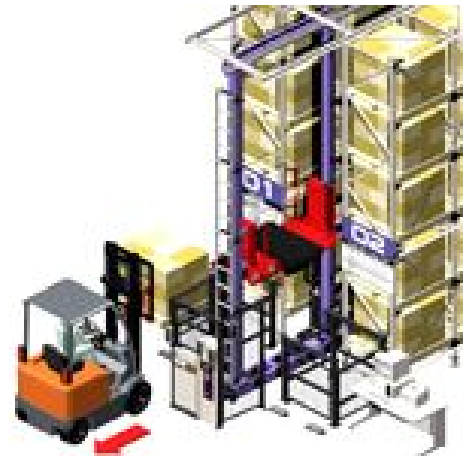


Fig. 2.1 – Carga Unitária (*Unit Load*)

- **Mini Carga (*Mini Load*)** - Fig. 2.2;

Destinado a **pequenas cargas** armazenadas em caixas, contendo mais do que uma unidade; numa transacção a caixa é transportada até à estação de carga, descarga, regressando depois ao alvéolo de origem.



Fig. 2.2 – Mini carga (*Mini Load*)

- *Man-on-board* - Fig. 2.3;

Abordagem alternativa ao sistema de mini carga em que os itens são retirados / colocados manualmente e individualmente nas caixas no próprio compartimento. Reduz o tempo de transacção do sistema.

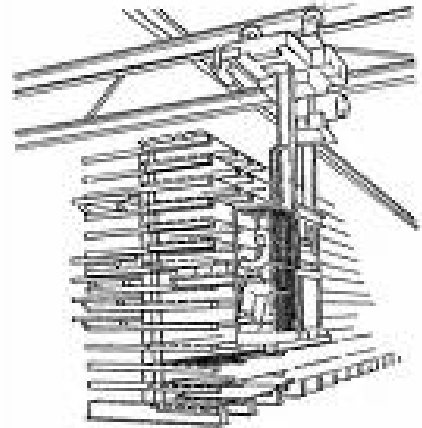


Fig. 2.3 - Man-on-board

- *Deep-lane* - Fig. 2.4;

Sistema de armazenamento de **alta densidade**, apropriado ao armazenamento de materiais de dimensões reduzidas em grandes quantidades. Os materiais são armazenados em grupo em cada *rack* ou compartimento, entrando por um lado e saindo por outro.

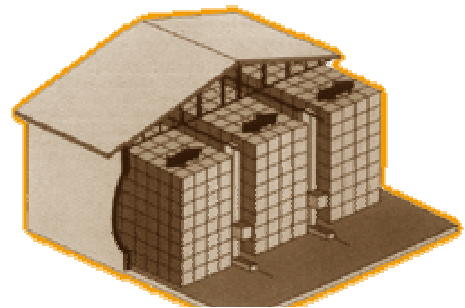


Fig. 2.4 - Deep-lane

2.3 - Principais vantagens:

Os armazéns automáticos, tem um grande impacto no espaço ocupado, na produtividade, na integração na cadeia logística, na segurança e no controlo dos inventários.

Seguidamente apresentam-se as principais vantagens:

- Possibilidade de automatizar as operações de armazenagem e de integrar o controlo automático dessas operações no controlo global do sistema;
- Aumento de produtividade, com optimização permanente dos espaços e volumes de armazenamento. Obtêm-se economias na iluminação, no aquecimento e no consumo de energia em geral;
- Ausência de erros de colocação e redução das pessoas afectas à exploração;
- Controlo total de inventários; melhoria na gestão de stocks;
- Aumento da capacidade de armazenagem, resultante de uma melhor utilização do espaço disponível;
- Redução de danos (materiais e humanos) resultantes de acidentes ou situações anómalas nas operações de armazenagem;
- Segurança de funcionamento, em ambientes difíceis (entrepostos frigoríficos, manipulação de produtos químicos, etc.).

2.4 – Estrutura Física

Fisicamente, um AS/RS é um espaço dividido em alas (Fig. 2.5). Em cada ala, há alvéolos (compartimentos de armazenagem) de um lado e do outro, dispostos em linhas e colunas (longitudinalmente e em altura).

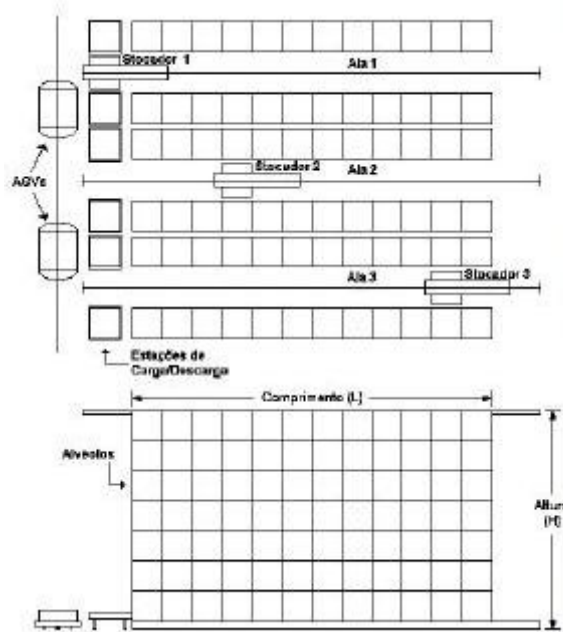


Fig. 2.5 – Vista esquematizada de um AS/RS com 3 alas

Curiosidade:

Como exemplo de um AS/RS de grande capacidade, pode citar-se o Miralanza Benckiser Italia S.p.A. (Mira, Itália), com um comprimento de 165 m, uma largura de 83 m e uma altura de 14.2 m. É um AS/RS do tipo carga unitária, de dupla profundidade, com **11 alas** e **11 transtocadores**. Armazena paletes de produtos químicos de volume até 2 m³ e peso até 1050 Kg, com a capacidade de **37488** alvéolos. A cadência máxima é de **500** paletes/hora.

2.4.1 – Estantes (Racks)

As estantes (*racks*), são elementos modulares, normalmente formadas por uma estrutura metálica e representam os locais de armazenagem – alvéolos, que se destinam a receber as paletes, os contentores, etc. Ao número de paletes ou contentores, que cada alvéolo comporta chama-se profundidade de armazenagem. Um aumento da profundidade conduz a um melhor aproveitamento do espaço disponível contido, a cadência do sistema diminui.

2.4.2 - Transtocador (Stacker Crane)

No centro de cada ala existe um carril (no solo), onde circula uma máquina de armazenar / retirar - *storage/retrieval*, automática, designada por transtocador - *stacker-crane* (Fig. 2.6).

Para além de se poder deslocar ao longo do carril (translação), possui também capacidade de elevação. A estabilidade é conseguida através do guiamento da coluna no topo.

Sobre a coluna (mastro) desloca-se verticalmente uma plataforma que transposta as cargas. A transferência dessas cargas da plataforma para os alvéolos e vice-versa, é feita, no caso mais frequente, por garfos telescópicos, podendo também haver um movimento rotativo, conjugado com um movimento perpendicular ao plano do alvéolo (Fig. 2.7). Esta solução, tem a vantagem de poder funcionar com dois alvéolos opostos. As cargas menores podem ser armazenadas/resgatadas de forma empilhada (Fig. 2.8).



Fig. 2.6 - Exemplo típico de um transtocador



Fig. 2.7 - Transtocador , com possibilidade de rotação dos garfos



Fig. 2.8 - Transtocador , na fase de agarrar dois Caixaes

O número de transtocadores pode ser inferior ao número de alas, havendo nesse caso um carro de transferência - *transfer car* - que permite a deslocação de um transtocador entre duas alas (Fig. 2.9). Por vezes, os carris das alas são ligados por curvas que permitem aos transtocador mudar de ala sendo dispensável o carro de transferência (Fig. 2.10).

Em qualquer dos casos a economia obtida com a redução do nº de transtocadores, implica sempre uma **perda de desempenho** do sistema, em termos de cadência de armazenagem e de retirada (numero de operações por unidade de tempo)



Fig. 2.9 - Mudança de ala, através de um carro de transferência



Fig. 2.10 - Mudança de ala, através de carris das alas ligados em curva em curva

Gama de transtocadores

A gama de transtocadores é bastante vasta e depende do sector de aplicação e de outros factores, tais como: a capacidade de armazenamento desejada; valores e tipo da carga; número máximo de cargas por unidade de tempo. Na (Fig. 2.11) pode-se ver alguns exemplos.

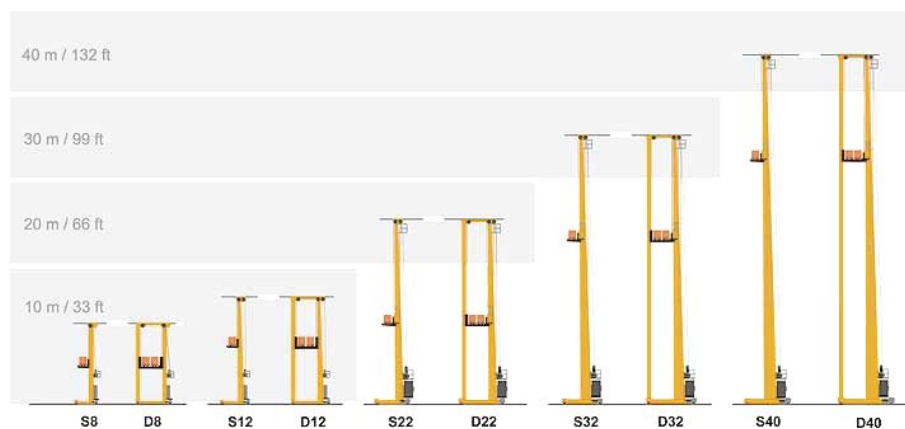


Fig. 2.11 - Gama de transtocadores

Transtocadores especiais

Para solicitações muito **específicas**, existem equipamentos muito especiais, tais como:

- Pontes rolantes automatizadas, dotadas de pinças que manipulam cargas extremamente pesadas como, por exemplo, bobinas de papel, aço ou cabo eléctrico -Fig. 2.12;
- Transtocador de duplo mastro para cargas de grande área ou volume como por exemplo, chapa de aço ou painéis de madeira - Fig. 2.13.



Fig. 2.12– Ponte rolante, para manipular cargas extremamente pesadas – Ex: bobinas de papel



Fig. 2.13 – Transtocador, de duplo mastro, para chapas de metal, longas

Sistema híbrido: AGV e Stocador

Fundamentalmente são constituídos por uma base de idêntica à de um AGV à qual foi acrescentado um mastro, permitindo ao dispositivo um movimento de elevação e de transferência de cargas. Assim, além da função básica de transporte horizontal, pode-se realizar a função de armazenagem com a mesma máquina (Fig. 2.14).



Fig. 2.14 – AGV e stocador

Relativamente ao transtocador clássico, que se desloca sobre um carril, o AGV e stocador tem uma velocidade de funcionamento mais lenta e a altura máxima de trabalho é também mais baixa.

No entanto, para sistemas em que os fluxos sejam moderados e em que não se pode tirar partido de alturas muito elevadas (caso do aproveitamento de edifícios existentes) trata-se de uma alternativa muito interessante na medida em que a mesma máquina é rentabilizada para automatizar duas funções:

- Transporte horizontal flexível e modular;
- Armazenagem densa e dinâmica.

2.4.3 - Interfaces de um AS/RS com o exterior

Um AS/RS, possui outros componentes que funcionam como interface com o exterior e que integra o AS/RS no sistema global onde se encontra a funcionar:

- Módulos de armazenagem normalizados: paletes, caixas (Fig. 2.15 a 2.17);
- Estações de carga/descarga – *Pick/Deposit* (Fig. 2.18);
- Veículos Automatizados/Autónomos - AGV's (Fig. 2.19);
- Sistemas transportadores – *conveyor's* (Fig. 2.20).

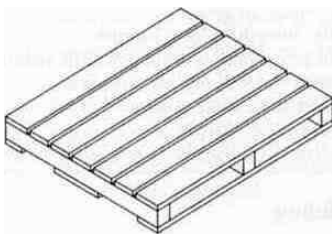


Fig. 2.15 – Palete standard

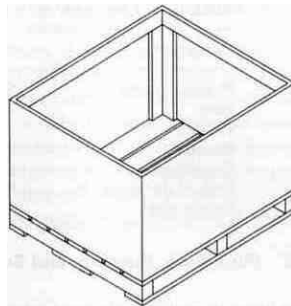


Fig. 2.16 – Palete standard, com abas laterais

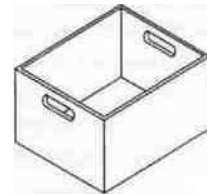


Fig. 2.17 – Caixa, contentores



Fig. 2.18 - Estações de carga/ descarga (Pick/Deposit)



Fig. 2.19 - AGV's. Fábrica transformadores da EFACEC



Fig. 2.20 - Sistemas de transportadores (conveyors)

Métodos de Transferência de Carga

Manual:

- Tapetes rolantes → estações de trabalho;
- Em AS/RS: agrupamento de peças em conjuntos para formar uma unidade de carga;
- Carga / descarga de paletes em AGV's.

Automática:

- Sistemas *push-pull* cargas planas: movimentadores de rolos, cintos, tapete e veículos guiados com plataformas com rolos. Estes mecanismos estão instalados nas estações de transferência;
- Transportadores de rolos e plataformas sobe/desce - transferência de e para AGV's.

Precisão Posicional

A precisão com que o sistema de manipulação deve ser posicionado na estação de transferência depende do tipo de interface [TSAI, 2001]:

Tabela 1 – Tolerâncias dos sistemas de manipulação, função das interfaces

Tipo de Interface	Tolerância
Carga/descarga manual	± 5 cm
AGV - Tapete	± 2 cm
Carga/descarga em AS/RS	$\pm 0,5$ cm
Plataforma de transferência para alvéolo	$\pm 0,05$ cm
Interface com máquina-ferramenta	$\pm 0,02$ cm

2.5 - Controlo e sensorização de um AS/RS

Normalmente, o transtocador é comandado por um controlador programável – PLC. Este, controla todos os seus movimentos, verifica a boa realização dos mesmos, assim como o seu perfeito funcionamento e dos seus dispositivos de segurança.

O PLC comunica ainda com o computador de gestão que centraliza todo o processo de decisão.

O PLC permite compensar uma eventual **distorção** da estrutura de armazenagem, que é tanto maior quanto for a sua utilização e quanto for a sua altura (Fig. 2.21).

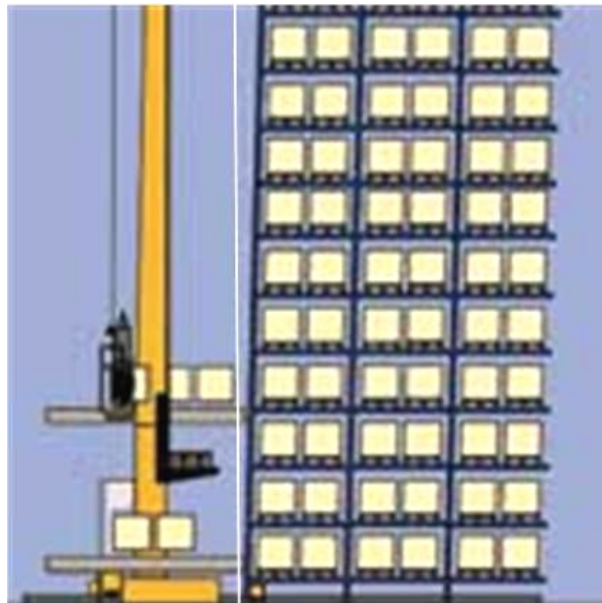


Fig. 2.21 - Compensação da distorção da estrutura

A precisão do movimento é garantida através da utilização de *encoders* absolutos ou de sistemas *laser*.

2.5.1 - Controlo em tempo-real

- **Identificação e monitorização** dos alvéolos, que são identificados pelo número de localização, que indica a ala, a posição horizontal e a posição vertical; as unidades armazenadas são registadas numa base de dados, que guarda a sua localização, para além de outros atributos;
- **Controlo de posição e de velocidade** do transtocador. Dado um determinado alvéolo destino, o transtocador é controlado para se movimentar até esse ponto, com uma tolerância aceitável. Este tipo de controlo é normalmente realizado por um autómato programável (PLC) que comunica com o computador de gestão do sistema;

2.5.2 - Ciclos de operações possíveis

A operação de um AS/RS ao longo de um determinado intervalo de tempo pode ser sempre decomposta numa sequência de ciclos destes tipos.

- **Armazenar** (*Storage*) – deslocar o transtocador até à estação de carga, pegar na carga, deslocar o transtocador até ao alvéolo (de destino) e descarregar aí a carga;
- **Retirar** (*Retrieval*) – deslocar o transtocador até ao alvéolo, pegar na carga, deslocar o transtocador até à estação de descarga e depositar aí a carga;
- **Ciclo Combinado** (Armazenar / Retirar ou vice-versa) – Quando houver sequência de pedidos. Deslocar o transtocador até à estação de carga, pegar numa carga, deslocar o transtocador até um alvéolo, descarregar aí a carga, deslocar o transtocador até outro alvéolo, pegar noutra carga, deslocar o transtocador até à estação de descarga e depositar aí a carga. É o mais produtivo.

2.6 – Exploração de um AS/RS

2.6.1 – Factores que influenciam o desempenho

Apesar de alguns parâmetros de desempenho estarem relacionados entre si, é possível dividi-los nos seguintes grupos [Elsayed, 1989]:

- **Padrão dos pedidos de movimentos.**

O condicionamento da sequência dos ciclos de operação do sistema, afecta o seu desempenho, já que a cadência do sistema depende do tipo de ciclo (o ciclo combinado é o que permite maior cadência).

- **Configuração física e tecnologia aplicada.**

Depende de factores como o comprimento, a altura, o número de alas, o número de alvéolos por ala, o número de unidades por alvéolo (**profundidade** de armazenagem), etc. Dado um determinado espaço disponível para armazenagem, a configuração destas variáveis de projecto depende de um compromisso entre a utilização efectiva do espaço disponível e a optimização da acessibilidade a uma unidade armazenada.

- **Políticas de operação.**

Podem ser do tipo **sequencial** ou do tipo *batch*. Por um lado, o objectivo a atingir é procurar distribuir as cargas a armazenar pelos alvéolos disponíveis, de forma a optimizar a eficiência do resgate. Por outro lado, procura-se sequenciar devidamente as operações de forma a optimizar a cadência do sistema, quer na armazenagem, quer no resgate.

2.6.2 - Critérios de desempenho

- **Capacidade de armazenamento;**

Numero máximo de cargas individuais previsto para o armazenamento

- **Cadência - *Throughput*;**

Número máximo de cargas por unidade de tempo, que o sistema pode receber/armazenar e retirar/entregar.

- **Utilização;**

Porcentagem de tempo que o sistema está em uso, relativamente ao tempo em que está disponível.

- **Disponibilidade** – Probabilidade de estar disponível (ou seja não avariado).

2.6.3 – Tipos de material armazenados

O tipo de materiais armazenados pode ser muito diversificado. Na tabela 2, apresenta-se uma situação típica numa fábrica [Santos, 2004]

Tabela 2 - Tipos de materiais normalmente armazenados numa fábrica

Tipo		Descrição	Exemplos
1	Matéria-prima (material em bruto)	Matéria-prima a ser processada.	Barras, Material plástico, Metais
2	Produtos adquiridos ao exterior	Peças compradas para ser processadas ou montadas.	Componentes comprados.
3	Produtos intermédios (<i>WIP – Work in Progress</i>)	Produtos parcialmente terminados entre operações de processamento ou que aguardam montagem.	
4	Produtos acabados;	Produto terminado, pronto para entrega	
5	Produtos para recuperar	Produtos fora das especificações, prontas para ser trabalhados ou rejeitados.	
6	Reutilização	Materiais que devem ser deitados fora, mas obedecendo a preocupações especiais	Óleos, desperdícios após processamento.
7	Ferramentas	Ferramentas usadas na produção e montagem	Ferramentas de corte, moldes, ferros de soldar, luvas, etc.
8	Peças	Peças necessárias para a manutenção e reparação da fábrica.	
9	Material de escritório	Itens usados na parte burocrática.	Papel, formulários, etc
10	Registos da Fábrica	Registos de produtos, equipamento e pessoal.	

- Os tipos 1 a 5, estão directamente relacionados com o produto;
- Os tipos 6 a 8, estão relacionados com o processo;
- Os tipos 9 a 10, estão relacionados com todas as operações que fornecem suporte às operações fabris.

2.6.4 – Viabilidade económica / financeira

Num estudo realizado por [Zollinger, 1999] foi feita uma análise de decisão relativa ao investimento num armazém com as seguintes características:

:

- Capacidade para 1536 paletes,
- Paletes normalizadas, com dimensões: (1200 x 1000),
- Carga máxima de 1134 Kg,
- Cadência de 32 paletes/hr.
- Regime de dois turnos de 7.5 hrs/cada

Nestas condições, qual o tipo de armazém mais adequado?

Na tabela 3, pode ver-se uma análise comparativa de custos, entre um armazém convencional e um AS/RS

Tabela 3 - Análise comparativa de custos entre um armazém convencional e um AR/RS

	Armazém Convencional (VNA)	Armazém Automático (AS/RS)
	Valores em dólares (USD)	
Custos Capital		
Máquinas instaladas	170,000	340,000
Prateleiras (Racks) instaladas	55,000	294,000
Sistemas Controlo	42,000	103,000
Total equipamento	267,000	737,000
Edifício	420,000	300,000
Terreno & Localização	134,000	80,000
Total Capital	821,000	1,117,000
Custos Operacionais		
Trabalho Directo	140,000	0
Trabalho Indirecto	5,000	3,500
Supervisão	10,000	4,000
Aquecimento, Luz, Energia	20,000	11,000
Manutenção	14,000	11,000
Total Custos Operacionais por Ano	189,000	29,500

VNA – Very Narrow Aisle (Ala muito estreita)

Na tabela 4, pode ver-se uma análise do pay back time

Tabela 4 - Pay Back Time do investimento acrescido num AS/RS

	Armazém Convencional	Armazém Automático	Variação
Custos Capital	821,000	1,117,000	296,000
Custos operacionais por ano	189,000	29,500	159,500
Pay Back Time (Anos) sem juros			$296,000/159,500 =$ 1.86 Anos
Taxa juro = 8%		23,700	
Custos Operacionais por Ano	189,000	53,200	135,800
Pay Back Time (Anos) com juros			$296,000/135,800 =$ 2.18 Anos

Pay Back Time:

É o tempo decorrido (medido normalmente em anos) até que as receitas geradas pelo projecto, igualem o valor do investimento inicial. Esta é uma das medidas utilizadas na comparação relativa de alternativas de investimento.

Nesta análise não foram considerados outros custos (periféricos) relativos á redução de inventário, á fiabilidade de produção, á segurança, á redução de danos nos produtos, etc.

Um AS/RS, necessita de um investimento adicional de **\$296,000**, mas economiza **\$159,500** por ano.

Considerando uma taxa de juro de 8%, o Pay Back Time, para este caso é de cerca dois anos.

