

Melhoria das Rotas de *Picking* em Armazém de Operador Logístico

Daniel Tiago Batista Santos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2015-07-01

“A persistência é o menor caminho do êxito.”

- (*Charles Chaplin*)

Aos meus pais e aos meus irmãos.

Resumo

Em períodos de crise económica, em que se observa uma forte redução do nível de atividade das empresas, torna-se premente a adoção de políticas de racionalização ao nível dos custos, associados à melhoria dos processos. A melhoria de processos deve ser obtida a partir de abordagens estruturadas, que possibilitem o desenvolvimento e a implementação de mudanças com efeitos benéficos e sustentáveis nos processos.

A presente dissertação insere-se num estudo realizado à atividade de *picking* no armazém logístico da empresa Luís Simões. Nesse sentido foram identificadas as principais lacunas existentes na atividade e propostas diferentes soluções para as eliminar ou melhorar.

A melhoria na atividade de *picking* foi assente essencialmente no desenvolvimento de um algoritmo de raiz, adequado o mais possível à realidade atual da empresa, e ainda na elaboração de uma disposição geográfica dos artigos em função do seu volume de vendas, adaptada ao algoritmo criado.

A segunda fase do projeto consistiu na realização de testes à nova disposição e algoritmo, fazendo uma comparação do histórico de encomendas e de operações de *picking*, com o que ocorreria caso fossem implementadas as novas soluções propostas nesta dissertação. Os resultados foram registados e as realidades comparadas.

Numa terceira fase, após a realização de alguns testes ao tempo dos vários processos que constituem a atividade de *picking*, foram identificadas outras lacunas para as quais foram sugeridas soluções de baixo custo, que tivessem impacto nos resultados e produtividade dos operadores.

A aplicação do algoritmo e da nova localização geográfica dos produtos no armazém permitiram ganhos temporais na preparação das encomendas, na ordem dos 17% (considerando unicamente o transporte). No entanto, com a aplicação de outras pequenas soluções, e considerando movimentos em vazio, re-empilhamento ou tempo gasto em procura e contagem, estima-se que essa percentagem aumentaria certamente para valores acima dos 20%, podendo chegar perto dos 29%.

Todas estas melhorias aplicadas ao Centro de Operações Logísticas de Leixões permitem ganhos significativos a nível operacional e a nível qualitativo.

Routing Improvement in a Logistic Operator Warehouse

Abstract

In the middle of an economic crisis, it is common to observe a decrease in the business of the companies, so it is necessary to adopt measures in order to minimize costs and establish improvement processes.

The improvement processes should be obtained from structured approaches, that enable the development and implementation of changes with beneficial and sustainable effects on company processes.

This dissertation was developed in the logistic operator Luis Simões and describes a study, made at the company warehouse, about the picking activity.

It was possible to identify the main gaps and propose various enhancement solutions for their daily activity.

Improved picking activity was essentially based on the development of an algorithm adjusted to the current reality of the company, and also in the formulation of a new arrangement (locations) of the articles according to their volume of sales, associated to the algorithm program.

The second phase of the project consisted in testing the new storage of the articles and algorithm. Then it was necessary to analyse the orders history and compare the results before and after the implementation of these new solutions. Results were recorded and both realities were compared.

On the third phase, after conducting some time tests, related to the various processes that make up the picking activity, other gaps were identified. Solutions were suggested which could minimize costs and could have an impact on the program results and productivity of operators.

The application of the algorithm and the new locations for the products allowed reducing in about 17% the time of the preparation of orders (considering only the transportation). However, with the implementation of other small solutions, and considering unnecessary movements, which mean stacking or time spent on searching and counting, it was estimated that this percentage will increase above 20%, and could reach nearly 29%.

All these improvements applied to the Logistics Operations Center of “Leixões” allow significant operational and qualitative progresses.

Agradecimentos

Este projeto, representa a conclusão do meu percurso académico e por este motivo, gostaria de deixar aqui os meus profundos agradecimentos a todos os que contribuíram para a minha formação pessoal e académica.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Luís Simões Logística Integrada, pela oportunidade concedida em realizar este projeto.

Agradeço ao meu orientador, Dr. António Lacerda, pelo apoio prestado, discussão de ideias e saber partilhado.

