

**A INTERFACE ENTRE A PRODUÇÃO E O ARMAZÉM**

Ana Filipa Marques de Jesus

Projecto de Mestrado  
em Gestão

Orientador:  
Prof. Doutor João Menezes, ISCTE Business School, Departamento de Gestão

Dezembro 2010

# A INTERFACE ENTRE A PRODUÇÃO E O ARMAZÉM

**Ana Filipa Marques de Jesus**

## **Sumário**

A Sofarimex pretende reorganizar o fluxo de material entre a área de dispensa e as linhas de produção e o fluxo de material dos produtos acabados e o armazém automático.

Pretende-se com este trabalho otimizar o processo de transporte entre a área de embalagem de sólidos e o armazém automático para que a fábrica consiga responder de forma eficaz e eficiente ao crescente volume de produção que tem dito nos últimos anos.

Com a envolvente actual as organizações enfrentam muitos desafios, tentando manter ou melhorar a sua posição perante os concorrentes, trazendo novos produtos para o mercado e tentando aumentar a rentabilidade das suas operações. É neste sentido que a empresa tenta procurar uma solução que a torne mais competitiva e flexível face à concorrência, procurando obter um fluxo eficiente de materiais otimizando alguns processos. O objectivo da Sofarimex é rentabilizar as suas operações, através da utilização de soluções mais competitivas que possam garantir e consolidar a sua posição de líder na produção de medicamentos no mercado nacional.

Todo o projecto incide sobre a procura de uma forma de manuseamento de material que responda às necessidades da empresa. Foram estudados vários sistemas automáticos de manuseamento de materiais, dando especial enfoque às tecnologias robóticas devido ao grande avanço tecnológico e às vantagens que apresentam. De entre as formas de manuseamento de materiais que foram estudados foi escolhida a que representa a melhor solução para a fábrica em termos de eficiência da operação.

Foi feita uma análise de custos com a utilização AGV e com a solução actual. Feita esta análise foi escolhida a solução com menores custos.

## **Palavras-chave**

---

Fluxo eficiente, competitividade, manuseamento de materiais, tecnologias robóticas

## **Abstract**

The Sofarimex intends to reorganize the flow of material between the dispensing area and the production lines and material flow of finished goods and automated warehouse.

The aim of this work is to optimize the process of transport between the area of packaging of solids and the automated warehouse so that the plant can respond effectively and efficiently to the increasing volume of production which has taken in recent years. With the current environment organizations face many challenges trying to keep or improve its position before the competition, bringing new products to market and trying to increase the profitability of their operations.

This is why the company tries to find a solution that makes it more competitive and flexible towards competition by seeking an efficient flow of materials optimizing certain processes. Sofarimex's objective is to monetize their operations through the use of most competitive solutions that can ensure and consolidate its leading position in the domestic production of medicines.

The entire project focuses on finding a way of handling material that meets the needs of the company. Various systems of automatic material handling were studied, with special emphasis on robotic technologies due to great technological and the advantages they offer.

Among the ways of handling materials that were studied were chosen those which represents the best solution for the plant concerning the efficiency of the operation.

It was conducted a cost analysis using AGV and the current solution. Following this analysis it was choosed the solution with lower costs

## **Keywords**

---

Efficient flow, competition, material handling, robotic technologies

## **Sumário Executivo**

Com o passar dos anos as empresas pretendem tornar-se mais competitivas, diminuindo custos nos seus processos e diferenciando-se junto do cliente. As organizações enfrentam actualmente muitos desafios, tentando manter ou melhorar a sua posição perante os concorrentes, trazendo novos produtos para o mercado e tentando aumentar a rentabilidade das suas operações. Assim, começaram a olhar para as diferentes actividades logísticas de forma mais eficiente.

A empresa Sofarimex pretende gerar cada vez mais valor para o seu cliente eliminando custos e tornando-se cada vez mais eficaz e eficiente nos seus processos, estando sempre na vanguarda da tecnologia e usando-a para se tornar mais competitiva.

Com o crescente aumento de produção a fábrica decidiu automatizar alguns dos seus processos. Com esta automatização consegue ter maior capacidade de resposta aos pedidos dos clientes. Englobada nesta decisão de alterar alguns processos, que até agora são feitos de forma manual para automáticos, está o transporte de paletes entre a área de embalagem de sólidos para o armazém automático. Actualmente, este transporte é feito manualmente, ou seja, as paletes são transportadas por três operadores que fazem o trajecto desde a embalagem ao armazém o que se revela pouco eficiente, pois perde-se muito tempo no transporte o que origina que estas fiquem a aguardar no corredor condicionando o espaço afecto a outros objectos. Verifica-se também que nos picos de trabalho, nomeadamente durante o mês de Julho e Dezembro o transporte manual não se revela eficaz nem eficiente, uma vez que manualmente não se consegue dar vazão a toda a produção. Nos fins-de-semana, feriados, e durante a noite as paletes após saírem da embalagem ficam no corredor à espera de ser transportadas, uma vez que esses dias não são dias de trabalho.

A Sofarimex pretende reorganizar o fluxo de material entre a área de dispensa e as linhas de produção e o fluxo de material dos produtos acabados e o armazém automático. Actualmente, o processo de transporte é feito de forma manual por operadores da fábrica. Os operadores transportam toda a produção que sai da linha da embalagem para o armazém automático e transportam também toda a embalagem

secundária (que vem da área da dispensa) necessária à embalagem. O transporte é feito por um porta-paletes manual.

O objectivo final deste projecto é fazer chegar de uma forma expedita e sem ser manualmente produto acabado da embalagem ao armazém pois não se revela a mais eficiente.

Devido à alta eficiência de manuseio de materiais e redução de partículas, os sistemas automatizados de movimentação de materiais, tais como veículos guiados automaticamente (AGV), entre outros, estão a ser amplamente utilizados em linhas de fabricação em vez de operadores humanos.

Além do AGV vários métodos podem ser usados no manuseamento de materiais, desde o manual aos sistemas automatizados ou robotizados, uma categorização ampla poderia ser: Monta-cargas (porta-paletes) e empilhadores (manuais ou motorizados, sendo que os motorizados podem ser movidos a bateria, gás ou gasolina); AGVs – veículos autónomos guiados - Veículos guiados automaticamente projectados para seguir um caminho definido. Alguns são capazes de carregar e descarregar unidades automaticamente; Veículos guiados em carris, monocarris (Monorails) - Dispositivos de movimentação, usualmente operados manualmente, projectados para levantar, baixar e transportar objectos pesados; Tapetes transportadores (conveyors) - projectados para movimentar materiais entre locais especificados sobre um caminho fixo, geralmente, em grandes quantidades ou volume; Guindastes com roldanas (crane systems).

Uma vez obtidos as várias formas possíveis de transporte de material importa escolher qual a que mais se adequa para responder ao problema em questão.

Cranes são equipamento manual usado para levantar, baixar e transportar material geralmente muito pesado. Os guindastes são equipamentos de transporte usados na manipulação de materiais, e usados em movimentos horizontais em zonas industriais.

Esta classe de equipamento de manuseamento de materiais inclui guindastes capazes de levantar e mover grandes cargas, em alguns casos superiores a 100 toneladas. Os

monocarris movem-se num sistema de carris fixos no chão ou suspensos no tecto. Assim, este tipo de equipamento é mais utilizado para transportes no exterior e geralmente são usados para o transporte de material muito pesado. Devido ao seu tipo de utilização iremos excluir do estudo estas duas hipóteses, pois são mais adequados para outros fins. Assim, ficamos com três hipóteses em estudos: os porta-paletes automáticos, os AGV's e os Conveyors.

Tal como vimos o porta paletes automático é em tudo semelhante ao que existe actualmente, pelo que tem a mesmas desvantagens e não constitui uma solução de melhoria. Este sistema de transporte continua a estar dependente do trabalhador. Assim, apesar de mais rápido do que o actual continua a não ser uma solução eficiente e eficaz.

Tendo em conta todas as restrições existentes em termos de espaço e arquitectónicas um Automatic Guided Vehicle Systems (AGVS's) representa uma solução viável.

Se compararmos as duas hipóteses sob o ponto de vista de investimento inicial, o Conveyor requer muito mais investimento inicial comparando com o AGV. De facto, para a instalação do Conveyor além do custo de investimento de 180.320€ (custo da primeira solução) é necessário considerar um acréscimo substancial pelas modificações que são necessárias fazer ao edifício (custos de adaptação do edifício bem como modificações das áreas funcionais e construções concretas). Se analisarmos a segunda proposta para o Conveyor, que é bem mais complexa, o custo de investimento é muito superior ao AGV. O AGV apenas tem um custo de investimento de 250.000€, sem necessidade de custos de adaptação do edifício. Em termos de custo Conveyor exige muito mais, pois é necessária uma adaptação da fábrica para a sua instalação. No entanto, não podemos comparar estas duas soluções apenas pelo investimento inicial, existem muitas mais variáveis que devemos considerar.

O AGV, contrariamente ao Conveyor, não necessita de estar fixo a um determinado caminho, nem obstruí o caminho onde circula. De facto, o AGV a Laser (solução proposta) permite que ele se mova no corredor sem necessidade de estar agarrado a nenhum obstáculo, e é possível saber em tempo real as coordenadas absolutas do veículo assim como a sua orientação. As vantagens deste tipo de tecnologia são o alto potencial de flexibilidade, a possibilidade de 24 horas de utilização (assumindo: unidade

de carregamento automático (automatic loading unit), sem necessidade de instalação técnica no chão.

De facto, os tapetes não são uma alternativa flexível, pois estão fixos a um determinado caminho, tornando-se um obstáculo á passagem, e por vezes inutilizável. Assim, conclui-se que em termos de eficiência da operação é melhor a instalação de um AGV. Com esta solução a fábrica ganha a flexibilidade desejada, pode alterar sempre que queira o percurso do AGV, assim como pode continuar a utilizar normalmente o corredor.

Importa agora analisar esta alternativa face ao que temos actualmente. Se é verdade que a mudança para o transporte automático é necessária, também é verdade que essa mudança poderá não ter de ocorrer já. Importa, então, ver os custos que temos se investirmos já, contra os custos que incorreremos por não investir e adiar essa decisão.

Realizada a análise obtemos o seguinte cenário (Anexo 6 - Analise do Investimento):

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| <b>AGV</b>           |              |
| <b>Val</b>           | 253.686,74 € |
| <b>Trabalhadores</b> |              |
| <b>Val</b>           | 272.402,96 € |

Esta avaliação foi feita numa lógica de custos, e será melhor a opção que tiver menores custos. No caso em questão, a melhor e a mais rentável, considerando um horizonte temporal de 10 anos é o AGV.

De facto, o AGV apesar de se traduzir agora num maior investimento inicial numa perspectiva de crescimento da produção é a melhor solução.

A implementação de um AGV permite à fábrica fazer o transporte de embalagens secundárias e de produtos acabados de forma eficaz e eficiente, sem erros e sem danificar o produto. O AGV além disso permite à empresa manter a sua flexibilidade, continuando a ser flexível face a mudanças futuras.

Com o AGV a empresa pode continuar a crescer e aumentar a sua produção com o mesmo número de equipamentos, o mesmo já não é verdade se a empresa continuar com os três operadores, pois se o fizer não vai ser só nos meses de grande volume de trabalho que não vai conseguir responder à produção, mas em todos os meses. A grande vantagem do AGV é de facto é este ser autónomo e não necessitar de intervenção humana, assim leva à diminuição de erros e danos no produto.

Tal como vimos, a instalação de um AGV requer uma manutenção preventiva, e tem sempre o risco de a tecnologia que hoje se implementa amanhã já estar ultrapassada por outros equipamentos mais modernos.

Para aumentar as possibilidades de êxito na implantação de sistemas flexíveis de produção, só a integração de máquinas não é suficiente. Os departamentos da empresa e as pessoas que nela trabalham também devem estar unidos num mesmo objectivo. Esta é uma tarefa mais difícil porque as pessoas não podem ser programadas, e são condicionadas por factores psicológicos, políticos e culturais. Assim, uma vez tomada a decisão de automatizar o processo é necessário colocar os três operadores noutra área da empresa. Neste caso, os três operadores irão prestar apoio a uma das linhas de embalagem de sólidos.

Concluindo, como já tínhamos visto do ponto de vista da eficiência da operação o AGV é a melhor solução. Esta escolha veio agora ser reforçada pela análise dos custos. De facto, a solução mais viável para a empresa é a implementação de um AGV num curto espaço de tempo.

## **Agradecimentos**

Antes de mais dedico este trabalho aos meus pais, Manuel de Jesus e Sara de Jesus por toda a dedicação e persistência que tiveram ao longo destes meses. Sem eles este trabalho não teria sido possível. Muito obrigado por todo o apoio e ajuda que me deram.

Um muito obrigada a todos aqueles, amigos e família, que me apoiaram ao longo deste ultimo ano e acompanharam de perto a realização deste trabalho. Obrigado por toda a paciência que tiveram e por toda ajuda que me prestaram durante estes meses.

Quero a agradecer ao Prof. Doutor João Menezes, meu orientador, pelo acompanhamento e conselhos dados, indispensáveis ao final desta dissertação.

Por último, agradeço à Sofarimex em especial à Engenheira Vanda por toda a disponibilidade mostrada ao longo deste projecto.

## Índice

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | Definição do contexto do problema .....                               | 1  |
| 2.    | O papel da logística nas organizações .....                           | 4  |
| 2.1   | Logística e os Novos Desafios das Organizações .....                  | 7  |
| 2.2   | Sistemas Flexíveis de Produção .....                                  | 8  |
| 2.3   | A Tecnologia Robótica no Transporte de Materiais .....                | 9  |
| 2.4   | Sistemas de Manuseamento de Materiais .....                           | 11 |
| 2.4.1 | Porta-Paletes e Empilhadores .....                                    | 14 |
| 2.4.2 | Cranes .....  | 15 |
| 2.4.3 | Conveyors (Tapetes transportadores) .....                             | 15 |
| 2.4.4 | Mono carris (Monorails).....  | 17 |
| 2.4.5 | Automatic Guided Vehicle Systems (AGVS's) .....                       | 17 |
| 2.5   | Factores que influenciam a escolha de tecnologia .....                | 21 |
| 3.    | Metodologia .....   | 24 |
| 4.    | Meios de Recolha e Tratamento de informação .....                     | 28 |
| 5.    | Tratamento do Problema .....  | 30 |
| 5.1   | Caracterização da Empresa .....                                       | 30 |
| 5.1.1 | Sofarimex – Caracterização geral.....                                 | 30 |
| 5.1.2 | Sofarimex e o fluxo de material .....                                 | 31 |
| 5.1.3 | Condicionantes de espaço.....   | 36 |
| 5.2   | Alternativas de Resolução do Problema .....                           | 39 |
| 5.2.1 | Porta-paletes automático.....   | 39 |
| 5.2.2 | Automatic Guided Transport System (Automatic Guided Vehicle AGV)40    |    |
| 5.2.3 | Conveyor .....  | 44 |
| 5.3   | Escolha da Solução - Conveyor versus AGV qual a melhor proposta?..... | 46 |
| 5.4   | Avaliação da Solução Proposta.....                                    | 50 |
| 5.4.1 | Avaliação do Investimento .....                                       | 51 |
| 6.    | Conclusões e Limitações .....   | 54 |
| 6.1   | Conclusões .....  | 54 |
| 6.2   | Limitações.....   | 55 |
| 7.    | Bibliografia.....   | 56 |
| 8.    | Anexos.....   | 58 |
| 8.1   | Anexo 1 - Planta da Fábrica:.....                                     | 58 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 8.2 | Anexo 2 - Layout da Fábrica dos dois pisos (nível 1 e nível 2) ..... | 59 |
| 8.3 | Anexo 3 - Evolução da Produção Últimos três anos .....               | 60 |
| 8.4 | Anexo 4 - Formas de Manuseamento Automáticos .....                   | 61 |
| 8.5 | Anexo 5 - Rotas Conveyor.....  | 68 |
| 8.6 | Anexo 6 - Análise do Investimento: .....                             | 70 |

## **1. Definição do contexto do problema**

A empresa Sofarimex pretende gerar cada vez mais valor para o seu cliente eliminando custos e tornando-se cada vez mais eficaz e eficiente nos seus processos, estando sempre na vanguarda da tecnologia e usando-a para se tornar mais competitiva.

A Sofarimex é uma fábrica do grupo Azevedos, a empresa está inserida numa indústria química – farmacêutica que desenvolve actualmente as suas operações nas instalações que possui na Avenida das Industrias, Alto do Colaride, no Cacém.

A Sofarimex nasce em 1994 da parceria entre os laboratórios Azevedos e a actualmente denominada Sanofi-Aventis, e da intenção de conquistar o mercado de medicamentos com uma unidade produtiva de grande dimensão, em permanente actualização tecnológica, capaz de apoiar com sucesso uma estratégia de internacionalização.

A Sofarimex é o líder destacado na produção de medicamentos em Portugal. É apenas produtora de medicamentos sólidos e líquidos não detendo a propriedade de nenhuma marca. Conquista a confiança dos seus parceiros através da competência e rigor com que intervêm e pela partilha de valores em que acredita.

Hoje, com uma produção superior a 40 milhões de unidades, a Sofarimex está presente nos cinco continentes.

É objectivo da Sofarimex rentabilizar as suas operações, através da utilização de soluções mais competitivas que possam garantir e consolidar a sua posição de líder na produção de medicamentos no mercado nacional. Nesse sentido pretende otimizar alguns processos tornando-se assim mais eficiente.

O tipo de produção da Sofarimex é por encomenda

A Fábrica é composta pelas seguintes áreas:

- Dois armazéns, um manual e outro automático. A entrada e armazenamento de Matérias-primas (M.P.) é feito pelo armazém manual. O armazém automático

armazena produto acabado (P.A.) e alguns materiais diversos (tais como cartonagens, materiais de embalagem, entre outros);

- Área de líquidos, produção de produtos líquidos (por exemplo, xaropes), produtos injectáveis;
- Área de sólidos, produção de sólidos, tais como comprimidos, cápsulas, drageias, entre outros;
- Área de Embalagem de líquidos e injectáveis (estéreis);
- Área de Embalagem de Sólidos;
- Armazém de recepção/ amostragem. Nesta zona é feito todo o processo de recolha de amostragem para análise de todos os produtos que entram;
- Controlo de Qualidade;
- Área de Microbiologia;
- Área administrativa, onde estão a área de compras, área financeira;
- Área de gestão de clientes; e
- Área de desenvolvimento de novos produtos.

No anexo 1 (Planta da fábrica) pode-se observar a planta da fábrica, onde é visível cada área referenciada anteriormente.

Com o crescente aumento de produção a fábrica decidiu automatizar alguns dos seus processos. Com esta automatização consegue ter maior capacidade de resposta aos pedidos dos clientes. Englobada nesta decisão de alterar alguns processos, está o transporte de paletes entre a área de embalagem de sólidos para o armazém automático. Actualmente, este transporte é feito manualmente, ou seja, as paletes são transportadas por três operadores que fazem o trajecto desde a embalagem ao armazém o que se revela pouco eficiente, pois perde-se muito tempo no transporte o que origina que estas fiquem a aguardar no corredor condicionando o espaço afecto a outros objectos. Verifica-se também que nos picos de trabalho, nomeadamente durante o mês de Julho e Dezembro o transporte manual não se revela eficaz nem eficiente, uma vez que manualmente não se consegue dar vazão a toda a produção. Nos fins-de-semana, feriados, e durante a noite as paletes após saírem da embalagem ficam no corredor à espera de ser transportadas, uma vez que esses dias não são dias de trabalho.

O objectivo final deste projecto é fazer chegar de uma forma expedita e sem ser manual produto acabado da embalagem ao armazém pois não se revela a mais eficiente. Trata-se de um projecto aplicado, destinado a escolher a melhor forma de automatizar um processo que actualmente constitui um problema para a fábrica.

Com o intuito de dar uma solução à fábrica o trabalho incidiu inicialmente sobre a pesquisa de formas automáticas de transporte. Seguidamente foi feita uma análise dos custos subjacentes a cada alternativa bem como foram vistos e analisados todos os constrangimentos da sua aplicação. Por último, pretendeu-se quantificar o custo de a empresa aplicar de imediato a solução proposta.