A taxa de retorno, é bastante atractiva, a partir do terceiro ano de vida.

Nestas condições, um investimento num AS/RS, é **claramente superior** ao de um armazém convencional. Em estudos mais recentes confirma-se esta tendência e estas conclusões continuam válidas.

2.7 - Evolução do mercado

A Tabela 4 mostra a distribuição dos projectos da EFACEC (até Dez. 2000) em termos da sua distribuição geográfica e do âmbito de aplicação a que se destinam [Rocha, 2001].

Tabela 5 - Distribuição por áreas de aplicação dos projectos AS/RS da EFACEC

Aplicação	Portugal				Estrangeiro				Totais			
	Núm. / Percentag.		Núm. / Percentag.		Núm. / Percentag.		Núm. / Percentag.		Núm. / Percentag.		Núm. / Percentag.	
	Instal.	Stocad.	Instal.	Stocad.	Instal.	Stocad.	Instal.	Stocad.	Instal.	Stocad.	Instal.	Stocad.
fabrico, matéria-prima	4	10%	4	6%	3	17%	7	10%	7	12%	11	8%
fabrico, em curso de fabrico	16	40%	21	32%	1	6%	1	1%	17	29%	22	16%
fabrico, mat.-prima e em curso fabr.	2	5%	2	3%	-	-	-	-	2	3%	2	1%
fabrico, em curso fabr. e prod. acab.	3	8%	6	9%	3	17%	10	14%	6	10%	16	12%
fabrico, produto acabado	7	18%	16	24%	1	6%	2	3%	8	14%	18	13%
distribuição, produto acabado	6	15%	12	18%	7	39%	39	56%	13	22%	51	38%
instalação, manutenç., peç. Reserva	2	5%	5	8%	3	17%	11	16%	5	9%	16	12%
Totais	40	69%	66	49%	18	31%	70	51%	58		136	

Em Portugal Verifica-se que a maior fatia de instalações se destina ao transporte e manuseamento de produto intermédio (em curso de fabrico). Exemplos: Tabaqueira, Inapa. Também há uma fatia importante de instalações na área da cadeia de distribuição de produto acabado (33%). Exemplos: Papelaria Fernandes, a Ambar.

Nas instalações realizadas no estrangeiro, a área da logística de grandes centros de distribuição de produto acabado é dominante (39%). Exemplo: Seagate. Logo a seguir, há uma fatia importante de instalações em sistemas de fabrico, na área de produto intermédio e acabado, de que são exemplos as empresas de montagem de automóveis

Na Fig. 2.22 pode ver-se a evolução das instalações AS/RS nos EUA de 1996 a 2006

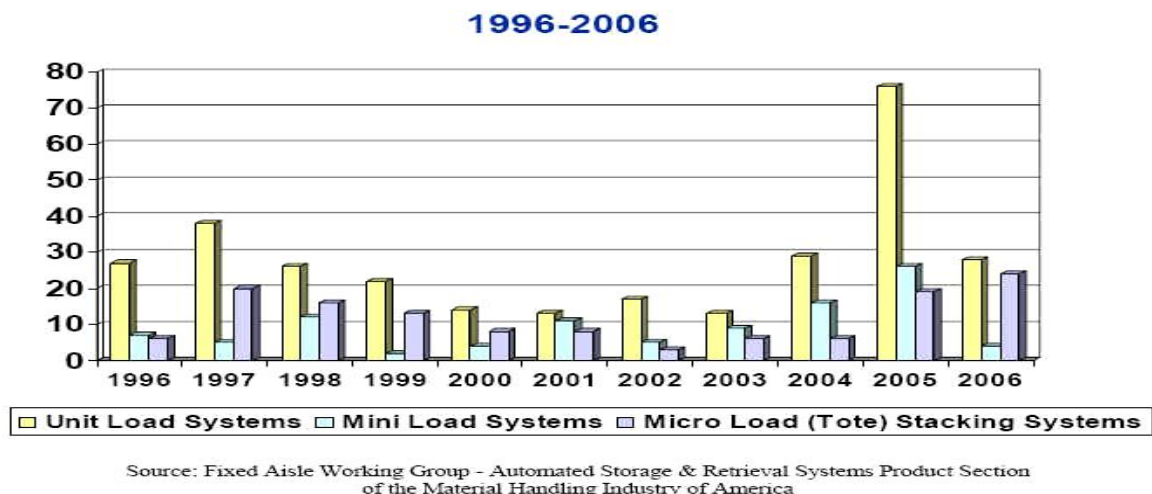


Fig. 2.22 – Instalações AS/RS - EUA (1996 -2006)

2.8 – Domínios de Aplicação

Os domínios de aplicação, estendem-se ao sector da distribuição (Entrepósitos, Armazéns Grossistas, etc.) à Industria (Matérias-primas, produtos acabados, Produtos intermédios (em curso) - WIP) à Manutenção (Sobresselentes) e aos Serviços (Arquivos, Bibliotecas, etc.)

2.8.1 – Exemplo: Fábrica da Volkswagen (Wolfsburg - Alemanha)

Trata-se de um sistema automático de armazenagem e distribuição de produto acabado, constituído por uma estrutura cilíndrica e por um transtocador central, podendo girar 360° e com uma plataforma telescópica (Fig.2.23).

Tem a particularidade de estar ligado aos canais normais de produção, distribuição e também a um loja de vendas directas. Assim, de acordo com as preferências de cada cliente, verifica-se a disponibilidade e no caso positivo, a encomenda é entregue, num curto espaço de tempo. Esta solução foi inicialmente ensaiada nos USA e está a ser extrapolada para outras áreas, nomeadamente para estacionamento nas grandes cidades, hotéis e até condomínios habitacionais, onde o preço do m² do terreno é muito elevado.



Fig. 2.23 – AS/RS na Fábrica Volkswagen (Wolfsburg – Alemanha)

- Relativamente a um sistema tradicional, ocupa apenas 20% do espaço necessário;
- Custo da estrutura é menor;
- Redução do tempo de armazenagem e de entrega;
- Redução de riscos de acidentes no transporte.

2.9 – Características desejáveis para uma boa aplicação de um AS/RS

Mercados mais favoráveis

- Produção discreta;
- Centros de maquinagem;
- Indústria pesada;
- Produção e montagem de produtos electrónicos;
- Centros de armazenagem e distribuição.

Condições operacionais mais favoráveis

- Regime de três ou dois turnos;
- Níveis de inventário crítico;
- Flexibilidade de produção;
- Armazenagem comum de materiais, produtos e ferramentas;
- Desempenho entre 10 a 35 por hora.

Localização mais favorável

- Onde a construção de edifícios em altura, não estiver limitada;
- Onde o preço/m² do terreno for elevado;
- Disponibilidade de pessoal técnico treinado;
- Valor elevado de materiais ou de produtos em curso de fabrico.

2.10 - Síntese

Os armazéns automáticos – AS/RS são lugares de armazenamento temporário, onde os movimentos são tipicamente efectuados por equipamentos automáticos, sem nenhuma ou pouca intervenção humana.

A sua importância é cada vez maior, pois permitem dar uma resposta positiva face às necessidades de flexibilidade, fiabilidade e de produtividade.

Os principais tipos de AS/RS são de carga unitária e mini carga.

O transtocador é um dos componentes principais. Trata-se de uma máquina de armazenamento / resgate automática, que circula no centro de cada ala. Pode deslocar-se ao longo do carril e possui capacidade de elevação. No mastro, desloca-se verticalmente uma plataforma que faz a transferência das cargas.

Como caso particular, podem salientar-se o sistema do tipo híbrido: AGV e Stocador. O equipamento é rentabilizado para automatizar duas funções: transporte horizontal flexível e modular e armazenagem densa e dinâmica.

Como casos especiais, podem indicar-se as pontes rolantes, para cargas extremamente elevadas (bobinas de aço) e também os transtocador de duplo mastro para cargas longas (chapa de aço).

Um AS/RS tem várias interfaces com o exterior, tais como: módulos de armazenagem normalizados (paletes, contentores), estações de carga/descarga, AGV's e sistemas transportadores.

Há vários métodos de transferência de carga e para cada um é necessário uma precisão posicional adequada.

Factores como o padrão dos pedidos de movimentos, a configuração física e tecnologia aplicada e as políticas de operação, afectam o desempenho do AS/RS. Os principais critérios de desempenho são: capacidade de armazenamento, cadência, utilização e disponibilidade.

Quando estão reunidas certas condições (tais como a flexibilidade, cadências elevadas, etc.) o investimento num AS/RS é muito mais atractivo quando comparado com um armazém convencional. O pay back time pode ser de cerca dois anos.

No capítulo 3 será abordado o protótipo do armazém automático (existente na SAIC) referindo as suas características, à luz do que foi dito no presente capítulo. Pretende-se focar o que já está feito e o quais são as acções a realizar

Capítulo 3 – Descrição do protótipo do Armazém Automático

O protótipo do Armazém Automático (existente na SAIC) tem as seguintes características:

- Pode ser considerado do tipo de carga unitária;
- Tem uma ala;
- Tem um transtocador com três graus de liberdade (x, y e z - unidade de transferência);
- Tem 36 alvéolos de armazenamento;
- Possui vários sistemas de transporte (inferior e superior);
- Tem interfaces com o exterior, nomeadamente um cais de entrada e um cais de expedição, com um *buffer* para três caixas.

Nas (Fig. 3.1 e 3.2) apresenta-se uma perspectiva frontal e posterior do armazém, onde estão assinaladas algumas das características atrás referidas.

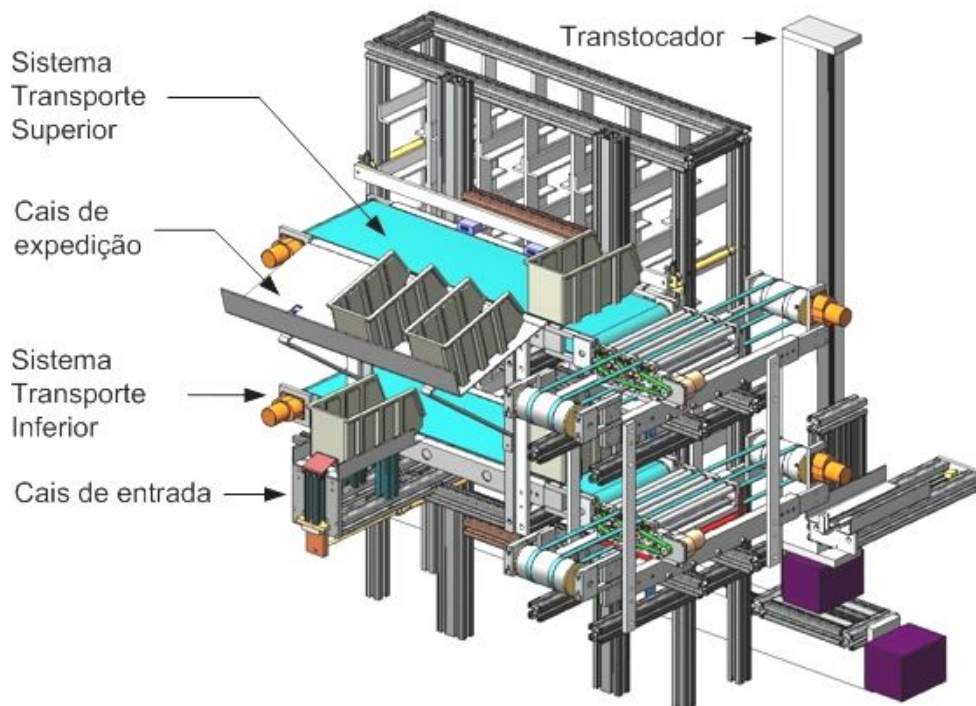


Fig. 3.1 – Perspectiva frontal do armazém automático

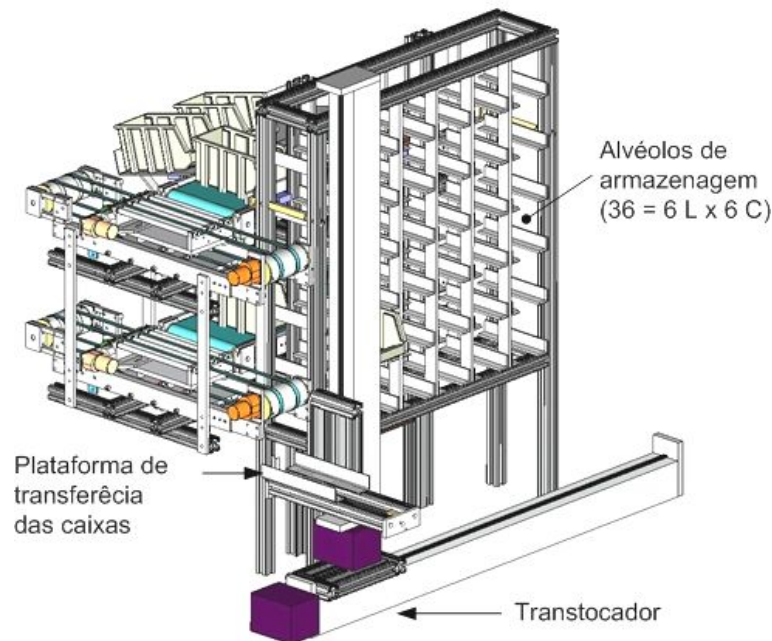


Fig. 3.2 – Perspectiva posterior do armazém automático

3.1 – Ciclos de operação possíveis

Para Armazenar.

Este armazém utiliza para a armazenagem caixas normalizadas (tipo SUC - Fig. 3.3). Assim para iniciar esta operação, deve-se colocar manualmente uma caixa no cais de entrada. Este funciona como interface com o exterior, ou seja como uma estação de entrada. Em seguida, a caixa é deslocada automaticamente, através do sistema de transporte inferior até ao fim deste. A unidade de transferência do transtocador faz a deslocação da caixa para este. Seguidamente, o transtocador desloca-se (simultaneamente em x e y) até ao alvéolo desejado e transfere a caixa para o alvéolo. Posteriormente, regressa à sua posição de repouso.

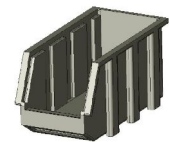


Fig. 3.3 – Caixa tipo SUC

Para Resgate.

O transtocador, desloca-se até ao alvéolo pretendido e transfere a caixa para este. Em seguida desloca-se até ao sistema de transporte superior. Feita a transferência para este, a caixa desloca-se automaticamente, parando em cima da mesa de transferência. Se houver disponibilidade no cais de expedição (3 posições) a caixa é deslocada para uma posição vazia. Se estiver lotado, a caixa fica em posição de espera, até haver disponibilidade.

3.2 - Sistemas de transporte

3.2.1 - Sistema transporte inferior

É constituído por três subsistemas: tapete de tela, mesa de transferência e tapete de dupla fita – Fig. 3.4

Após ter colocado uma caixa no cais de entrada, esta é empurrada para o tapete de tela (se a posição estiver disponível). Este encarrega-se de a deslocar até junto da mesa de transferência, onde fica à espera. Nesse momento, a mesa de transferência sobe 10 mm e simultaneamente os seus 6 veios tractores começam a rodar, puxando a caixa para cima desta. Passado algum tempo, a mesa de transferência desce 10 mm e os veios param. A caixa fica então colocada em cima do tapete de dupla fita. Seguidamente este encarrega-se de deslocar a caixa até à sua parte final, onde ficará à espera do transtocador. Fica assim finalizado o percurso da caixa no sistema de transporte inferior.

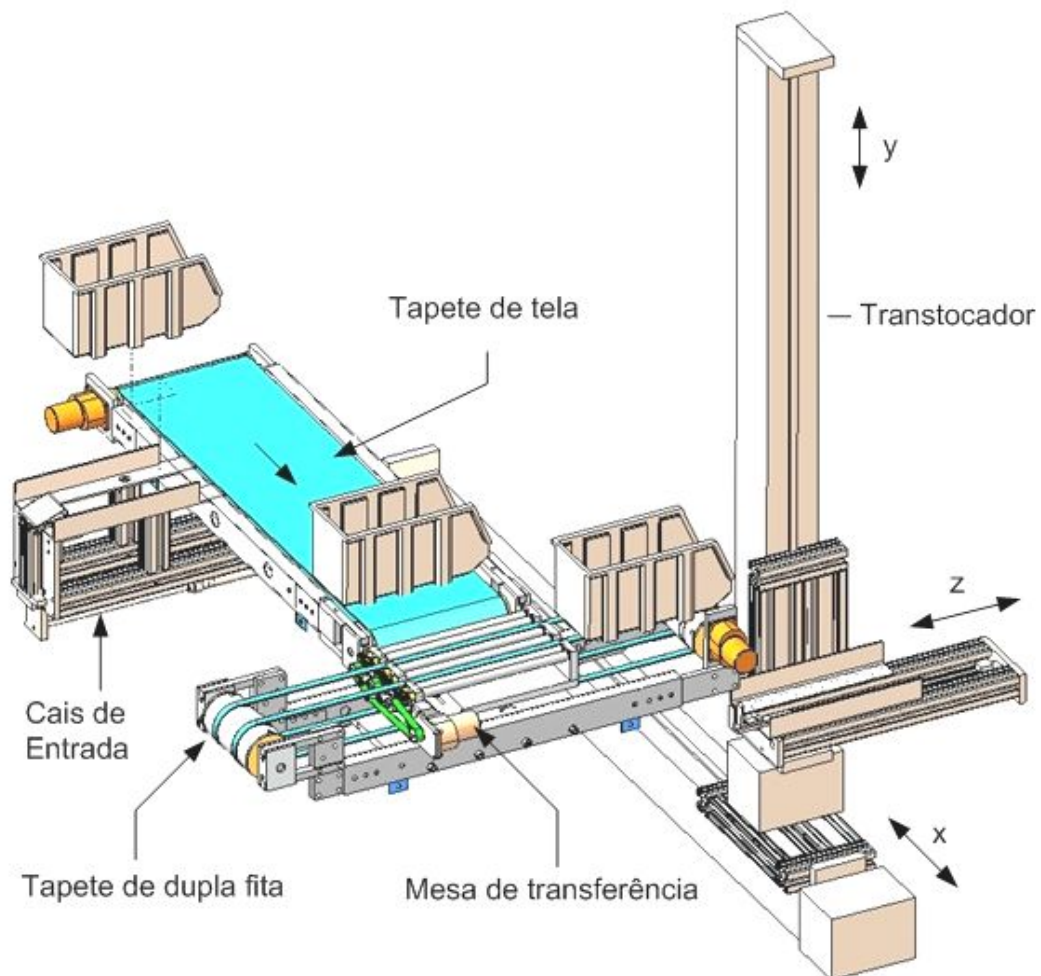


Fig. 3.4 – Sistema de transporte inferior

3.2.2 - Sistema transporte superior

É constituído por três subsistemas: tapete de dupla fita, mesa de transferência e tapete de tela com um cais de expedição (*buffer*) com capacidade para três caixas – Fig. 3.5

Após o transtocador ter transferido a caixa para o tapete de dupla fita, este começa a movimentar a caixa, até esta ficar em cima da mesa de transferência. Nesse momento, a mesa de transferência sobe 10 mm e simultaneamente os seus 6 veios tractores começam a rodar, deslocando a caixa para o tapete de tela. Passado algum tempo, a mesa de transferência desce 10 mm e os veios param. Se a primeira posição do buffer (lado direito) estiver disponível, o extractor empurra para essa posição. Se não estiver disponível, o tapete de tela desloca a caixa para as posições seguintes, até encontrar uma vazia. Caso o cais de expedição esteja lotado, a caixa não chega a ser transferida para o tapete de tela. No caso mostrado na Fig. 3.5, há três posições livres no cais de expedição.

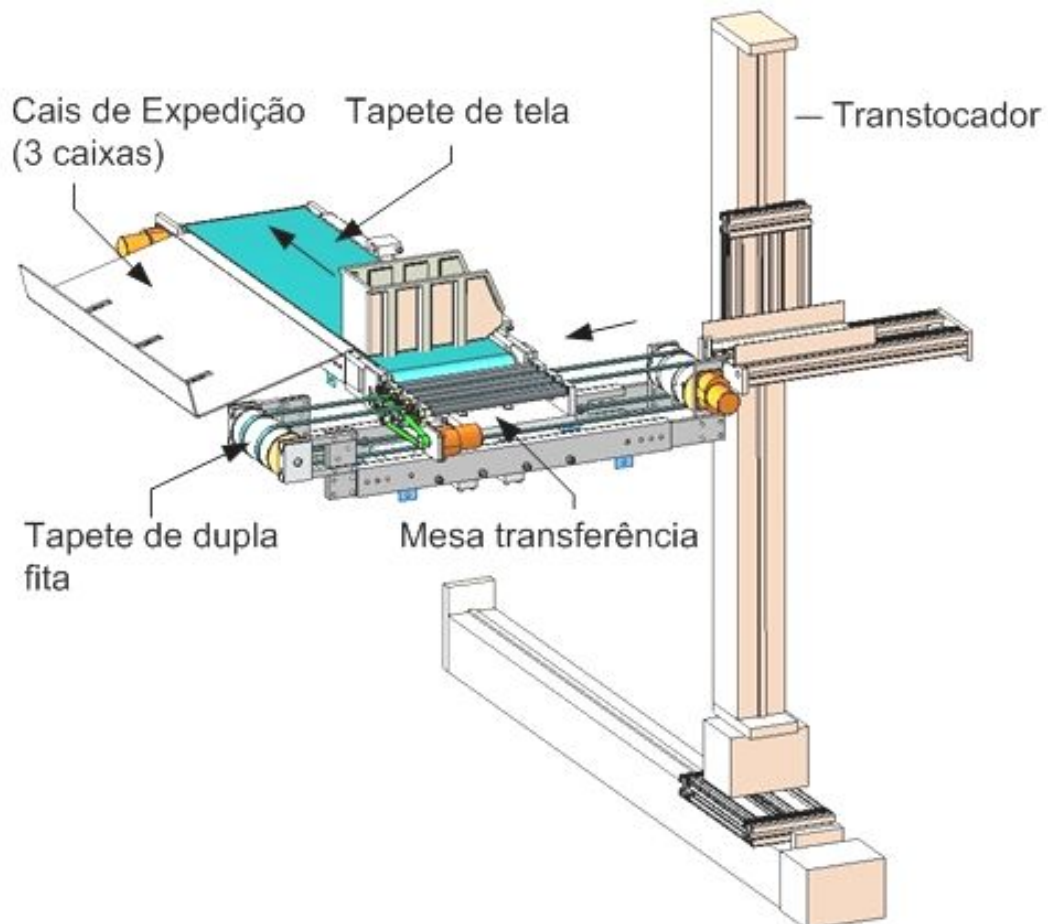


Fig. 3.5 – Sistema de transporte superior

3.3 - Transtocador

O transtocador (Fig. 3.6) é um dos componentes principais do armazém automático. Possui três graus de liberdade. Eixo horizontal (x), eixo vertical (y) e plataforma de transferência (z).

No eixo vertical (mastro) desloca-se uma plataforma que suporta o caixa. Esta permite a transferência da caixa para os alvéolos e vice-versa.