Agradeço ainda à Eng^a. Tânia Pinto, ao Eng.º Pedro Barbosa e ao Hélder Sousa por todo o apoio prestado e material fornecido, essencial à realização deste projeto, e pelas ideias partilhadas.

Agradeço a todos os operadores de armazém, pelas suas opiniões e discussão de ideias, cuja experiência foi fundamental para um maior conhecimento da realidade existente na Luís Simões.

Agradeço ao Prof. Manuel Pina Marques, pela orientação e disponibilidade prestadas, e indicações valiosas.

Agradeço ao Prof. Carlos Bragança e ao Prof. Pedro Amorim por toda a disponibilidade e conhecimentos transmitidos essenciais à realização deste projeto.

Agradeço aos meus pais, Fernando e Graça, pelos valores transmitidos ao longo da minha vida.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação.....	1
1.2	Apresentação da Luís Simões Logística Integrada S.A.	1
1.3	Objetivos do projeto.....	2
1.4	Método seguido no projeto	3
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Revisão do estado da arte.....	5
2.1	Localização de produtos em armazém	5
2.1.1	Zona de preparação de encomendas	5
2.1.2	Políticas de alocação de produtos	5
2.1.3	Agrupamento por Famílias	7
2.1.4	Objetivos principais da atividade de <i>picking</i>	8
2.2	Algoritmos de roteamento de caminho mais curto	9
2.3	Heurísticas de Roteamento	10
3	Apresentação do Problema	12
3.1	Área do armazém	12
3.2	Funcionamento do armazém de <i>picking</i>	16
3.3	Principais problemas identificados	19
3.3.1	Disposição de produtos no armazém	19
3.3.2	Rota de <i>picking</i>	22
3.3.3	Restrições impostas pelos clientes.....	23
3.4	Outros problemas identificados	24
4	Soluções propostas.....	26
4.1	Criação da matriz de distâncias.....	27
4.2	Nova localização dos produtos no armazém.....	27
4.3	Resultados da nova localização dos produtos no armazém	30
4.4	Novo algoritmo de geração de rotas de <i>picking</i>	31
4.5	Resultados obtidos com o novo algoritmo.....	37
4.6	Resultados obtidos com novas localizações e algoritmo no tempo de encomenda	39
4.7	Outras soluções propostas	41
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	47
	Referências	50
	ANEXO A: CLP do cliente Pingo Doce.....	52

ANEXO B: Volume de encomendas dos principais clientes da Luís Simões nos últimos 5 meses (Janeiro a Maio)	53
ANEXO C: Matriz parcial de distâncias	54
ANEXO D: Nova disposição dos artigos em armazém	55
ANEXO E: Produtividade dos Operadores	60
ANEXO F: Alguns testes aos tempos de encomenda	61

Siglas

COI – *Cube-per-order index*

COL – Centro de Operações Logísticas

GLS – Grupo Luís Simões

LSLI – Luís Simões Logística Integrada S.A.

OE – Ordem de Encomenda

PLA – Produtos da categoria arbora (fraldas, toalhitas, pensos higiénicos etc.)

PLD – Produtos da categoria drogaria (lixívias, detergentes, ambientadores e outros produtos de limpeza)

PLG – Produtos da categoria *Gillette* (Lâminas/espumas de barbear, escovas de dentes etc.)

PLP – Produtos da categoria Perfumaria (Shampoos, lacas, tintas/máscaras para o cabelo etc.)