## 2. O papel da logística nas organizações

A definição de logística tem vindo a sofrer diferentes alterações ao longo dos anos. De facto, a sua importância nem sempre foi reconhecida como é nos dias de hoje. A logística foi sempre fundamental no armazenamento, no transporte de mercadorias e na produção, mas ao longo dos anos tem vindo a assumir-se cada vez mais como factor competitivo no contexto empresarial e como parte das funções vitais das organizações.

De facto, a logística começou por ser definida como sendo pura distribuição física, onde apenas as actividades de transporte e armazenagem eram consideradas. No entanto, desde os anos 70, que o conceito sofreu alterações consideráveis, pois logística passou a ser entendida não só como um "...vasto conjunto de actividades respeitantes com a movimentação eficiente de produtos acabados do fim da linha até ao consumidor...", mas também, como integração de actividades com o "...intuito de planear, implementar e controlar o fluxo eficiente de matérias-primas, bens em vias-de-fabrico e produto acabado do ponto de origem ao ponto de consumo." (Bowersox e Closs, 1996; cit. por C.Luís, 2001) Segundo Lambert (1998), a logística preocupa-se com os fluxos físicos e de informação da matéria-prima até à distribuição final dos produtos acabados.

Existem definições de logística de diversos autores que nos permite perceber a importância que esta tem actualmente dentro da organização, vejamos algumas:

Segundo Lambert (1998) "A gestão logística preocupa-se com o fluxo eficiente das matérias-primas, dos stocks e os produtos acabados desde o seu ponto de origem até ao consumo final".

Segundo Carvalho (2004:31) "*Logística é definida como o processo estratégico que acrescenta valor, permite diferenciação, cria vantagem competitiva, aumenta a produtividade e rentabiliza a organização. A diferenciação é conseguida por via da inovação logística.*"

Como definido pelo Council de Supply Chain Management Professionals <sup>1</sup> (CSCMP,2011) "*Gestão Logística é a parte da gestão da cadeia de abastecimento que planeia, implementa e controla o eficiente e eficaz fluxo directo e inverso, e a armazenagem de produtos, serviços e informação relacionada, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, com a finalidade de satisfazer os requisitos dos clientes. Actividades de gestão logística incluem geralmente a gestão dos transportes de entrada e de saída, gestão de frota, armazenagem, manuseamento de materiais, atendimento de pedidos, desenho da rede logística, gestão de inventários, planeamento da oferta e da procura e gestão dos fornecedores e serviços logísticos. Em variados graus, a função logística também inclui fornecimento e aquisição de planeamento, produção e programação e atendimento ao cliente.*"

Segundo Ballou (1987), podemos definir as seguintes actividades como sendo actividades fragmentadas da logística:

- Gestão de inventários (stocks);
- Gestão de armazéns/plataformas;
- Transporte;
- Gestão de compras;
- Gestão de Sistemas de Informação;
- Handling (Gestão do fluxo de mercadorias).

Estas actividades logísticas dividem-se em dois tipos de actividades: as actividades primárias e as de suporte. Segundo o autor esta divisão entre actividades primárias e de suporte advêm do facto das primeiras serem mais contributivas para a formação dos custos logísticos totais sendo essenciais para a coordenação efectiva e completa da função logística, por enquanto as actividades de suporte servem as primárias, ou seja, permitem que as primeiras possam ser executadas. Assim, são actividades primárias:

---

<sup>1</sup> Council de Supply Chain Management Professionals (CSCMP) – é uma associação sem fins lucrativos que fornece a liderança no desenvolvimento, na definição e aperfeiçoamento nas profissões que lidam com logística e gestão de cadeia de abastecimento, tendo como principal objectivo estar na vanguarda dos avanços e desenvolvimentos de profissionais fazendo com que os conhecimentos se difundam pela comunidade.

transporte, constituição e gestão de stocks e processamento de ordens de encomenda. As actividades de suporte são actividades que permitem que as primeiras possam ser executadas e são: o armazenamento, a embalagem e protecção, procurement, planeamento da produção, e as tecnologias de informação e comunicação.

Tal como Porter (1985) defende na sua teoria sobre a cadeia de valor, a vantagem competitiva é criada pelo facto de as empresas conseguirem executar as actividades primárias e de apoio de uma forma mais eficiente e eficaz que restante concorrência. As empresas podem conseguir vantagem competitiva por via da diferenciação da qualidade do serviço (valor) prestado aos clientes ou operando com custos mais baixos, ou ainda uma solução mista. A chave do sucesso empresarial pode estar na logística e nas suas potencialidades para reduzir custos, o tempo de resposta aos pedidos dos clientes ou melhorar o serviço ao cliente. No actual contexto competitivo, quem atender melhor às expectativas e necessidades dos clientes, tem mais possibilidades de ganhar a sua preferência.

Segundo Benjamin Moura (2006), os responsáveis das empresas têm de fazer escolhas e tomar decisões adequadas quanto ao nível de serviço, aos modos de transporte, aos modos de manuseamento, aos circuitos de distribuição, entre muitos outros aspectos, pois a sobrevivência das empresas, no actual contexto altamente competitivo, requer a adopção de estratégias que assegurem vantagem sustentável face aos seus competidores.

Segundo, Gopalakrishnam, B (2004), os equipamentos de manuseio de materiais e as instalações onde operam podem contribuir em mais de 70 por cento do custo total do produto fabricado. Dependendo do tipo de indústria, os custos de manuseio de materiais podem consumir 10-75 por cento do custo do produto. As instalações, a armazenagem e o manuseio/transporte de materiais têm sido vistos como elementos necessários, embora sejam muitas vezes vistos como centros de custo. O objectivo principal do projecto de manuseamento de materiais é a redução de custos de manuseamento ocorridos pelo transporte e armazenamento de materiais e produtos. (Gopalakrishnam, 2004) Assim, as empresas deverão dar especial atenção a esta actividade de gestão logística que é o manuseamento de materiais.

## 2.1 Logística e os Novos Desafios das Organizações

Como foi visto anteriormente a logística teve diversas modificações ao longo dos anos, em virtude também das mudanças na envolvente onde as empresas estão inseridas originando a que as mesmas alterem as suas necessidades. Devido a conjuntura que se verifica actualmente as necessidades das empresas não são as mesmas que existiam à 30 anos atrás e a logística tem acompanhado dando resposta a essas necessidades.

A envolvente no qual as empresas estão actualmente inseridas é turbulenta e instável e está em constante mudança. A mudança traz consigo desafios e oportunidades. Assim as empresas têm que conseguir adaptar a sua realidade interna perante as características da envolvente, tentando ajustar-se ao contexto mutável. A logística surge então como uma poderosa arma estratégica. Carvalho (2004: 88) “Pois se o sistema logístico se encontra em permanente mudança, entre estabilidade e instabilidade, pode dizer-se que é componente indispensável na organização, para fazer face à envolvente”.

As organizações enfrentam actualmente muitos desafios, tentando manter ou melhorar a sua posição perante os concorrentes, trazendo novos produtos para o mercado e tentando aumentar a rentabilidade das suas operações. De facto, as organizações deparam-se hoje em dia com um contexto concorrencial muito agressivo, como um cliente muito mais exigente relativamente ao preço e qualidade dos produtos e também com exigências ao nível do ambiente tendo que ser mais “ecológicos” nas suas actividades.

Toda esta conjuntura levou a que olham-se para os seus processos e passassem a encarar a logística como uma forma de ser mais competitivo. Ou seja, pensando na logística como uma forma de reduzir custos e aumentar a flexibilidade. A minimização de custos é então uma prioridade de forma a conseguirem ser mais flexíveis e competitivos. Hoje em dia as organizações pretendem a satisfação do cliente ao mais baixo custo. Assim, começaram a olhar para as diferentes actividades logísticas de forma mais eficiente.

Uma vantagem competitiva obtida com a alteração dos processos logísticos é de difícil imitação por parte da concorrência, logo esta situação fez com que cada vez mais empresas redesenhassem a sua estratégia logística tendo como objectivo primordial reduzir custos nos seus processos. A flexibilidade é necessária em sistemas de produção, porque os ciclos de vida dos produtos estão a ficar cada vez mais curtos, o

tamanho do lote está a ficar menor. Segunda Heilala (2001) A flexibilidade é a sua capacidade de reagir à procura do mercado em termos das quantidades solicitadas.

Começam então a surgir novas tecnologias tendo em vista tornar as organizações mais flexíveis e eficientes, traduzindo-se num melhor serviço para o cliente.

## 2.2 Sistemas Flexíveis de Produção

Tal como vimos anteriormente, as condições que temos actualmente são caracterizadas por um mercado altamente concorrencial e globalizado; produtos muito diversos e tecnicamente evoluídos (com elevada densidade de componentes); produtos definidos em grande parte pelos clientes; produtos com tempos de vida curtos que exigem uma contínua evolução; exigência de maior qualidade a mais baixo preço.

Todas estas condições não se compadecem com sistemas de produção rígidos e/ou virados para a produção em escala. Esta realidade exige sistemas produtivos capazes de responder rapidamente a alterações do produto ou à introdução de um produto novo, processos que produzam com elevada e constante qualidade, em pequena/média escala e permitindo a personalização do produto por parte do cliente. Numa frase, exige Sistemas Flexíveis de Produção (SFP).

Estes são sistemas computadorizados organizados em Células Flexíveis de Produção (CFP)<sup>2</sup>, onde se podem encontrar robôs manipuladores, robôs móveis, transportadores, sistemas de visão, autómatos programáveis, muita electrónica e muito software. A sua flexibilidade advém do facto de serem sistemas programáveis, em que a sua funcionalidade é em grande parte definida por software. A produção em lotes necessitava de formas de produção mais flexíveis, e flexibilidade, ou seja, a capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças é característica principal dos computadores. Em muitos casos a flexibilidade propiciada pela utilização dos computadores, traduzindo-se em aumentos de eficiência de produção, acaba por se tornar um factor de sobrevivência da empresa face à concorrência cada vez maior.

---

<sup>2</sup> CFP – tipo de organização produtiva em que cada unidade é constituída por duas ou mais estações de trabalho independentes dos restantes processos produtivo.

Roldão (2007: 581), o “Sistema flexível de produção é um sistema de produção com utilização simultânea e integrada de parte ou totalidade dos sistemas CAD/CAM<sup>3</sup>, robótica e, eventualmente, de sistemas automáticos para movimentação de materiais, mudanças de ferramentas e de outros dispositivos auxiliares”. Em particular, os robôs manipuladores desempenham um papel fundamental neste tipo de sistemas produtivos, dada a sua enorme flexibilidade de utilização. Quando integrados numa CFP os robôs manipuladores são poderosos auxiliares de virtualmente qualquer processo produtivo.

Segundo Lin Lin (2006) um ambiente SFP requer um sistema de manuseio de material flexível e adaptável, e o AGVs fornece um sistema deste tipo. Um AGV é um sistema de transporte sem condutor utilizado para a movimentação horizontal de materiais. Estes foram introduzidos em 1955, sendo que o seu uso cresceu enormemente desde sua introdução. Segundo Buyurgan (2007), são amplamente utilizados em SFP em grande escala, a fim de aumentar a eficiência e reduzir os custos de distribuição em automação industrial. Com a evolução da tecnologia de automação industrial, tornaram-se populares em ambientes de produção automatizados, especialmente em SFP, onde são usados como dispositivos chave de manuseamento de material.

Antigamente, os movimentos do AGV eram limitados por caminhos guia como cabos enterrados no solo ou sensores. No entanto, recentes avanços tecnológicos permitem os AGV's andarem sem caminhos guia. Estes AGVs inteligentes são "inteligentes", no sentido de que eles são capazes de armazenar instruções sobre as rotas e tomar decisões de forma autónoma (Buyurgan, Nebil, 2007).

### **2.3 A Tecnologia Robótica no Transporte de Materiais**

A robótica é um sistema de produção fortemente automatizado em que equipamentos sofisticados são utilizados em fases de processo de grande repetibilidade (tais como montagens, pintura e soldadura) e em funções de movimentação (gestão de operações)

A tecnologia robótica no manuseamento de materiais está a mudar a forma como movemos produtos nas fábricas e nos centros de distribuição. “Hoje, a manipulação de materiais é a aplicação nº1 para os robôs e um com o maior potencial de crescimento”,

---

<sup>3</sup> CAD/CAM – ligação do sistema informático de desenho/projecto assistido por computador (CAD) aos sistemas de Produção assistida por computador. CAD – Projecto Assistido por Computador. CAM – Produção Assistida por Computador – utilização de computador para dirigir e controlar o equipamento de produção.

diz Jeff Burnstein, presidente da RIA (Trebilcock, (2010). Agora, “ A tecnologia tornou-se mais fiável e os custos de implementação de um robô está em consonância com o custo de contratação de um trabalhador, especialmente numa operação de multi turnos.” Diz Bryan Jensen vice-presidente de St.Onge Co (Trebilcock, (2010). Vejamos algumas ofertas vindas do mercado de empresas de automação convencionais, agora existentes, segundo Trebilcock, (2010):

- Dematic em parceria com a Kollmorgen, cuja tecnologia converte um porta-paletes tradicional num AGV a laser, para criar um novo sistema de order fulfillment que incorpora reconhecimento de voz e sistema sem condutor.
- A JBT Corporation está a desenvolver um AGV com um braço robótico que pode recuperar partes de armazenamento e colocá-los em uma linha de montagem

A tecnologia robótica não é nova, de facto já existe há muitos anos, mas tal como foi dito só hoje em dia é considerada fiável e com baixos custos de implementação. Markus Schmidt, vice-presidente sénior da Swisslog, afirma, “o que está a mudar é o desenvolvimento de soluções móveis robóticas que trazem facilidade de uso para os mercados que não foram devidamente citados antes, como a distribuição.” (Trebilcock, 2010) Do ponto de vista operacional, todos estes anos na linha de montagem compensou: os robôs já não são projectos de ciência, eles estão comprovados e são fiáveis. Do ponto de vista tecnológico, o software de condução dos robôs tornou-se mais sofisticados, permitindo aos utilizadores resolver problemas mais complicados e a atingir taxas de ocupação elevadas.

A evolução tecnológica coincidiu com mudanças no mercado que têm impulsionado a necessidade de novas soluções. Um factor chave é a necessidade de flexibilidade e de materiais de manipulação inteligentes diz Steve Banker, director de serviços na ARC Advisory Group (Trebilcock, 2010). “Um armazém altamente automatizado baixa o custo de manipulação de unidades de uma forma não possível num armazém manual” diz Banker. Banker acha a robótica como materiais de manipulação inteligentes e flexível que preenche um meio-termo entre o convencional manual e soluções de automação como conveyors e AS/RS que são presos (aparafusados) ao chão. “Em termos de investimento, olhamos para um payback (retorno) de dois anos comparado com o payback de cinco anos da automação convencional”, diz Banker. Entretanto, se a

procura altera podemos facilmente mudar o layout ou adicionar um outro robô para responder à procura o que se traduz num “ um investimento muito menos arriscado” diz Banker e em flexibilidade.

Na verdade a flexibilidade tem sido o tema central. A robótica pode facilmente se adaptar a um ambiente complexo e dinâmico, onde cada ordem é diferente.

A robótica também visa diminuir as lesões dos trabalhadores uma vez que estes deixam de estar afectos a tarefas pesadas e exigentes fisicamente. Neste caso o robô passa a assumir o risco que dantes era do trabalhador.

Onde se encaixam os robôs de hoje? Como foi dito, com o passar do tempo o software ficou melhor e os custos da tecnologia de processamento desceram, assim o custo de um robô está mais em linha com o custo de um trabalhador de um centro de distribuição.

Como acontece com qualquer forma de automação, a poupança é mais atractiva em ambientes de multi-turnos. Um robô é repetitivo, preciso e confiável. Isso reduz erros e danos ao produto. Mas automação das actividades de trabalho intensivo não é a única forma de justificar a robótica. O aumento da produtividade e taxas de transferência que resultam da automatização pode permitir que uma empresa a alterar a sua rede logística.

#### **2.4 Sistemas de Manuseamento de Materiais**

Tal como vimos as actividades da gestão logística inclui o manuseamento de materiais. E a vantagem competitiva resulta de as empresas conseguirem executar as actividades de forma mais eficiente e eficaz que a concorrência. É importante então que as empresas dêem valor ao manuseio de materiais, no sentido de conseguirem uma vantagem competitiva. Dado ao meio envolvente actual as empresas necessitam de encarar o manuseio de materiais como algo que pode reduzir custos e ajudar a empresa a tornar-se flexível.

Segundo Pyung-Hoi (2006), devido à alta eficiência de manuseio de materiais e redução de partículas, os sistemas automatizados de movimentação de materiais, tais como veículos guiados automaticamente (AGV), entre outros, estão a ser amplamente utilizados em linhas de fabricação em vez de operadores humanos.

Segundo Moura (2006), o desenvolvimento das Tecnologias da Informação e da Comunicação esteve na base da evolução da logística. Primeiro na gestão das actividades internas – compras, armazenagem, gestão de stocks e outras – e depois na ligação com o exterior (fornecedores, clientes, operadores, etc). Os novos recursos tecnológicos facilitaram a gestão de informação, que passou a ser um elemento nuclear em todo o processo logístico, funcionando como catalisador na integração das funções logísticas. Foram esses recursos tecnológicos que viabilizaram o desenvolvimento e a aplicação dos sistemas MRP<sup>4</sup> e CIM<sup>5</sup> e outros que facilitam a gestão integrada de todos os fluxos de uma empresa, desde o abastecimento de inputs, passando pelas operações de produção até à distribuição dos produtos acabados pelos clientes. A integração das operações de produção teve como base o conceito global de processo industrial – A Produção Integrada por Computador (CIM – *Computer Integrated Manufacturing*) a que estão associadas as Tecnologias Avançadas de Produção como o CAD/CAM<sup>6</sup> (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), robôs industriais, AGV (*Automated Guided Vehicles*), armazéns automáticos, entre outras.

O manuseamento de materiais tem que ser efectuado de forma:

- Eficiente;
- Segura;
- Com baixo custo;
- Atempadamente;
- Com a colocação dos materiais correctos nas localizações correctas;
- E sem danificar os materiais.

A função de movimentação de material, ou seja, movimentar matéria-prima, produto acabado, ferramentas, e qualquer outra necessidade de um local para outro serve para facilitar as operações de produção. Os objectivos da movimentação são: a segurança, a eficiência em custo, a velocidade e a precisão.

---

<sup>4</sup> MRP – Materials Requirements Planning – sistema de controlo de existencias eu procede às ordens de compra e fabrico em resposta a um plano director e a uma explosão de lista de materiais.

<sup>5</sup> CIM – Produção Integrada por Computador – Gestão integrada de produção que recorre a vários sistemas computadorizados de uma forma integrada e coerente.

<sup>6</sup> CAD/CAM – ligação do sistema informático de desenho/projecto assistido por computador (CAD) aos sistemas de Produção assistida por computador. CAD – Projecto Assistido por Computador. CAM – Produção Assistida por Computador – utilização de computador para dirigir e controlar o equipamento de produção.

Vários métodos podem ser usados no manuseamento de materiais, desde o manual aos sistemas automatizados ou robotizados, uma categorização ampla poderia ser segundo, Rushton, Alan (2000):

- Monta-cargas (porta-paletes) e empilhadores (manuais ou motorizados, sendo que os motorizados podem ser movidos a bateria, gás ou gasolina);
- AGVs – veículos autónomos guiados - Veículos guiados automaticamente projectados para seguir um caminho definido. Alguns são capazes de carregar e descarregar unidades automaticamente;
- Veículos guiados em carris, monocarris (Monorails) - Dispositivos de movimentação, usualmente operados manualmente, projectados para levantar, baixar e transportar objectos pesados
- Tapetes transportadores (conveyors) - projectados para movimentar materiais entre locais especificados sobre um caminho fixo, geralmente, em grandes quantidades ou volume;
- Guindastes com roldanas (crane systems).

Muitas empresas têm conseguido alcançar muitas melhorias ao nível de eficiência e produtividade com a manipulação automática de materiais. (Lambert, 1998)

Segundo Lambert (1998), os sistemas automáticos podem gerar muitos benefícios. Podemos apontar as seguintes vantagens do uso destes equipamentos:

- Redução do custo de laboração;
- Aumento de Output (taxa de saída);
- Melhorias na consistência do serviço;
- Aumentar o nível de precisão;
- Disponibilidade do serviço;
- Melhoria na velocidade do serviço.