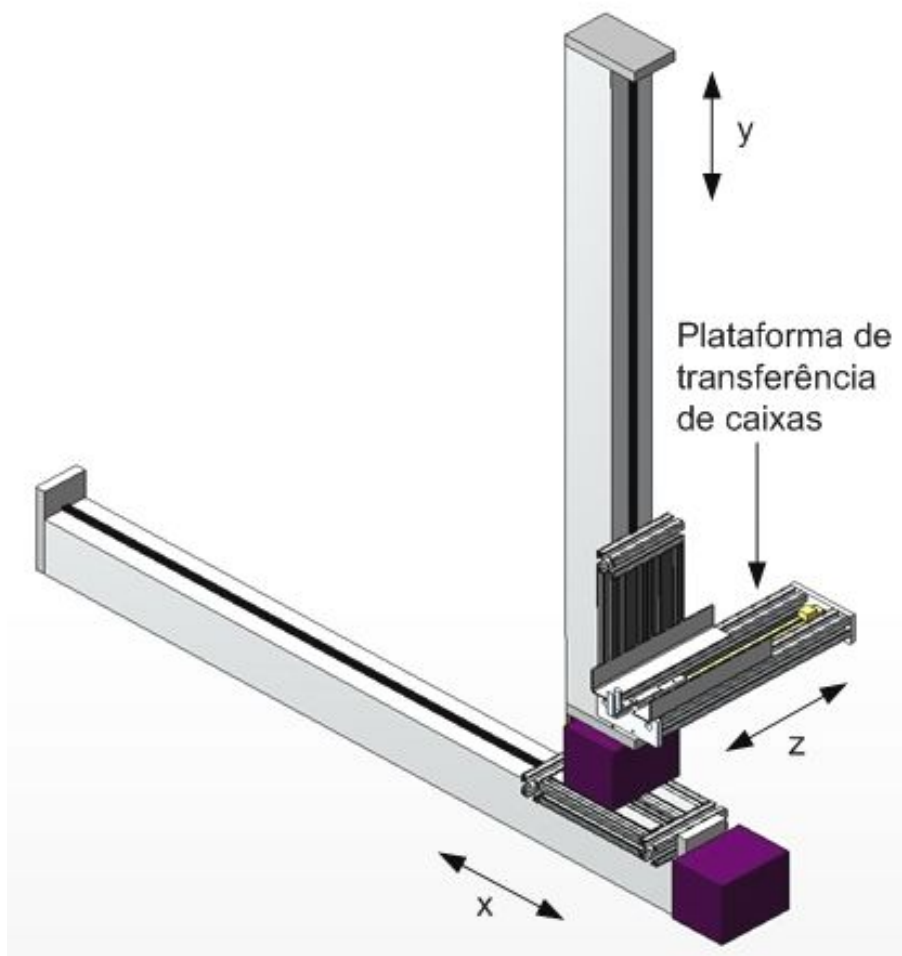


Fig. 3.6 – Transtocador

3.3.1 - Sistemas de accionamento e sensorização do transtocador

O transtocador possui dois motores eléctricos (Fig. 3.7) de corrente contínua de 24 V (um para eixo x, outro para o eixo y) A cada motor, está associado um *encoder* incremental, para controlo da sua posição (Fig. 3.8). Nos extremos de cada eixo, existem fins de curso electromecânicos (Fig.. 3.9) que permitem definir os pontos zeros e o início e o fim do movimento para cada eixo.

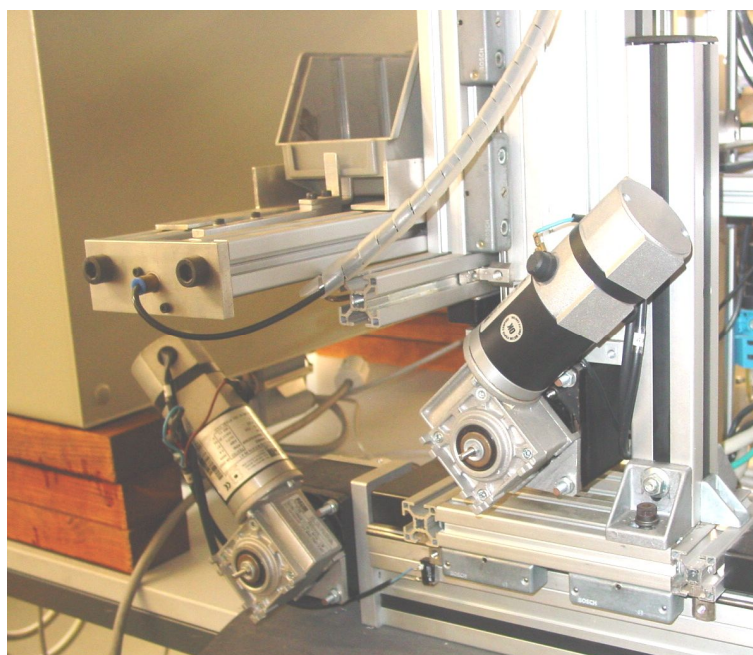


Fig. 3.7 – Motores eléctricos (DC 24V) do transtocador e plataforma de transferência



Fig. 3.8 - Encoder incremental



Fig. 3.9 - Fins de curso electromecânicos dos eixos x e y

3.3.2 - Controlador de posição do transtocador

O movimento dos dois eixos (x e y) possui rampas de aceleração e desaceleração.

O PLC, possui uma carta de conversão digital/analógico, que disponibiliza na saída tensões de diversas gamas. Foi utilizada a gama de tensões de [-10V; 10V] que permite através de um amplificador, alimentar os motores numa gama de [-24V; 24V].

A carta recebe a referência de destino e a posição dos motores através dos encoders. O erro resultante (em forma de tensão) é amplificado e levado até aos motores.

Para o controlo de posição, foi implementado um controlador proporcional, que opera sobre o erro de posição - Fig. 3.10

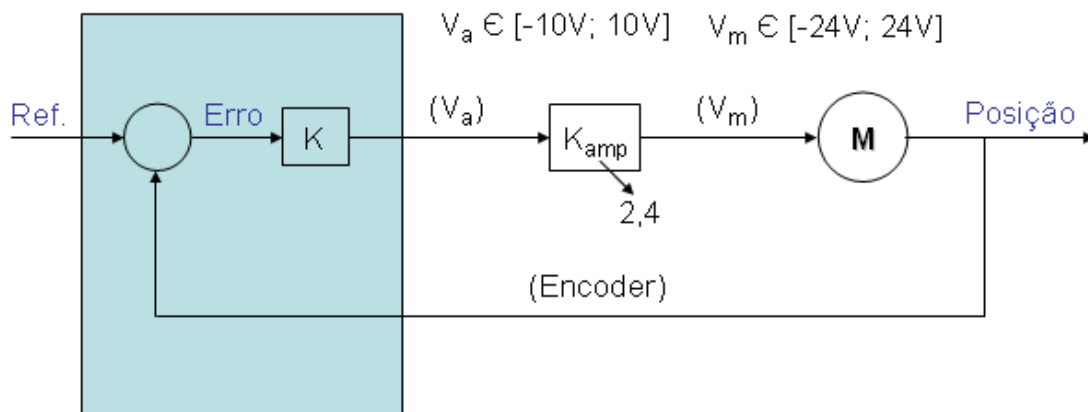


Fig. 3.10 – Controlador proporcional do transtocador

O erro é calculado entre a posição de referência e a posição actual. A partir desse erro calcula-se uma tensão, multiplicando o erro por um ganho. Caso exista uma diferença de tensão superior a um ΔV entre a tensão calculada e tensão na saída analógica, é incrementado um ΔV à tensão anterior até atingir a tensão máxima (definida inicialmente) ou até existir uma diferença de tensão inferior ao ΔV . Quando se verifica esta condição, a tensão na saída vai ser igual à tensão calculada e vamos então ter uma desaceleração, que é maior ou menor consoante o ganho K ajustado.

3.3.3 – Precisão posicional

Foi definido um erro de $\pm 0,5$ mm (em x e y) porque existe uma folga de cerca de 2 mm entre uma caixa e um alvéolo (Fig. 3.11). Isto é necessário para evitar um *overshoot* na aproximação à posição desejada.

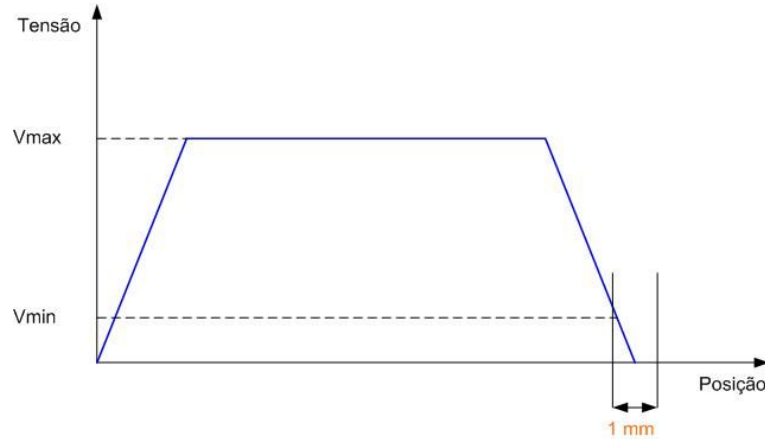


Fig. 3.11 – Definição do erro de posicionamento do transcodador.

Quando o erro é mínimo, entra-se na zona morta do motor (Fig. 3.12) e fica-se sem resposta por parte do sistema. O erro nunca é nulo ou inferior a um valor predefinido. A tensão calculada não é suficiente para movimentar o motor e o sistema fica simplesmente parado. Para resolver tal problema foi necessário anular esta zona morta.

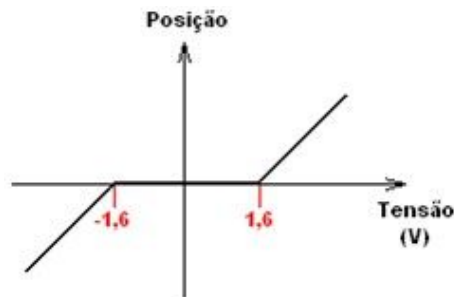


Fig. 3.12 – Zona morta do motor

A tensão de $\pm 1,6V$ é a tensão a partir da qual os motores entram em funcionamento, foi calculada experimentalmente para uma situação sem carga.

3.4 – Sensorização no restante armazém

Para poder efectuar o controlo do restante sistema, foram usados (predominantemente) 14 detectores fotoeléctricos de proximidade - Fig. 3.14. Na Fig. 3.15 pode observar-se a sua área de detecção.

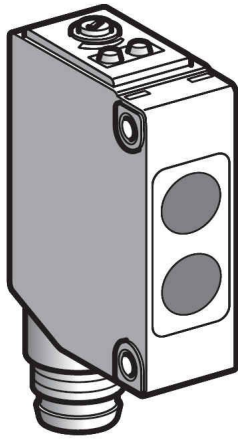


Fig. 3.14 – Detector fotoeléctrico de proximidade

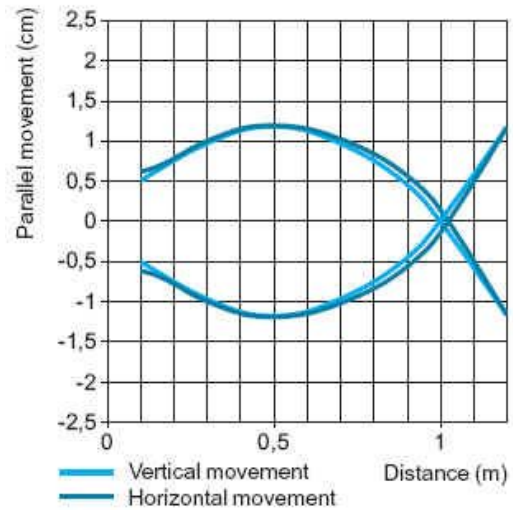


Fig. 3.15 – Área de detecção do detector fotoeléctrico

Um detector fotoeléctrico é constituído essencialmente por um emissor de luz (díodo electroluminescente) associado a um receptor sensível à quantidade de luz recebida (foto transístor).

Existe detecção quando o alvo atravessa o feixe luminoso emitido pelo detector e modifica suficientemente a quantidade de luz recebida pelo receptor, de maneira a provocar uma mudança de estado da saída.

A distância de detecção é até 1 m.

3.5 – Accionamentos dos sistemas de transporte

Os sistemas de transporte (inferior e superior) são accionados por 6 motores eléctricos 12V DC (Fig. 3.16).

Para cada motor existe um *driver* (Fig. 3.17) que permite ajustar a sua velocidade para valores convenientes.

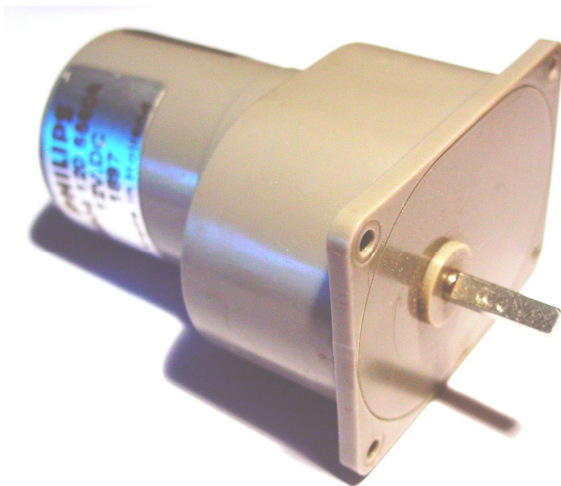


Fig. 3.16 – Motor eléctrico dos sistemas de transporte

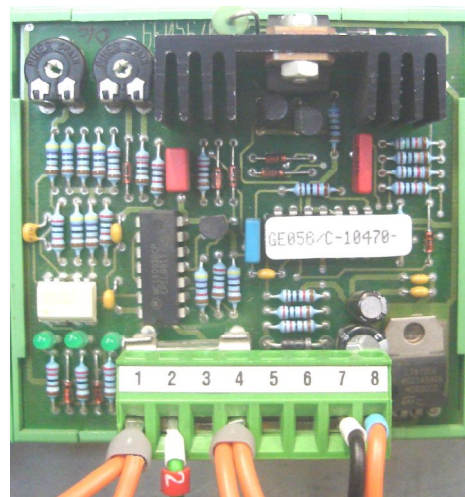


Fig. 3.17 – Driver do motor eléctrico dos sistemas de transporte

Na tabela 6 apresenta-se as características técnicas do motor eléctrico dos sistemas de transporte

Tabela 6 - Características técnicas do motor eléctrico dos sistemas de transporte

Características técnicas	
Tipo de motor	DC de escovas
Corrente à carga nominal	310 mA
Tensão nominal	12 V
Potência	5 W
Binário máximo	0.3 Nm
Velocidade à carga nominal	60 rpm
Velocidade sem carga	70 rpm

3.6 – Quadro eléctrico

Na Fig. 3.18, apresenta-se o quadro eléctrico. Possui várias fontes de alimentação, um PLC - OMRON – CJ1M CPU22, drivers dos motores eléctricos dos sistemas de transporte, amplificadores dos motores DC do transtocador, e uma consola OMRON - NT11S (alfanumérica) que funciona como interface de comando.

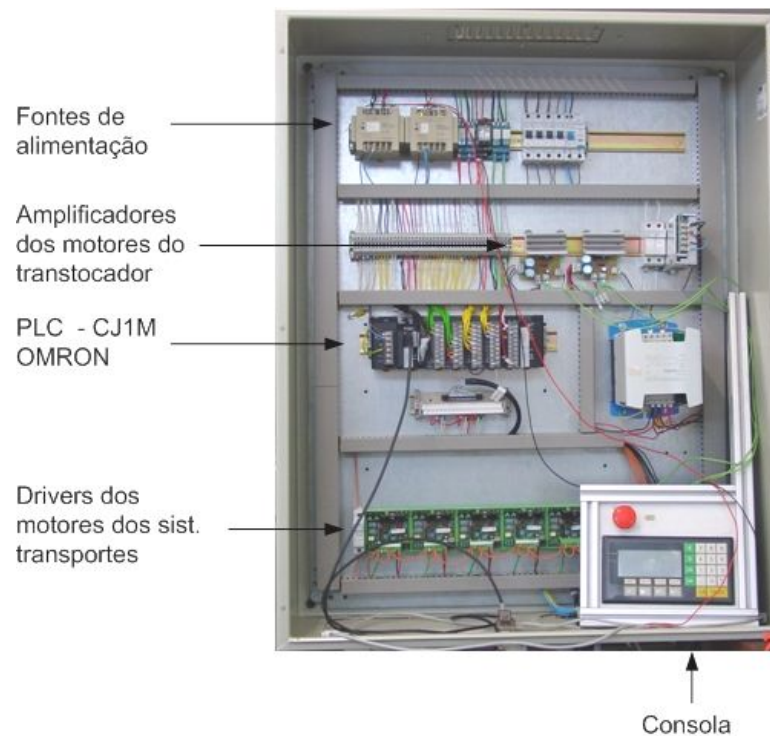


Fig. 3.18 – Quadro eléctrico do armazém automático

3.6.1 – PLC - CJ1M, CPU22 (OMRON)

Trata-se de um PLC (Fig. 3.19) modular ao nível de entrada com um grande potencial. É totalmente compatível no sentido ascendente com a série CJ1G/H e CS1 relativamente ao conjunto de instruções, aos comandos de comunicação e à organização da memória.

É constituído por: 2 cartas de entrada – ID211, 2 cartas de saída – OC211, 1 carta digital analógica – DA041 e 1 carta para ligar os encoders – XW2D-40G6.

Na tabela 7 apresentam-se as principais características técnicas.



Fig. 3.19 – PLC CJ1M - OMRON

Tabela 7 - Principais características técnicas do PLC - CJ1M

Características Técnicas	
Número máximo de pontos de E/S digitais	160 - 640
Tempo de execução. (instruções em bits)	0.1 μ s
Memória de programa	10 - 20 kSteps (Passos)
Memória de dados	32 kWords (Palavras)
Funções especiais	CPUs com E/S de impulsos incorporada ou porta de Ethernet incorporada, Unidades Dedicadas para Controlo de posição, Controlo de temperatura, Comunicação definida pelo utilizador
Comunicações	Ethernet, ControllerLink, série, DeviceNet, PROFIBUS-DP, CAN, CompoBus/S

3.7 - Sistema Supervisor

Na Fig. 3.20 apresenta-se o ecrã do sistema supervisor, que controla o armazém automático. Ao ser aberta esta página, é enviado ao PLC a informação de que está a ser supervisionado. Nesta situação, a consola deixa de ser usada. No seu estado normal, o supervisor coloca o armazém no modo de armazenamento, em que as caixas são colocadas nas células vazias por linhas, da esquerda para a direita e de baixo para cima. Sempre que se quer retirar uma caixa deve ser premido o botão monoestável “Modo automático”.

Se o supervisor for desligado, o armazém automático pode continuar a funcionar porque os comandos podem ser introduzidos na consola que está ligada ao PLC.

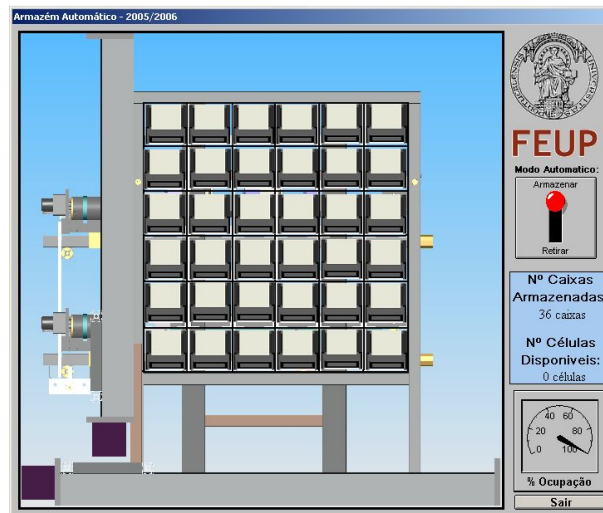


Fig. 3.20 – Ecrã do sistema supervisor

3.7.1 - Gestão do Armazém

Esta aplicação pressupõe que não há distinção entre as diversas caixas (o mesmo material). Assim, as caixas são armazenadas na primeira célula vazia, tendo o percurso definido por linhas, da esquerda para a direita e de baixo para cima. Por defeito, o sistema de supervisão está no modo de armazenamento, assim, sempre que uma caixa chega ao sensor óptico do tapete inferior, o supervisor encarrega-se de indicar a célula onde a caixa deve ser armazenada. Os dados relativos ao armazém são guardados na memória não volátil do PLC. A célula do canto inferior esquerdo o índice 1 e a célula do canto superior direito o índice 36.

3.8 - Acções a realizar

3.8.1 - Análise das falhas mais frequentes e das suas causas

No início deste projecto, foi feita uma leitura de trabalhos anteriores [Almeida, 2007] e a partir daí evolui-se para as soluções finais.

Verificou-se que o armazém estava a funcionar, contudo havia algumas falhas. Assim para poder estabelecer prioridades e poder diagnosticar eventuais pontos críticos, foram realizadas várias observações ao seu comportamento dinâmico. Os resultados estão expressos na tabela 8.

Tabela 8 - Plano de melhorias

	Descrição da falha (por ordem prioritária)	Acção	Data Conclusão	Situação
1	Rolos das mesas de transferência (inf. & sup) imobilizados e sem capacidade de tracção.	Conceber e implementar novas mesas de transferência.	2008/03/11 Projecto Mecânico concluído e aprovado.	2008/07/10 Construção concluída.
2	Caixa tem tendência a rodar no tapete inf. ficando mal posicionado na mesa de transferência.	Garantir, através de software e/ou meios mecânicos, que a caixa fica correctamente posicionada.	2008/09/20	Concluída
3	Ao retirar ou colocar uma caixa, através do transtocador existe a possibilidade de colisão, com outras caixas.	Ajustes mecânicos, na plataforma de transferência do transtocador	2008/02/11	Concluída
4	Posicionamento deficiente (torto, recuado) da caixa no cais de chegada	Introduzir guias laterais de baixo atrito.		Concluída

3.8.2 - Projecto Mecânico

Como consequência da análise anterior é necessário conceber novas mesas de transferência.

3.8.3 - Novo Sistema Supervisor

Conceber e implementar um novo sistema supervisor, de modo fazer uma gestão por classes de produtos (mais real) e que possa ser considerado um SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*). Ou seja que permita monitorizar as informações do Armazém Automático. Essas informações serão recolhidas por meio de equipamentos de aquisição de dados, manipuladas, analisadas, decompostas, armazenadas e exibidas ao utilizador.

3.9 - Síntese

Na primeira parte deste capítulo, descreve-se aquilo que já existe, ou seja as principais características do protótipo do armazém automático. Pode considerar-se que é do tipo de carga unitária, tem uma ala e um transtocador com três graus de liberdade. A sua capacidade é de 36 alvéolos de armazenagem. Possui vários sistemas transportadores (inferior e superior). Tem interfaces com o exterior, nomeadamente um cais de entrada e um cais de expedição, com um *buffer* para três caixas.