SKU – *Stock Keeping Unit*

TSP – *Travelling Salesman Problem*

UT – Unidade de Transporte

VBA – *Visual Basic for Applications*

Índice de Figuras

Figura 1 - Novo Centro Logístico de Leixões.	2
Figura 2 - Cronograma das várias fases do projeto	4
Figura 3 - Estratégias de deposição das classes no armazém (Fonte: De Koster <i>et al</i> , 2007)....	7
Figura 4 - Distribuição típica dos tempos na atividade de <i>picking</i> (Fonte:Tompkins <i>et al</i> , 2003).....	8
Figura 5 - Exemplo de elaboração das matrizes R (direções) e W (custos/distâncias) para a rede da esquerda (Fonte: Hentschel et al, 2007).....	9
Figura 6 - Representação dos modelos das heurísticas (Fonte: Beker <i>et al</i> , 2012).....	11
Figura 7 – Dimensões das estantes	12
Figura 8 – Estantes do Radio Shuttle	13
Figura 9 - Zona de receção de <i>picking</i>	13
Figura 10 - Área de reaprovisionamento	13
Figura 11 - Zona de cais para expedição das encomendas	14
Figura 12 - Paletes vazias no ponto de partida/ <i>depot</i>	14
Figura 13 - Zona fechada de logística inversa.....	14
Figura 14 – <i>Layout</i> do armazém de <i>picking</i> da Luís Simões.....	15
Figura 15 - Empilhador retrátil usado na Luís Simões.....	16
Figura 16 - Sistema de identificação por radiofrequência.....	17
Figura 17 – Porta-paletes convencional.....	17
Figura 18 - Leitura do código de barras pelo RFID (verificação).....	18
Figura 19 - Operação de recolha.....	18
Figura 20 - Filmagem automatizada (<i>Robocap</i>).....	18
Figura 21 - Filmagem manual	18
Figura 22 - Falha na estivagem: os artigos do tipo PLP não devem estar por cima dos artigos do tipo PLA	20
Figura 23 - Falha na estivagem: Artigos com maiores volumes devem estar no centro da paleta.....	20
Figura 24 - Falha na estivagem: caixas danificadas de fraldas devido à sobreposição de outras mais pesadas (toalhitas).....	20
Figura 25 - Corredor AC (do lado esquerdo) com paletes completas em <i>stock</i>	21
Figura 26 - Área de produtos inaptos	21
Figura 27 - Representação da disposição dos produtos por categoria e ainda dos corredores não utilizados na atividade de <i>picking</i> (a vermelho)	22
Figura 28 - Etiqueta de um local de <i>picking</i> do armazém	24
Figura 29 - Informação contida numa UT de paleta.....	25
Figura 30- Desenho de definição da zona de estantes (em AutoCad).....	27

Figura 31 - Nova disposição dos produtos em armazém em função da sua rotação, categoria e classificação da caixa/embalagem atribuída.....	30
Figura 32 - Página inicial da aplicação desenvolvida.....	35
Figura 33 - Página relativa ao cálculo da rota e também das distâncias percorridas na execução da mesma	36
Figura 34 - Página relativa à opção de filtragem da encomenda por categoria e caixa/embalagem	36
Figura 35 - Gráfico representativo das percentagens médias do tempo gasto em cada uma das atividades na operação de <i>picking</i>	40
Figura 36- Gráfico representativo da variação do tempo gasto em verificação/contagem nos 32 testes realizados	42
Figura 37 - Número de embalagens consoante o número de camadas da palete (produto recolhido à embalagem).....	43
Figura 38 - Exemplo de marcação do local de abastecimento de <i>liners</i>	44
Figura 39 - Organização do espaço de receção de <i>picking</i> por clientes (siglas)	45
Figura 40 - Espaço disponível no porta-paletes para a integração do recipiente para papéis de autocolantes	46
Figura 41 - Gráfico correspondente às percentagens de cada cliente.....	53
Figura 42 - Produtividade dos operadores do 1º turno no mês de Maio (o valor de 100% é um valor estipulado pela empresa na relação do número de caixas e linhas/locais a recolher)60	
Figura 43 - Produtividade dos operadores do 2º turno no mês de Maio	60

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Informações mais relevantes sobre o COL de Leixões	2
Tabela 2 - Poupança registada nas distâncias percorridas com a nova localização dos produtos	30
Tabela 3 - Resultados registados nos testes realizados com o novo algoritmo e com a nova disposição	37
Tabela 4 - Margem de erro calculada para cada um dos testes com o novo algoritmo e a nova localização	38
Tabela 5 - Redução do tempo em percentagem com a introdução da nova disposição e do novo algoritmo.....	41
Tabela 6 - Percentagens médias de tempo gasto na atividade de verificação/contagem consoante a categoria do produto	42
Tabela 7 - Percentagem do volume total de caixas encomendadas em cada cliente	53
Tabela 8 - Média das produtividades dos operadores nos meses de Abril e Maio.....	60
Tabela 9 – Teste de encomenda realizada pelo operador João Machado ao cliente CooplecNorte.....	61
Tabela 10 – Teste de encomenda realizada pelo operador Sérgio Costa ao cliente Modelo/Continente	61
Tabela 11 – Teste de encomenda realizada pelo operador Márcio Santos ao cliente Auchan .	61
Tabela 12 - Teste de encomenda realizada pelo operador Duarte Alves ao cliente Modelo/Continente	61

1 Introdução

Nesta introdução inicialmente será elaborado o enquadramento do projeto e motivação do mesmo, a integração na realidade atual da empresa Luís Simões bem como uma breve descrição da mesma. Seguidamente são detalhados os objetivos do projeto proposto pela empresa e a metodologia seguida ao longo deste estudo. Por último é brevemente relatada a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O projeto foi realizado na empresa Luís Simões Logística Integrada S.A., mais precisamente no novo Centro de Operações Logísticas de Leixões (COL), inaugurado em Agosto do ano passado.