Contudo, os sistemas automáticos não existem sem desvantagens. Os típicos problemas com os quais as empresas se deparam quando escolhem operações de manuseamento de materiais automáticos são os seguintes: (Lambert, 1998)

- Custo inicial do investimento;

- Falta de fiabilidade dos equipamentos e necessidade de manutenção
- Problemas de software;
- Problemas de capacidade, limitações
- Falta de flexibilidade para responder às mudanças da envolvente;
- Custos de manutenção;
- Interface do usuário e o treino;
- Aceitação do trabalhador;
- Pode ficar obsoleto.

O capital inicial é de facto o mais significativo obstáculo. Iremos agora ver cada um dos sistemas de manuseamento atrás mencionados:

#### **2.4.1 Porta-Paletes e Empilhadores**

Os porta-paletes e empilhadores dividem-se em dois tipos: motorizados e não motorizados. Os motorizados são conduzidos por operadores humanos e possibilitam maior força mecânica para movimentação de materiais, por sua vez, os não motorizados são plataformas ou contentores com rodas que são empurrados ou puxados por operadores humanos para mover materiais. Este tipo de equipamento são usados para mover material em curtas distâncias, de elevação para dentro e para fora do armazém, e como veículo de carga e descarga, alguns têm capacidade de elevação. No caso dos eléctricos podem dispor de uma bateria. Além da bateria, podem trabalhar também a LPG (engine-driven-liquified petroleum gás), ou a diesel. Os que trabalham a bateria são bons para trabalhos intermitentes dentro do edifício. Por sua vez os que trabalham a gás e a diesel são mais robustos e mais adequados para o manuseio de material no exterior.

Os empilhadores motorizados são máquinas conduzidas pelo homem para mover os materiais que exigem grande força. Existem vários tipos de empilhadores motorizados, destacamos os seguintes: empilhadores elevadores telescópios, empilhadores elevadores convencionais eléctricos ou térmicos, empilhadores elevadores bilaterais e trilaterais, empilhadores elevadores Retrácteis.

De acordo com Sanders (2008), os monta-cargas (porta-paletes) motorizados existem nos seguintes formatos: porta-paletes eléctricos, Stackers com plataforma, e com

manipulação de elevação de carga as mesas elevadoras. Os porta-paletes não motorizados são plataformas ou contentores com rodas que podem ser movidas por máquinas ou pelo homem. Podemos ver quatro exemplos de porta-paletes não motorizados: os porta-paletes manuais, os porta-paletes de tesoura, os carrinhos industriais como carros para bidões/garrafas e as plataformas rolantes, que são carros com prateleiras/gavetas.

#### **2.4.2 Cranes**

Os guindastes e roldanas são equipamentos manuais usados para levantar, baixar e transportar material geralmente muito pesado. As roldanas permitem movimento vertical e podem ser operadas quer manualmente quer de forma motorizada. Os guindastes permitem movimento horizontal e incluem uma ou mais roldanas. As roldanas são sistemas de levantamento de cargas usados para o movimento vertical. Os guindastes incluem invariavelmente uma roldana, assim, a componente de levantamento do guindaste confere deslocamento das várias cargas para cima e para baixo no plano vertical e o guindaste transporta as cargas horizontalmente de uma determinada origem para o destino desejado. Esta classe de equipamento de manuseamento de materiais inclui guindastes capazes de levantar e mover grandes cargas, em alguns casos superiores a 100 toneladas. Segundo Ruston (2000), os principais tipos de guindastes encontrados em ambientes industriais são: guindastes tipo Ponte “Bridge Crane”, guindaste tipo “Gantry crane”, guindaste tipo “Jib Crane”. Cada um destes tipos têm performances diferentes, no entanto, o esquema de montagem é o mesmo, consiste numas vigas horizontais suspensas entre rails fixos no fim de cada coluna.

#### **2.4.3 Conveyors (Tapetes transportadores)**

Os sistemas de Conveyor são usados para mover material entre pontos fixos. São utilizados para transportar número elevado de produtos, com origem e destino definidos, com rapidez de execução (Rushton, Alan 2000). Os conveyors também chamados correias transportadoras ou esteiras consistem num tapete que roda em torno de duas ou mais roldanas.

Segundo Rushton (2000), as características do sistema de conveyor são:

- Alta taxa de transferência com poucos operadores e exigência de baixa potência
- Adequado para as rotas fixas e pavimentos não tão críticos como para empilhadoras
- Resposta rápida e adequada para a circulação contínua ou intermitente
- Pode utilizar o controlo do movimento muito sofisticado

Os aspectos menos positivos do sistema de conveyor incluem:

- Elevado custo de capital;
- Pode obstruir áreas de trabalho e acessos;
- Inflexível para futuras mudanças;
- O cuidadoso sistema de design requer incluir recursos de segurança

Os conveyors constituem uma grande gama de equipamento de transporte de material. Desenhados para mover materiais ao longo de percursos fixos, geralmente em grandes quantidades ou volumes. Exemplos típicos de tapetes: o de rolo e o de roletes de guia no chão.

Os tapetes transportadores (chamados conveyors) podem ser motorizados ou não:

- Motorizados: distinguem-se de outro tipo de transporte pois o seu sistema mecânico é construído no próprio trilho fixo;
- Não-motorizados – são activados por operadores humanos ou pela gravidade.

Os conveyors são dispositivos indispensáveis na indústria, caracterizados por mover os materiais em cima de trilhos fixos. Têm por objectivos: facilitar o transporte de mercadorias entre os diversos postos de trabalho (sem danos materiais, com rapidez, com segurança, com precisão, baixo custo, entre outros) e ser possível realizar operações mecânicas durante a movimentação dos materiais (adicionar material ao produto, selecção de produtos, moldar o produto, entre outros). Estes sistemas são muito usados em sistemas de montagem em série.

Nestes moldes podemos encontrar os seguintes tipos de transporte: suspensos (como existe nas linhas de montagem), no chão (podendo ser manuais ou eléctricos), sobre o

chão (podendo ser manuais ou eléctricos), transporte por calha (material a transportar muito pesado, sistemas baseados na vibração), moinhos de água, elevadores.

Os Conveyors podem ser do seguinte tipo (tipo de transportadores): Belt (Tapete), Roller (rolos), Skate-Wheel (Rodas de Skate), Screw (cilindros ou parafuso).

#### **2.4.4 Mono carris (Monorails)**

Outro tipo de equipamento é os monorails. Os mono carris (monorails) movem-se num sistema de carris fixos no chão ou suspensos no tecto. Os veículos operam de forma independentes e com motores eléctricos que retiram a sua energia dos carris electrificados. Embora não sejam tão flexíveis como os AGVs e são meios baratos de transportar materiais por trajectórias fixas.

#### **2.4.5 Automatic Guided Vehicle Systems (AGVS's)**

Automatic Guided Vehicle Systems (AGVS's) são veículos movidos a electricidade, dispendo de bateria, e controlados por computadores para a atribuição de tarefas, selecção de trajecto e posicionamento. Os AGVS são frequentemente usados nas operações com o armazém automático envolvendo AS/RSs. Segundo Lambert (1998), os benefícios dos AGVS's incluem baixos custos de manuseamento, reduz os danos no manuseio de produtos relacionados, melhora a segurança, tem também capacidade de para interagir com outros sistemas automáticos e tem fiabilidade.

Eles são controlados por computadores, mas em alguns casos podem ser controlados/accionados manualmente. São usados nas operações de fabrico para mover peças entre estações de trabalho e fora da linha de produção, e nas operações do armazém para mover unidades de carga para lá, dentro e fora dos sistemas de armazém. São normalmente desenhados para ter interface ou para interagir com outros sistemas de manuseamento como os conveyors. Uma típica aplicação de armazém seria a movimentação de paletes de mercadorias da entrada de mercadorias para o conveyor de entrada de uma instalação AS/RS, e o movimento subsequente dos bens recuperados para a reposição para escolher ou da expedição. (Rooks, 2001)

Porquê o uso dos AGVs? Os tapetes rolantes são um elemento fundamental na logistica industrial, mas são muito mais rentáveis quando os fluxos de transporte são muito

elevados. Para certos casos os tapetes não constituem uma solução acetiável para o transporte horizontal. Possíveis motivos pelos quais os tapetes transportadores não são uma boa solução no transporte de materiais:

- Dada a necessidade de flexibilizar os caminhos e a dificuldade em reinstalar os tapetes;
- Dada a complexidade dos percursos o que aumenta o seu custo.

De facto, os tapetes não são uma alternativa nada flexível, pois estão fixos a um determinado caminho, tornam-se um obstáculo á passagem, tornando por vezes esse caminho inutilizável.

Como solução a este problema foi desenvolvido um equipamento específico – o AGV (Automated Guided Vehicle).

Os AGVs são veículos autónomos alimentados por baterias e que são capazes de navegar autonomamente num ambiente. Usados para mover cargas unitárias (material) entre pontos de carga e descarga da fábrica. Pode-se especificar variações nas rotas dos AGVs. Fazem o interface com outros sistemas de modo a tirar-se um benefício completo da automação integrada. O veículo possui um dispositivo de transferência de carga que lhe permite realizar a seguinte função básica:

“Carregar em A, descarregar em B”

O veículo possui um controlador programável que controla todo o seu movimento e verifica o seu bom funcionamento.

O veículo autónomo guiado (AGV), uma das novas tecnologias populares na década de 1980, agora é visto como parte dos sistemas de manuseamento de materiais. Um dos mais flexíveis meios de navegação é o laser rotativo de scanner que determina a posição do veículo através de reflectores ópticos instalados na zona de operação. Alterações nas rotas e pegar e saltar locais são facilmente acomodados dentro do intervalo dos reflectores do sistema ou pela adição de novas áreas de baliza. No entanto, o método a laser tem problemas em ambientes empoeirados ou onde é difícil estabelecer linhas de visão entre o emissor do feixe e reflectores, como em espaços abertos ou em corredores estreitos. Uma alternativa viável para o scanner a laser em espaços estritos, confinados é

um giroscópio de fibra óptica e sistema de micro-sensores magnéticos, que se aplica a navegação composta em vez de orientação. É muito mais caro, mas descobre um nicho onde o laser não é adequado. (Rooks, 2001)

Segundo Rooks (2001), o que difere os diferentes tipos de AGVs é o sistema de controlo de navegação, que podem ser:

- Óptico;
- Filo-guiado ou indutivo;
- Rádio frequência;
- Laser;
- GPS.

Tipo óptico:

O controlo da direcção é feita por sensores ópticos:

- Existe um conjunto de sensores ópticos adaptados na parte inferior do AGV que identificam a presença duma fita guia;
- Sensores que enviam a informação a um PLC (programmable logic controller) que actua coerentemente. (Richardsson, 2007)

O sistema dispõe normalmente de três sensores:

1. Alinhamento à direita;
2. Alinhamento à esquerda;
3. Central para a presença da fita.

Todos estes sensores podem ser substituídos por uma câmara. Estes sistemas são susceptíveis ao desgaste, e sujidade que possa existir no chão.

Tipo Filo-guiado ou Indutivo:

Neste caso o controlo da direcção através de fios consiste em embutir fios indutivos no chão, criando um trajecto para os AGV's. Os fios criam um campo magnético que o AGV detecta através dos sensores. Este tipo de sistema é muito utilizado porque não é

afectado por sujidade que eventualmente possa existir no chão da fábrica (tais como tintas, óleos, entre outros). Mas tem que ser ter cuidado com pedaços de metais em cima do fio indutor.

Tipo rádio-frequência:

O controlo da direcção neste caso é feita por rádio-frequência. Este sistema é muito utilizado para manutenção de uma ou mais linhas de produção. O seu modo de funcionamento:

- Todas as linhas têm um emissor rádio, que manda a informação para um central (PLC(programmable logic controller) ou PC);
- Esta central processa a informação e envia os comandos, via rádio, para o AGV.

Este sistema permite a alteração dos comandos mesmo quando o AGV se encontra em movimento.

Tipo Laser:

O controlo da direcção é feita por Sistema Tipo Laser. O direccionamento de veículos com scanner laser oferece vantagens adicionais:

- Direccionamento muito flexível;
- Possibilidade de autonomia total, após programação, se se utilizar marcadores por reflexão;
- Trabalha em todo o campo de percurso de modo confiável e com grande grau de medição. A posição do veículo é verificada constantemente;
- Elevada precisão de posicionamento;
- As altas exigências de transferências automáticas de cargas são atendidas.

Tipo GPS:

Controlo da direcção por GPS. Este sistema é projectado para AGV's de grande porte (carros, camiões, entre outros), que são usados em áreas externas e com percursos longos.

## 2.5 Factores que influenciam a escolha de tecnologia

Em todas as indústrias, a selecção do dispositivo de manuseio material é de crítica importância pelo considerável investimento de capital requerido e o impacto na eficiência de todo o sistema de fabricação. Este tipo de decisões tem consequências operacionais e estratégicas de longo termo. A escolha do equipamento é extremamente complexo, e normalmente existe mais do que uma boa resposta para qualquer situação em particular (Braglia, Marcelo e tal., 2001). O tomador de decisão tem que considerar uns numerosos heterogéneos e competitivos atributos, alguns tangíveis (tais como, custos, velocidade, capacidade de carga, entre outros) outros intangíveis (tais como, flexibilidade, disponibilidade, entre outros). A decisão também pode ser constringida por factores como, o tamanho do produto, as características do material a transportar, restrições de tempo e espaço, o nível de automatização requerido, entre outros.

Finalmente, a incerteza da envolvente da operação e a ampla gama de tipos de equipamentos e modelos disponíveis contribui para a escolha da material ser ainda mais complexa. A escolha de um equipamento é complexa e arriscada por uma serie de factores: o largo número de factores tangíveis e intangíveis que existe; o largo número de possibilidades de equipamentos, o elevado investimento requerido, o impacto nas performances do sistema de fabricação, a incerteza do mercado envolvente (Braglia, 2001)

Podemos apontar alguns factores que devem ser tidos em conta na escolha de tecnologia, como sejam:

- Os custos: 1) custos de capital – terrenos, edifícios, equipamentos e sistemas; e 2) custos operacionais – pessoal, serviços de construção incluindo seguros, manutenção e suporte de sistemas, entre outros. Tal como afirma Rushton(2000), acontece muitas vezes que o custo dos serviços será menor numa instalação automatizada, uma vez que a necessidade de iluminação, aquecimento e ventilação é reduzida uma vez que o pessoal não tem que trabalhar na área principal e nas áreas de manipulação.

- Factores operacionais: os sistemas automáticos tendem a ser mais rápidos e precisos em operação, podem lidar com as flutuações de curto prazo nos níveis de rendimento dentro da capacidade de vazão de projecto e são eminentemente adequados para operação de 24 horas. Eles fornecem um ambiente seguro para o stock, e se estiver bem

desenhado/projectado pode minimizar os estragos no stock, no entanto, cargas unitárias e paletes devem estar bem condicionadas para evitar a possibilidade de colapso durante o transporte e a armazenagem. Uma instalação automatizada tem de ser projecto para ter taxas de transferência de pico, uma vez que não é desejável ter um grande investimento de capital subutilizados. Por exemplo, existem empresas com elevados níveis de vendas sazonais que optaram por soluções de baixa automatização, que dão maior flexibilidade para atender a diferentes níveis de rendimento utilizando os trabalhadores nos momentos de pico. (Rushton, 2000) Existe a percepção que os sistemas automáticos são inflexíveis no sentido que foram desenhados para um rumo específico de parâmetros operacionais, e alguma mudança significativa ao mercado ou outros requisitos não podem ser facilmente acomodados. Existe alguma verdade nesta situação, e certamente pode ser difícil de eliminar ou modificar significativamente tal activo se as alterações futuras tornam inadequado para o negócio. Portanto, as previsões de negócio a longo prazo são cruciais no planeamento tais como a instalação.

- Factores relacionados com o pessoal: as competências requeridas com sistemas altamente mecanizados e automatizados incluem alguns conhecimentos de informática. O ambiente de trabalho pode ser mais agradável do que nos sistemas convencionais, com os operadores a passar menos tempo nas áreas de trabalho, armazenagem e movimento. Existe, no entanto, frequentemente a necessidade de turno de trabalho, embora com as tendências actuais da logística e da necessidade de resposta rápida e serviço rápido, isto também se aplica em muitas operações convencionais. (Rushton, 2000) Um processo de automatização bem sucedida necessita de mão-de-obra qualificada, devido à mudança de foco de uma tarefa manual para uma actividade mental. Todos os trabalhadores num processo de automatização devem ser encaminhados para funções dignas dos seus conhecimentos e também podem e devem ser formados e especializados nas suas novas funções para lidarem com todo o processo de automatização. Se a função da automatização industrial é, de facto, auxiliar no progresso do homem, parece que este é um caminho satisfatório. (Braglia, 2001)

Para aumentar as possibilidades de êxito na implantação de sistemas flexíveis de produção, só a integração de máquinas não é suficiente. Os departamentos da empresa e as pessoas que nela trabalham também devem estar unidos num mesmo objectivo. Esta é uma tarefa mais difícil porque as pessoas não podem ser programadas, e são

condicionadas por factores psicológicos, políticos e culturais. O diálogo e a clarificação de funções são essenciais, e deixar claro que apesar de passar a ser um processo automatizado, os conhecimentos do processo e a experiência dos trabalhadores são sempre essenciais noutras funções.

### **3. Metodologia**

Tal como vimos as organizações enfrentam actualmente grandes desafios, deparando-se com um contexto concorrencial muito agressivo e com um cliente mais exigente. Neste contexto importa olhar para os seus processos internos e ver de que forma podem ser mais competitivas. Ou seja, devem olhar para as diferentes actividades logísticas de forma mais eficiente, a logística surge como uma poderosa arma estratégica.

Entramos no âmbito onde a logística é reconhecida como o processo estratégico que acrescenta valor, permite diferenciação e cria vantagem competitiva. Toda esta conjuntura levou a que olhem para os seus processos e passem a encarar a logística como um meio de ser mais competitivo, ou seja, pensando na logística como uma forma de reduzir custos e aumentar a flexibilidade.

É neste sentido que a empresa Sofarimex tenta alterar alguns dos seus processos, para tornar-se mais competitiva, eficaz e eficiente. Neste caso concreto, iremos estudar uma actividade fragmentada da logística, o Handling. Tal como vimos, esta actividade pode contribuir em muito no custo do produto, tal como diz Gopalakrishnam, B (2004), os equipamentos de manuseio de materiais e as instalações onde operam podem contribuir em mais de 70 por cento do custo total do produto fabricado. Dependendo do tipo de indústria, os custos de manuseio de materiais podem consumir 10-75 por cento do custo do produto. Neste trabalho pretende-se olhar para esta actividade não como centro de custo mas como algo onde a empresa pode gerar e criar vantagem competitiva.

Tal como vimos os SFP surgem para responder à necessidade rápida de alterações de produto ou à introdução de um produto novo, processos que produzam com elevada e constante qualidade, e onde a flexibilidade assume o tema central. Aliado aos SFP surgem os computadores e os robôs, pois necessitava-se de formas de produção mais flexíveis. A capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças é característica principal dos computadores o que pode ser interessante para a resolução do problema da empresa em particular. Os robôs manipuladores desempenharam um papel fundamental neste tipo de sistemas produtivos, dada a sua enorme flexibilidade de utilização. A robótica pode facilmente se adaptar a um ambiente complexo e dinâmico, onde cada ordem é diferente.

No seguimento, foi falado o AGV como sendo o sistema de manuseio de material flexível e adaptável, adequado para um SFP. O AGV é sistema de transporte de material sem condutor utilizado para a movimentação horizontal de materiais, sem necessidade de estar fixo a um determinado caminho. Este sistema é uma das alternativas que iremos estudar para a resolução do nosso problema.

Além desta forma de transporte de material, Rushton, Alan (2000) traz-nos mais algumas formas de transporte de material, tais como:

- Os Porta-paletes manuais ou motorizados;
- Os Monorails;
- Os Tapetes transportadores (conveyors); e
- Guindastes com roldanas (crane systems).