O transtocador é accionado através de dois motores eléctricos de corrente contínua. Para o controlo do seu movimento, foi implementado um controlador proporcional. Utiliza *encoder's* incrementais. Nos extremos de cada eixo (x e y) existem fins de curso electromecânicos que servem para definir o ponto zero e como elementos de segurança.

O sistema supervisor (existente) coloca por defeito o armazém no modo de armazenamento, em que as caixas são colocadas nas células vazias por linhas, da esquerda para a direita e de baixo para cima. Pressupõe-se que não há distinção entre as diversas caixas (o mesmo material).

Na segunda parte, descreve-se as acções a realizar, ou seja:

- Detectar os pontos críticos, definir prioridades;
- Desenvolver um novo projecto mecânico para as mesas de transferência;
- Novo sistema supervisor (mais realista) com uma gestão por classes de produtos, representativas dos seus níveis de transacções.

No capítulo 4, será abordado o projecto mecânico da nova mesa de transferência e uma análise comparativa com a anterior solução.

Capítulo 4 – Projecto mecânico da mesa de transferência

Conforme já referido, a mesa de transferência (inferior e superior) apresentava falhas na transmissão do movimento rotativo do motor eléctrico bem como outras deficiências no projecto mecânico.

Sendo assim, procurou-se que a nova solução tivesse as seguintes características:

- Eficiência de transmissão do movimento rotativo do motor aos veios da mesa;
- Menor peso;
- Menor ruído;
- Melhor guiamento do movimento vertical;
- Reutilizar, o mais possível, todos os componentes existentes.

4.1 – Função e localização

A mesa de transferência (inf. & sup.) encontra-se na intersecção entre dois sistemas transportadores perpendiculares entre si (Fig. 4.1). A sua função é transferir as caixas entre eles. Possui um movimento vertical linear (10 mm) e transmite o movimento rotativo de um motor eléctrico aos seis veios tractores da mesa.

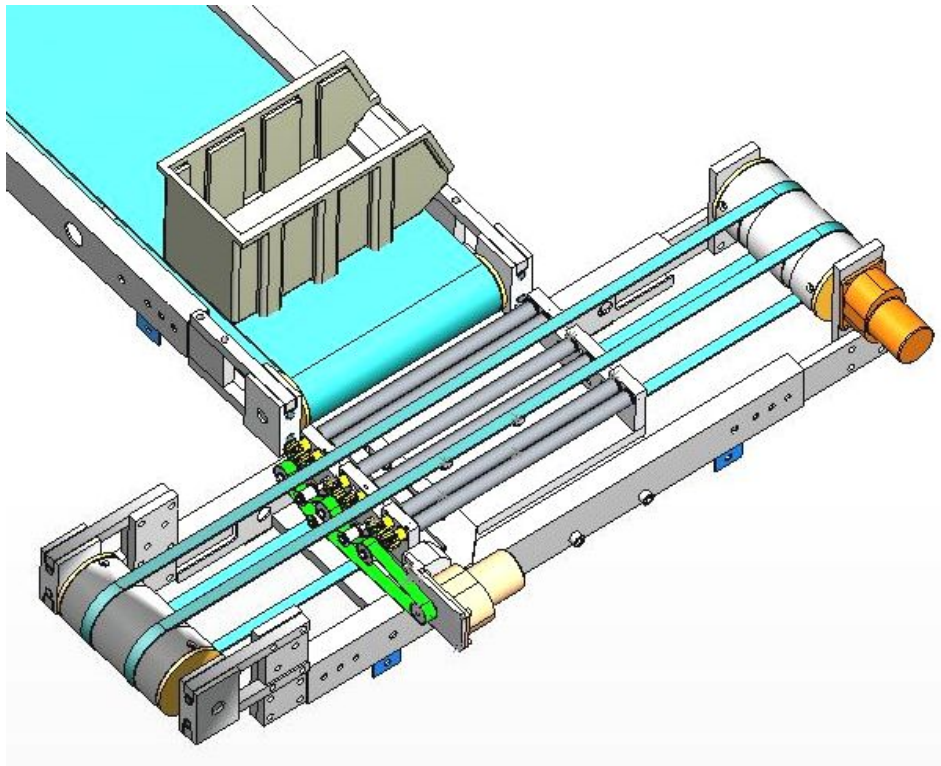


Fig. 4.1 - Mesa de transferência (inf.) entre dois transportadores perpendiculares

4.2 – Modo de funcionamento

No caso da mesa de transferência inferior, quando a caixa chega a uma determinada posição (1) um detector óptico emite um sinal e simultaneamente a mesa sobe 10 mm (até à cota do tapete tela) e os 6 veios começam a rodar, tentando puxar a caixa para si (2). Quando esta se encontra na posição correcta (3) a mesa de transferência desce 10 mm e os veios tractores param (4). A caixa fica assim colocada no outro sistema transportador, podendo ser deslocada para a posição desejada. Na Fig. 4.2, pode observar-se a sequência destes movimentos.

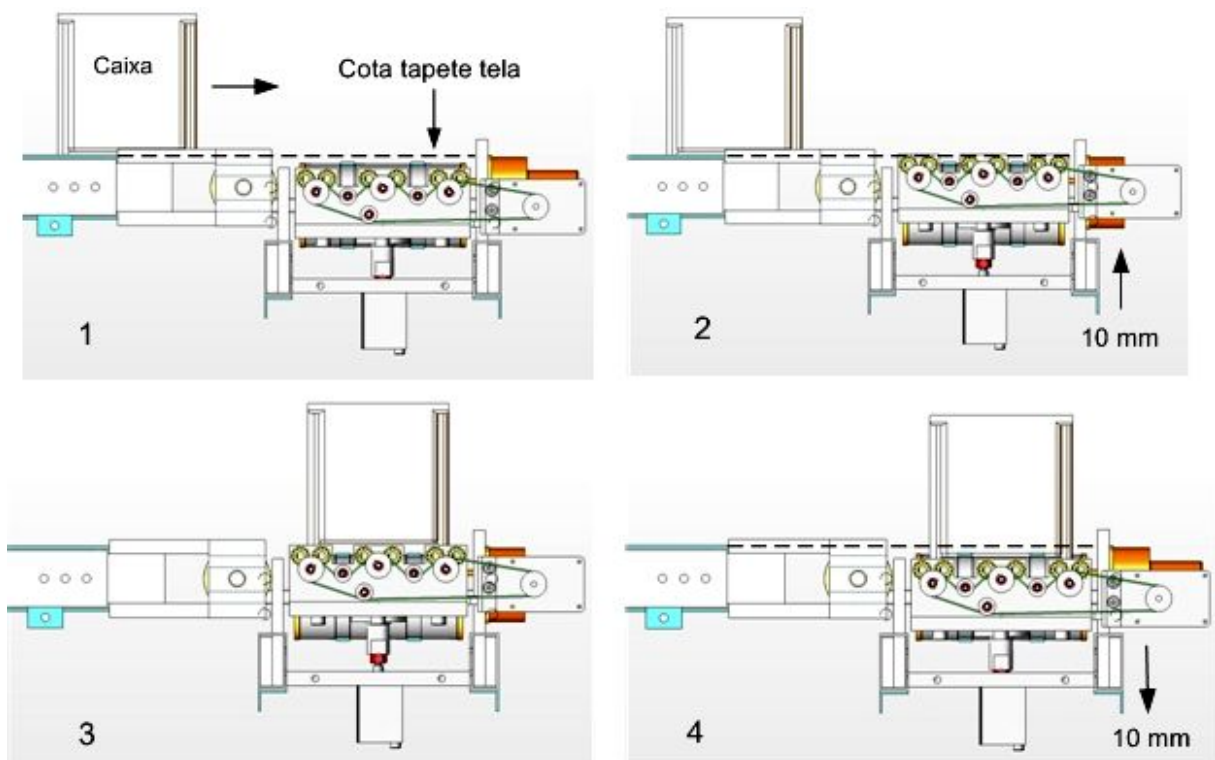


Fig. 4.2 – Deslocamento de uma caixa para a mesa de transferência

No caso da mesa de transferência superior, a sequência é ligeiramente diferente. Assim quando uma caixa chega à mesa de transferência, um detector óptico emite um sinal e simultaneamente a mesa sobe 10 mm e os 6 veios começam a rodar, de modo a deslocar a caixa para uma posição vazia do outro transportador. Passado algum tempo, a mesa de transferência desce 10 mm e os veios tractores param. Se o cais de expedição estiver lotado, a caixa permanece em cima da mesa de transferência à espera de disponibilidade.

4.3 - Visão geral da nova mesa de transferência

A mesa de transferência é composta por duas partes (Fig. 4.3):

- **Parte inferior** fixa à estrutura do armazém automático.
- **Parte superior** move-se verticalmente. O movimento (descida/subida) é realizado por dois cilindros pneumáticos, com um curso de 10 mm.

Para uma pressão de 6 bar, a força (por cilindro) teórica no avanço é de 121 N, no retorno (descida) é de 90 N.

Um motor eléctrico (solidário com a mesa) transmite através de uma correia dentada, o seu movimento rotativo aos seis veios tractores.

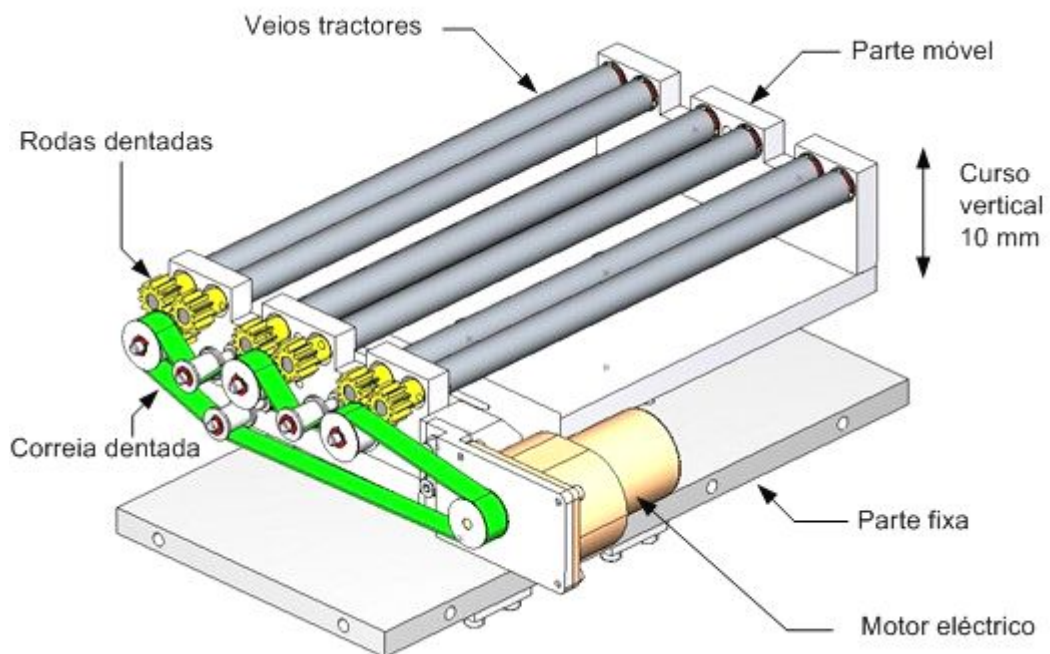


Fig. 4.3 – Nova Mesa de transferência (Inferior e Superior)

4.3.1 – Sistema de distribuição do movimento rotativo do motor eléctrico

A cada veio tractor está associado uma roda dentada. Para assegurar o mesmo sentido de rotação, foi introduzida uma terceira roda dentada (motriz) para cada par de veios, formando assim uma engrenagem triangular (Fig. 4.4). Esta, por sua vez está solidária, com um outra polia dentada. Uma correia dentada, é montada sobre as polias dentadas e transmite o movimento de rotação do motor eléctrico.

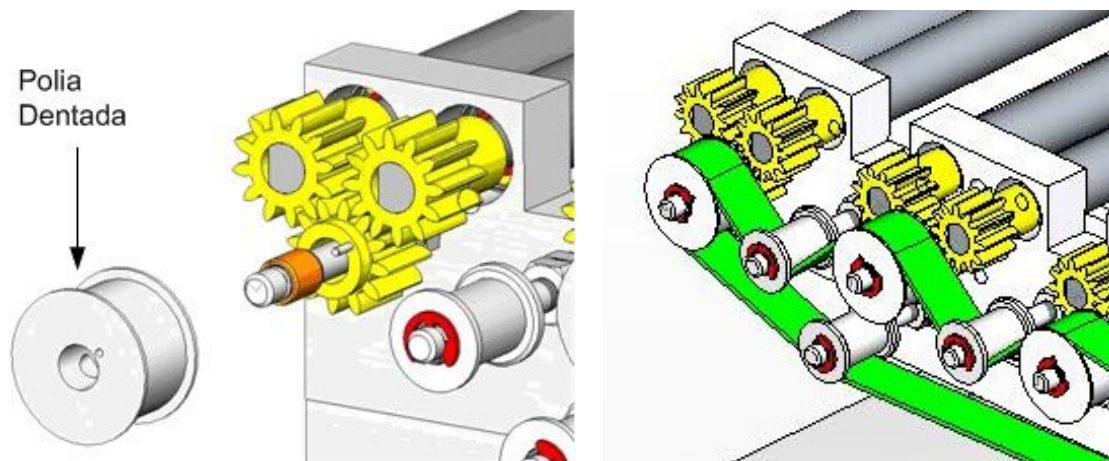


Fig. 4.4 – Pormenores da transmissão do mov. rotativo aos veios

Na Fig. 4.5, pode ver-se a vista frontal do sistema de distribuição do movimento rotativo.

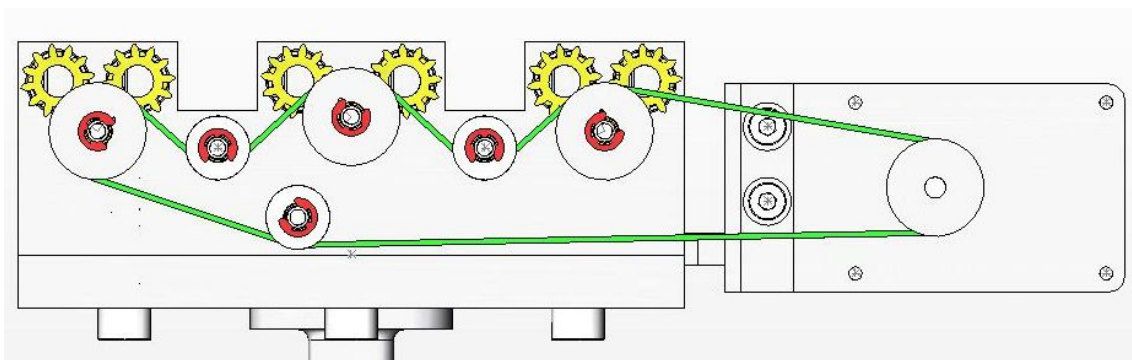


Fig. 4.5 – Vista frontal do sistema de distribuição do movimento rotativo

O material das rodas dentadas é um polímero designado: Delrin. As suas características principais são: Tensão de ruptura = 94 N/mm^2 , Dureza (Rockwell R) = 100 – 120. Este tipo de engrenagens reduz o ruído e como não necessita de lubrificação, o ambiente fica mais limpo.

4.3.2 – Sistema de elevação da parte superior da mesa de transferência

A parte superior (massa ≈ 2 kg) move-se verticalmente, por acção de dois cilindros pneumáticos de duplo efeito. O curso efectivo é de 10 mm. Os dois espaçadores ligam esta parte às hastes dos dois cilindros que estão fixos na base inferior. Estes definem a altura adequada para se efectuar a transferência da caixa. Esta altura pode ser ajustada e fixada através de uma porca. Na Fig. 4.6 tem-se uma vista lateral deste sistema. Nesta situação os cilindros encontram-se na posição de avanço.

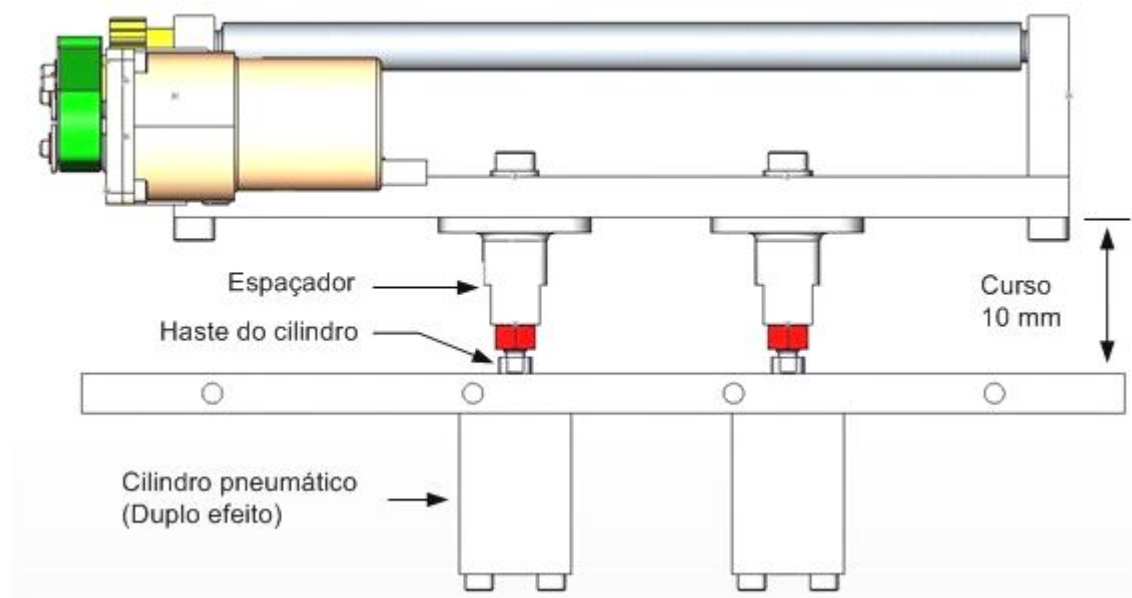


Fig. 4.6 – Vista lateral do sistema de elevação da mesa de transferência

Foram reutilizados os cilindros pneumáticos, os motores eléctricos, a base fixa e a base móvel, os seis veios tractores. Estes obrigaram a um ligeiro encurtamento da parte superior.

As restantes peças tiveram de ser construídas, pois já não era possível o seu aproveitamento.

4.3.3 – Uso de mini-rolamentos nos extremos dos veios

De modo a garantir a eficiência de rotação dos veios, foram utilizados mini-rolamentos (\varnothing exterior = 12, \varnothing interior = 6, Largura = 6) - Fig. 4.7

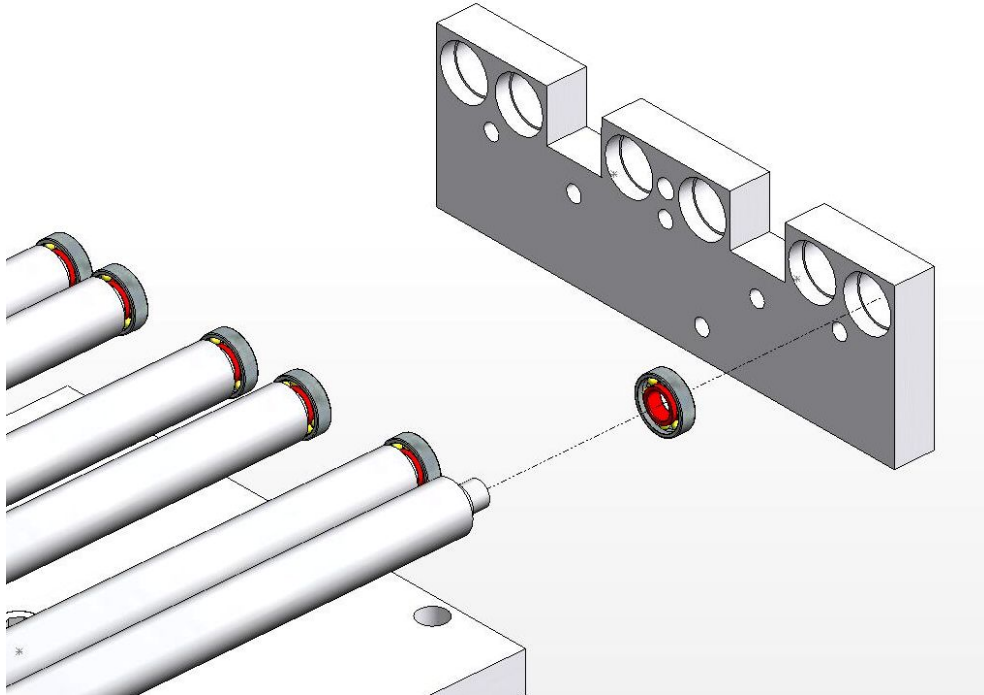


Fig. 4.7 – Utilização de mini-rolamentos para os extremos dos veios

Os mini-rolamentos são de esferas de uma carreira, com duas blindagens (2ZR) equivalentes à serie 628/6 e cumprem a norma DIN 625.

As suas características mais importantes são:

- Carga radial dinâmica = 1083 N
- Carga radial estática = 438 N

4.3.4 – Sistema de fixação do motor e ajuste da correia dentada

O motor eléctrico é fixado conforme indicado na Fig.4.8. Para montar/desmontar e tensionar a correia dentada basta desaparafusar (um pouco) a peça em forma de “L” fazendo deslizá-la na ranhura da base da parte superior, até á posição pretendida. Finalmente, deve-se voltar a aparafusar para fixar este conjunto

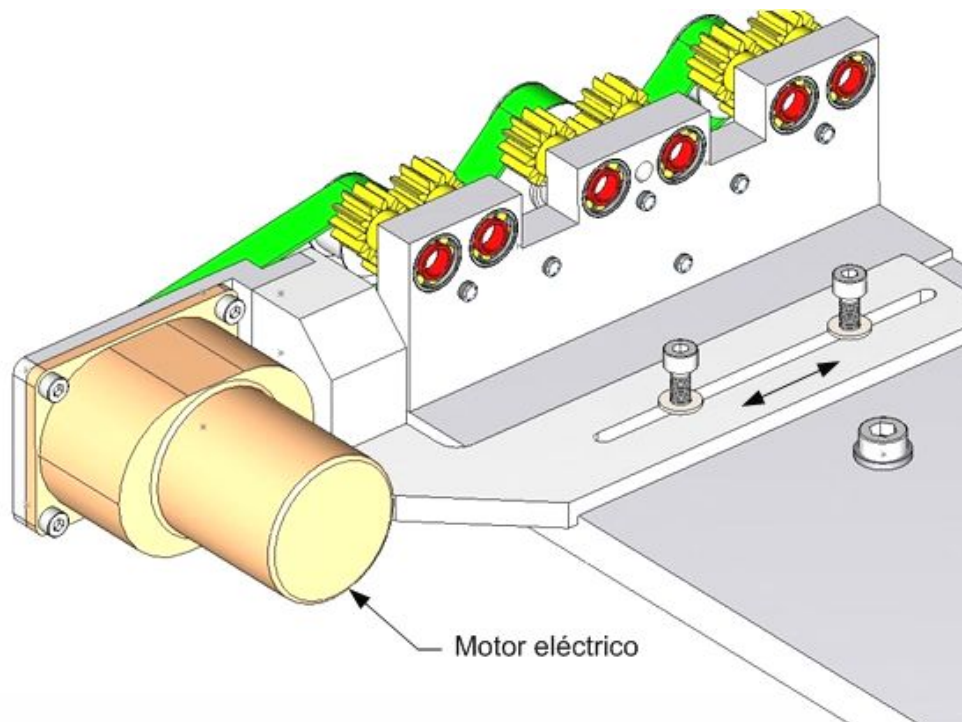


Fig. 4.8 – Sistema fixação do motor e ajuste da correia dentada

4.4 – Análise comparativa entre a nova mesa de transferência e a anterior

Nas Fig. 4.9 e 4.10 podem ver-se a nova e a anterior solução para a mesa de transferência.