O tema desta dissertação é “Melhoria das rotas de *picking* em armazém de operador logístico”, projeto aberto pela empresa Luís Simões porque atualmente a atividade de *picking* é fulcral à empresa. É a atividade com maiores custos neste centro de operações e aquela que se acredita gerar mais desperdícios. O projeto foi elaborado no departamento de projetos e melhoria contínua da empresa, mas com um constante trabalho no terreno, no armazém A do centro logístico.

1.2 Apresentação da Luís Simões Logística Integrada S.A.

O Grupo Luís Simões (GLS) foi criado em 1948, mas surgiu ainda na década de 30 quando um casal de adolescentes, Fernando Luís Simões e Delfina Soares, decidiu transportar hortaliças e frutas, produzidas pelas respetivas famílias, numa carroça para abastecer os mercados de Lisboa e Malveira.

O GLS opera em várias áreas de negócio, maioritariamente no armazenamento e transportes a nível ibérico, incluindo também seguros (LusiSeg) e venda de semirreboques (Reta). Atualmente em Portugal, é líder no transporte rodoviário de mercadorias e no tráfego com Espanha. Segundo os últimos dados fornecidos, o negócio relativo ao transporte representa cerca de 60% do volume de vendas e a logística integrada cerca de 37%.

O Grupo tem atualmente ao seu serviço 1800 colaboradores tendo uma grande diversidade de clientes, que vai desde o setor alimentar, automóvel, higiene e eletrónica.

A LSLI (Luís Simões Logística Integrada S.A.) possui serviços de armazenagem de produtos, preparação de encomendas e posterior distribuição. Possui ainda departamentos de *Copacking*, que possibilitam a realização de quase todos os tipos de serviços de valor acrescentado aos seus clientes (como montagem de *packs* ou etiquetagens). A LSLI tem instalações próprias em Portugal e Espanha, em Portugal situam-se atualmente no Carregado, em Gaia e ainda em Leixões (local onde foi realizado este projeto).

A LSLI constitui um serviço especializado e de qualidade, que tem como missão garantir soluções eficientes e competitivas de transporte, logística e serviços auxiliares, promovendo a satisfação dos clientes e da sociedade em geral.

O projeto decorreu nos serviços administrativos do COL de Leixões, no departamento de projetos e melhoria contínua, cujo principal responsável foi uma ajuda fundamental para uma melhor compreensão da realidade atual da atividade de *picking*. O Centro de Operações Logísticas de Leixões que pode ser visualizado na Figura 1, apresenta hoje as seguintes informações mais relevantes (Tabela 1).

Tabela 1 - Informações mais relevantes sobre o COL de Leixões

Informações relevantes		
Número de colaboradores	Total	78
Perfil da plataforma	Área coberta (m ²)	20.000
	Altura (metros)	15
	Área de cais (m ²)	4.800
	Área de <i>co-packing</i> (m ²)	900
Capacidade	Armazém A nº paletes	15.930
	Armazém B nº paletes	19.377



Figura 1 - Novo Centro Logístico de Leixões.

1.3 Objetivos do projeto

Este projeto assenta essencialmente no conceito “melhoria”. De facto, o objetivo essencial proposto na realização deste estudo, estava assente na melhoria do circuito *picking* de um dos dois armazéns do COL. O armazém A, armazém em estudo nesta dissertação, é de funcionamento exclusivo ao maior cliente da Luís Simões no centro de Leixões. O cliente é a multinacional Norte-Americana P&G (Procter & Gamble) sendo, face ao seu volume de produtos armazenados, um cliente muito importante para a empresa.