Como vimos muitas empresas têm conseguido alcançar muitas melhorias ao nível de eficiência e produtividade com a manipulação automática de materiais.

Como foi dito o objectivo principal deste trabalho é encontrar uma alternativa de transporte automático que resolva o problema de subutilização da fábrica. Então, tendo estas alternativas importa avaliar cada uma e ver qual se adequa mais, em termos operacionais, para resolver o problema em questão.

Como vimos os sistemas automáticos permitem gerar muitas vantagens:

- Redução do custo de laboração;
- Aumento de Output (taxa de saída);
- Melhorias na consistência do serviço;
- Aumentar o nível de precisão;
- Disponibilidade do serviço;
- Melhoria na velocidade do serviço.

Mas também desvantagens:

- Custo inicial do investimento;
- Falta de fiabilidade dos equipamentos e necessidade de manutenção
- Problemas de software;

- Problemas de capacidade, limitações
- Falta de flexibilidade para responder às mudanças da envolvente;
- Custos de manutenção;
- Interface do usuário e o treino;
- Aceitação do trabalhador;
- Pode ficar obsoleto.

Iremos avaliar cada alternativa também de acordo com as vantagens e desvantagens que apresenta.

Das alternativas que encontramos na pesquisa efectuada verificamos que á partida existem duas que não se adequam ao problema em questão.

Tal como vimos Cranes é um equipamento manual usado para levantar, baixar e transportar material geralmente muito pesado. Os guindastes são equipamentos de transporte usados na manipulação de materiais, e usados em movimentos horizontais em zonas industriais. Esta classe de equipamento de manuseamento de materiais inclui guindastes capazes de levantar e mover grandes cargas, em alguns casos superiores a 100 toneladas. Os monocarris movem-se num sistema de carris fixos no chão ou suspensos no tecto. Assim, este tipo de equipamento é mais utilizado para transportes no exterior e geralmente são usados para o transporte de material muito pesado. Devido ao seu tipo de utilização iremos excluir do estudo estas duas hipóteses, pois são mais adequados para outros fins.

Assim, ficamos com três alternativas: os porta-paletes automáticos, os AGV's e os Conveyors.

Uma vez obtidas as alternativas possíveis de resolução do problema importa quantificá-las (medir o seu custo) e ver qual a mais eficiente sob o ponto de vista operacional. Para medir a eficiência operacional iremos entrar em linha de conta com custos de implementação, alterações necessárias à infra-estrutura, flexibilidade obtida com a solução, problemas de capacidade e possíveis limitações.

Obtida a solução de automatização importa ver que só a integração de máquinas não é suficiente. Os departamentos da empresa e as pessoas que nela trabalham também

devem estar unidos num mesmo objectivo. Esta é uma tarefa mais difícil porque as pessoas não podem ser programadas, e são condicionadas por factores psicológicos, políticos e culturais. O diálogo e a clarificação de funções são essenciais, e deixar claro que apesar de passar a ser um processo automatizado, os conhecimentos do processo e a experiência dos trabalhadores são sempre essenciais noutras funções. Neste projecto é necessário garantir a formação dos trabalhadores e o seu acompanhamento para que a implementação do sistema automático seja de facto um sucesso.

#### **4. Meios de Recolha e Tratamento de informação**

Para o presente projecto foram fornecidos dados pela Sofarimex, que foram obtidos através de várias visitas feitas às instalações onde foram solicitados os mesmos, bem como foram efectuadas entrevistas com os vários responsáveis pela área em estudo.

Foram facultados os seguintes dados respeitantes ao ano de 2009:

- Layout da fábrica;
- Número de linhas de produção;
- Número máximo de paletes por dia e por hora;
- Tamanho das paletes;
- Número de pessoas afectas à embalagem e à produção;
- Número de turnos;
- Tempo que levam da Embalagem à Produção
- Tempo de ciclo
- Quantidade de produtos envolvidos;
- Áreas de armazenagem e tipos de transporte;

Em relação ao número de paletes movimentadas por dia/hora foi elaborado uma tabela em Excel, onde se consegue observar os movimentos totais da fábrica, esta tabela vem acompanhada com um layout da fábrica que mostra as posições das diferentes fontes e destinos de transporte.

Para a avaliação das soluções de transporte foram pedidos orçamentos à EFACEC Automatização e Robótica que propôs o custo dos materiais e de implementação dos mesmos.

Com base em toda a informação recebida foi avaliado o custo de cada equipamento. Em relação ao AGV foram medidas as distâncias (em metros e o número de curvas) e as relações entre os diferentes fluxos de materiais. Foram dadas pela EFACEC, fornecedor do equipamento, os parâmetros técnicos do AGV, nomeadamente a velocidade. Com base nestes dados foram calculados o número de AGV necessários para o projecto.

Para o caso específico do Conveyor foram pedidos orçamentos de 3 soluções possíveis, à EFACEC.

Foi avaliado e decidido a solução mais vantajosa para a empresa, de acordo com as alternativas apresentadas na revisão de literatura. Essa escolha efectuada de acordo com os custos das alternativas apresentadas, assim como foi analisada a flexibilidade da alternativa bem como todos os constrangimentos da sua aplicação.

Por último, foi feita uma análise de custos com a utilização AGV e com a solução actual. Feita esta análise foi escolhida a solução com menores custos.

## **5. Tratamento do Problema**

### **5.1 Caracterização da Empresa**

#### **5.1.1 Sofarimex – Caracterização geral**

Nos últimos anos a Sofarimex tem levado a cabo diferentes projectos tendo como objectivo a reorganização e a reestruturação da produção interna e dos processos de fluxo de materiais. De entre alguns projectos, podemos destacar o alargamento da área de produção, implementação de um sistema de limpeza de paletes automático, o armazém automático, entre outros. Actualmente, a grande prioridade é a optimização dos fluxos de materiais de embalagem e produtos finais, entre o armazém automático e a produção.

No anexo 2 encontra-se os layouts da fábrica dos dois pisos (nível 1 e nível 2).

É objectivo da Sofarimex melhor rentabilizar as suas operações, através da utilização de soluções mais competitivas que possam garantir e consolidar a sua posição de líder na produção de medicamentos no mercado nacional. Nesse sentido pretende otimizar alguns processos tornando-se assim mais eficiente.

A Sofarimex trabalha por encomenda tendo produção de líquidos e sólidos. Alguns produtos têm produção e embalagem, enquanto outros apenas têm embalagem (os produtos recebidos do exterior). Tal como referido anteriormente, tem uma área de produção de sólidos (tais como, comprimidos, cápsulas, drageias, entre outros), uma área de produção de líquidos (tais como, xaropes, produtos injectáveis), uma área de embalagem de sólidos, uma área de embalagem de líquidos, um armazém manual e um armazém automático. Recentemente foi construída também uma de produção de injectáveis (situado no 1 piso). A entrada e armazenamento de Matérias-primas (M.P.) é feito pelo armazém manual. O armazém automático armazena produto acabado (P.A.) e alguns materiais diversos (tais como cartonagens, materiais de embalagem, entre outros).

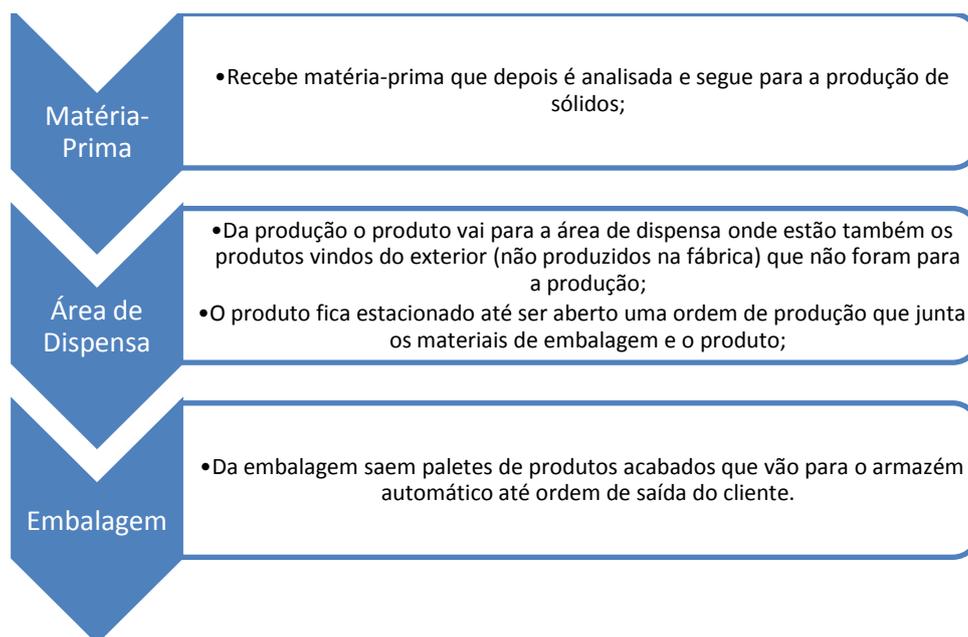
A Produção da Sofarimex tem vindo a crescer nos últimos anos de forma significativa (consultar Anexo 3 – Evolução da Produção Últimos três anos). Assim, este projecto irá respeitar sempre a produção de sólidos, uma vez que o volume de produção ainda não justifica procurar um processo mais eficiente de transporte na área de líquidos. A área

dos líquidos apenas correspondem a 20% da fábrica, e dado ao seu volume de trabalho ainda consegue ser feito de forma manual. De notar que a área de embalagem de líquidos é perto dos armazéns, o que também torna mais fácil os transportes para os mesmos.

### 5.1.2 Sofarimex e o fluxo de material

A Sofarimex pretende reorganizar o fluxo de material entre a área de dispensa e as linhas de produção e o fluxo de material dos produtos acabados e o armazém automático. Actualmente, o processo de transporte é feito de forma manual por operadores da fábrica. Os operadores transportam toda a produção que sai da linha da embalagem para o armazém automático e transportam também toda a embalagem secundária (que vem da área da dispensa) necessária à embalagem. O transporte é feito por um porta-paletes manual.

Tudo começa quando a fábrica recebe matéria-prima que depois é analisada e vai para a produção de sólidos. Da produção o produto vai para a área de dispensa onde estão também os produtos vindos do exterior (não produzidos na fábrica) que não foram para a produção. O produto fica estacionado até ser aberto uma ordem de produção que junta os materiais de embalagem e o produto. Sai então da área para a embalagem. Da embalagem saem paletes de produtos acabados que vão para o armazém automático até ordem de saída do cliente. Sistematizando o processo funciona da seguinte forma:



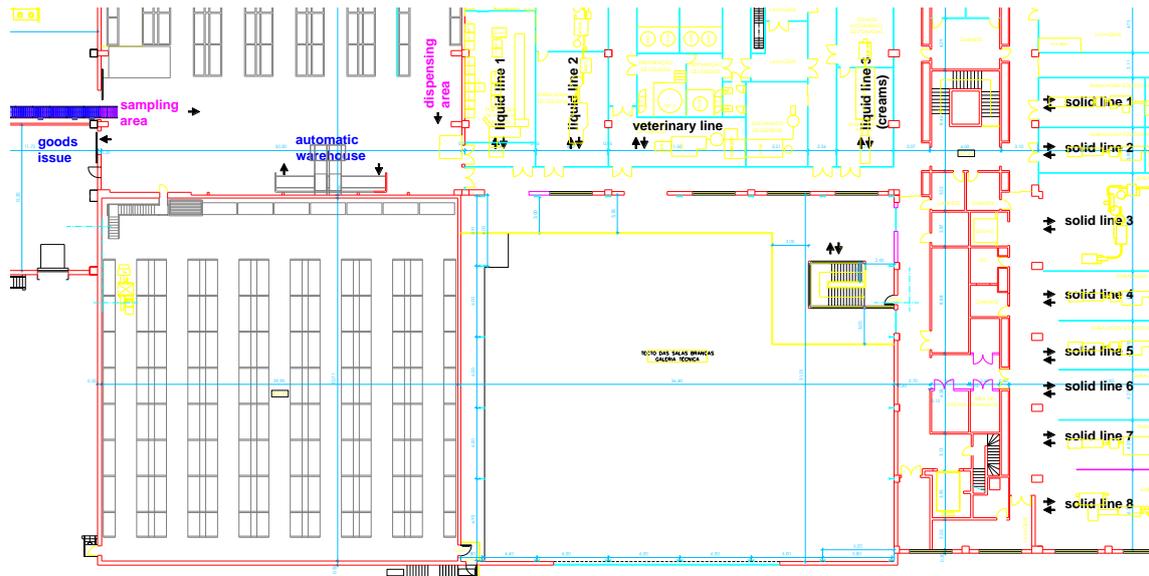
Tal como vimos, anteriormente, pretende-se automatizar o transporte entre a embalagem de sólidos e o armazém automático. Este processo é até à data feito da seguinte forma:

- 1) As paletes são colocadas entre duas portas por um operador: põe as paletes vindas da produção à frente da primeira porta, abre a primeira porta, põe a paleta entre portas e fecha a primeira porta, abre a segunda porta e leva a paleta até ao armazém. (elevado número de movimentos manuais e as condições de ar dependem da disciplina do operador)
- 2) O produto acabado é transferido das paletes de plástico para as paletes de madeira (utilizando um sistema semi-automático).

Todas as paletes que vêm da produção são de plástico e ao entrarem no armazém sofrem um processo de troca, têm que ser trocadas por paletes de madeira. O operador imediatamente antes de entrar no armazém coloca a paleta na máquina semi-automática de troca de paleta que muda para paleta de madeira. Para a produção só podem vir paletes de plástico e no armazém só entram paletes de madeira, na área de dispensa só se trabalha com paletes de plástico, no entanto, esta última troca ocorre dentro do armazém.

O transporte manual dado aos volumes que a fábrica actualmente está a produzir revela-se moroso e não eficiente, são obrigados a stockar nos corredores. A automatização vem assim para aumentar a viabilidade e reduzir custos.

Vejamos agora o layout para percebermos as posições e as diferentes fontes e destinos dos produtos:



**Figura 1 – Layout piso 2**

Como vimos o armazém automático além de armazenar produto acabado também armazena materiais diversos, como cartonagens, literaturas, embalagens, entre outros, que são necessários à embalagem. Assim, no armazém automático há um fluxo de saída (quando saem os materiais para a embalagem) e um fluxo de entrada (respeita à entrada de materiais e de produto acabado). Quando os materiais são necessários para a embalagem é dada uma ordem de saída dos mesmos, que saem do armazém e vão para um segundo buffer que é a área de dispensa.

A área de dispensa é o sítio onde ficam os materiais de embalagem a aguardar até serem necessários, é portanto uma área dentro do armazém automático onde são preparadas as ordens para saírem. No caso da embalagem de sólidos estes recebem os materiais vindos da área de dispensa e entregam produto acabado ao armazém automático. Tudo começa quando é enviada uma ordem de produção, as M.P. vão para a produção de onde resultam os medicamentos e saem produto acabado, ou seja, saem comprimidos, caso dos sólidos, depois saí a ordem de embalagem. Depois segue para o armazém (manual e automático). Cada produto é identificado no armazém por pistola a laser. Existem restrições de espaço. A área de dispensa é um espaço onde são stockadas as ordens do armazém, ou seja, é um espaço de interface onde o armazém vai “aviando” todas as ordens de fabrico. Uma ordem pode ser constituída, por exemplo por 3 a 4 paletes de cartonagens, 1 a 2 paletes de literaturas, 1 a 10 paletes de frascos, 1 a 2 paletes de comprimidos (quando estes não são produzidos na fábrica, porque se o forem vêm

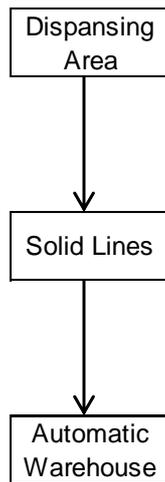
directamente da produção de sólidos). Assim o que fazem no armazém quando chega essa ordem de produção é juntar tudo o que está na ordem na área de dispensa. Depois quando a máquina está pronta para produzir é dada uma ordem de produção e todo esse material que está na área de dispensa sai para a embalagem de sólidos para iniciar o processo de produção.

De seguida encontra-se uma matriz onde se encontra as relações entre os diversos departamentos e o número máximo de transportes de paletes por dia e por hora entre eles:

| Sources (from ...)        |                                 | Destinations (to ...)    |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      | Materials from sources              |                       |                          | Number of lines | Max. per h and line | Max. per shift and line |                 |    |
|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|-----|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|-----------------|----|
|                           |                                 | 1<br>Automatic Warehouse | 2<br>Dispensing Area |     | 3<br>Manual Warehouse | 4<br>Solid Lines | 5<br>Liquid Lines | 6<br>Veterinary Lines | 7<br>Steril Lines | 8<br>Reception Area (Incoming goods) | 9<br>Shipping Area (Outgoing goods) | Maximum / day (total) | Maximum / day (relevant) |                 |                     |                         | max. output / h |    |
| 1                         | Automatic Warehouse             |                          | 65                   |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      | 130                                 | 195                   |                          | 20              |                     |                         |                 |    |
|                           |                                 |                          | 20                   | 45  |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 20                    | 45                       |                 |                     |                         |                 |    |
| 2                         | Dispensing Area                 | 5                        |                      |     | 5                     | 50               | 50                | 40                    | 16                |                                      |                                     | 166                   |                          | 85              |                     |                         |                 |    |
|                           |                                 |                          |                      |     |                       | 25               | 25                | 30                    | 20                | 10                                   | 30                                  | 6                     | 10                       |                 |                     |                         |                 |    |
| 3                         | Manual Warehouse                |                          | 83                   |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 1                     | 84                       |                 |                     |                         |                 |    |
|                           |                                 |                          | 33                   | 50  |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     |                       | 33                       | 50              |                     |                         |                 |    |
| 4                         | Solid Lines                     | 50                       | Return               |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 50                    |                          | 50              | 8                   | 8                       | 1               | 4  |
|                           |                                 |                          |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 0                     | 0                        |                 |                     |                         |                 |    |
| 5                         | Liquid Lines                    | 40                       | Return               |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 40                    |                          | 40              | 8                   | 3                       | 3               | 7  |
|                           |                                 |                          |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 0                     | 0                        |                 |                     |                         |                 |    |
| 6                         | Veterinary Lines                | 20                       | Return               |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 20                    |                          | 20              | 2                   | 1                       | 2               | 10 |
|                           |                                 |                          |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 0                     | 0                        |                 |                     |                         |                 |    |
| 7                         | Steril Lines                    | 20                       | Return               |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 20                    |                          | 20              | 2                   | 1                       | 2               | 10 |
|                           |                                 |                          |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 0                     | 0                        |                 |                     |                         |                 |    |
| 8                         | Reception Area (Incoming goods) | 50                       |                      |     | 150                   |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 200                   |                          | 50              | 50                  | 1                       | 50              | 25 |
|                           |                                 |                          |                      |     | (+ 50 Sampling)       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 0                     | 0                        |                 |                     |                         |                 |    |
| 9                         | Shipping Area (Outgoing goods)  |                          |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 0                     |                          |                 |                     |                         |                 |    |
|                           |                                 |                          |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     | 0                     | 0                        |                 |                     |                         |                 |    |
| Materials to destinations | Maximum / day (total)           | 185                      | 148                  | 155 | 50                    | 50               | 40                | 16                    | 0                 | 131                                  |                                     |                       |                          |                 |                     |                         |                 |    |
|                           |                                 | 0                        | 0                    | 53  | 95                    | 0                | 0                 | 25                    | 25                | 30                                   | 20                                  | 10                    | 30                       | 6               | 10                  | 0                       | 0               | 0  |
|                           | Maximum / day (relevant)        | 180                      |                      |     |                       |                  |                   |                       |                   |                                      |                                     |                       |                          |                 |                     |                         |                 |    |
|                           |                                 | 20                       | 30                   | 40  | 10                    | 20               | 10                | 3                     | 7                 | 1                                    | 2                                   |                       |                          |                 |                     |                         |                 |    |
|                           | Maximum / hour (relevant)       | 20                       |                      |     | 5                     | 10               | 7                 | 2                     |                   |                                      |                                     |                       |                          |                 |                     |                         |                 |    |
|                           | Max. per h and line             |                          |                      |     | 1                     | 4                | 7                 | 2                     |                   |                                      |                                     |                       |                          |                 |                     |                         |                 |    |
|                           | Max per shift and line          |                          |                      |     | 2                     | 4                | 15                | 5                     |                   |                                      |                                     |                       |                          |                 |                     |                         |                 |    |

Tabela 1 - Matriz com fluxo de material com o número máximo de paletes por dia (2 turnos – 16 horas).