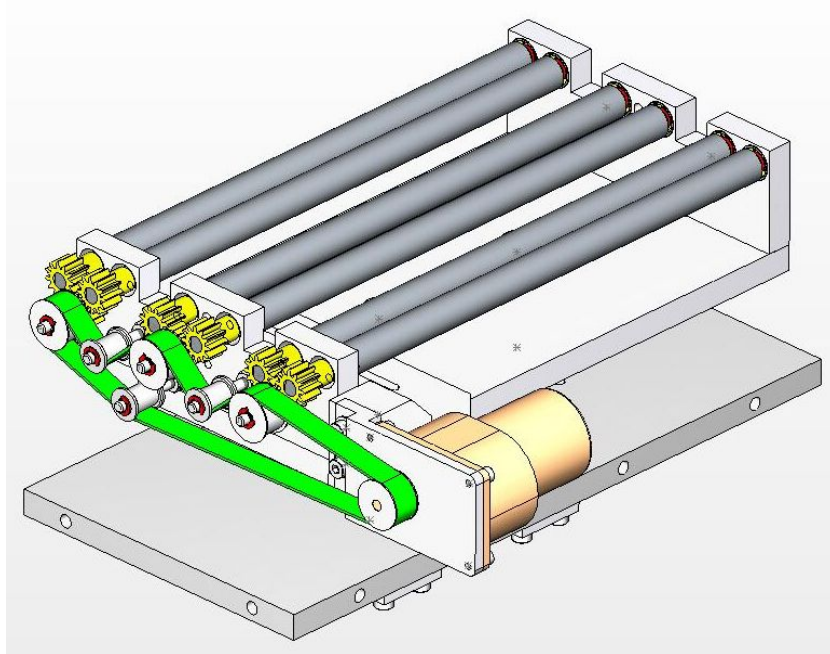


Fig. 4.9 – Nova mesa de transferência

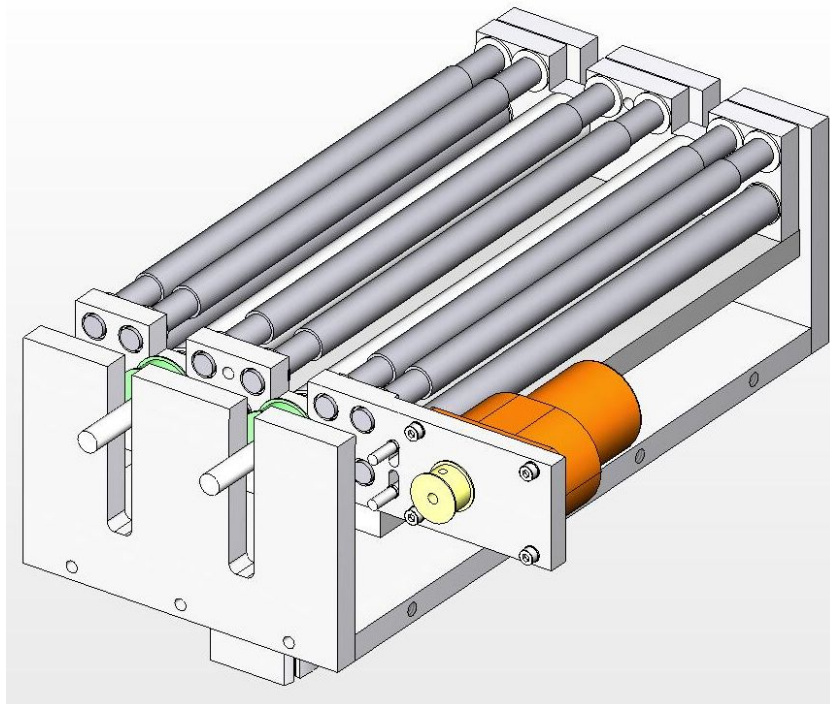


Fig. 4.10 – Anterior mesa de transferência

O novo sistema de distribuição e a ligação entre a parte fixa e móvel permitiu reduzir seis peças. Assim, relativamente à anterior solução, houve uma redução da massa de 1.9 Kg (ou seja – 38 %).

Na Tabela 9, pode observar-se as diferenças entre a nova solução e a anterior para a mesa de transferência.

Tabela 9 – Análise comparativa entre a nova e a anterior mesa de transferência

Análise comparativa entre a nova e a anterior mesa de transferência		
	Nova	Anterior
Sistema de distribuição	Uma correia dentada transmite o movimento de rotação aos veios tractores, através de três engrenagens triangulares. Nos extremos dos veios foram montados mini-rolamentos.	Uma correia dentada transmite o movimento de rotação a dois eixos de grande diâmetro. Por sua vez, estes transmitem (internamente) esse movimento aos veios tractores, através de uma correia lisa. Esta, passa ainda por outros dois eixos intermédios. Devido ao seu baixo atrito, esta solução é pouco fiável. Para além disso, há deficiências no projecto relativas à eficiência de rotação dos veios
Ligação entre parte fixa e móvel	A parte móvel está guiada à parte fixa através dos espaçadores	A parte móvel está livre. É guiada através de duas placas: verticais frontal e posterior que possuem duas ranhuras onde encaixam os dois veios. É uma solução pouco estável.

4.5 - Síntese

A mesa de transferência (inf. e sup.) encontra-se na intersecção entre dois sistemas transportadores perpendiculares entre si. A sua função é a de transferir as caixas entre eles. Possui um movimento vertical linear e transmite o movimento rotativo de um motor eléctrico aos seis veios tractores da mesa.

A nova solução para a mesa tem um novo sistema de distribuição do movimento rotativo. A cada veio tractor está associado uma roda dentada. Foi introduzida uma terceira roda dentada (motriz) para assegurar o mesmo sentido de rotação, para cada par de veios, formando assim engrenagens triangulares. Esta, por sua vez está solidária com um outra polia dentada. Uma correia dentada, é montada sobre as polias dentadas e transmite assim o movimento.

A parte superior (móvel) está ligada a parte inferior (fixa), através de dois espaçadores, que permitem definir e ajustar a altura adequada.

A tensão na correia é conseguida através de um sistema de deslizamento e fixação de uma peça numa ranhura.

Esta nova solução procurou alcançar os seguintes objectivos:

- Eficiência de transmissão do movimento rotativo do motor aos veios da mesa;
- Menor peso;
- Menor ruído;
- Melhor guiamento do movimento vertical;
- Reutilizar, o mais possível, todos os componentes existentes.

Relativamente à anterior solução, houve uma redução de massa de 1.9 Kg (- 38 %).

Toda a modelação em 3D e 2D foi realizada com o programa de CAD: SolidWorks 2006. No CD-ROM que acompanhará este relatório, poderão encontrar todos os desenhos de conjuntos e de definição de todas as peças.

No capítulo 5, será abordado o novo sistema supervisor, com uma gestão baseada em classes de produtos.

Capítulo 5 – Sistema supervisor do armazém automático

Os sistemas de supervisão e controlo são sistemas desenvolvidos para funcionar como interfaces homem-máquina, estações de supervisão local de processos industriais ou estações concentradoras de dados em processos distribuídos. Estes sistemas são baseados em microcomputadores interligados a controladores programáveis, estações remotas ou outros equipamentos de aquisição de dados [Gaspar Santos, 2007].

Os sistemas supervisores também designados por SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) permitem que sejam monitorizadas e rastreadas informações dos processos produtivos ou de uma instalação física. Estas informações são recolhidas por meio de equipamentos de aquisição de dados, manipuladas, analisadas, decompostas, armazenadas e exibidas ao utilizador.

Os sistemas SCADA são de importância estratégica já que são adoptados na maioria das indústrias. As aplicações da tecnologia SCADA alcançam praticamente todo o espectro do sector produtivo. Esses sistemas são utilizados na indústria química, petroquímica e de cimentos; na indústria alimentícia; na produção e distribuição de energia eléctrica; na distribuição de água; no controle de oleodutos, gasodutos, centrais nucleares, edifícios inteligentes, tráfego.

No início os sistemas supervisores tinham arquitecturas centralizadas, fechadas e sem conectividade externa, porque utilizavam *hardware* e *software* proprietários. As informações eram visualizadas num painel com lâmpadas e indicadores, sem qualquer interface aplicacional com o utilizador. Actualmente, os sistemas de produção utilizam tecnologias de computação e de comunicação que permitem automatizar a monitorização e o controlo de processos industriais.

Variáveis numéricas e alfanuméricas são recolhidas dos processos, às vezes geograficamente distantes, e disponibilizadas ao utilizador de forma amigável, com recursos gráficos e interactividade. Estas variáveis recebem o nome de “*tags*” e representam pontos de entrada e saída do processo que está a ser controlado.

5.1 - Componentes Físicos de um Sistema SCADA

Os componentes físicos principais de um sistema de supervisão são: sensores, transdutores e actuadores; estações remotas de aquisição; rede de comunicação; controlo e monitorização central, representado pelo sistema computacional SCADA.

Os sensores e transdutores são os responsáveis pela aquisição e conversão primária de dados. Grandezas físicas como temperatura, pressão e velocidade, assim como presença de uma peça num transportador, ou a porta aberta de um torno CNC, são convertidos em sinais digitais ou analógicos para as estações remotas.

Os actuadores têm a função de agir sobre o sistema monitorizado, basicamente ligando ou desligando dispositivos.

As estações remotas de aquisição normalmente são compostas por PLCs (Controladores Lógicos Programáveis) ou RTUs (*Remote Terminal Units*), unidades computacionais robustas utilizadas em processos industriais, que têm a função de processar os dados recebidos dos elementos em campo, efectuar cálculos ou acções de controlo e actualizar saídas.

A rede de computação é o meio por onde circulam as informações das estações remotas para o sistema SCADA, assim como entre diferentes sistemas SCADA. Elas podem ser implementadas por meio de cabos metálicos, fibras ópticas, *wi-fi*, etc.

A principal unidade dos sistemas SCADA é a estação de monitorização central, ou MTU (*Master Terminal Unit*). Ela é a responsável por receber as informações das estações remotas, processá-las e interferir nos processos. A estação de monitorização central pode estar centralizada num único computador ou distribuída numa rede de computadores, compartilhando as informações recebidas.

A figura 5.1 apresenta uma síntese a estrutura física de um sistema SCADA

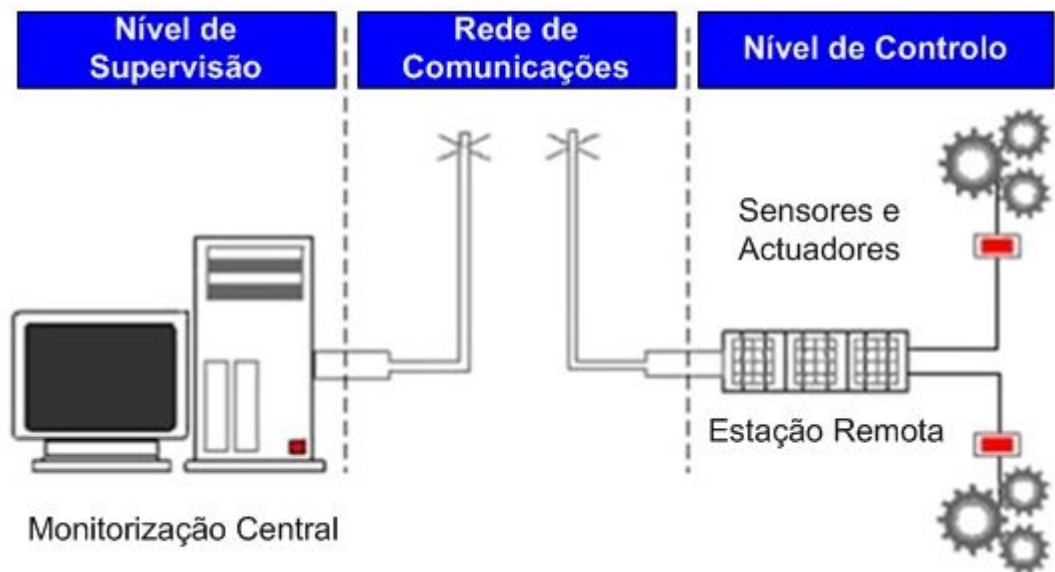


Fig. 5.1 – Estrutura física de um SCADA

5.2 - Componentes Lógicos de um Sistema SCADA

Geralmente os sistemas SCADA dividem as suas principais tarefas internas em módulos, que permitem uma maior ou menor conectividade, flexibilidade e robustez, dependendo da aplicação e da necessidade do sistema.

Numa análise macro, essas tarefas podem ser divididas em: núcleo de processamento, comunicação com PLCs e RTUs, geração de alarmes, histórico e banco de dados, lógica de programação interna (*scripts*) ou controlo, interface gráfica, relatórios, comunicação com outras estações SCADA e comunicação com sistemas externos.

As informações recolhidas em campo são enviadas para o núcleo principal do *software*, que é o responsável por distribuir e coordenar o fluxo destas informações para os outros módulos. Cada módulo processa as informações relevantes até que as mesmas estejam disponíveis ao utilizador do sistema, na interface gráfica ou na consola de operação do processo. Através do núcleo principal, o utilizador tem acesso à representação gráfica, na forma de ícones, dos processos que estão sendo supervisionados ou controlados. As informações podem ser apresentadas ao utilizador também sob a forma de gráficos, relatórios, animações, alarmes visuais e auditivos.

5.3 - PADRÃO “OLE for PROCESS CONTROL” (OPC)

A tecnologia OPC permite a troca de dados entre aplicações, e entre aplicações e PLCs, em tempo real e sem a necessidade de uso de *drivers* proprietários. O padrão OPC está a tornar-se rapidamente no padrão de comunicação adoptado pelo mercado de automação industrial e pela indústria, e muitas soluções de automação que dependem das informações das áreas de produção já utilizam OPC como condição inicial para comunicação de dados. Isto confirma a relevância e importância desta tecnologia para a automação e para a indústria.

O padrão OPC é composto por um conjunto de especificações para comunicação no ambiente industrial, criado com a colaboração de vários dos mais importantes fornecedores de *hardware* e *software* para automação, em conjunto com a Microsoft. O padrão permite que aplicações de *software* troquem dados entre si de forma aberta e simplificada, assim como aplicações de gestão.

A arquitectura do padrão OPC foi originalmente baseada na tecnologia COM (*Component Object Model*) e DCOM (*Distributed Component Object Model*) da Microsoft, e definiu padrões de objectos, interfaces e métodos para uso em controlo de processos e aplicações de automação da produção. O objectivo para criação do padrão é criar um meio comum para que aplicações de diferentes níveis do processo possam trocar dados e interagir de forma mais fácil possível.

A Fig. 5.2 mostra as diferentes camadas de informação na arquitectura OPC.

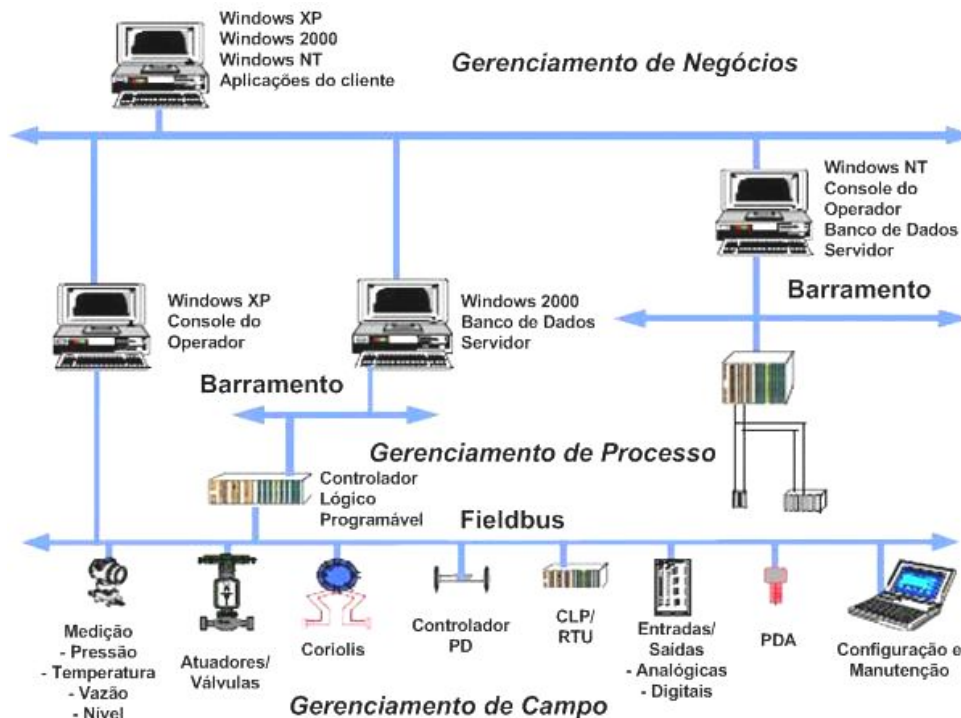


Fig. 5.2 - Camadas de informação englobadas pela tecnologia OPC

A publicação das especificações para o padrão OPC, possibilitou o desenvolvimento de diversos produtos para automação industrial, que beneficiaram das seguintes vantagens:

- Eliminação da necessidade de *drivers* de comunicação específicos (proprietários);
- Melhoria do desempenho da comunicação entre dispositivos de automação;
- Compatibilidade entre sistemas de diversos fabricantes;
- Integração com sistemas MES (*Manufacturing Execution Systems*) e ERP (*Enterprise Resource Planning*);
- Padronização das interfaces de comunicação entre os servidores e clientes de dados em tempo real, facilitando a integração e manutenção dos sistemas;
- Redução dos custos e tempos para desenvolvimento de interfaces e *drivers* de comunicação, com conseqüente redução do custo de integração de sistemas;
- Facilidade de desenvolvimento e manutenção de sistemas e produtos para comunicação em tempo real.

5.4 - Sistemas SCADA com OPC

A arquitectura típica de um cenário de automação industrial, baseada em controlo de processo, divide-se em três níveis de funções: supervisão, gestão de processos e gestão de dispositivos. A Fig. 5.3 apresenta as relações entre estes níveis de funções (coluna da esquerda) e as tecnologias de um sistema de supervisão e controle padrão (coluna da direita).

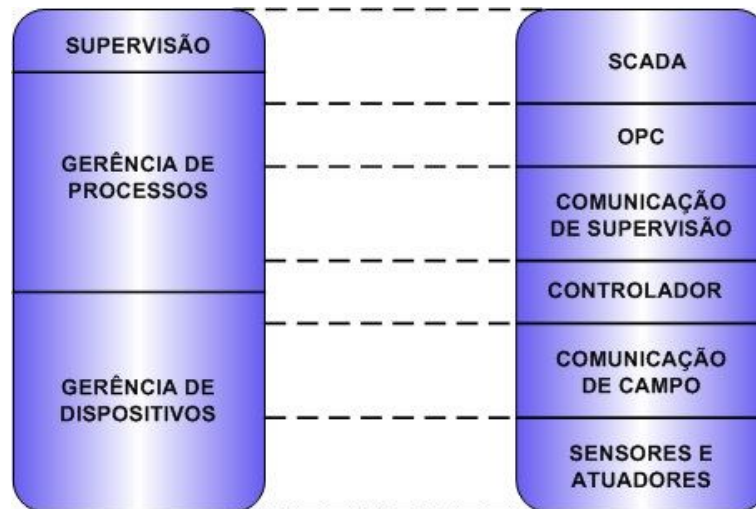


Fig. 5.3 - Arquitectura de um sistema de gestão de processos industriais

Uma análise inicial da arquitectura do sistema de gestão apresentado mostra que o padrão OPC (coluna da direita) é o responsável por estabelecer a interface entre o sistema SCADA e o módulo controlador.

A tecnologia OLE (*Object Linking Embedding*) permite que uma aplicação crie informações e as apresente através de uma segunda aplicação. O objecto criado na aplicação original pode ser ligado à segunda aplicação, que se referencia à aplicação original por meio de um ponteiro. O objecto também pode ser copiado da aplicação original para a secundária.

Na prática, o módulo OPC funciona como uma API (*Application Programming Interface*) suportando a comunicação entre o sistema SCADA e o módulo controlador, que pode prescindir dos controladores de diferentes fabricantes, aumentando a compatibilidade do sistema. Os fabricantes de controladores fornecem os seus próprios *drivers* OPC para serem incorporados no servidor OPC do supervisor.

Geralmente os módulos OPC são implementados com o protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). A Fig. 5.4 descreve a arquitectura entre uma aplicação cliente e servidores OPC de diferentes fabricantes.

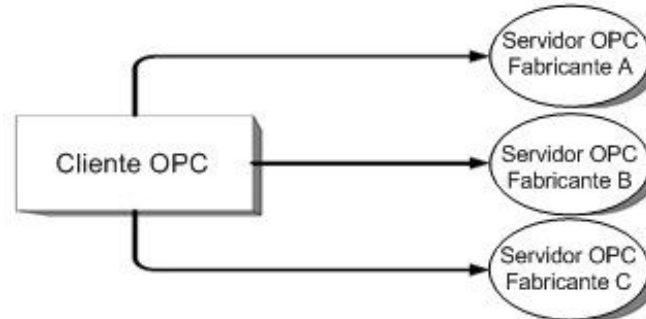


Fig. 5.4 - Arquitectura entre Cliente OPC e diversos Servidores OPC.

As ligações entre diferentes sistemas SCADA normalmente são baseadas numa rede local *Ethernet* e são controladas pelo módulo de Comunicação de Supervisão. A conexão entre o Controlador de Processo e os sensores, transdutores e actuadores em campo, é realizada pelo módulo de Comunicação de Campo.

Em aplicações de automação e controlo industrial típicas, baseadas em PLCs, o módulo de Comunicação de Campo utiliza comunicação ponto-a-ponto, como por exemplo, o protocolo RS 232.

O módulo de Supervisão SCADA é o responsável pelas funções de Supervisão e de Gestão de Processos. O módulo OPC, assim como os módulos de Comunicação de Supervisão e Controlador, são os encarregados da função de Gestão de Processos. O módulo Controlador também detém a responsabilidade compartilhada na função de Gestão de Dispositivos, em conjunto com o módulo de Comunicação de Campo e os elementos terminais (sensores, transdutores e actuadores).

As interfaces OPC podem ser utilizadas de diversas formas dentro de uma aplicação de supervisão e controlo, embora inicialmente tenham sido concebidas para aceder a dados de uma aplicação servidora. A Fig. 5.5 mostra um exemplo dessa diversidade de relacionamentos entre servidores e clientes OPC.