O ênfase deveria estar assente essencialmente na melhoria das rotas de *picking* (que dá o título a este projeto); no entanto, poderiam ser abrangidas outras temáticas que fossem igualmente importantes e resultassem em melhorias significativas. O objetivo essencial à realização deste estudo seria melhorar a atividade atual, tornando-a mais organizada e produtiva (reduzir tempos de encomenda), e quantificar a melhoria registada.

O objetivo inicial proposto pela empresa seria uma redução dos tempos de encomenda na ordem dos 10% e que ao mesmo tempo, permitisse uma construção mais criteriosa de paletes. Uma correta construção do palete permite uma redução das falhas (nas regras definidas pelos clientes), e ainda reduzir o número de produtos danificados por uma má estivagem da mesma.

1.4 Método seguido no projeto

O projeto iniciou-se com uma visita a todo o Centro de Operações Logísticas de Leixões, bem como a apresentação de todos os funcionários da empresa e as suas respetivas funções. Isto possibilitou não só uma melhor integração na realidade da empresa, como também um primeiro conhecimento de todas as atividades e áreas de trabalho em que o COL assentava.

Após um período de apresentação e integração na realidade empresarial do centro, foram de acordo com o cronograma, cumpridas todas as tarefas nos períodos previstos.

Numa primeira fase foi acompanhada a atividade de *picking* dos operadores e foram registados todos os detalhes considerados importantes para o projeto. Com o auxílio dos funcionários do centro (operadores, funcionários da área administrativa e gestores de operações logísticas), foram identificadas as principais falhas existentes na atividade de *picking*, e definidas soluções para essas falhas.

Assim sendo foi elaborado um algoritmo para a definição das rotas de *picking*. De seguida foi definida uma localização geográfica dos vários SKU's (*Stock Keeping Unit*) existentes no armazém. Neste armazém o *picking* realiza-se apenas ao nível do solo. Esta nova disposição estaria assente num conjunto de regras que conjugava o volume de vendas com as restrições da construção da palete.

Depois de efetuada a nova localização geográfica dos produtos, foi criada uma matriz de distâncias com todos os trajetos possíveis de realizar dentro do armazém, necessária para o novo algoritmo.

Com a matriz de distâncias concluída, recorreu-se à linguagem de programação VBA (*Visual Basic for Applications*), onde foi programado o algoritmo desenvolvido, e associado à nova matriz de distâncias criada. Foi também criado um algoritmo auxiliar, que recorrendo ao histórico da sequência de *picking* das ordens de encomenda realizadas pelos operadores, determinasse as distâncias dos trajetos realizados. A criação deste algoritmo, seria a única solução para ter acesso a um comparativo das distâncias percorridas para as mesmas encomendas no passado, e no futuro, com a implementação do novo protótipo.

Realizou-se testes a 3 meses de histórico de encomendas, e foram registados os resultados comparativos (distâncias totais percorridas). No entanto, para se perceber o impacto das distâncias percorridas no tempo global de uma encomenda, foram realizados testes, nos quais foi registado o tempo despendido em cada operação que constitui toda a atividade de *picking*. O principal objetivo, seria perceber o impacto que esta redução nas distâncias percorridas em transporte teria no tempo de preparação de uma encomenda.

Por último, com o auxílio dos testes realizados ao tempo gasto em cada operação, foram identificadas outras falhas importantes que após analisadas, procuraram ser solucionadas.

Na Figura 2 é apresentado um cronograma com cada uma das várias fases enumeradas.

Atividades		15-Fev	01-Mar	15-Mar	01-Abr	15-Abr	01-Mai	15-Mai	01-Jun	15-Jun	01-Jul
1	Apresentação e conhecimento da empresa	█									
2	Visualização da atividade e registo de detalhes importantes		█								
3	Pesquisa Bibliográfica		█	█	█						
4	Identificação das principais lacunas na atividade			█							
5	Identificação de soluções				█						
6	Elaboração do algoritmo base para o roteamento				█	█					
7	Realização da nova localização dos produtos					█	█				
8	Criação da Matriz de distâncias do armazém						█				
9	Programação do novo algoritmo de roteamento						█	█	█		
10	Realização dos testes comparativos e outras soluções								█	█	
11	Elaboração do relatório do projeto						█	█	█	█	█

Figura 2 - Cronograma das várias fases do projeto

1.5 Estrutura da dissertação

O presente relatório está organizado de acordo com a ordem cronológica do desenvolvimento dos projetos propostos. No segundo capítulo é realizada uma revisão bibliográfica em que são desenvolvidos os conceitos essenciais à melhoria da atividade de *picking*, principalmente no que diz respeito à localização geográfica e a heurísticas de roteamento. As regras na nova disposição dos produtos, estão assentes na revisão realizada e são a base do algoritmo criado.