Nesta matriz é possível ver o número máximo de transportes entre o armazém automático e a área de dispensa, essa mesma área e a zona de embalagem de sólidos e a embalagem de sólidos e o armazém automático. É esta relação que nos interessa estudar:



**Figura 2 – Fluxo de Transporte**

No quadro descrito em cima podemos visualizar que o fluxo de material entre o armazém automático e a área de dispensa é no total 65 paletes, dos quais 20 são referentes a embalagens primárias e 45 referem-se a embalagem secundária. Note-se que estas 65 paletes referem-se ao total da fábrica. O output máximo das linhas de produção (produtos acabados), que são transportados para o armazém automático, são 180 paletes por dia, sendo que o máximo número de paletes, que tem que ser transportados para as linhas de produção (material de embalagem secundária) é de 85 paletes por dia.

Todos os transportes são efectuados por Euro-paletes com uma largura de 800 mm e um comprimento de 1.200 mm. A altura máxima de uma unidade de transporte é 1.400 mm (incluindo a paleta), sendo que o peso máximo de transporte é 600 kg.

Como vimos não é só a relação entre embalagem de sólidos e armazém que nos interessa estudar, existe todo um movimento de transporte entre o armazém e a embalagem de sólidos que passa antes por um buffer, a área da dispensa, que também é fundamental para este projecto de automatização. Assim, podemos dizer que existem dois tipos diferentes de transporte a considerar:

- Material de embalagem secundária:
  - Fonte: área de dispensa;

- Destino: todas as linhas de produção no 2 piso (área de embalagem secundária), usando um elevador para o transporte de material para a área de produção do nível 1.
- Produtos acabados:
  - Fonte: área de Buffer na linha de produção (perto do final do processo de embalagem secundária), elevador para o transporte de materiais da área de produção no nível 1;
  - Destino: interface com o armazém automático.

A fábrica trabalha actualmente com 40 pessoas na área de embalagem, mais três serventes, que apenas fazem o transporte das paletes entre o trajecto atrás descrito. A área de embalagem trabalha a 2 turnos, sendo que nos meses de maior pico (nomeadamente Julho e Dezembro) pode vir a ter 3 turnos. O primeiro turno é das 8h00-16:25h e o segundo é das 16:20-00:25. As pessoas afectas ao transporte manual não trabalham de noite nem feriados. O único dia que a fábrica fecha é ao Domingo. A produção tem picos em Julho e antes do Natal, sendo que caí em Janeiro, Fevereiro e Março.

Actualmente a fábrica tem 10 linhas de produção de sólidos, e três de líquidos. Cada linha de embalagem faz produtos diferentes, sendo que são sempre movimentadas paletes completas. Cada paleta é um cliente e um produto. Esta produção por encomenda funciona pois sempre que uma ordem é emitida esse cliente é feito até ao fim. Quando a máquina pára começa a executar uma nova ordem e portanto um novo cliente.

### **5.1.3 Condicionantes de espaço**

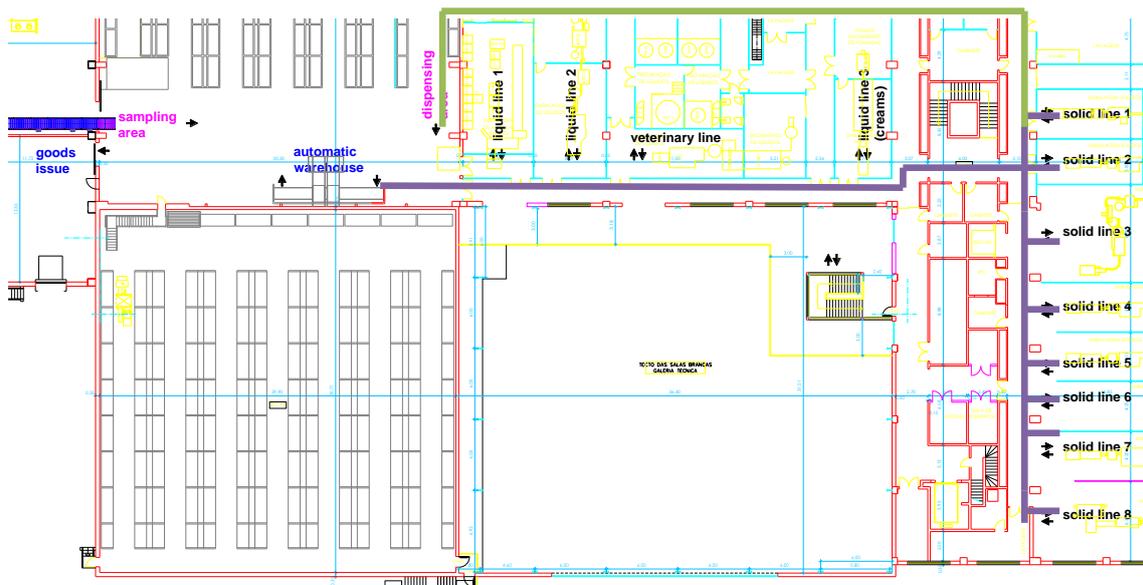
Tal como vimos na revisão de literatura, no transporte de paletes entre as diferentes fontes e destinos diferentes tipos de equipamentos e sistemas de transporte podem ser usados, como seja, um simples porta-paletes, um conveyor, um AGV, entre outros. O nível principal, no qual os processos de transporte devem ser realizados é no nível 2 ou em nível superior. Quando se analisa a ligação entre diferentes partes deve-se ter em conta as restrições do edifício, tais como restrições derivadas da construção do mesmo ou derivado do equipamento técnico utilizado. Vejamos alguns aspectos da fábrica que

poderão ser possíveis restrições à implementação de um determinado modo de transporte.

A área livre entre o tecto do nível 2 e o telhado é usado para a instalação equipamento técnico doméstico. A relação de construção entre as linhas de produção de sólidos e líquidos apresentam instalações concretas nos níveis intermédios. Uma ligação directa entre a área de armazém e as áreas de produção existente no interior do edifício só poderia ser realizada através de modificações das instalações existentes mas tal não iria ser prático no uso diário (acesso para a manutenção, acesso directo em casos de problemas técnicos). A instalação de um Conveyor no cimo do telhado entre o armazém e o edifício principal (linha de produção sólidos) em geral é possível. A diferença vertical entre o chão do nível 2 e o telhado é cerca de 6.650 mm.

O corredor existente em frente da linha dos líquidos é o principal meio de transporte dos produtos acabados. O corredor tem uma largura de 2.050 mm (1.880 mm entre os pilares e a parede leve).

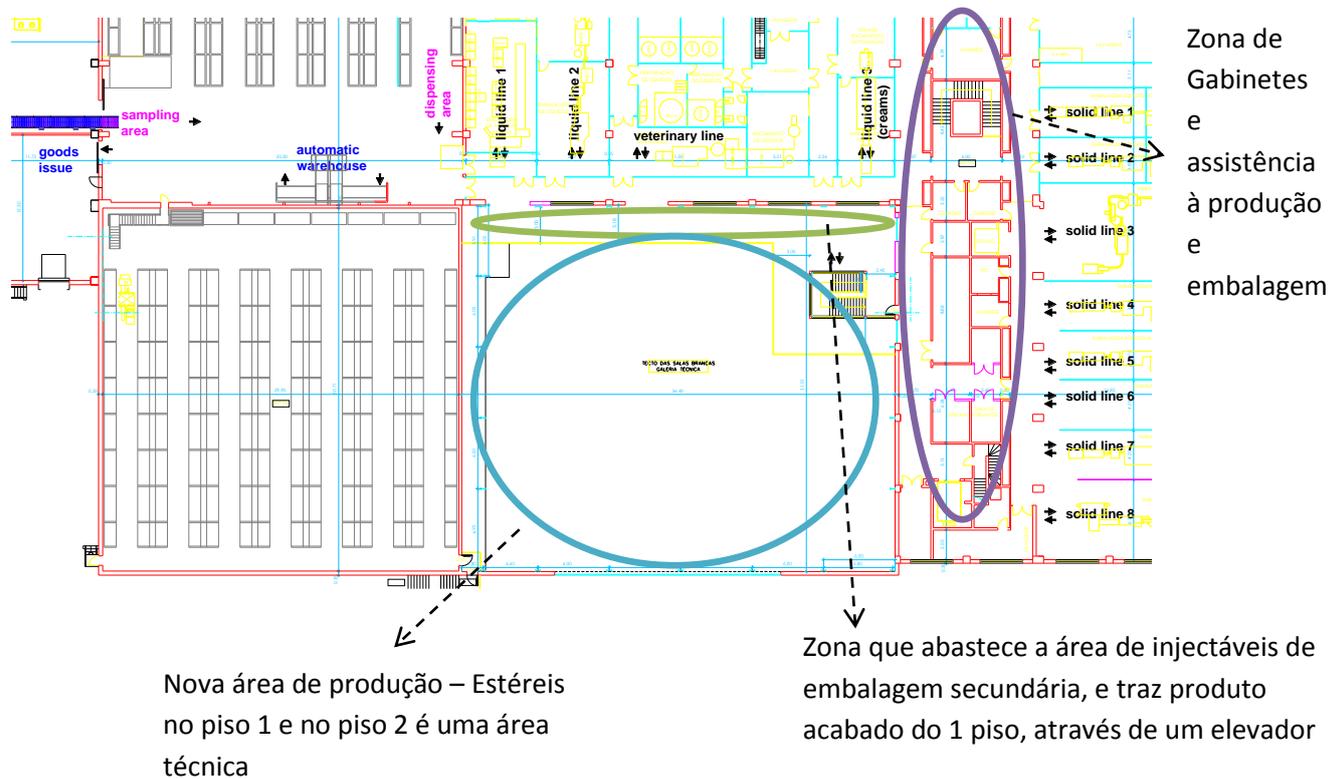
Como podemos ver na planta, o trajecto entre a área de embalagem de líquidos e de sólidos é feito por um corredor de 2.050 mm. Esse trajecto não é feito em linha recta, de facto, existem uma serie de curvas e condicionantes de espaço que devemos ter em conta, vejamos:



— Trajecto de transporte dos produtos acabados

— Trajecto de transporte da embalagem secundária e primária que vem da área de dispensa

**Figura 3 – Layout com Fluxo de transporte**



**Figura 4 – Layout explicado**

Como podemos verificar, actualmente, apenas dispomos de um corredor onde é feito o transporte. Qualquer intenção de alargar o corredor deve ser tido em conta que para isso acontecer é necessário demolir certas instalações actuais. Se a opção de transporte escolhida implicar o alargamento do corredor, teriam que ser demolidas as actuais instalações dos gabinetes da direcção de produção e embalagem e a área de assistência. No entanto, teria que ser feito um plano pois essas áreas teriam que ser instaladas noutra sítio da fábrica. Esta situação pode constituir um problema uma vez que a fábrica não tem nenhum espaço não aproveitado. Com a nova área de produção que instalou em 2007 a fábrica vê assim o seu espaço limitado, estando todo o espaço ocupado. Por isso, era muito difícil alocar os gabinetes noutra sítio. De referir também que todos os departamentos que estão no segundo piso, estão por razões logísticas e de facilidade de

operação, pelo que deslocar as pessoas para o primeiro piso também não iria ser uma possível solução.

Além de ser através deste corredor principal que é feito o transporte, este corredor tem também outras utilizações. De facto é através deste que são feitas as ligações entre as áreas de embalagem e o armazém automático, assim como é o corredor que dá acesso à nova área de produção, aos gabinetes e à área de manutenção. Será condição obrigatória o corredor continuar a dar acesso a estas áreas, não podendo ficar obstruído.

## **5.2 Alternativas de Resolução do Problema**

Tal como vimos na revisão de literatura, vários métodos podem ser usados no manuseamento de materiais, sendo que para o projecto em estudo apenas irá ser objecto de análise as seguintes alternativas:

- Porta-paletes manuais e automáticos;
- AGV's;
- Tapetes transportadores (conveyors)

Iremos agora ver cada uma das alternativas de transporte, nomeadamente, o seu custo e a simulação de implementação na fábrica. Em relação à implementação na fábrica no caso do AGV será feito um percurso específico e no caso o Conveyors iremos ver duas possíveis soluções de instalação.

### **5.2.1 Porta-paletes automático**

Como vimos, actualmente o transporte é feito por um porta-paletes manual. Para apoiar o transporte manual uma potencial solução é o transporte passar a ser feito por um porta-paletes eléctrico Sackker. Este sistema tem capacidade de elevação e uma vez que tem um motor eléctrico o operador apenas necessita de controlar e dirigir os movimentos reais. O espaço necessário para este sistema é um pouco maior do que o espaço necessário para o porta-paletes manual. O investimento para este sistema será cerca de 5.500€ por unidade (fotografia no Anexo 4 - Formas de Manuseamento Automáticos). Este tipo de transporte é em tudo semelhante ao que existe actualmente, pelo que tem a mesma desvantagem e não constitui uma solução de melhoria. Tal como o que temos actualmente, este sistema continua a estar dependente do trabalhador.

Assim, este meio de transporte, apesar de mais rápido do que o actual continua a não ser uma solução eficiente e eficaz.

### **5.2.2 Automatic Guided Transport System (Automatic Guided Vehicle AGV)**

Tendo em conta todas as restrições existentes em termos de espaço e arquitectónicas um Automatic Guided Vehicle Systems (AGVS's) representa uma solução viável. Esta tecnologia usa veículos guiados automaticamente que opera no processo de transporte de material controlado por uma direcção e sistema de controlo independente ou através de um interface pelo sistema ERP<sup>7</sup> (Enterprise Resource Planning). Este tipo de veículos é capaz levar e/ou entregar paletes em posições definidas directamente a partir do chão e partir de posições definidas num nível superior.

Tal como vimos, na revisão de literatura, a navegação dos AGV's pode ocorrer por meio de diferentes técnicas, como:

- Óptico;
- Filo-guiado ou indutivo;
- Rádio frequência;
- Laser;
- GPS.

Todas estas tecnologias de orientação têm diferentes vantagens e desvantagens. O óptico e o filo-guiado ou indutivo exigem a aplicação no chão de fita guias (no caso do Óptico) e fios indutivos (no caso do Filo-guiado ou indutivo) o que significa que podem ser afectados por eventuais sujidades que possam existir no chão da fábrica e, no caso do Filo-guiado ou indutivo deve-se ter especial cuidado com pedaços de metais em cima do fio indutor. Tanto a fita guia como os fios indutivos teriam que ser aplicados ao longo de todo o corredor para o AGV se poder guiar, assim, isto limita também a utilização do corredor. O controlo tipo GPS é mais utilizado para AGV's de grande porte (carros, camiões, entre outros), que são usados em áreas externas e com percursos longos. O sistema de rádio frequência ou o de Laser são assim os mais indicados para a situação em causa, sendo que pelas suas características o sistema de navegação por Laser é o mais completo dado à sua adaptabilidade e flexibilidade. No sistema de

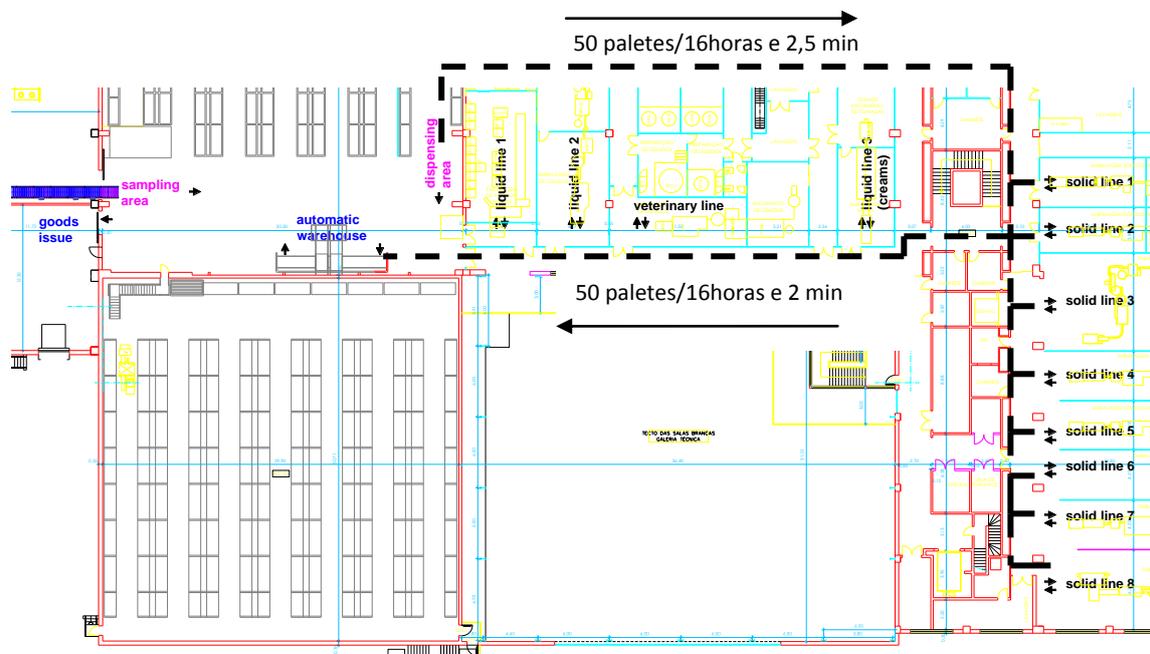
---

<sup>7</sup> ERP - São sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização em um único sistema.

navegação tipo Laser o controlo de direcção é feito por sistemas tipo laser. Tal como foi dito anteriormente, a proposta seria a instalação de um AGV a laser. O Laser Guided Vehicle (LGV) é um veículo guiado automaticamente, destinado a movimentar as paletes entre os vários postos de transformação do produto

As vantagens deste tipo de tecnologia são alto potencial de flexibilidade, a possibilidade de 24 horas de utilização (assumindo: unidade de carregamento automático (automatic loading unit)), sem necessidade de instalação técnica no chão.

O AGV iria fazer o seguinte percurso na fábrica. No fundo seriam dois percursos distintos, um de ida da área de dispensa para a embalagem (as diversas linhas de produção) e outro percurso de volta da área da embalagem até ao armazém automático.



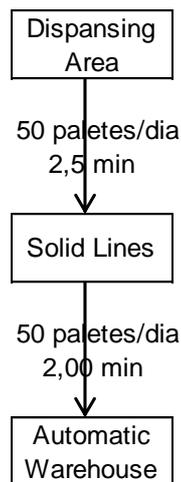
**Figura 5 – Fluxo de Transporte AGV**

Para obter o custo total do AGV é necessário saber quantos AGV's são precisos para conseguir responder à produção.

Para calcular o número de AGV's necessários é necessário saber o tempo entre as estações e a quantidade de paletes a movimentar. Entre a área de dispensa e a embalagem de sólidos o operador demora cerca de 2,5 minutos, da embalagem de sólidos a armazém automático leva cerca de 2 minutos. Na Tabela 1, apresentada

anteriormente, podemos retirar o output máximo de paletes movimentadas num dia em dois turnos (portanto 16 horas) que vão da área de dispensa para os sólidos, e dos sólidos para o armazém automático. Note-se que apesar da área de dispensa fornecer material para várias áreas, como sejam, sólidos, líquidos, estéreis, para este projecto apenas iremos considerar a relação existente entre a área de dispensa e os sólidos.

Sistematizando a relação:



Para ver quantos AGV's são necessários além dos dados descritos anteriormente precisamos de saber mais sobre o equipamento, nomeadamente a sua velocidade, capacidade de transporte e limitações.