No campo, dados podem ser adquiridos de sensores, transdutores e actuadores para um sistema SCADA, que ao mesmo tempo comunica com a aplicação, também através do padrão OPC. Diversos aplicações, ou sistemas SCADA, podem trocar dados dentro de uma rede, mesmo envolvendo diferentes fornecedores.

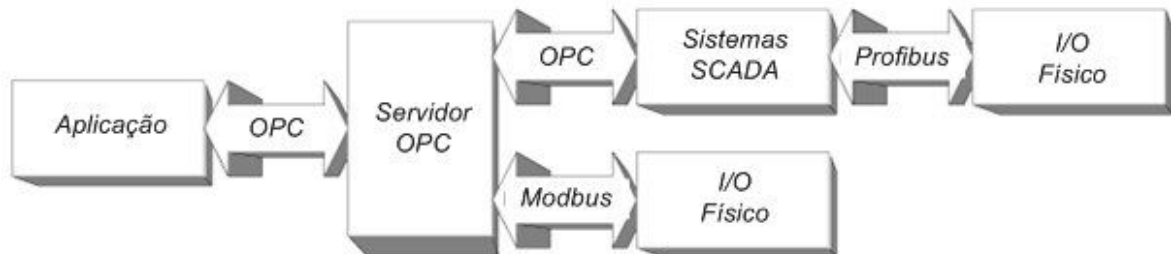


Fig. 5.5 - Exemplo de relacionamento entre Servidores e Clientes OPC

5.5 – Requisitos do sistema supervisor do armazém automático

- Acesso condicionado. Necessário fazer Login (Nome e Password);
- Interface gráfica (HMI) intuitiva e dinâmica;
- Armazenar, segundo vários critérios;
- Retirar, segundo vários critérios;
- Efectuar reservas;
- Indicar a utilização do armazém;
- Observar e registar os movimentos;
- Informação sobre os pedidos;
- Produzir automaticamente relatórios de inventário e de falhas;
- Opção de ajuda para termos e funcionalidades do armazém.

5.6 – Interfaces com o exterior

Há vários tipos de utilizador do armazém automático, nomeadamente: locais, remotos e eventualmente móveis. Para cada um deles, deverá ser criada uma interface adequada. Qualquer das transacções será registada na base de dados (Fig.5.6).

De modo a poder lidar com várias bases de dados, foi introduzido um PC, onde foi desenvolvida uma aplicação cuja função é de supervisionar o armazém. Se este estiver desligado o armazém não funciona.

A BD Pessoas, gere os acessos e as competências dos diferentes utilizadores. A BD Gestão contém a informação para gerir o armazém, segundo vários critérios.

Foi construída uma aplicação em Visual Basic 2005, que comunica com a BD e com o PLC.

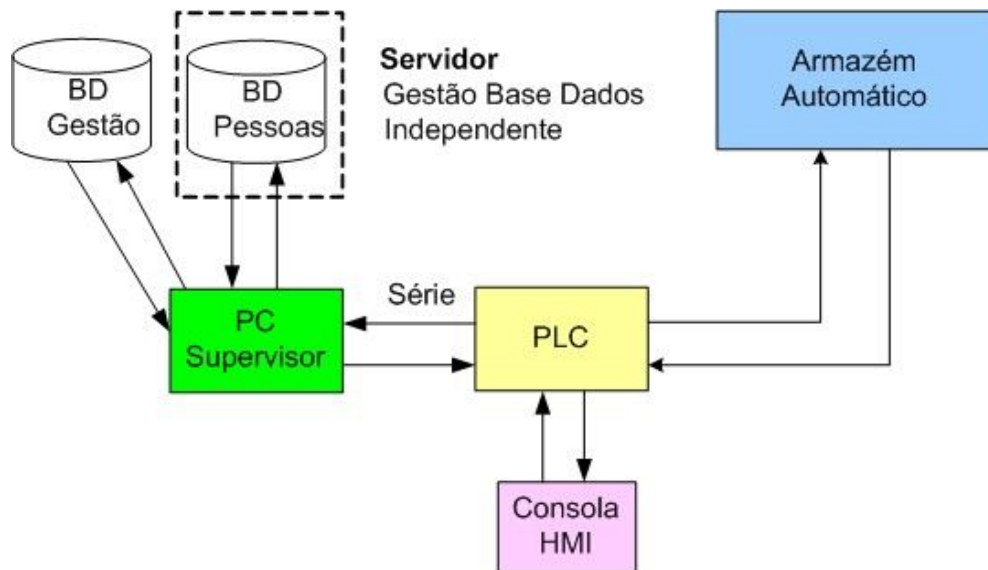


Fig. 5.6 – Interfaces do Armazém Automático com o exterior

5.7 – Estrutura da base de dados

Na Fig. 5.7 pode ver-se a estrutura e as relações da nova base de dados.

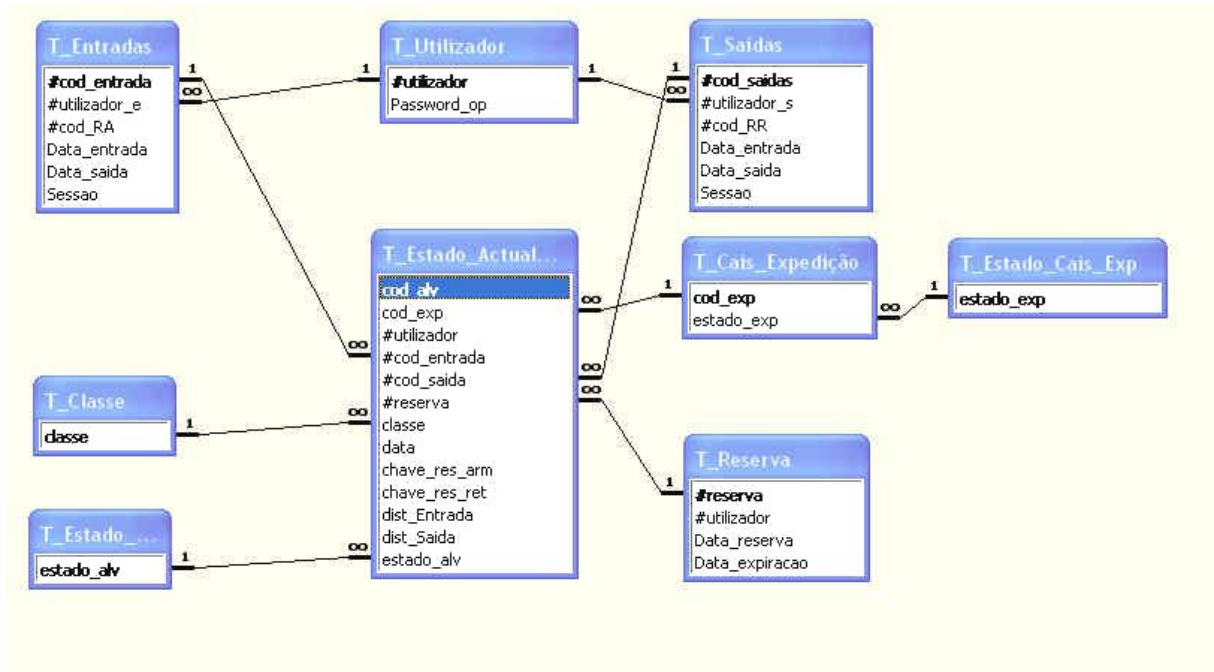


Fig. 5.7 – Estrutura e relações da nova base de dados

5.8 – Ligação à bases de dados

Para se estabelecer uma comunicação com a BD, é sempre necessário seguir o seguinte procedimento:

- Estabelecer uma ligação com a BD. Ou seja, especificar as informações de ligação;
- Criar um adaptador de dados, que gere obtenção de dados;
- Criar um conjunto de dados (cópias virtuais das tabelas da BD);
- As informações do conjunto de dados, podem ser ligados aos controlos de um formulário.

5.9 – Interface gráfica (HMI) do sistema supervisor

Na Fig. 5.8 apresenta-se a interface gráfica (HMI) que pretende reflectir o estado dinâmico do armazém e ser intuitiva.

Os alvéolos são representados por um objecto que é uma matriz bidimensional (linhas: 1 a 6 e colunas: 1 a 6). A origem é o canto inferior esquerdo. Neste referencial, este alvéolo terá o código 11 (linha 1 e coluna 1). O código do alvéolo do canto superior direito será 66.

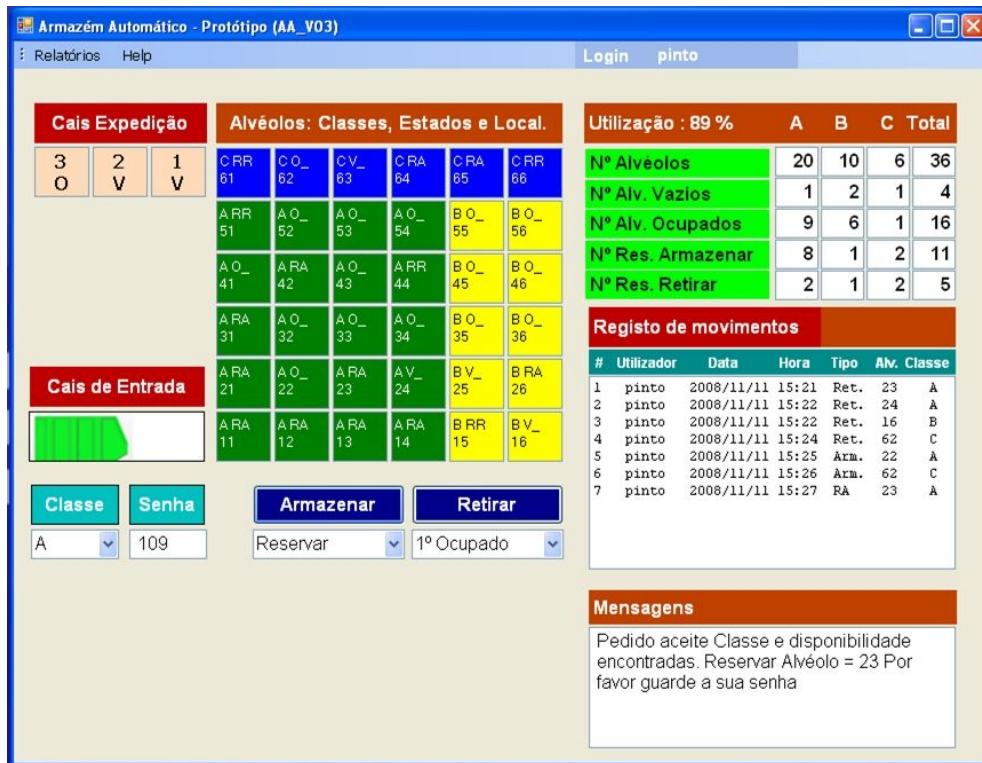


Fig. 5.8 – Nova Interface Gráfica (HMI) - Armazém Automático

A sua concepção, baseou-se nos seguintes critérios:

Fácil identificação dos objectos com a forma física do Armazém Automático;

Integram-se nesta categoria os objectos: “Alvéolos” e a interface do armazém automático com o exterior, nomeadamente o “Cais de Entrada” e o “Cais Expedição”.

Acesso condicionado;

O acesso ao sistema supervisor só será possível depois de efectuar o Login.

Concentração das saídas de informação para o utilizador (coluna da direita);

“**Utilização**”. Pode observar-se as taxas de utilização (em cada momento) para as diferentes classes e pedidos.

“**Registo de movimentos**”. O utilizador pode ver as características dos seus pedidos, nomeadamente o nome, a data e hora, o tipo de pedido (Arm, Ret, RA, RR), o alvéolo pretendido e a classe do produto.

“**Mensagens**”. Informação se o pedido foi ou não aceite. Localização do alvéolo, instruções diversas.

Concentração das entradas de informação do utilizador (área inferior esquerda);

“**Classe**”. Seleccionar a classe pretendida.

“**Senha**”. Nos casos de reservas, é fornecida uma senha. Quando se pretender efectivar a reserva, deve-se introduzir a respectiva senha.

“**Armazenar**”. Seleccionar o critério pretendido e clicar em Armazenar.

“**Retirar**”. Seleccionar o critério pretendido e clicar em Retirar.

Barra de Menus;

“**Relatórios**”. Visualizar ou imprimir relatórios de inventário.

“**Help**”. Ajuda para termos e funcionalidades do armazém.

5.9.1 – Acesso condicionado, através de Login

O acesso ao sistema supervisor, só será possível depois do utilizador clicar em Login e digitar o seu nome e a password.

Se se enganar, aparece a seguinte mensagem:

”Conjunto Nome e Password não válidos. Tente outra vez”.

Pode fazer mais duas tentativas. Se não constar da base de dados a sessão termina.

Se não fizer o Login e tentar executar alguma operação, é directamente encaminhado para o formulário Login.



Fig. 5.9 – Formulário para realizar o Login

5.9.2 – Atribuição do espaço do armazém às diferentes classes

Conforme já foi referido, as caixas irão ser organizados segundo uma estratégia de armazenamento dedicado de classes de produtos. Neste caso, considerou-se três classes (A, B e C) de acordo com o nível de transacções do produto.

O stock mais activo (A – Cor Verde) será armazenado na parte dos alvéolos mais próxima da estação de entrada, e o stock menos activo será armazenado na restante parte mais distante. Supondo determinados níveis (iniciais) de transacções para as diferentes classes, o espaço do armazém irá ser dividido da seguinte maneira:

Tabela 10 - Atribuição do espaço do armazém, ás diferentes classes de produtos

Classe	Cor	Níveis (iniciais) de transacções	Nº Alvéolos
A	Verde	55%	20
B	Amarela	28%	10
C	Azul	17%	6

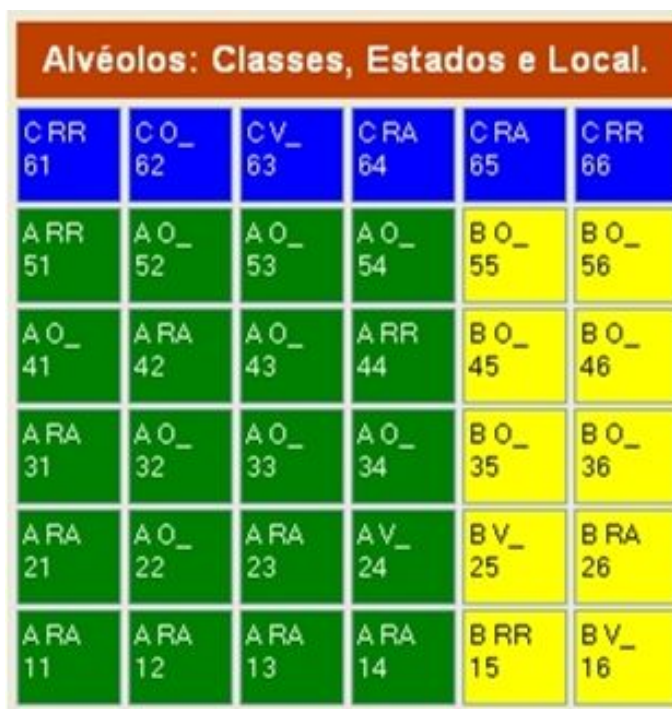


Fig. 5.10 – Atribuição do espaço (inicial) do Armazém Automático às diferentes Classes

5.9.3 – Flexibilidade para alterar o espaço do armazém atribuído às classes

De modo a garantir a flexibilidade e a dinâmica dos diferentes processos, esta divisão do espaço do armazém poderá ser alterada.

Assim se houver necessidade e alvéolos que estejam vazias, basta clicar nesses alvéolos e mudar a respectiva classe.

Contudo, esta funcionalidade só poderá ser efectuada pelo administrador do sistema supervisor.



Fig. 5.11 – Flexibilidade para alterar o espaço atribuído ao Armazém Automático

5.9.4 – Simbologia da classificação dos Alvéolos: Classes, Estados e Localização

Cada alvéolo é representado por (Fig. 5.12):

- Uma cor, representativa da classe de produto;
- Pelo seu estado (Vazio – V, Ocupado – O, Reservado – RA/RR);
- Pela sua localização.



Fig. 5.12 – Simbologia dos alvéolos

A O 54, significa que se trata de um alvéolo destinado à classe A, que se encontra ocupado (O) e sua localização é na linha 5 coluna 4.

B V 55, significa que se trata de um alvéolo destinado à classe B, que se encontra vazio (V) e sua localização é na linha 5 coluna 5.

C RA 64, significa que se trata de um alvéolo destinado à classe C, que se encontra reservado para armazenar (RA) e sua localização é na linha 6 coluna 4.

5.9.5 - Efectuar pedidos

Para efectuar os seus pedidos os utilizadores devem em primeiro lugar, escolher a Classe, dentro das opções disponibilizadas (A, B e C).

Se quiserem **armazenar caixas** (Fig. 5.13), devem seleccionar o critério pretendido (1º Vazio, Mais rápido, Arm. c/reserva ou Reservar) e clicar no botão **Armazenar**.



Fig. 5.13 – Pedidos para Armazenar

Se quiserem **retirar caixas** (Fig. 5.14) devem seleccionar o critério pretendido (1º Ocupado, Mais rápido, FIFO, Ret. c/reserva ou Reservar) e clicar no botão **Retirar**.



Fig. 5.14 – Pedidos para Retirar

Os resultados destes pedidos são expressos, na área de “Mensagens” (Fig. 5.15) e dependem da capacidade e disponibilidade do armazém.

Neste exemplo, o pedido foi aceite e a caixa foi colocada no alvéolo 22.

Após esta operação, o estado do alvéolo foi alterado para ocupado.

A cor do alvéolo muda momentaneamente para indicar que ouve uma alteração.

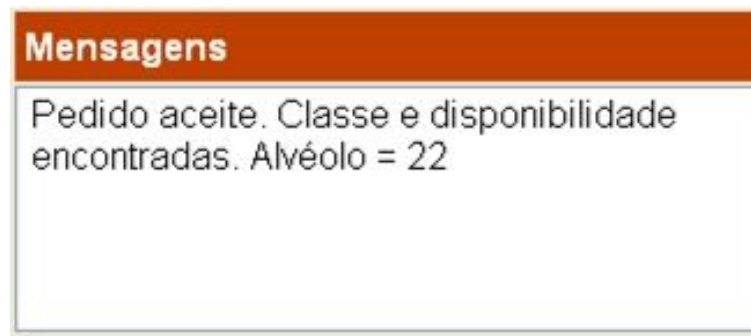


Fig. 5.15 – Informação ao utilizador

Caso o armazém estivesse lotado, a mensagem seria: “Armazém lotado, tente mais tarde”.

Se o utilizador, introduzir uma classe, que não conste das opções, a mensagem seria: “Classe inexistente, desconhecida ou não é daqui”.

5.9.6 – Efectuar reservas para armazenar / retirar

As reservas para armazenar / retirar são codificadas como RA e RR respectivamente. Quando o utilizador faz uma reserva o sistema procura um alvéolo que esteja vazio (ou ocupado) e que pertença á classe desejada.

Senhas atribuídas ao utilizador:

Armazenagem: “1xx” - (101,102,....., 135, 136)

Retirar: “2xx” - (201, 202,....., 235, 236)

“xx” varia de 01 a 36

Quando o utilizador pretende armazenar ou retirar (previamente reservadas) deve introduzir a senha fornecida. Nessa altura, essa senha fica disponível para posteriores reservas.

5.9.7 – Informação para o utilizador

Em cada instante, pode-se observar-se (Fig. 5.16) os indicadores de utilização, para as diferentes classes e para os diferentes pedidos. Neste caso, 20 alvéolos, alocados á classe A, 10 alvéolos, alocados á classe B e 6 alvéolos, alocados á classe C.

A taxa de utilização, deve incluir o nº de alvéolos ocupados e as reservas efectuadas.

Neste exemplo seria igual a 29 (20+8+4=32) e a taxa de utilização igual a 89%

Utilização : 89 %	A	B	C	Total
Nº Alvéolos	20	10	6	36
Nº Alv. Vazios	3		1	4
Nº Alv. Ocupados	10	8	2	20
Nº Res. Armazenar	5	1	2	8
Nº Res. Retirar	2	1	1	4

Fig. 5.16 – Indicadores de utilização

O utilizador pode ver as características dos diferentes pedidos que realiza (Fig. 5.17) tais como Nome (do utilizador), a data e hora, o tipo de pedido, a localização do alvéolo e classe.

Registo de movimentos						
#	Utilizador	Data	Hora	Tipo	Alv. Classe	
1	pinto	2008/11/11	15:21	Ret.	23	A
2	pinto	2008/11/11	15:22	Ret.	24	A
3	pinto	2008/11/11	15:22	Ret.	16	B
4	pinto	2008/11/11	15:24	Ret.	62	C
5	pinto	2008/11/11	15:25	Arm.	22	A
6	pinto	2008/11/11	15:26	Arm.	62	C
7	pinto	2008/11/11	15:27	RA	23	A

Fig. 5.17 – Registo de movimentos

Estes são guardados automaticamente na base de dados (conforme o seu tipo) na Tabela Entradas ou na Tabela Saídas

5.9.8 – Critérios para Armazenar

“Mais rápido”:

Este critério é prioritário pois aumenta o **desempenho** do Armazém Automático.

Na Fig. 5.18, estão representadas as coordenadas da entrada, da saída e dos alvéolos. A partir daqui é simples calcular a distância da entrada a cada um dos alvéolos e a distância da saída a cada um dos alvéolos. Estes valores são constantes e foram guardados na base de dados - tabela dos alvéolos.

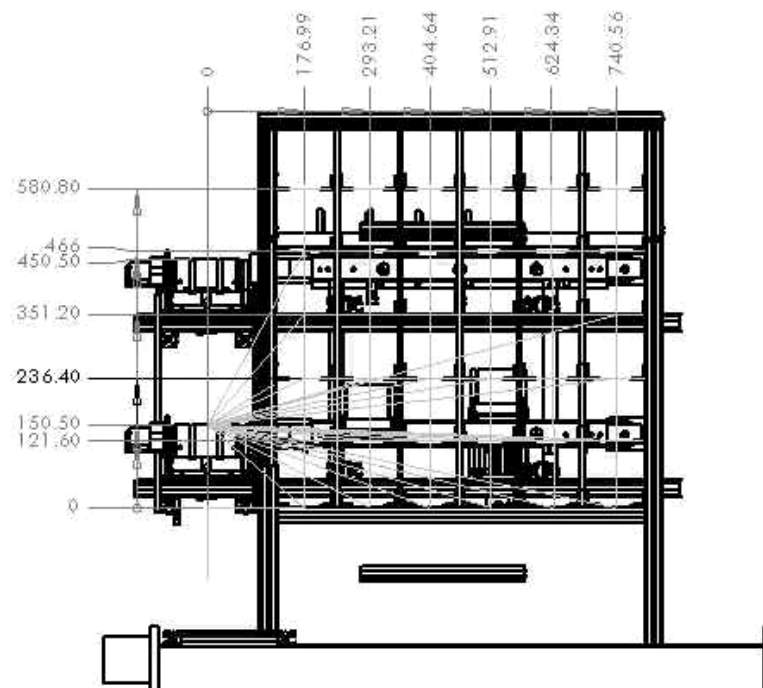


Fig. 5.18 – Distancias da entrada e saída aos alvéolos

Usando a linguagem **SQL**, pode-se fazer uma filtragem de todos os registos, utilizando o seguinte condição:

“Qual o alvéolo da classe X (A, B ou C), que está vazio e que tem a menor distância à entrada”.