No capítulo 3 é feita uma breve introdução á área do armazém e ao seu *layout*, com a referência das áreas mais importantes e essenciais ao estudo. Também é feita uma breve apresentação da atividade de *picking* atual e das várias operações realizadas no armazém (inclusive uma breve descrição daquelas que, apesar de não constituírem a atividade de *picking*, estão diretamente ligadas à mesma). No entanto, o ênfase deste capítulo está na identificação de todos os problemas existentes nas operações de *picking*, sendo todos eles cuidadosamente detalhados.

No capítulo 4 são apresentadas as ações de melhoria propostas: em primeiro lugar os detalhes da nova localização dos artigos e resultados; depois a explicação do algoritmo e apresentados resultados obtidos a partir dele; e, por último, as soluções que não estão assentes nos dois trabalhos anteriores.

Por último no capítulo 5, apresentam-se as conclusões finais do trabalho desenvolvido assim como os resultados obtidos, e são ainda sugeridos trabalhos futuros.

2 Revisão do estado da arte

2.1 Localização de produtos em armazém

Existem diferentes métodos de alocação geográfica dos produtos à área do armazém. No entanto importa distinguir dois tipos de armazenamento: o que é feito na área de reserva (paletes completas em *stock*), e o que é feito na área de preparação de encomendas (paletes cujo artigo é recolhido à caixa ou embalagem).

2.1.1 Zona de preparação de encomendas

De forma a agilizar e aumentar a velocidade do processo é importante separar a zona de reserva da zona de preparação. O tamanho desta área é muito importante, uma vez que quanto mais pequena for, menor será a distância percorrida pelos operadores nas operações de *picking*. Para isso, é importante definir a quantidade de cada SKU que é colocada na zona de *picking*. O local onde cada SKU é colocado pode depender do armazenamento e da quantidade de recolhas desse SKU ou tamanho das encomendas. No entanto em alguns casos pode ser conveniente alocar alguns dos SKU apenas na área de reserva, se por exemplo as quantidades encomendadas desse SKU forem normalmente altas ou a frequência de procura for baixa (De Koster *et al*, 2007).

2.1.2 Políticas de alocação de produtos

Existem várias formas de alocar os produtos para os seus locais de armazenamento nas áreas de *picking* e de reserva. Tipicamente existem cinco tipos de armazenamento: armazenamento aleatório, armazenamento dedicado, armazenamento por classes, armazenamento no local vazio mais próximo e armazenamento por rotação, isto é, volume de encomendas (De Koster *et al*, 2007).

Armazenamento aleatório

Todas as paletes são atribuídas a um local do armazém selecionado aleatoriamente entre todos os locais vazios elegíveis com iguais probabilidades (Petersen, 1997). O armazenamento aleatório permite uma grande utilização do espaço, mas resulta no aumento das distâncias percorridas nas rotas. A política de armazenamento aleatório tem um bom funcionamento num ambiente computadorizado controlado (De Koster *et al*, 2007).

Armazenamento no local vazio mais próximo

Se o operador de *picking* puder escolher o local de armazenamento, então adota-se uma política de armazenamento no local vazio mais próximo (*closest open location storage*). O primeiro local encontrado vazio pelo operador irá ser usado para armazenar produtos. Normalmente, isto leva a um armazém onde todas as estantes estão preenchidas à volta do *depot* (ponto de partida), e gradualmente mais vazias na retaguarda (De Koster *et al*, 2007). No entanto, Hausman *et al* (1976) referem que a política de armazenamento no local vazio

mais próximo e a política de armazenamento aleatório, têm a mesma performance se os produtos forem movidos apenas em paletes.