Foi solicitado à EFACEC Automação e Robótica uma proposta de fornecimento e instalação de um AGV para a Sofarimex, tendo como objectivo que este sistema se destine ao transporte de paletes de produto acabado entre os postos de produção e os postos de entrada do armazém (características e proposta do fornecedor em Anexo 4 Formas de Manuseamento Automáticos)

Segundo o fabricante a cadência prevista será de 50 paletes em 8 horas. O turno de funcionamento é de 16 horas. Tem uma velocidade máxima de 1.2 (m/s). A característica técnica do AGV, assim como o desenho do mesmo encontra-se em anexo (Anexo 4 Formas de Manuseamento Automáticos)

Analisando os dados anteriores e sabendo que o AGV poderá fazer este percurso, de ida e de volta, de forma aos caminhos não se cruzarem (se forem necessários mais do que um equipamento).

Uma vez que, segundo o fabricante (ver anexo características técnicas do AGV Anexo 4 Formas de Manuseamento Automáticos) o aparelho tem uma cadência de 50 paletes /8 horas, portanto tem capacidade de 100 paletes em 16 horas, para responder à produção actual apenas seria necessário um AGV. No entanto, na tentativa de prevenir eventuais avarias, é aconselhável dois equipamentos, na falha de um tem sempre o outro. Mas para otimizar o processo, e assumindo que quando o AGV leva uma paleta de produto acabado para a produção, outro já pode estar a levar material de embalagem secundária para os sólidos, podendo fazer sem riscos, pois podem usar percursos distintos, e uma vez que o máximo da produção são 50 paletes/dia (16 horas) ida e volta, então é necessário dois AGV's para responder de forma eficaz à produção actual. Note-se que este output máximo de 50 paletes/16 horas é uma média de todos os meses de produção, portanto, nos meses de maior volume este output máximo é ultrapassado, assim nesses meses iremos otimizar a utilização dos dois AGV's.

Na presente proposta está incluída a formação dos funcionários da Sofarimex nas áreas de operação e manutenção. Essa formação será realizada em paralelo com a fase de instalação e ensaios do sistema e durará aproximadamente dois dias.

Está excluído da proposta todo o equipamento, instalações e montagens não referidos explicitamente na descrição anexa. Dentro das quais:

- Todas as obras de construção civil eventualmente necessárias;
- Fornecimento de energia eléctrica e respectivas protecções até aos nossos quadros de entrada;
- Instalação eléctrica além da específica do nosso equipamento;
- Mobiliário para o equipamento informático proposto;
- Fornecimento de água e electricidade durante a obra.
- IVA (Imposto Valor Acrescentado)

Preço estimado de 250.000€ mais IVA. Neste preço estão considerados os dois AGV necessários para responder à produção da fábrica.

### 5.2.3 Conveyor

Uma possível solução como forma de manuseamento seria a aplicação de um sistema de Conveyor. Tal como vimos na revisão de literatura, os conveyors são um sistema de manuseamento automático projectado para movimentar materiais entre locais especificados sobre um caminho fixo, geralmente, em grandes quantidades ou volume. São usados para mover material entre pontos fixos, consiste simplesmente num tapete que roda em torno de duas ou mais roldanas. Os conveyors são dispositivos indispensáveis na indústria, caracterizados por mover os materiais em cima de trilhos fixos. Têm por objectivos: facilitar o transporte de mercadorias entre os diversos postos de trabalho (sem danos materiais, com rapidez, com segurança, com precisão, baixo custo, entre outros) e ser possível realizar operações mecânicas durante a movimentação dos materiais (adicionar material ao produto, selecção de produtos, moldar o produto, entre outros). Estes sistemas são muito usados em sistemas de montagem em série. Tendo em conta o layout actual só em algumas partes do fluxo de material a instalação de um conveyor é possível.

Uma vez que existem restrições à aplicação do conveyor foram feitas duas simulações de aplicação. A primeira consiste em aplicar o conveyor apenas no corredor principal. A embalagem secundária ao sair da área de dispensa é colocada (manualmente) no conveyor de rolos. O material de embalagem secundária segue para os destinatários, sendo que no final do transporte o material terá que ser retirado manualmente do conveyor e levado aos destinatários. O transporte terá que ser manual pois tal como se viu anteriormente o acesso às diferentes linhas de produção não é feito em linha recta e portanto não é possível a instalação de um conveyor até cada linha de embalagem. Os produtos acabados, que saem das diferentes linhas de produção, são transportados manualmente para um dos dois pontos de partida. A partir daí os produtos acabados são levados ao destino perto da entrada da área de armazém. Este conceito exige apoio manual no fim das secções. Nas linhas de transporte principal é instalado um novo trecho, a interface intermediária reduz a depuração no corredor existente.

Foram apurados custos desta solução, que podemos observar no Anexo 4 Formas de Manuseamento Automáticos (estes custos foram dados pelo fornecedor tendo em conta a solução proposta):

Nestes custos não estão incluídos custos de adaptação do edifício bem como modificações das áreas funcionais e construções concretas.

A planta da implementação deste primeiro caso encontra-se em Anexo 5 (rotas conveyor)

A segunda solução a seguir apresentada já exige elevados custos de modificação do edifício. Através de transporte manual as embalagens secundárias vão para a área de dispensa, vindas daí são colocadas sobre o conveyor e transportadas por um elevador. O elevador eleva as paletes até ao nível de 7.000 mm. As paletes atravessam a parede existente e são transferidas em cima do telhado para diferentes destinos por correntes e rolos transportadores e por corner transfer conveyors. Os dois elevadores, um localizado no novo corredor perto da área do veterinário e o outro perto do novo elevador, baixam as paletes para o conveyor no nível 2 a + 400 mm. Os produtos acabados são colocados no conveyor por operações manuais (duas posições) e transportados através dos elevadores e conveyors em cima do telhado (nível 2 7.000 mm) para a área do armazém automático. Após entrarem nesta área as paletes descem por um elevador ao nível 2 + 400 mm.

Foram apurados custos desta solução, que podemos observar no Anexo 4 Formas de Manuseamento Automáticos (estes custos foram dados pelo fornecedor tendo em conta a solução proposta).

Nestes custos não estão incluídos custos de adaptação do edifício bem como modificações das áreas funcionais e construções concretas, com excepção dos custos para a instalação da tecnologia de conveyor sobre o telhado.

A planta da implementação deste segundo caso encontra-se em Anexo 5 (rotas conveyor)

Como vimos tanto no primeiro como no segundo caso, a instalação de um conveyor implica grandes modificações do edifício, nomeadamente a construção de um novo corredor paralelo ao existente.

### 5.3 Escolha da Solução - Conveyor versus AGV qual a melhor proposta?

Como vimos até agora temos duas soluções possíveis para a resolução do problema, o AGV e o Conveyor. Ambas as hipóteses respondem de forma eficaz e eficiente ao problema da fábrica, no entanto, importa agora analisar em termos de eficiência operacional qual destas hipóteses é a melhor.

Tal como vimos na revisão de literatura o manuseamento de materiais devem ser efectuados de forma a ser:

- Eficiente;
- Segura;
- Com baixo custo;
- Atempadamente;
- Com a colocação dos materiais correctos nas localizações correctas;
- E sem danificar os materiais.

O objectivo final deste projecto é fazer chegar produto da embalagem ao armazém de uma forma expedita sem ser manual pois não se revela a mais eficiente. Assim, temos como objectivo escolher de entre as duas alternativas possíveis a que se adequa mais tendo em conta todos os constrangimentos arquitectónicos da fábrica.

Para comparar as duas hipóteses vamos ter que analisar: custos (qual exige maior investimento), vantagens e desvantagens dos equipamentos e vantagens e desvantagens da utilização do equipamento.

Se compararmos as duas hipóteses sob o ponto de vista de investimento inicial, o Conveyor requer muito mais investimento inicial comparando com o AGV. De facto, para a instalação do Conveyor além do custo de investimento de 180.320€ (custo da primeira solução) é necessário considerar um acréscimo substancial pelas modificações que são necessárias fazer ao edifício (custos de adaptação do edifício bem como modificações das áreas funcionais e construções concretas). Se analisarmos a segunda proposta para o Conveyor, que é bem mais complexa, o custo de investimento é muito superior ao AGV. O AGV apenas tem um custo de investimento de 250.000€, sem

necessidade de custos de adaptação do edifício. Em termos de custo Conveyor exige muito mais, pois é necessária uma adaptação da fábrica para a sua instalação. No entanto, não podemos comparar estas duas soluções apenas pelo investimento inicial, existem muitas mais variáveis que devemos considerar.

Podemos apontar as seguintes vantagens da utilização do Conveyor:

- Alta taxa de transferência com poucos operadores e exigência de baixa potência
- Adequado para as rotas fixas e pavimentos não tão críticos como para empilhadoras
- Resposta rápida e adequada para a circulação contínua ou intermitente, É um sistema bom e prático no transporte de materiais, que funciona bem numa circulação contínua ou intermitente.
- Pode utilizar o controlo do movimento muito sofisticado

Como vimos anteriormente, os Conveyors são na prática tapetes que são instalados no chão e/ou no telhado, que transportam materiais por um caminho fixo com rotas fixas. Assim, podemos apontar algumas desvantagens na sua utilização:

Desvantagens da utilização de um Conveyor:

- Elevado custo de capital;
- Pode obstruir áreas de trabalho e acessos;
- Inflexível para futuras mudanças;
- O cuidadoso sistema de design requer a inclusão de recursos de segurança

Como vimos nos layouts de simulação da aplicação do Conveyor estes pressupunham sempre a existência de dois corredores paralelos. O que implica grandes modificações no edifício, pois para a instalação do segundo corredor vai roubar espaço a outras divisões, nomeadamente à zona que abastece a área dos injectáveis. Dado ao investimento de modificação de infra-estruturas apenas iremos considerar a possível aplicação da primeira solução apresentada para o Conveyor. No entanto, na instalação do Conveyor, mesmo considerado a primeira solução, teríamos dois corredores em paralelo. O corredor existente permite a aplicação do primeiro tapete. No entanto, para a

aplicação do segundo corredor (o que trazia os produtos acabados) teria de ser roubado espaço à zona destinada ao abastecimento dos injectáveis. Deixava de poder ser usado aquele espaço, portanto, o transporte de material de embalagem secundária para os injectáveis e o transporte inverso de levar os produtos acabados (injectáveis) para o armazém, que é feito por um elevador situado naquela zona deixava de se poder fazer por ali. Portanto, todo o espaço que passa a ser ocupado pelos tapetes deixa de ter qualquer outro fim.

Tal como podemos ver na figura 4 apresentada anteriormente, o transporte de material de embalagem secundária para os injectáveis é feito da área de dispensa para o 1 piso através de um elevador (zona marcada a verde), assim como o produto acabado dos injectáveis é transportado do 1 piso para o armazém localizado no 2 piso através do mesmo elevador. Logo, todos os transportes são feitos naquele elevador pois é o que fica mesmo por cima da área dos injectáveis, assim estar a mudar de sítio o elevador só iria implicar aumento de custos de transportes. Assim, do ponto de vista de eficiência da operação não devemos alterar o sítio do abastecimento dos injectáveis, logo a instalação do segundo tapete não é possível. Mesmo se colocarmos os tapetes segundo o percurso que foi desenhado para o AGV, não tendo os corredores paralelos, teremos sempre a entrave de os corredores ficarem completamente exclusivos aos tapetes, o que também sobe o ponto de vista de eficácia da operação não constitui uma solução.

Ao instalar o tapete no corredor principal vamos estar a obstruir áreas de trabalho e acessos, como já foi referido é através daquele corredor que temos acesso a todas as outras áreas e aos gabinetes e às zonas de assistência. O próprio corredor é muitas vezes uma zona de buffer para certos materiais.

Por sua vez, a instalação de um tapete não constitui uma solução flexível nem de fácil adaptação face a futuras mudanças, de facto, a instalação de um tapete é uma solução que fica no longo prazo sem ser possível alterar, o que não se traduz em flexibilidade. E como vimos o objectivo é tornar a empresa flexível face a futuras mudanças e não o contrário.

A construção de um novo corredor acarreta elevados custos de modificação do edifício e implica a realocização de novas áreas, nomeadamente dos injectáveis, uma vez que com a instalação de um tapete no novo corredor de abastecimento da área dos

injectáveis, todo o transporte feito deixará de poder ser feito por ali. Agora do ponto de vista de eficiência da operação, se analisarmos a planta da fábrica verificamos que não é benéfico que o transporte para os injectáveis mude de sítio.

O AGV, contrariamente ao Conveyor, não necessita de estar fixo a um determinado caminho, nem obstruí o caminho onde circula. De facto, o AGV a Laser (solução proposta) permite que ele se mova no corredor sem necessidade de estar agarrado a nenhum obstáculo, e é possível saber em tempo real as coordenadas absolutas do veículo assim como a sua orientação. As vantagens deste tipo de tecnologia são o alto potencial de flexibilidade, a possibilidade de 24 horas de utilização (assumindo: unidade de carregamento automático (automatic loading unit)), sem necessidade de instalação técnica no chão.

Quando se decidiu automatizar o processo de transporte na fábrica, foi para conseguir dar resposta ao crescente volume de produção, mas não se quer perder a flexibilidade do processo. Ou seja, pretende-se algo flexível e adaptável às exigências da empresa, de facto. Como pudemos ver nos últimos anos a Sofarimex tem investido em diversos equipamentos de forma a estar sempre competitiva face à concorrência e de forma a responder sempre às necessidades dos seus clientes. Tem vindo a fazer mudanças nas suas instalações, modernizando-se e mostrando que tem capacidade de se adaptar às novas exigências da envolvente. Assim, ao instalar algum equipamento pretende-se que este seja flexível e que se adapte rapidamente face a futuras mudanças.

Do que foi dito anteriormente é possível ver que o Conveyor não constitui uma solução flexível nem de fácil implementação. Em termos de cadência de paletes, tanto o AGV (usando dois aparelhos ou mesmo só um) como o Conveyor oferecem uma resposta eficaz e eficiente.

De facto, os tapetes não são uma alternativa flexível, pois estão fixos a um determinado caminho, tornando-se um obstáculo á passagem, e por vezes inutilizável.

Como vimos o layout da fábrica não é o melhor pois o percurso de transporte não é feito de forma directa, existem uma serie de obstáculos pelo meio.

Resumindo podemos tirar as seguintes conclusões:

| Conveyor  | AGV   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• C.Inv.=180.320€</li><li>• Dá resposta ao volume de produção</li><li>• Adequado para as rotas fixas;</li><li>• Resposta rápida e adequada para a circulação contínua ou intermitente;</li><li>• Elevado custo de capital;</li><li>• Estão fixos a um determinado caminho;</li><li>• Pode obstruir áreas de trabalho e acessos.Tornam-se obstáculos á passagem, e por vezes inutilizam caminhos;</li><li>• Dificuldade em reinstalar o tapete</li><li>• Inflexível para futuras mudanças;</li><li>• Implica grandes modificações no edifício</li><li>• Elevados custos de modificação do edifício</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• C.Inv.=250.000€</li><li>• Dá resposta ao volume de produção</li><li>• Não necessita de estar fixo a um determinado caminho, nem obstruí o caminho onde circula;</li><li>• Move-se no corredor sem necessidade de estar agarrado a nenhum obstáculo;</li><li>• Possível saber em tempo real as coordenadas absolutas do veículo assim como a sua orientação</li><li>• Possibilidade de 24 horas de utilização</li><li>• Alto potencial de flexibilidade</li><li>• Sem necessidade de instalação técnica no chão.</li><li>• Longo período de recuperação do investimento;</li></ul> |

Assim, conclui-se que em termos de eficiência da operação é melhor a instalação de um AGV. Com esta solução a fábrica ganha a flexibilidade desejada, pode alterar sempre que queira o percurso do AGV, assim como pode continuar a utilizar normalmente o corredor.

#### 5.4 Avaliação da Solução Proposta

No sentido de ter uma melhor eficiência operacional escolheu-se o AGV como equipamento de manuseamento automático para o transporte das paletes.

Importa agora analisar esta alternativa face ao que temos actualmente. Se é verdade que a mudança para o transporte automático é necessária, também é verdade que essa mudança poderá não ter de ocorrer já. Importa, então, ver os custos que temos se investirmos já, contra os custos que incorreremos por não investir e adiar essa decisão.

De facto, as instalações de alta tecnologia têm um custo elevado, envolvem 24 horas de trabalho, são inflexíveis e tendem a requerer longos períodos de recuperação do investimento.

#### **5.4.1 Avaliação do Investimento**

Para a análise do investimento foi considerado o custo inicial, que tal como referido, ronda os 250.000€. Acrescidos a este custo também foi necessário considerar custos de manutenção. Foram estimados para o efeito os custos de investimento de +/- 600€. O equipamento pode durar toda a vida útil se for feita uma manutenção preventiva. A vida útil do equipamento está dependente se por um lado as manutenções foram realizadas correctamente e atempadamente (as manutenções devem ser certificadas) e por outro se a vida útil em termos tecnológicos for ultrapassada, ou seja, através da introdução no mercado de outros equipamentos melhorados, por serem mais rápidos, mais seguros, mais económicos, terem mais autonomia, menos desgaste, entre outros.

Considera-se que os AGV's tem um tempo de vida médio de 10 anos. Para efeitos de análise de investimento foi também necessário simular o empréstimo num banco. Para adquirir o equipamento a empresa teria que fazer um contrato de Leasing, neste caso a taxa de financiamento seria a EURIBOR a 1 mês (que neste momento é de 0,811%) + o Spread que seria de 4,125% (dado o risco da empresa), assim a taxa de financiamento aplicada seria de 8,5%. (Dados recolhidos de uma simulação no Millenium BCP).

Vamos então avaliar dois cenários:

- Cenário com a implementação do AGV;
- Cenário com o transporte a continuar a ser feito manualmente.

Para efeitos da taxa de actualização do investimento iremos por um pressuposto de uma taxa de actualização de 10%.

Foi feito um horizonte temporal correspondente à vida útil do equipamento de 10 anos.

Foi considerado que em média um trabalhador recebe 600€, mais 30% de despesas com IRC, SS, entre outros.

Para fazer a análise foi necessário fazer uma previsão da produção ao longo dos 10 anos. Actualmente, a fábrica poderia aumentar a produção até ao máximo de 21.667

paletes/ano, ou seja, 83 paletes/dia. Esta é a capacidade máxima da fábrica. Analisando o quadro em anexo da produção nos últimos 3 anos, verificamos que de 2008/2007 a produção aumentou cerca de 5%. De 2009/2008 registou um aumento anormal de 30%. Se consideramos que em média a fábrica irá aumentar cerca de 5% ao ano, já conseguimos fazer uma previsão da produção a 10 anos. Note-se que a produção da fábrica poderá aumentar até ao máximo da sua capacidade instalada, ou seja, 21.667 paletes/ano. Tendo em conta o aumento de produção foi necessário calcular o número de trabalhadores necessários, bem como o número de AGV.

Foi utilizado para isso o seguinte raciocínio, tal como tínhamos visto os 3 trabalhadores transportam 50 paletes em 16 horas (produção actual), ou seja, transportam 13000 paletes ao ano ( $50 \times 52 \text{ semanas} \times 5 \text{ dias}$ ). Assim, se a produção do segundo ano for 13.650 (mais 5% que a do 1 ano), vão ser necessários 4 trabalhadores. Igual raciocínio foi utilizado para os seguintes anos. Para o cálculo do número de AGV foi feito o seguinte raciocínio: se tal como foi dito anteriormente um AGV tem capacidade para transportar 50 paletes em 8 horas, ou seja, 100 paletes em 16 horas, e se a produção máxima só pode ser 83 paletes em 16 horas, nunca será preciso ter um AGV extra. Mesmo que a fábrica produza no máximo da sua capacidade um único AGV é mais que suficiente. No entanto, para ter sempre um equipamento em caso de avaria, ou no caso de se ter que fazer um terceiro turno ter um equipamento disponível enquanto outro está a carregar, foi considerado que era necessário a existência sempre de 2 AGV's. Para esta análise foram considerados custos de investimentos constantes ao longo dos anos e foi assumido que o robot não teve necessidade de substituição.

Realizada a análise obtemos o seguinte cenário (cálculos no Anexo 6 - análise do investimento):

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| <b>AGV</b>           |              |
| <b>Val</b>           | 253.686,74 € |
| <b>Trabalhadores</b> |              |
| <b>Val</b>           | 272.402,96 € |

**Tabela 2 – Val das duas soluções**

Esta avaliação foi feita numa lógica de custos, e será melhor a opção que tiver menores custos. No caso em questão, a melhor e a mais rentável, considerando um horizonte temporal de 10 anos é o AGV.