A resposta é imediata, porque se houverem alvéolos vazios, só haverá uma única solução.

“1º Vazio”:

Neste critério, os registos são percorridos **sequencialmente** (isto é na horizontal: da esquerda para a direita e na vertical debaixo para cima) procura-se o primeiro alvéolo da classe X (A, B ou C) que esteja vazio.

Para armazéns de pequena dimensão (poucos registos) este critério é válido, devido á rapidez do cálculo.

No entanto, isto já não é verdadeiro se a dimensão aumentar consideravelmente (milhares de registos).

Na Fig. 5.19, apresenta-se o algoritmo deste critério.

Após o armazenamento, o alvéolo encontrado passa (automaticamente) do estado vazio para o estado ocupado.

Para os restantes critérios verifica-se o mesmo.

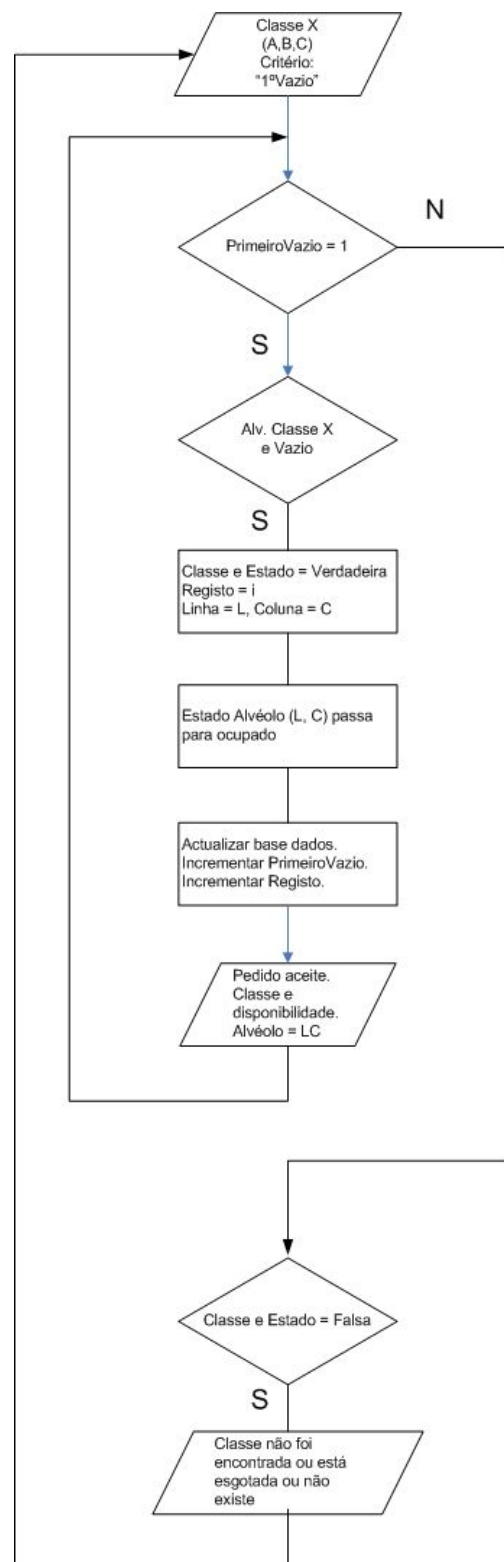


Fig. 5.19 – Algoritmo p/armazenar no 1º alvéolo vazio

5.9.9 - Excerto de código (em VB 2005) - critério Armazenar "1º Vazio"

Case "1º Vazio"

```
Do While FirstFound = 1

    If (CStr(dt.Rows(i)("classe") = ClasseName) And
(CStr(dt.Rows(i)("estado_alv")).Substring(0, 1)) = "V") Then

        ClasseEstadoFound = True
        rowIndex = i
        txtMsg.Text = ("Pedido aceite " & "Classe e disponibilidade
encontradas. " & "Alvéolo = " & CStr(dt.Rows(rowIndex)("cod_alv")))
        dt.Rows(i)("estado_alv") = "O_Ocupado"
        l = CStr(dt.Rows(rowIndex)("cod_alv")).Substring(0, 1)
        c = CStr(dt.Rows(rowIndex)("cod_alv")).Substring(1, 1)

        Changes = dataAdapter.Update(dt)
        dataAdapter.Dispose()

        With ListBox1.Items
            .Clear()
            .Add(String.Format(fmtStr, "Registro", "Cód.Alv.", "Classe",
"Estado"))
            .Add(String.Format(fmtStr, rowIndex,
CStr(dt.Rows(i)("cod_alv")), CStr(dt.Rows(i)("classe")),
CStr(dt.Rows(i)("estado_alv")).Substring(0, 1)))
        End With
        txtMsg.Text = ("Quer fazer mais pedidos ? S/N")
        FirstFound += 1

    End If

    TextBox1.Text = CStr(dt.Rows(i)("estado_alv")).Substring(0, 2)

    i += 1
    If i > 35 Then
        FirstFound += 1
    End If
Loop

    If (Not ClasseEstadoFound) Then
        txtMsg.Text = ("Classe não foi encontrada" & " ou está esgotado
ou não existe na tabela")

    End If

End Select

UpdateTextBoxes()
Utilização()
```

Nota: Restante código no CD-ROM que acompanhará este relatório

5.9.10 - Cais de Entrada

O Cais de Entrada é o lugar de entrada das caixas no armazém (Fig. 5.20). A cor da caixa varia de acordo com a classe seleccionada pelo utilizador. Neste exemplo, foi escolhida a classe A (verde).

A imagem começa a “pisca” significando que é necessário introduzir uma caixa.



Fig. 5.20 – Cais de Entrada

5.9.11 - Cais de expedição

Qualquer que seja o critério para retirar produtos, o utilizador é informado da disponibilidade do cais de expedição.

No caso positivo é indicado a posição no cais (1º, 2º ou 3º), caso contrário, pede para esperar (Fig. 5.21).



Fig. 5.21 – Cais de Entrada

5.9.12 – Relatórios de Inventário

O sistema supervisor gera automaticamente relatórios de inventário. Pode-se visionar ou imprimir o relatório (Fig. 5.22) na barra de menus seleccionando “Relatórios, Inventário”.

Este relatório é executado fazendo uso da aplicação Microsoft Office EXCEL que corre em fundo e é continuamente actualizado.



Fig. 5.22 – Visualizar ou imprimir relatórios de inventário

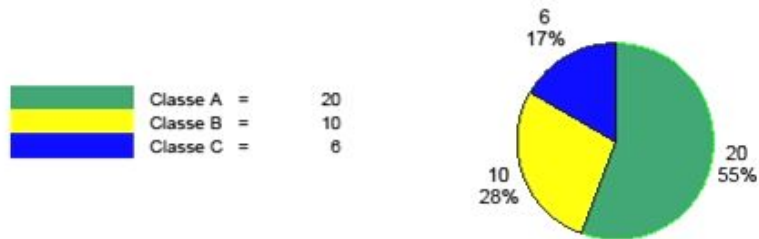
O nome do relatório é: **AA_Rel_Inv.xls**

Na Fig. 5.23 pode ver-se o seu formato.

Data: 2008/11/11

Utilizador: pinto

Alvéolos alocados às diferentes classes (A, B e C)



Taxa de Utilização = 89%

	A	B	C	Total	
Nº Alvéolos Vazios	1	2	1	4	11%
Nº Alvéolos Ocupados	9	6	1	16	44%
Nº Alvéolos c/reserva armazenar	8	1	2	11	31%
Nº Alvéolos c/reserva retirar	2	1	2	5	14%
Σ	20	10	6	36	100%

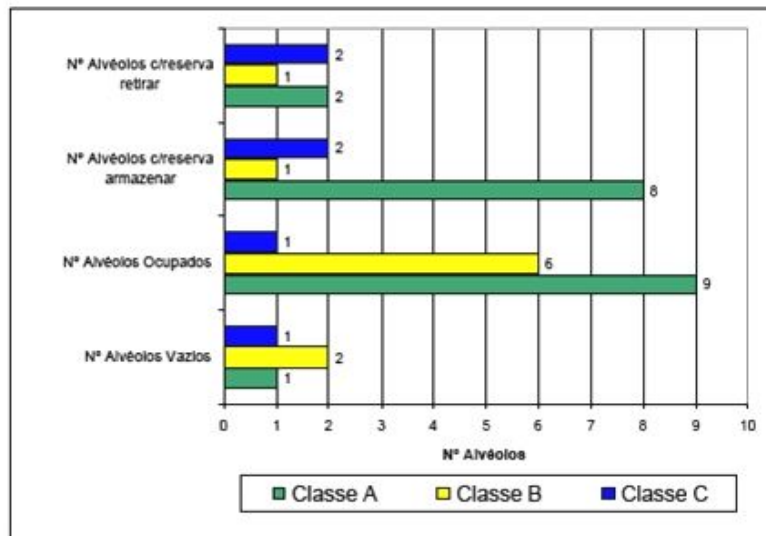


Fig. 5.23 – Visualizar ou imprimir relatórios de inventário

5.9.13 – Opções do Help

Ao utilizador são fornecidas opções de ajuda para termos e funcionalidades do Armazém Automático. Para isso basta ir barra de menus e clicar em Help (Fig. 5.24)



Fig. 5.24 – Opções de Help

Na Fig. 5.25, pode ver-se um exemplo de informação sobre os alvéolos.

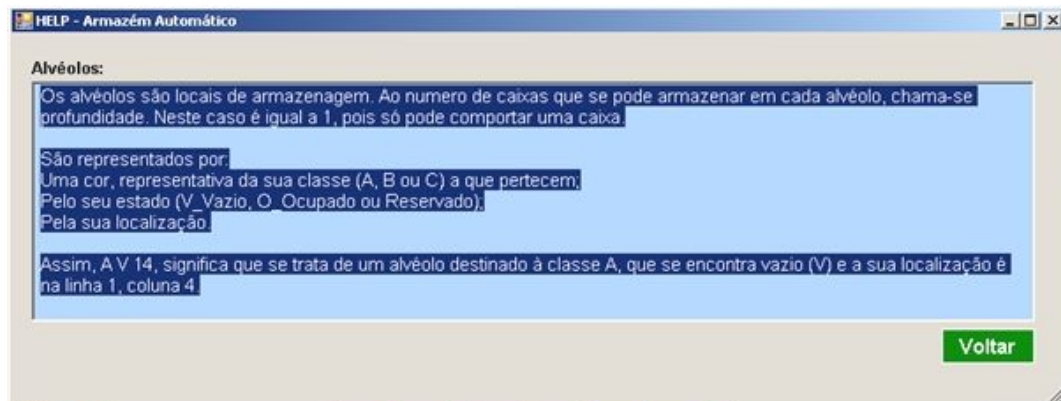


Fig. 5.25 – Help - Alvéolos

5.10 - Aplicação do padrão OPC

O supervisor terá que comunicar com o PLC. Penso que a solução estará na tecnologia OPC (já referida) pois esta permite a troca de dados entre aplicações, e entre aplicações e PLCs, em tempo real e sem a necessidade de uso de *drivers* proprietários.

Devido ao tempo útil, não houve oportunidade de mais desenvolvimentos. Sendo assim, julgo que seria oportuno explorar futuramente esta área.

5.11 - Síntese

Os sistemas supervisores também designados por SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) permitem que sejam monitorizadas e rastreadas informações de um processo produtivo ou de uma instalação física. Estas informações são recolhidas por meio de equipamentos de aquisição de dados, manipuladas, analisadas, decompostas, armazenadas e exibidas ao utilizador.

O novo sistema supervisor vai ser baseado numa gestão por classes de produtos (A,B e C) representativas dos seus níveis de transacções. A sua interface gráfica (HMI) pretende visualizar a dinâmica do armazém e ser intuitiva.

Os alvéolos são representados por uma matriz bidimensional. Estes são identificados pela sua classe de produto, estado e localização (linha, coluna). Por ex: A V 42, significa que o alvéolo está alocado à classe A, está vazio e a sua localização é na linha 4 coluna2.

Os estados dos alvéolos podem ser: vazio, ocupado ou reservado.

A armazenagem pode ser feita segundo vários os critérios. Também se pode efectuar reservas.

O resgate (retirar) pode ser feito segundo vários critérios..Também se pode efectuar reservas.

Os indicadores de utilização são continuamente actualizados.

As características dos pedidos são continuamente actualizadas (Registo de Movimentos). Esta informação é automaticamente guardada na base de dados.

O utilizador tem ao seu dispor uma área de mensagens, que o informa sobre a situação dos seus pedidos. Quando termina, o sistema faz *logout*.

No capítulo 6 será abordado as alterações que é necessário realizar na programação do PLC, de modo a poder identificar e localizar eventuais falhas.

Capítulo 6 – Facilidades de apoio à manutenção

De modo a dar apoio á manutenção e facilitar a sua compreensão o armazém automático (AA) irá ser dividido em subsistemas elementares. Por outro lado é útil identificar, localizar e gerar alarmes no caso de eventuais falhas. Assim o técnico poderá preparar antecipadamente as ferramentas e os materiais necessário, aumentando a sua produtividade.

6.1 - Sistema de transporte inferior e cais de entrada

É constituído por vários subsistemas de transporte (Fig. 6.1), nomeadamente:

- Subsistema 1 (cais de entrada);
- Subsistema 2 (tapete 1 – tapete de tela);
- Subsistema 3 (mesa de transferência inf. – MT1);
- Subsistema 4 (tapete de dupla fita – inf.).

6.1.1 - Objectivo

Deslocar uma caixa desde o local **A**, até ao local **E**, onde deverá permanecer, até que o transtocador esteja disponível e o venha buscar, colocando-o no alvéolo desejado.

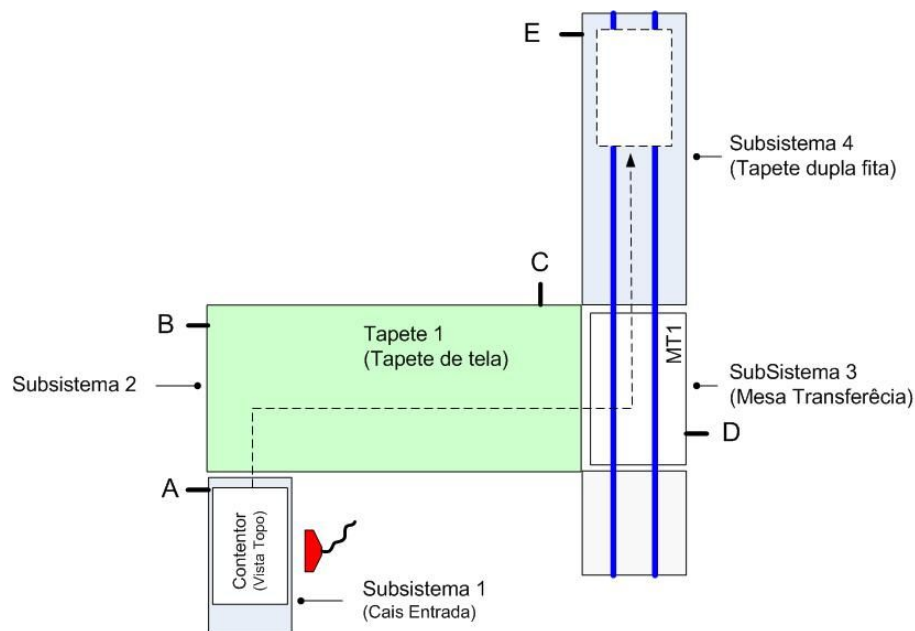


Fig. 6.1 – Vista (esquemática) do sistema de transporte inferior

6.1.2 - Subsistema 1 (Cais de entrada)

Ao colocar um Caixa (manualmente e na posição indicada na Fig. 6.2) no cais de entrada, e decorridos 1 s, este deverá ser deslocado do local A para o local B, desde que este ultimo esteja desocupado. Em seguida, o sistema deverá regressar (vazio) à sua posição inicial

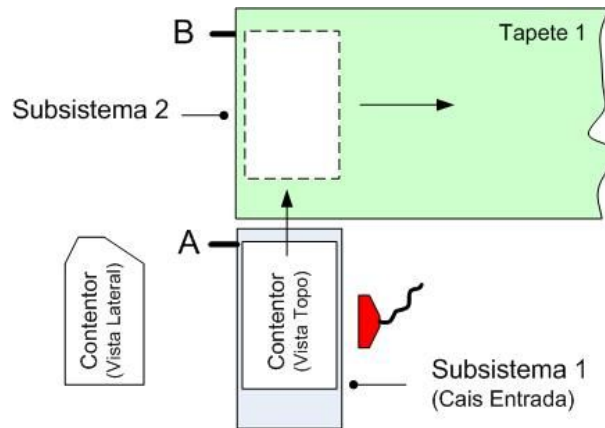


Fig. 6.2 – Subsistema 1 – Cais de entrada

Se passados 3 s, nada acontecer isto poderá significar uma avaria que pode ter origem num encravamento mecânico e/ou no mau funcionamento dos sensores, etc. Nesse caso, o PLC deverá gerar um alarme que pode ser uma mensagem do tipo: “*Falha: cais de entrada*” e/ou uma luz vermelha.

Em face disto, o sistema supervisor deverá guardar na base de dados este tipo de falha.

Após diagnóstico e correcção das causas das falhas, o utilizador deverá actuar num botão para que o sistema retome as suas condições iniciais (Fig. 6.3).

Se passados 10 s, nada acontecer isto poderá significar uma avaria que pode ter origem num encravamento mecânico e/ou no mau funcionamento dos sensores, etc. Nesse caso, deverá ser gerado um alarme que pode ser uma mensagem do tipo: “Falha: tapete 1 – inf.”) e/ou uma luz vermelha.

Após diagnóstico e correcção das causas das falhas, o utilizador deverá actuar num botão para que o sistema retome as suas condições iniciais (Fig. 6.5).

6.1.5 - Grafcet Subsistema 2 (Tapete 1 – Tapete tela inf.)

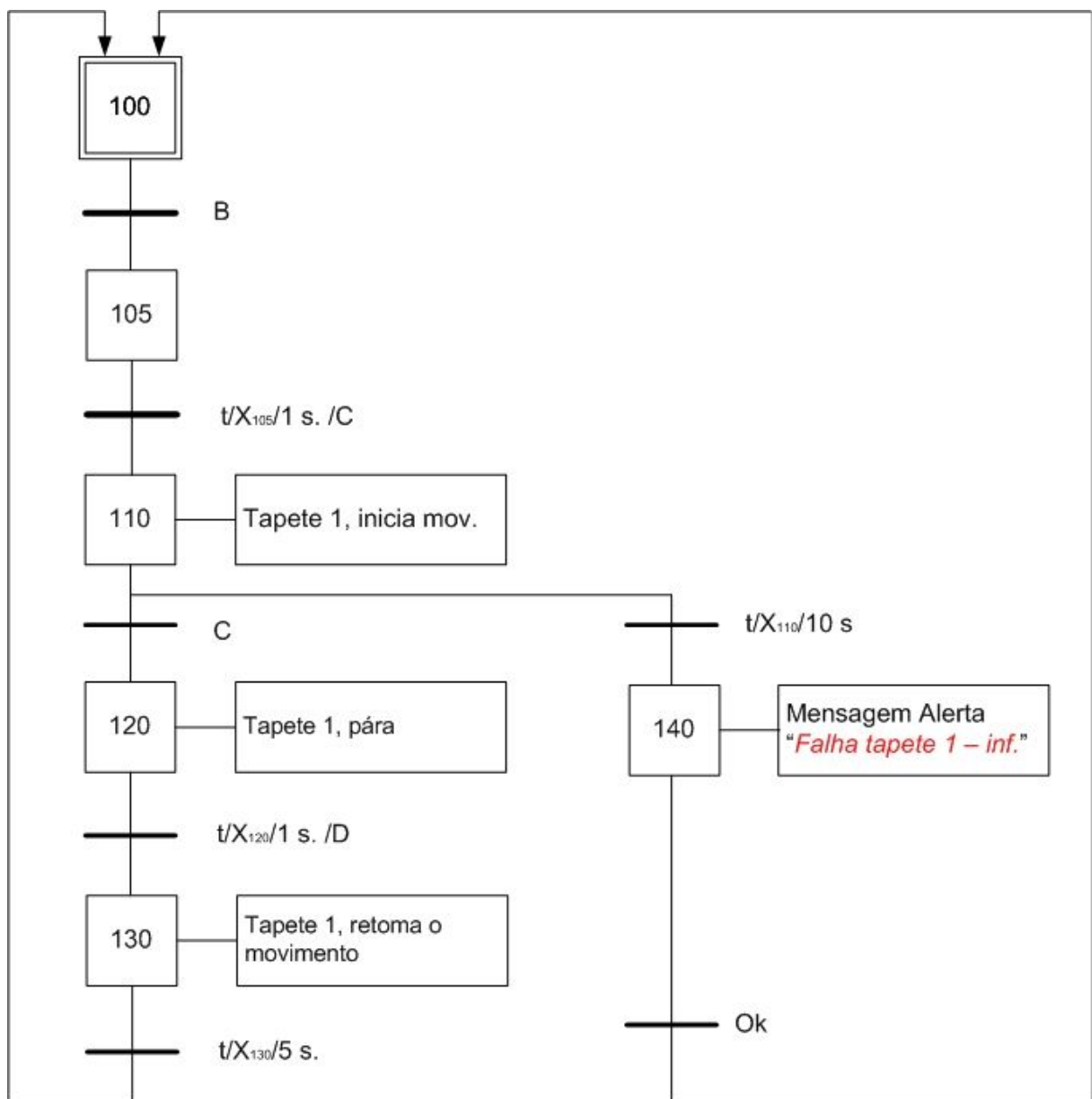


Fig. 6.5 – Grafcet do subsistema 2 (Tapete 1 – Tapete de tela)

6.1.6 - Subsistema 3 (Mesa de transferência – MT1)

O subsistema 3 – Mesa de transferência (MT1), tem a função de interface mecânica entre os subsistemas 2 e 4 (que são perpendiculares entre si). Assim, quando o sensor C, detectar uma caixa, e se a posição D estiver desocupada, deverão ser iniciadas duas acções em simultâneo: a subida da mesa de transferência e o movimento rotativo dos seis veios tractores. Quando a caixa, atingir a posição D, e decorridos 1 s, a mesa de transferência deverá descer (lentamente) e simultaneamente os seis veios também deverão parar (Fig. 6.6).