## **6. Conclusões e Limitações**

### **6.1 Conclusões**

O objectivo final deste projecto foi fazer chegar de uma forma expedita e sem ser manual produto acabado da embalagem ao armazém pois não se revela a mais eficiente. Tratou-se de um projecto aplicado, destinado a escolher a melhor forma de automatizar um processo que actualmente constitui um problema para a fábrica.

Tendo em vista a obtenção de uma solução de transporte foram estudadas e avaliadas várias alternativas. Como vimos, o AGV relevou-se a melhor alternativa de transporte, não só pelo seu baixo custo como também por não necessitar de modificações de infra-estrutura para a sua aplicação.

A implementação de um AGV permite à fábrica fazer o transporte de embalagens secundárias e de produtos acabados de forma eficaz e eficiente, sem erros e sem danificar o produto. O AGV além disso permite à empresa manter a sua flexibilidade, face a mudanças futuras.

Com o AGV a empresa pode continuar a crescer e aumentar a sua produção com o mesmo número de equipamentos, o mesmo não é verdade se a empresa continuar com os três operadores. Se o fizer não vai ser só nos meses de grande volume de trabalho que não vai conseguir responder à produção, mas em todos os meses.

A grande vantagem do AGV é de facto este ser autónomo e não necessitar de intervenção humana, levando à diminuição de erros e danos no produto.

A instalação de um AGV requer uma manutenção preventiva, e tem sempre o risco de a tecnologia que hoje se implementa amanhã já estar ultrapassada por outros equipamentos mais modernos.

Para aumentar as possibilidades de êxito na implantação de sistemas flexíveis de produção, só a integração de máquinas não é suficiente. Os departamentos da empresa e as pessoas que nela trabalham também devem estar unidos num mesmo objectivo. Esta é uma tarefa mais difícil porque as pessoas não podem ser programadas, e são condicionadas por factores psicológicos, políticos e culturais. Assim, uma vez tomada a decisão de automatizar o processo é necessário colocar os três operadores noutra área da

empresa. Neste caso, os três operadores irão prestar apoio a uma das linhas de embalagem de sólidos. É necessário formar os trabalhadores e dota-los de capacidades técnicas para que tudo funcione em sintonia. A interface com o usuário e a aceitação do trabalhador são fundamentais para uma boa implementação do projecto.

Concluindo, como já tínhamos visto do ponto de vista da eficiência da operação o AGV é a melhor solução. Esta escolha veio agora ser reforçada pela análise dos custos. De facto, a solução mais viável para a empresa é a implementação de um AGV num curto espaço de tempo.

## 6.2 Limitações

Ao longo do desenvolvimento deste projecto foram encontradas várias dificuldades, muitas das quais constituem limitações ao estudo do problema.

A primeira limitação é que todo o trabalho desenvolvido para este projecto apenas é válido para esta empresa nas condições actuais. Não é possível afirmarmos que ao escolhermos o AGV como resolução do problema, esta solução também ser válida para uma empresa com um problema semelhante. Todos os resultados e conclusões deste estudo apenas são válidos para esta empresa em particular. Este facto, advêm de este projecto ter sido muito condicionado por todos os constrangimentos arquitectónicos da fábrica. Por isso tivemos que adoptar e escolher a alternativa que mais se adequasse á realidade.

A escolha do método destinado ao manuseamento de material foi muito condicionado pelas características do edifício e pela sobre utilização da fábrica. O facto de a fábrica não ter nenhum espaço por ocupar inviabiliza eventuais construções.

A impossibilidade de aplicar na prática diversas soluções de automatização e tomar a decisão com base em ganhos de eficiência provenientes dessa aplicação. Assim, a escolha do AGV não foi feita tendo em conta ganhos de eficiência. Uma vez que não foi possível implementar as soluções e retirar os ganhos da sua aplicação.

Trata-se de um projecto aplicado e pretendeu-se dar uma resposta eficiente e de real aplicação o que limitou na escolha de alguns métodos de manuseamento.

## 7. Bibliografia

Ballou, Ronald H(1987), Basic Business logistics, Prentice-Hall International, Inc., USA, 1987, 438 págs.

Braglia, Marcelo, Roberto Gabbrielli e Dante Miconi (2001), *Material handling device selection in cellular manufacturing*, Dec.2001, Journal of Multicriteria Decision Analysis; Nov/Dec 2001; 10, 6; ABI/INFORM Global pg. 303 Journal of multicriteria decision analysis

Buyurgan, Nebil, Lakshmanan Meyyappan, Can Saygin e Cihan H. Dagli (2007), *Real-time routing selection for automated guided vehicles in a flexible manufacturing system*, Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 18 No. 2, 2007 pp. 169-181

Carvalho, José Mexia Crespo (2004), *Logística*, 3ª Edição. Silabo Lisboa

Gopalakrishnam, B., R.Turuvekere e D.P.Gupa (2004), Computer Integrated facilities planning and design, 2004; 22, 7/8; ABI/INFORM Global pg. 199

Heilala, Juhani e Paavo Voho (2001), *Modular reconfigurable flexible final assembly systems*, Assembly Automation. Bedford: 2001. Vol. 21, Iss. 1; pg. 20,

Lambert, Douglas M., James R. Stock e Lisa M. Ellram (1998), *Fundamentals of logistics management*, Boston: McGraw-Hill

Lin Lin, Seong Whan Shinn e Mitsuo Gen · Hark Hwang (2006), *Network model and effective evolutionary approach for AGV dispatching in manufacturing system*, Springer Science+Business Media, LLC 2006

Luís, C, *O desafio logístico da última milha no comércio electrónico de retalho alimentar*, . Tese de Mestrado Lisboa: ISCTE, 2002

Moura, Benjamim do Carmo (2006), *Logística: Conceitos e tendências*, 1ª Edição. Famalicão: Centro Atlântico. (Desafios).

Porter, Michael E.(1985), Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance, The Free Press, New York, 1985, 557 págs.

Pyung-Hoi Koo, Jaejin Jang e Jungdae Suh (2006), *Vehicle dispatching for highly loaded semiconductor production considering bottleneck machines first*, Springer, J Intell Manuf 17:465–477

Richardsson, Johan e Martin Fabian (2007), Modeling the control of a flexible manufacturing cell for automatic verification and control program generation, Published online: 10 February 2007 Springer Int J Flex Manuf Syst (2006) 18:191–208

Roldão, Victor Sequeira e Joaquim Silva Ribeiro (2007), *Gestão das Operações – Uma abordagem Integrada*, 1º Edição, Lisboa: Monitor

Rooks, Brian (2001), *AGVs find their way to greater flexibility*, Assembly Automation. Bedford: 2001. Vol. 21, Iss. 1; pg. 38,

Rushton, Alan, John Oxley e Phil Croucher (2000) *The handbook of logistics and distribution management*, London: Kogan Page

Sanders, David (2008), *Controlling the direction of “walkie” type forklifts*, UK, Systems Engineering Research Group, University of Portsmouth, Portsmouth, Volume 28 · Number 4 · 2008 · 317–324

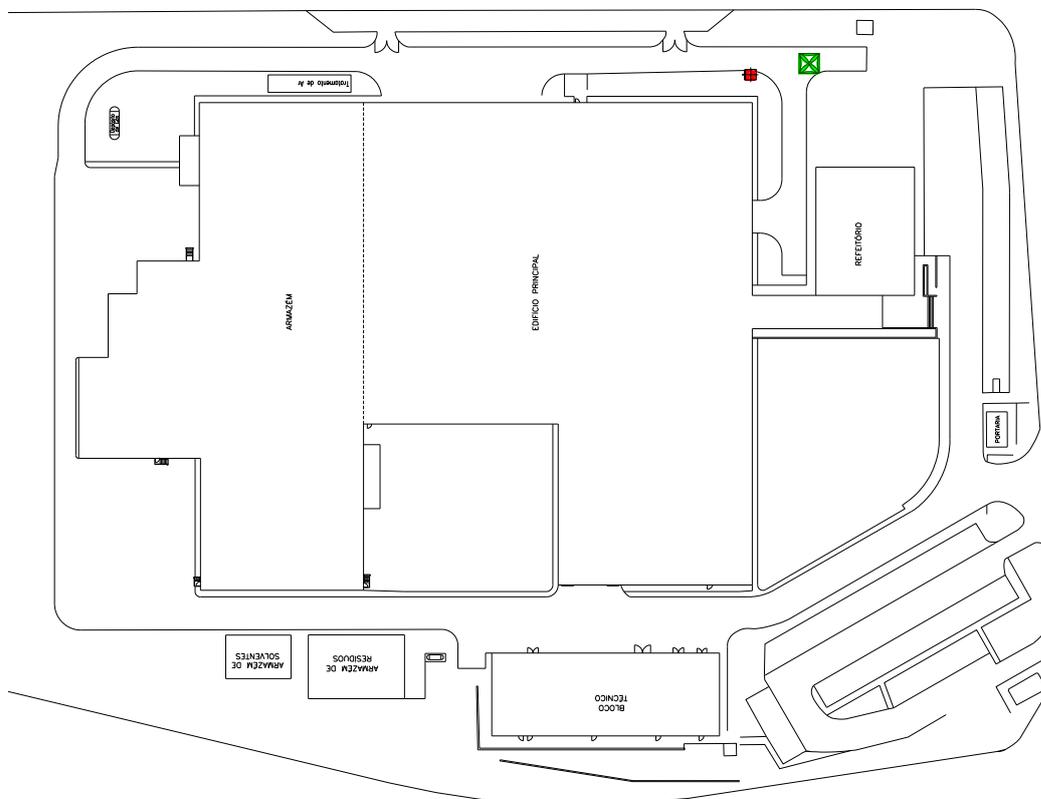
Trebilcock, Bob (2010), *The Robots Are Coming*, Agosto, Modern Materials Handling, pag 26.

Sites da Internet:

<http://cscmp.org/> , consultado dia 28 de Janeiro de 2011 às 22h00.

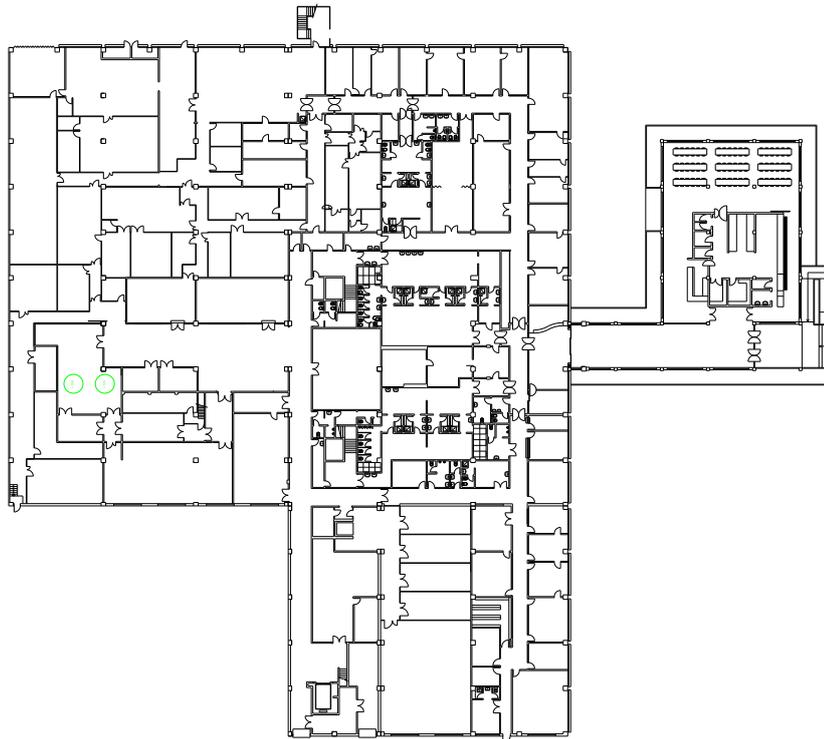
## 8. Anexos

### 8.1 Anexo 1 - Planta da Fábrica:

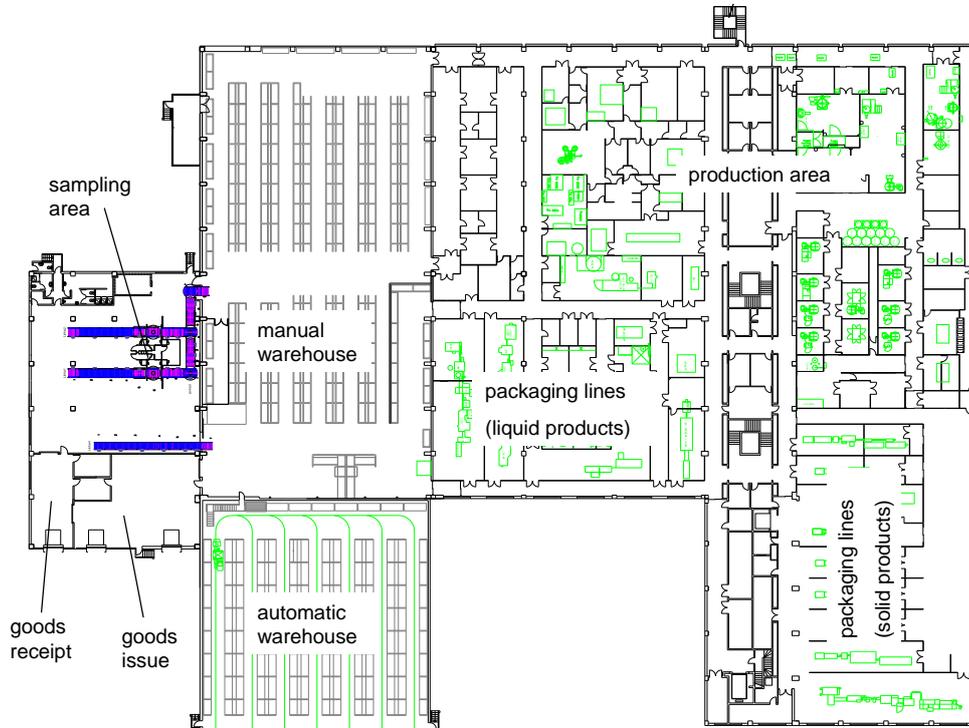


Planta da fabrica do Alto de Colaride do Cacém.

## 8.2 Anexo 2 - Layout da Fábrica dos dois pisos (nível 1 e nível 2)



Layout do nível 1



Layout do nível 2

### 8.3 Anexo 3 - Evolução da Produção Últimos três anos

| Ano          | 2009              |                  |                  |                   | 2008              |                  |                  |                   | 2007              |                  |                  |                   |
|--------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
|              | Sólidos           | Líquidos         | Estéreis         | Total             | Sólidos           | Líquidos         | Estéreis         | Total             | Sólidos           | Líquidos         | Estéreis         | Total             |
| Janeiro      | 1.320.455         | 821.508          | 229.118          | 2.371.081         | 1.639.813         | 576.863          | 233.674          | 2.450.350         | 1.557.150         | 867.418          | 96.427           | 2.520.995         |
| Fevereiro    | 1.860.390         | 613.961          | 154.913          | 2.629.264         | 1.810.390         | 528.788          | 164.393          | 2.503.571         | 1.583.214         | 751.369          | 164.103          | 2.498.686         |
| Março        | 2.041.652         | 909.789          | 196.632          | 3.148.072         | 1.923.456         | 702.059          | 158.462          | 2.783.977         | 1.909.613         | 869.004          | 195.128          | 2.973.745         |
| Abril        | 3.014.005         | 754.581          | 134.213          | 3.902.799         | 2.314.560         | 603.300          | 246.699          | 3.164.559         | 1.540.253         | 858.410          | 77.285           | 2.475.948         |
| Maiο         | 3.064.882         | 861.518          | 241.091          | 4.167.491         | 1.450.900         | 719.824          | 240.725          | 2.411.449         | 2.772.545         | 983.160          | 143.588          | 3.899.293         |
| Junho        | 2.539.621         | 563.582          | 246.139          | 3.349.342         | 1.590.560         | 759.745          | 204.422          | 2.554.727         | 2.073.945         | 742.619          | 141.340          | 2.957.904         |
| Julho        | 3.537.985         | 853.817          | 140.442          | <b>4.532.244</b>  | 2.439.182         | 965.428          | 373.182          | <b>3.777.792</b>  | 2.541.483         | 792.936          | 125.833          | 3.460.252         |
| Agosto       | 1.206.955         | 230.018          | 82.561           | 1.519.534         | 989.780           | 109.584          | 59.832           | 1.159.196         | 472.269           | 60.800           | 78.973           | 612.042           |
| Setembro     | 3.015.743         | 989.480          | 2.006            | 4.007.229         | 1.878.900         | 859.692          | 316.689          | 3.055.281         | 1.728.797         | 669.129          | 236.334          | 2.634.260         |
| Outubro      | 2.876.280         | 848.780          | 57.295           | 3.782.356         | 1.990.500         | 961.318          | 193.183          | 3.145.001         | 2.039.816         | 981.415          | 340.531          | 3.361.762         |
| Novembro     | 2.838.282         | 737.312          | 103.577          | 3.679.171         | 2.309.800         | 724.044          | 187.101          | 3.220.945         | 1.862.786         | 670.518          | 299.968          | 2.833.272         |
| Dezembro     | 1.985.135         | 624.810          | 15.458           | 2.625.403         | 1.709.008         | 522.112          | 191.195          | 2.422.315         | 813.153           | 547.961          | 236.012          | 1.597.126         |
| <b>Total</b> | <b>29.301.384</b> | <b>8.809.156</b> | <b>1.603.445</b> | <b>39.713.985</b> | <b>22.046.849</b> | <b>8.032.757</b> | <b>2.569.556</b> | <b>32.649.162</b> | <b>20.895.025</b> | <b>8.794.739</b> | <b>2.135.522</b> | <b>31.825.285</b> |

Qtdd Produzidas

|  | 2009             | 2008             | 2007             |
|--|------------------|------------------|------------------|
| <b>Média de Produção Fábrica(sem Agosto)</b> | <b>3.472.223</b> | <b>2.862.724</b> | <b>2.837.568</b> |

|                      | 2009    |
|----------------------|---------|
| <b>Peso Sólidos</b>  | 73,78%  |
| <b>Peso Líquidos</b> | 22,18%  |
| <b>Peso Estéreis</b> | 4,04%   |
|                      | 100,00% |

|                      | 2008    |
|----------------------|---------|
| <b>Peso Sólidos</b>  | 67,53%  |
| <b>Peso Líquidos</b> | 24,60%  |
| <b>Peso Estéreis</b> | 7,87%   |
|                      | 100,00% |

|                      | 2007    |
|----------------------|---------|
| <b>Peso Sólidos</b>  | 65,66%  |
| <b>Peso Líquidos</b> | 27,63%  |
| <b>Peso Estéreis</b> | 6,71%   |
|                      | 100,00% |

|                                    | 2009/2008 |
|------------------------------------|-----------|
| <b>Taxa de crescimento Sólidos</b> | 32,91%    |

#### 8.4 Anexo 4 - Formas de Manuseamento Automáticos

##### Porta-paletes Electrico – Stacker com plataforma



Características Técnicas:

Largura do corredor para paletes 800x1.200 mm no sentido longitudinal: 2.000 mm

Raio de giro = 1.550 mm

Máxima altura de elevação: 1.000 mm

Preço ≈ 5.500€

##### AGV a Laser



As cargas unitárias terão por base paletes norma DIN 15146/folha 3 com as seguintes dimensões principais:

- Frente (mm) 800
- Profundidade (mm) 1200
- Altura com carga (mm) 1600
- Carga máxima (kg) 800

Um veículo guiado automaticamente (AGV), para transporte de paletes, com as seguintes características principais:

Sistema de transferência de carga constituído por dois garfos fixos montados num sistema de elevação.

- Capacidade de carga 800 (Kg)
- Elevação dos garfos 800 mm
- Sistema de navegação laser NDC system 8.
- Uma unidade de tracção / direcção.
- Velocidade máxima 1.2 (m/s)
- Rodas em Vulkollan.

- Uma bateria de chumbo 48 V, preparada para um ciclo de trabalho de 16 horas e 8 horas de tempo de recarga.
- Seguranças frontais e laterais, que permitem:
- A detecção de obstáculos à distância que originam redução de velocidade para um valor programável.
- Paragem imediata quando actuados.
- Paragem imediata em caso de perda de seguimento.
- Botoneiras para paragem de emergência no cantos do veículo.
- Detecção de palete presente na estação de carga / descarga.
- Quadro eléctrico com aparelhagem de controlo e comando do veículo.
- Display com teclado para visualização de informação relativa ao estado do veículo e edição de parâmetros de funcionamento.

#### ELECTRÓNICA DE CONTROLO EMBARCADA

Cartas de microprocessador em processamento paralelo que executam as seguintes funções:

- Controlo dos diferentes modos de funcionamento
- Diálogo com o sistema de gestão central
- Controlo do motor de direcção
- Controlo da velocidade do motor de tracção
- Controlo do posicionamento de precisão
- Leitura e processamento da informação proveniente dos sensores existentes no veículo
- Monitorização do estado de carga das baterias
- Supervisão e actuação dos sistemas de segurança
- Display com teclado para visualização de informação relativa ao estado do veículo e edição de parâmetros de funcionamento.

Equipamento Estacionário:

Sistema de comunicação RF contínua e bidireccional entre o AGV e o sistema de gestão central.

Sistema estacionário de carga das baterias dos LGVs, constituído por um carregador controlados por microprocessador e por contactos no solo.

Sistema de navegação laser de tecnologia NDC, com os seguintes componentes principais:

A nível do veículo

- Controlador BNC500
- Laser scanner 4.0
- Equipamento estacionário
- Reflectores fixos instalados na área de trabalho do AGV.
- Sistema de gestão
- PC Pentium 64 MB RAM
- NT8000 base program

#### Proposta de AGV

Tal como foi dito anteriormente, a proposta seria a instalação de um AGV a laser. O Laser Guided Vehicle (LGV) é um veículo guiado automaticamente, destinado a movimentar as paletes entre os vários postos de transformação do produto, com as seguintes características:

Cinemática: unidirecional com uma roda de seguimento: 1 bloco tracção/direcção.

Velocidade translação máxima: 1 m/s

Sistema de transferência de carga: A transferência de carga entre o LGVA transferência de carga entre o LGV e as estações periféricas de carga/descarga é efectuada por dois garfos fixos, montados sobre um sistema de que lhe permite uma elevação de cerca de 1000 mm;

Seguimento, selecção de trajectória e localização: A navegação laser combina um processo de medida por laser com odometria. O detector laser, de movimento giratório, colocado no veículo detecta, ao varrer a área circundante, o ângulo em relação ao referencial laser dos vários reflectores instalados na área de operação do veículo. Como resultado são obtidas em tempo real as coordenadas absolutas do veículo assim como a sua orientação (ângulo relativamente a um referencial). A configuração do sistema é definida "off-line" num ambiente CAD. Aí são referenciadas todas as estações de carga/descarga, a posição dos reflectores e as trajectórias possíveis. Esta informação é

tratada e é transferida para os veículos. O controlador do veículo conhece a configuração do layout para fins de navegação. A selecção do trajecto a realizar para cada tarefa é feita a nível de cada veículo sob a coordenação do sistema de gestão estacionário. O sistema de controlo do veículo comanda os motores de translação e de direcção no sentido de o veículo seguir a trajectória seleccionada. Os sinais obtidos dos “encoders” associados a estes motores são utilizados para navegar por odometria. O veículo pode deslocar-se durante um certo tempo predefinido sem sinal de referência do laser. Será automaticamente recalibrado após a primeira leitura correcta do laser.

Accionamentos: Bloco tracção/direcção integrado com:

- Tracção: motor 48V DC íman permanente, comandado por variador de velocidade com limitação de intensidade; encoder acoplado; redutor de velocidade integrado na roda; freio electromagnético; roda em Vulkollan;
- Direcção: motor 48V DC íman permanente, comandado por variador de velocidade com limitação de intensidade; redutor axial de 3 estágios;
- Mecanismo de elevação: O mecanismo de elevação dos garfos está a cargo de um motor PM com transmissão por parafuso sem fim. Este tipo de tecnologia comprovada tem bastantes vantagens sobre um mecanismo de elevação hidráulico. Duas destas vantagens são, por exemplo, uma superior eficiência energética e uma menor exigência de manutenção. Com este tipo de mecanismo, é também mais fácil a integração de um sistema de medição do curso de elevação do garfo. Um encoder montado na cremalheira permite medir o curso com uma precisão de 1mm. É utilizado um chopper para o controle do motor de elevação, de modo a que o garfo tenha um movimento a uma velocidade reduzida antes da paragem, conseguindo-se assim uma grande precisão de posicionamento. Este chopper também permite limitar a força de elevação, oferecendo também uma protecção de sobrecarga. No caso de não ser detectada tensão na bateria, o movimento do garfo é bloqueado através do freio do motor. Os garfos estão soldados ao suporte de garfos, que possui quatro rolamentos de suporte e guiamento, alojados no perfil do mastro. Os dois rolamentos de topo são ajustáveis, de modo a permitir o ajuste horizontal dos garfos com o chassis do AGV. Este garfo está desenhado para o transporte de paletes exigidas (Europaletes, American Pallets, paletes fechadas, etc.). Os movimentos do garfo são limitados por fins de curso superiores e inferiores, que transmitem a

informação para o painel de controlo. Um sensor indutivo é usado para como um interruptor para a unidade de elevação, e realiza um reset da informação da altura, sempre que é utilizado. O movimento de elevação é monitorizado através de um sensor de proximidade, posicionado no suporte dos garfos e que informa a central de controlo se o garfo não se conseguir mexer durante algum tempo durante o movimento para baixo. Existem pára-choques nas extremidades dos garfos, desenhado para interagir com as paletes, oferecendo um nível de segurança pessoal elevado. A velocidade de elevação máxima é de 70mm/s.

- Comunicação: Sistema de comunicação contínua e bidireccional entre o(s) LGV(s) e o sistema de gestão central. A comunicação entre os veículos e o sistema gestor central é efectuado através de Rádio Frequência. Cada LGV possui um modem RF que comunica com um modem RF estacionário;
- Posicionamento de precisão: É feito pelo alinhamento de duas fotocélulas do veículo com reflectores de referência estáticos situados nas estações carga/descarga ou qualquer outro de paragem precisa. Este método garante um alinhamento seguro dentro de valores pré-determinados;
- Alimentação: Por bateria de chumbo 48. O veículo possui contactos que se ligam aos que existem no solo pertencentes ao carregador, tornando possível a operação de carga automática das baterias;

#### Segurança:

- Paragem imediata em caso de perda de seguimento.
- Pára-choques sensíveis ao contacto que originam paragem imediata quando actuados.
- Detecção de obstáculos à distância por sensor de ultra sons que originam redução de velocidade para um valor programável.
- Botoneiras para paragem de emergência nos cantos do veículo.
- Sensor para detecção de palete presente na estação de carga/descarga.

#### Modos de funcionamento:

- Automático: Todas as operações são controladas a partir do sistema de gestão central.
- Manual: Acoplado no veículo um dispositivo para comando manual o operador pode controlar directamente as seguintes funções:

## Direcção

- Sentido de movimento
- Velocidade de movimento
- Sistema de transferência de carga
- Semi-automático: Semelhante ao modo manual na ausência de frequência de seguimento. Quando uma frequência de seguimento é detectada o veículo passa a ter seguimento automático, mantendo-se as restantes funções em comando manual. Este modo é utilizado para reinserção do veículo nos "loops". Pode ser também utilizado em caso de falha do sistema de gestão central.

## Conveyor

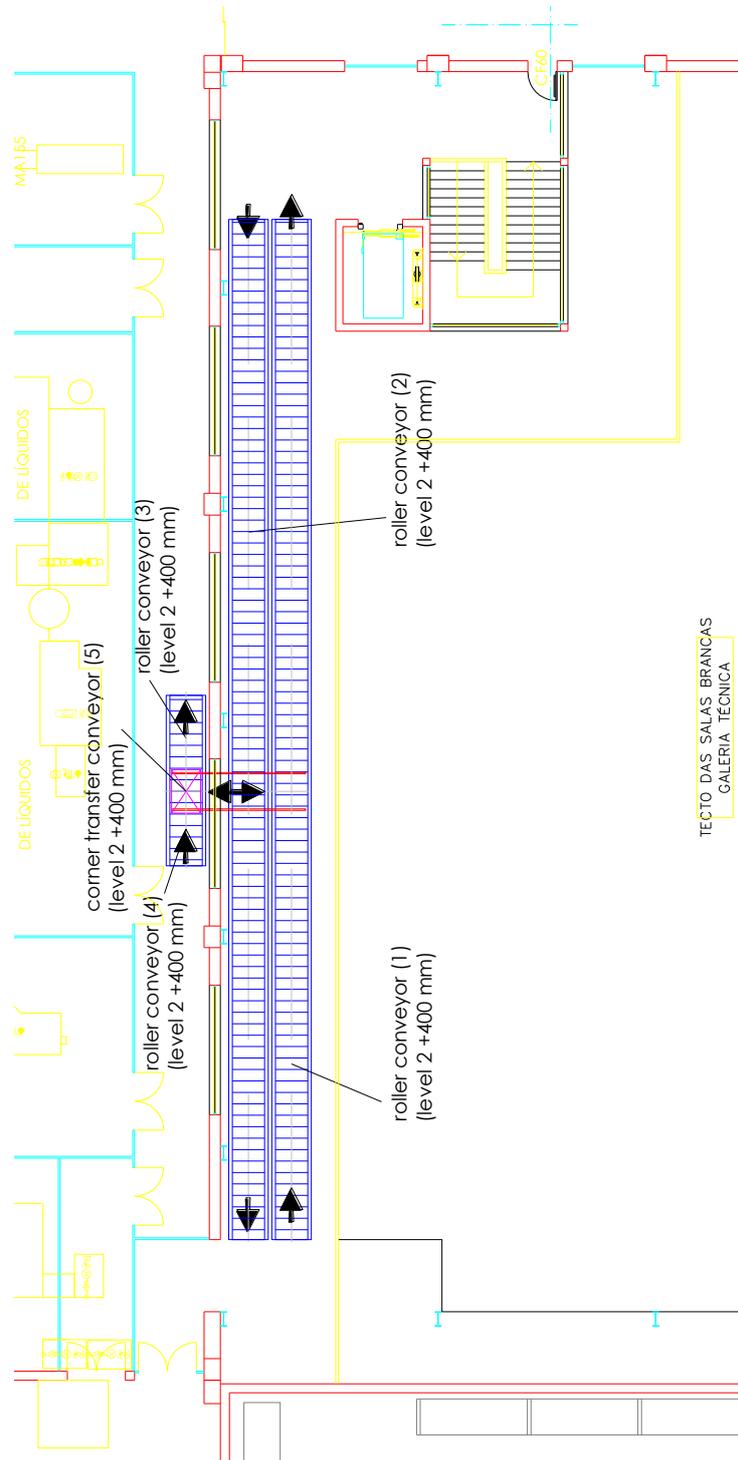
| level          | position / identification                | Group                   |               |                              |                   |       | Total     |
|----------------|--|-------------------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------|-----------|
|                |  | Pallet conveyors<br>[m] | # of segments | Corner transfer<br>conveyors | pallet turntables | other |           |
| Level 2 +400mm | Line 1, packaging material, solid lines  | 27                      | 6             | 1                            | 0                 |       | 77.840 €  |
| Level 2 +400mm | Line 2, finished products, solid lines   | 27                      | 6             | 1                            | 0                 |       | 77.840 €  |
| Level 2 +400mm | Line 3, packaging material, liquid lines | 2,5                     | 1             | 0                            | 0                 |       | 7.900 €   |
| Level 2 +400mm | Line 4, finished products, liquid lines  | 1,5                     | 1             | 0                            | 0                 |       | 5.740 €   |
| Level 2 +400mm | corner transfer conveyor                 |                         |               | 1                            | 0                 |       | 11.000 €  |
|                |  |                         |               |                              |                   |       | 180.320 € |

Custos da primeira solução apresentada.

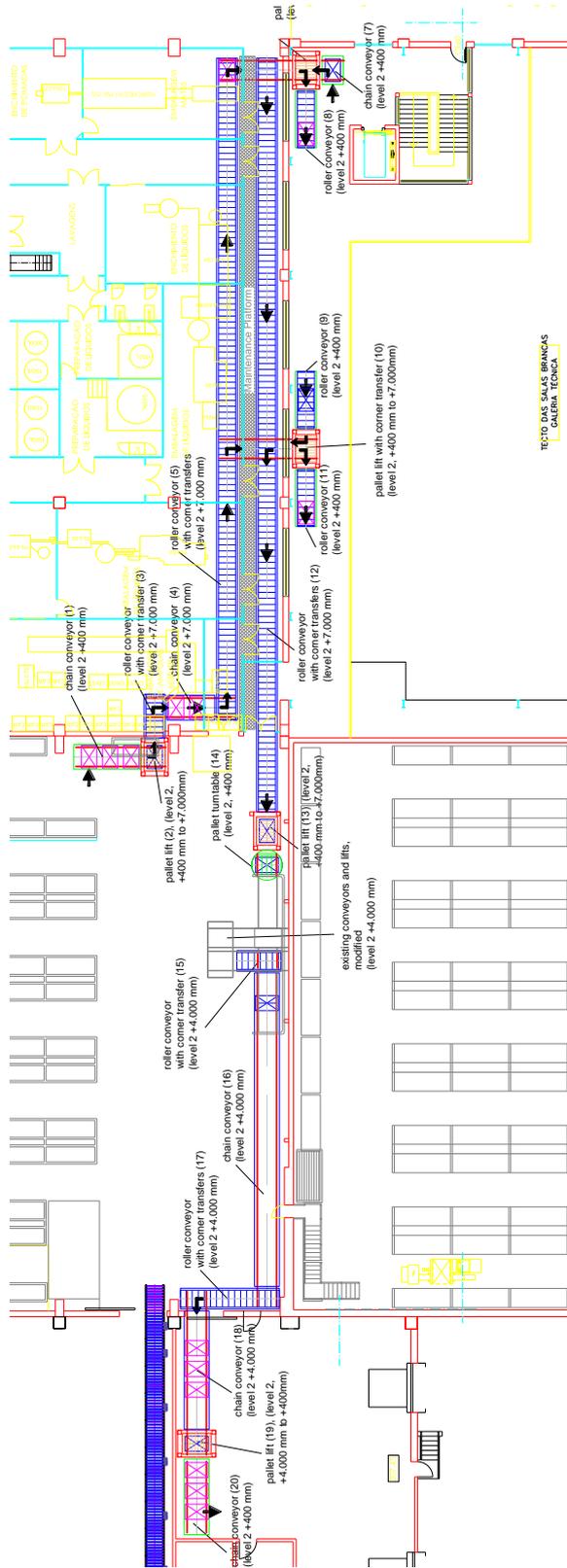
| level                       | position / identification   | Group                   |               |                              |                   |       | Total     |
|-----------------------------|---|-------------------------|---------------|------------------------------|-------------------|-------|-----------|
|                             |   | Pallet conveyors<br>[m] | # of segments | Corner transfer<br>conveyors | pallet turntables | other |           |
| Level 2 +400mm              | chain conveyor (1), packaging material                                    | 3,5                     | 2             |                              |                   |       | 13.400 €  |
| Level 2 +400mm /<br>7.000mm | lift with corner transfer (2), packaging material                         |                         |               | 1                            |                   | 1     | 61.800 €  |
| Level 2 +7.000mm            | roller conveyor with corner transfer (3),<br>packaging material           | 2,3                     | 1             | 1                            |                   |       | 18.468 €  |
| Level 2 +7.000mm            | chain conveyor (4), packaging material                                    | 2,5                     | 1             |                              |                   |       | 8.500 €   |
| Level 2 +7.000mm            | roller conveyor with corner transfers (5),<br>packaging material          | 35                      | 7             | 3                            |                   |       | 117.700 € |
| Level 2 +400mm /<br>7.000mm | lift with corner transfer (6), packaging material<br>+ finished products  |                         |               | 1                            |                   | 1     | 61.800 €  |
| Level 2 +400mm              | chain conveyor (7), finished products                                     | 1,3                     | 1             |                              |                   |       | 5.620 €   |
| Level 2 +400mm              | roller conveyor (8), packaging material                                   | 3                       | 2             |                              |                   |       | 11.480 €  |
| Level 2 +400mm              | roller conveyor (9), finished products                                    | 3                       | 2             |                              |                   |       | 11.480 €  |
| Level 2 +400mm /<br>7.000mm | lift with corner transfer (10), packaging<br>material + finished products |                         |               | 1                            |                   | 1     | 61.800 €  |
| Level 2 +400mm              | roller conveyor (11), packaging material                                  | 3                       | 2             |                              |                   |       | 11.480 €  |
| Level 2 +7.000mm            | roller conveyor with corner transfers (12),<br>packaging material         | 40                      | 8             | 3                            |                   |       | 129.800 € |
| Level 2 +400mm /<br>7.000mm | lift (13), finished products  |                         |               |                              |                   | 1     | 50.800 €  |
| Level 2 +400mm              | pallet turntable (14), finished products                                  |                         |               |                              | 1                 |       | 13.400 €  |
| Level 2 +4.000mm            | roller conveyor with corner transfer (15),<br>finished products           | 2,5                     | 1             | 1                            |                   |       | 18.900 €  |
| Level 2 +4.000mm            | chain conveyor (16), finished products                                    | 16,5                    | 4             |                              |                   |       | 45.640 €  |
| Level 2 +4.000mm            | roller conveyor with corner transfer (17),<br>finished products           | 5,2                     | 2             | 2                            |                   |       | 38.232 €  |
| Level 2 +4.000mm            | chain conveyor (18), finished products                                    | 6,5                     | 2             |                              |                   |       | 19.040 €  |
| Level 2 +400mm /<br>4.000mm | lift (19), finished products  |                         |               |                              |                   | 1     | 44.800 €  |
| Level 2 +400mm              | chain conveyor (16), finished products                                    | 4                       | 2             |                              |                   |       | 14.600 €  |
| Level 2 +7.000mm            | constructional preparation roof   |                         |               |                              |                   | 37    | 55.500 €  |
| Level 2 +7.000mm            | encasement of conveyor technolgy  |                         |               | 0                            | 0                 | 37    | 74.000 €  |
| Level 2 +7.000mm            | maintenance stage   |                         |               | 0                            | 0                 | 37    | 18.500 €  |
|                             |   |                         |               |                              |                   |       | 906.740 € |

Custos da segunda solução apresentada.

## 8.5 Anexo 5 - Rotas Conveyor



Planta da implementação da primeira solução proposta.



Planta da implementação da segunda solução proposta.

8.6 Anexo 6 - Análise do Investimento:

| AGV                  | 0            | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|----------------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Investimento inicial | 250.000      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Custos e Manutenção  |              | 600    | 600    | 600    | 600    | 600    | 600    | 600    | 600    | 600    | 600    |
| Produção             |              | 13.000 | 13.650 | 14.333 | 15.049 | 15.802 | 16.592 | 17.421 | 18.292 | 19.207 | 20.167 |
| Nº AGV necessários   |              | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      | 2      |
| Val                  | 253.686,74 € |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

| Trabalhadores             | 0            | 1      | 2      | 3      | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       |
|---------------------------|--------------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Produção                  |              | 13.000 | 13.650 | 14.333 | 15.049   | 15.802   | 16.592   | 17.421   | 18.292   | 19.207   | 20.167   |
| Ordenados                 |              | 32.760 | 43.680 | 43.680 | 43.680   | 43.680   | 43.680   | 43.680   | 54.600   | 54.600   | 54.600   |
| Trabalhadores Necessários |              | 3      | 3,15   | 3,3075 | 3,472875 | 3,646519 | 3,828845 | 4,020287 | 4,221301 | 4,432366 | 4,653985 |
|                           |              | 3      | 4      | 4      | 4        | 4        | 4        | 4        | 5        | 5        | 5        |
| Val                       | 272.402,96 € |        |        |        |          |          |          |          |          |          |          |

De facto, o AGV apesar de se traduzir agora num maior investimento inicial numa perspectiva de crescimento da produção é a melhor solução.