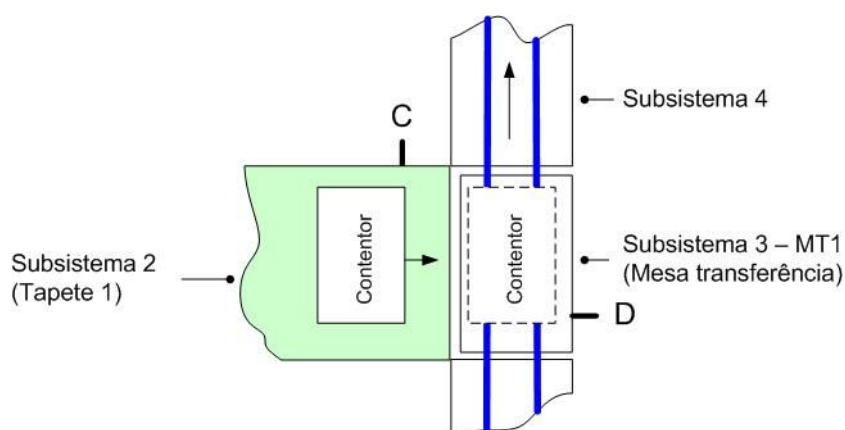


Fig. 6.6 – Vista (esquemática) do subsistema 3

Se passados 5 s, nada acontecer isto poderá significar uma avaria que pode ter origem num encravamento mecânico e/ou no mau funcionamento dos sensores, etc. Nesse caso, deverá ser gerado um alarme que pode ser uma mensagem do tipo: “*Falha: Mesa Transferência inf.*”) ou uma luz vermelha.

Após diagnóstico e correcção das causas das falhas, o utilizador deverá actuar num botão para que o sistema retome as suas condições iniciais (Fig. 6.7).

6.1.7 - Grafcet Subsistema 3 (Mesa transferência inf. – MT1)

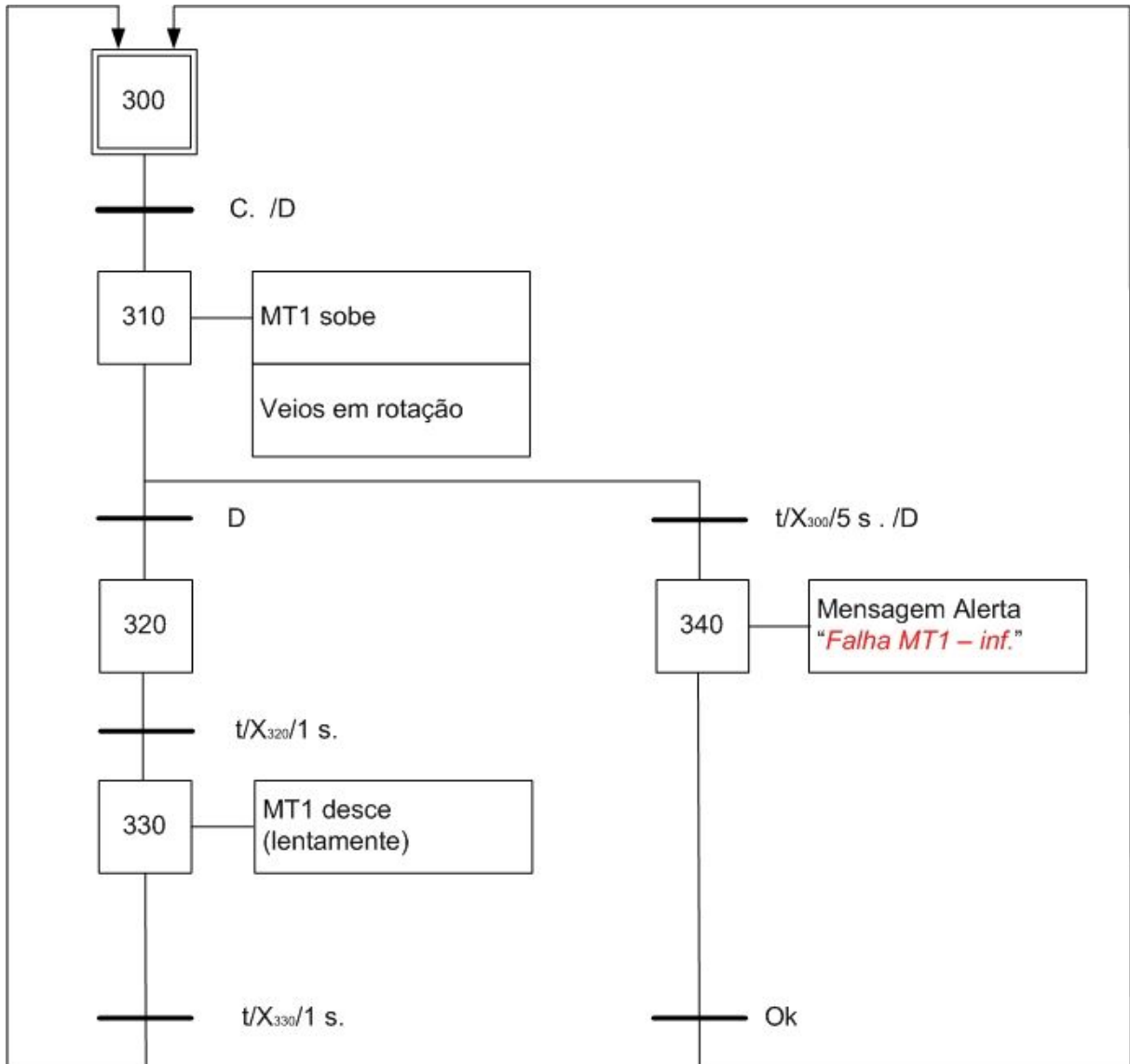


Fig. 6.7 – Grafcet do subsistema 3 (Mesa transferência inf. – MT1)

6.1.8 - Subsistema 4 (Tapete de dupla fita)

Ao detectar uma caixa em **D**, e decorridos 2 s, o tapete de dupla fita deverá iniciar o seu movimento, se e só a posição **E**, estiver desocupada. Quando a caixa atingir a posição E, deve parar, ficando à espera do transtocador (Fig. 6.8)

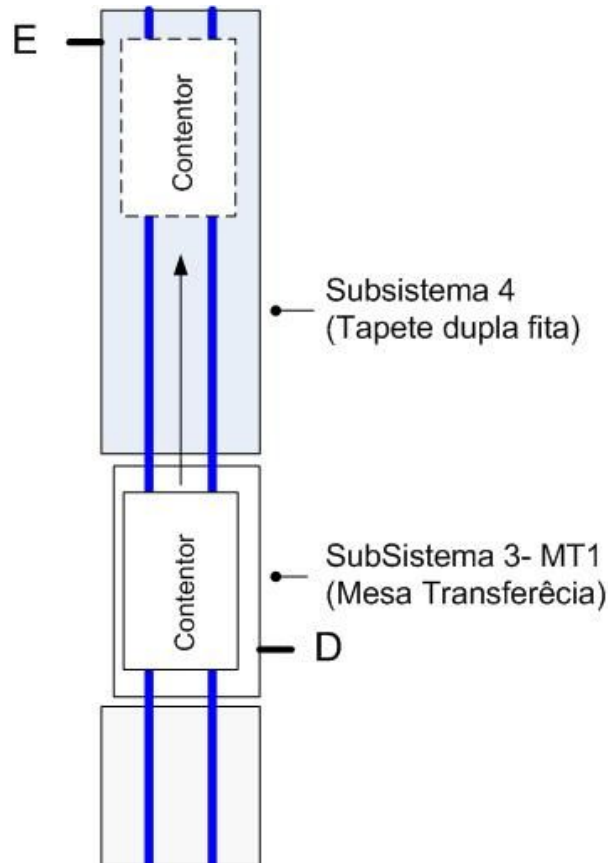


Fig. 6.8 – Subsistema 4 (Tapete dupla fita)

Se passados 5 s, nada acontecer isto poderá significar uma avaria que pode ter origem num encravamento mecânico e/ou no mau funcionamento dos sensores, etc. Nesse caso, deverá ser gerado um alarme que pode ser uma mensagem do tipo: “Falha: Tapete dupla fita”) e/ou uma luz vermelha.

Após diagnóstico e correcção das causas das falhas, o utilizador deverá actuar num botão para que o sistema retome as suas condições iniciais (Fig. 6.9).

6.1.9 - Grafcet Subsistema 4 (Tapete de dupla fita)

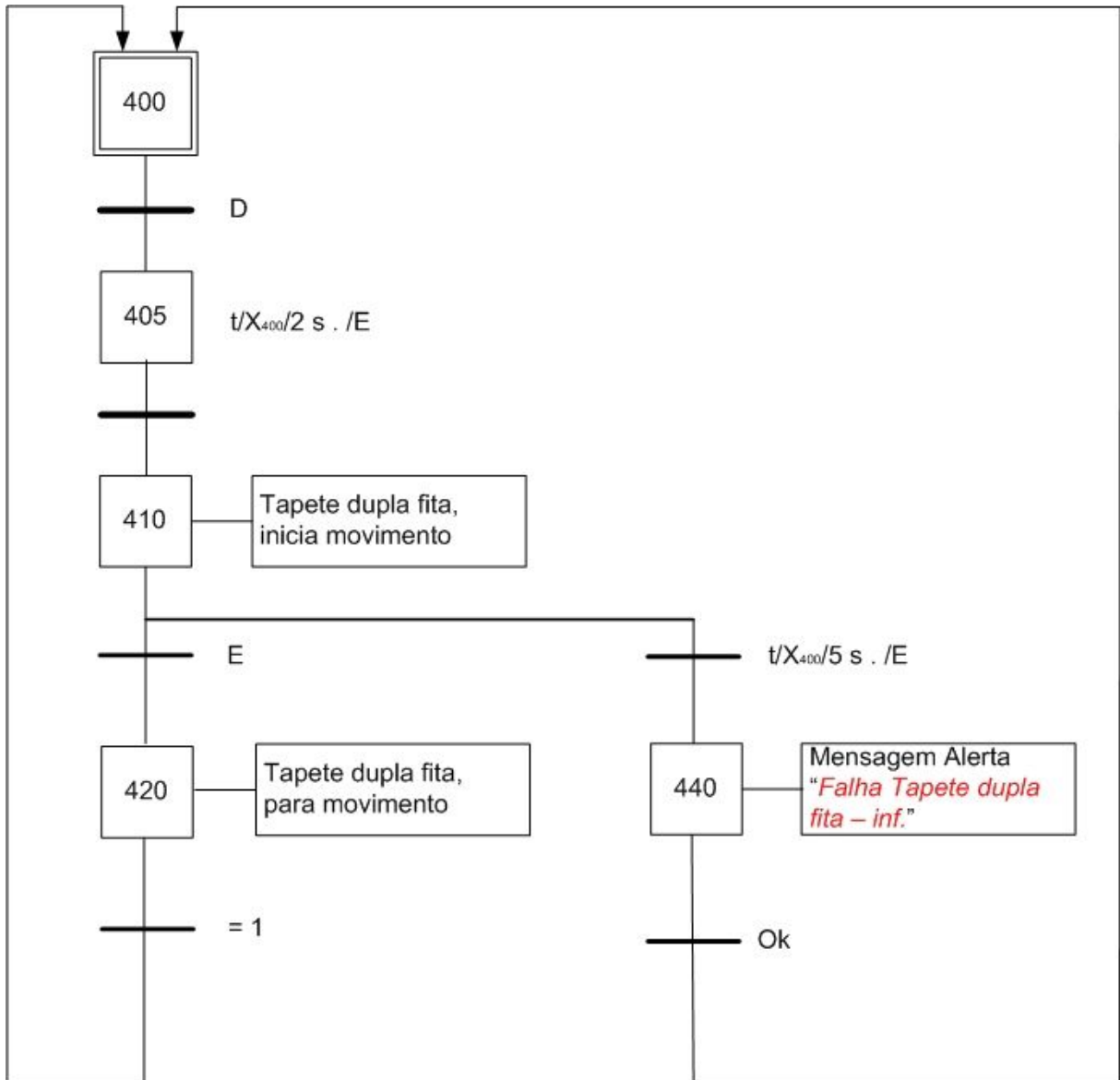


Fig. 6.9 – Grafcet Subsistema 4 (Tapete de dupla fita)

6.2 - Subsistema Transtocador

6.2.1 – Grafcet Subsistema Transtocador (Ciclo Armazenar)

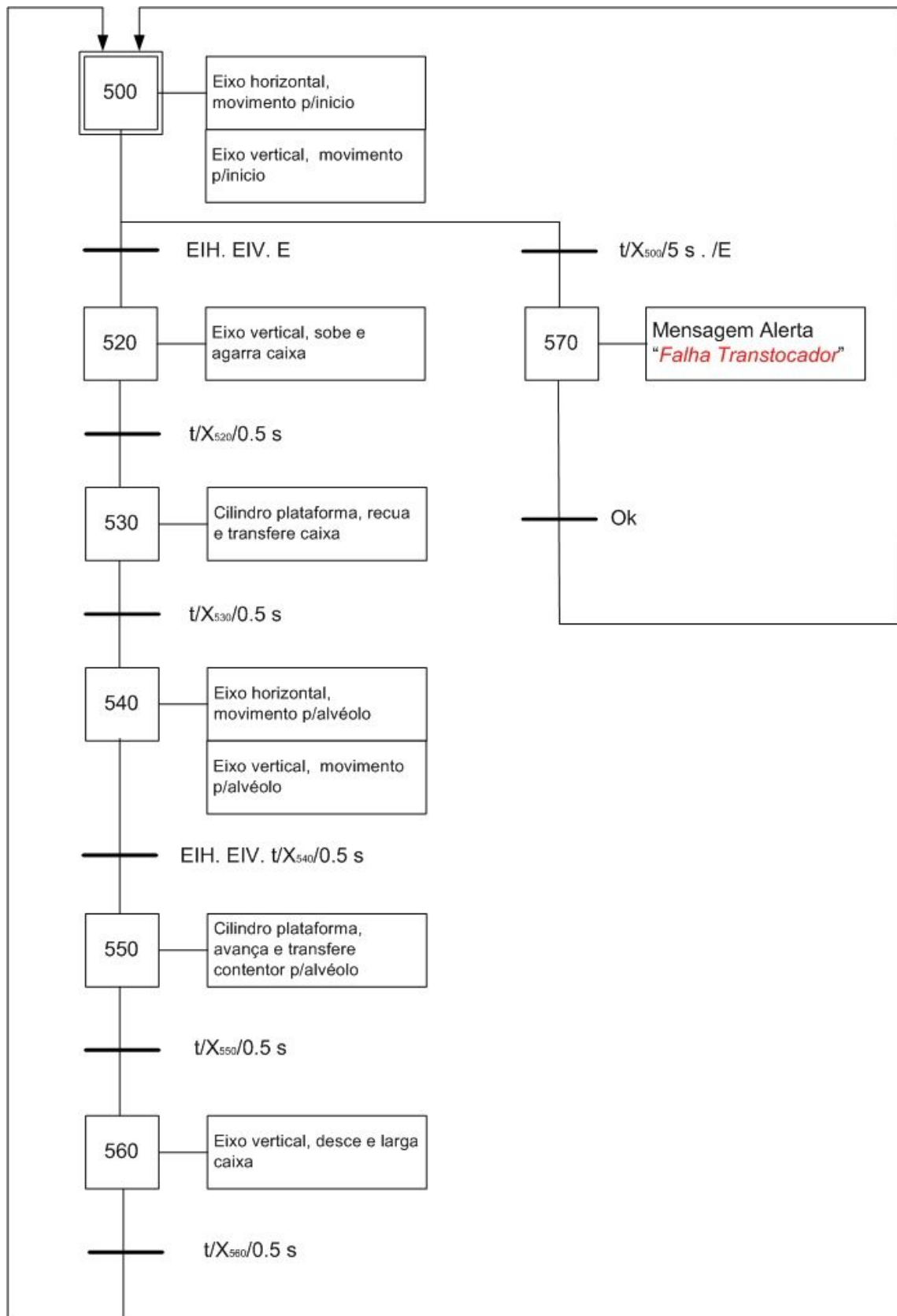


Fig. 6.10 – Grafcet do sistema transtocador

6.3 – Sistema de transporte superior e cais de expedição

É constituído por vários subsistemas de transporte (Fig. 6.11), nomeadamente:

- Subsistema 5 (tapete de dupla fita – sup.);
- Subsistema 6 (mesa de transferência sup. – MT2);
- Subsistema 7 (tapete 2 – tapete de tela) que inclui o buffer de expedição.

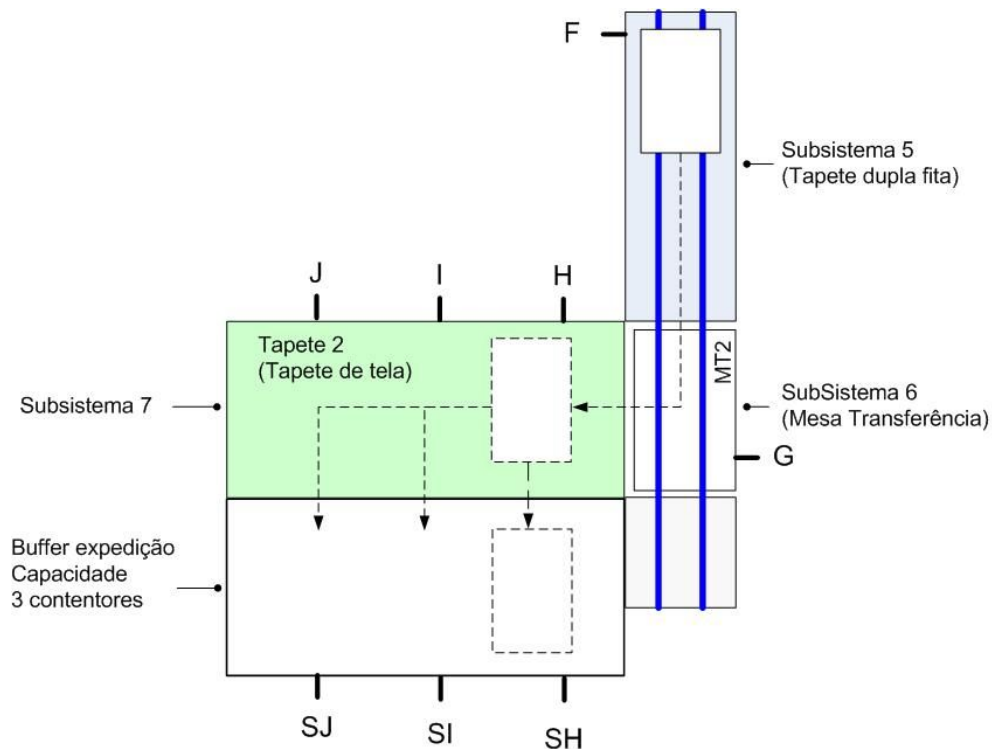


Fig. 6.11 – Sistema de transporte superior e cais de expedição

6.3.1 - Objectivo

Deslocar as caixas desde o local **F**, até ao buffer de expedição, que tem capacidade para 3 caixas.

O seu comportamento é muito semelhante ao sistema de transporte inferior e por isso vou evitar a repetição.

6.4 - Síntese

Para uma melhor compreensão do comportamento do armazém automático este foi dividido em sete subsistemas elementares.

Para cada subsistema foi elaborado o seu GRAFCET

Foram introduzidas facilidades de apoio á manutenção através da identificação e localização das eventuais falhas. Assim o técnico poderá preparar antecipadamente as ferramentas e os materiais necessário, aumentando a sua produtividade.

7 - Conclusões

Este trabalho foi um grande desafio e por isso mesmo motivador. Fiquei a conhecer a importância (cada vez mais actual) e as potencialidades dos armazéns automáticos e em que condições são os mais adequados.

Foi também bastante abrangente pois envolveu diversas áreas, tais como projecto mecânico, definição do comportamento do armazém, criações de sistemas supervisores, programação em VB 2005, estruturação e criação de bases de dados e a sua utilização com as utilizações criadas, a integração de várias tecnologias e a criação de interfaces gráficas (HMI).

A planificação e a revisão periódica das diferentes fases do projecto, foi importante, pois permitiu definir prioridades e metas.

Todos os objectivos foram minimamente concluídos.

7.1 - Sugestões para Trabalhos Futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, poderia indicar:

- Integração de tecnologias móveis (Ex: PDA) Por exemplo: um gestor pode querer saber qual o inventário em dado momento e qual a fiabilidade do armazém automático.
Por outro lado pode também ser dado um alerta para um técnico de manutenção (que esteja disponível) significando que é necessária a sua intervenção. Como a falha é identificado pelo seu tipo e pela sua localização, o técnico poderá preparar antecipadamente as ferramentas e os materiais necessário, aumentando assim a sua produtividade;
- Introduzir um módulo de manutenção, de modo a que um técnico de manutenção possa simular e identificar falhas em cada subsistema;
- Introduzir melhorias no sistema supervisor. O tempo disponível não permitiu mais desenvolvimentos.

Referências

Almeida, André - “Armazém Automático, 2005/2006”. Relatório da disciplina - Projecto de Sistemas de Automação - FEUP, Julho 2006

EFACEC Automação e Robótica, S.A. - “*Lista de Referências*” - Relatório das instalações realizadas até Dezembro. de 2000.

Elsayed, E. A. , Unal, O. I. - “*Order Batching Algorithms and Travel-Time Estimation for AS/RS's*” - International Journal of Production Research, Vol. 27, N.º 7, pp. 1097- 1114, 1989.

Gaspar Santos, Hugo – “*Desenvolvimento de um supervisor modular para uma célula flexível de manufatura*” - Universidade Federal de Santa Catarina, Fevereiro de 2007

Groover, Mikell P. - “*Automation Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*” , Prentice-Hall Int. Editions, 2001

Kulwiec, Ray - “Reliability of Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS)” - Estudo publicado pela MATERIAL HANDLING INDUSTRY OF AMERICA - MHIA, 2006

Magalhães, António P. – “Apontamentos da disciplina – Computação Industrial” FEUP 2007

Rocha, Rui - “Estado da Arte da Robótica Móvel em Portugal” - Artigo publicado pelo Instituto de Sistemas e Robótica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Março 2001

Sampaio, Carlos - “Logística Industrial - A automação da armazenagem e da movimentação interna”, EFACEC, Junho 1999

Santos, Cristina - “*Apontamentos da disciplina: Processos Industriais II*” - Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho, 2004.

Schneider, David I. - “An Introduction to programming using Visual Basic 2005”, sixth edition, University of Maryland, ISBN: 0-13-030654-1, Pearson 2006.

Zollinger, Howard - “AS/RS application, benefits and justification in comparison to other storage methods” - Estudo publicado pela MATERIAL HANDLING INDUSTRY OF AMERICA (MHIA), 1999

Links

MATERIAL HANDLING INDUSTRY OF AMERICA (MHIA) – Abril 2008

<http://www.mhia.org/industrygroups/as-rs>

EFACEC – Abril 2008

http://www.efacec.pt/presentationLayer/efacec_home_00.aspx

TSAI – Armazéns Automáticos - *“Apontamentos da disciplina: Tecnologias de Sistemas de Automação Industrial* - DEEC da Faculdade de Engenharia do Porto, 2001

ftp://ftp.fe.up.pt/pub/Pessoal/Deec/fjr/ai/tsai_armazens_aut.ppt - Abril 2008