Armazenamento Dedicado

Outra estratégia de localização e armazenamento é o denominado armazenamento dedicado. A cada produto é atribuída uma localização fixa. No entanto, uma desvantagem do armazenamento dedicado é que uma localização é reservada mesmo para produtos cujo *stock* é nulo. Além disso, tem de ser reservado espaço suficiente para todos os produtos de modo que o nível máximo de inventário possa ser armazenado. Assim, a eficiência no que diz respeito à utilização do espaço é a mais baixa de todas as políticas consideradas. No entanto, os operadores com uma estratégia de localização fixa começam a estar familiarizados com a localização de cada um dos produtos. Esta política permite que os produtos sejam logicamente agrupados, o que pode ser muito útil caso os produtos tenham diferentes pesos. Produtos mais pesados têm de estar na base da paleta e os mais leves no topo. Se os produtos forem dispostos tendo em atenção o seu peso e forem estabelecidas rotas de acordo com isso, então é possível estabelecer uma boa sequência na formação da paleta sem esforço adicional (De Koster *et al*, 2007).

Armazenamento baseado na rotação (volume de encomendas)

Outra das políticas de armazenamento é baseada na rotação dos produtos. Esta política distribui os produtos pela área de armazenamento de acordo com a sua rotação. Os produtos com o maior rácio de vendas, são colocados nas zonas mais acessíveis e mais próximas do ponto de partida. Os produtos com a rotação mais baixa, são colocados nas zonas mais à retaguarda do armazém (De Koster *et al*, 2007). Uma política mais recente aplicada a esta metodologia tem como base o índice *cube-per-order* (COI). O COI de cada produto é definido pelo rácio entre o total de espaço requerido pelos itens, e o número de viagens requerido para satisfazer a procura num determinado período. O algoritmo consiste em alocar os produtos com o mais baixo COI próximos do *depot* (Kallina e Lynn, 1976), (Malmborg e Bhaskaran, 1990) e (Malmborg, 1995). A prática da política da rotação é mais fácil quando combinada com um armazenamento dedicado. A principal desvantagem desta política está relacionada com o facto dos índices de procura variarem constantemente. A perda de flexibilidade e de eficiência pode ser substancial quando é usada uma política baseada completamente na rotação. A adoção de estratégias de armazenamento baseadas no índice COI, ou outros índices relacionados com a procura (vendas aos clientes), requer informação mais detalhada do que as outras políticas de armazenamento aleatório. No entanto, é necessária especial atenção porque esta informação pode não estar disponível no caso da variedade dos produtos mudar muito rapidamente, e assim não ser possível construir estatísticas fiáveis (De Koster *et al*, 2007).

Armazenamento por classes

A metodologia de armazenamento baseado em classes de produtos combina algumas das políticas referidas até agora. Consiste na divisão dos produtos baseados na sua popularidade. O método clássico mais utilizado é o método de Pareto. A metodologia consiste no agrupamento dos produtos por classes, para que os produtos com maior rotação sejam apenas 15% de todos os SKU presentes na área de *picking*, mas que representam cerca de 85% do volume de encomendas (as percentagens podem variar). A cada classe é depois atribuída a uma dedicada área do armazém. As classes são definidas utilizando algumas medidas de procura como o COI ou o volume de *picking*. A divisão é normalmente feita em três classes (De Koster *et al*, 2007):

- Classe A - artigos com maior rotação;
- Classe B – artigos com rotação intermédia;
- Classe C – artigos com pouca rotação.

No entanto, por vezes podem ser definidas mais classes que garantam ganhos adicionais nas distâncias percorridas (rotas). Baseado em resultados experimentais, Petersen *et al* (2004), demonstrou que, no que diz respeito à distância percorrida em sistemas de *picking* manuais, o armazenamento totalmente baseado na rotação supera o armazenamento baseado por classes. A diferença entre os dois depende da estratégia de partição em classes, (número de classes, percentagem de volume total por classe) e o método de roteamento utilizado. No entanto, recomendam o método baseado na classificação por classes desde duas até quatro classes, que na prática é mais fácil de implementar que o método baseado no volume de encomendas.

Nos sistemas de baixo nível existem várias possibilidades de posicionamento das classes A,B e C (se os produtos forem divididos em 3 classes). Petersen (2002), Petersen e Schmenner (1999), Petersen e Aase (2004) e Petersen *et al* (2004), compararam várias políticas de armazenamento, entre as quais as denominadas *across-aisle storage*, com eixos de cruzamento (pode ser observada na Figura 3).

A estratégia ótima de armazenamento depende das políticas de roteamento, mas também do número de SKUs por rota de *picking* e do tamanho do armazém. Não existe uma regra única para definir a divisão por classes (número de classes, percentagem de itens por classe e percentagem de volume total de *picking* por classe).

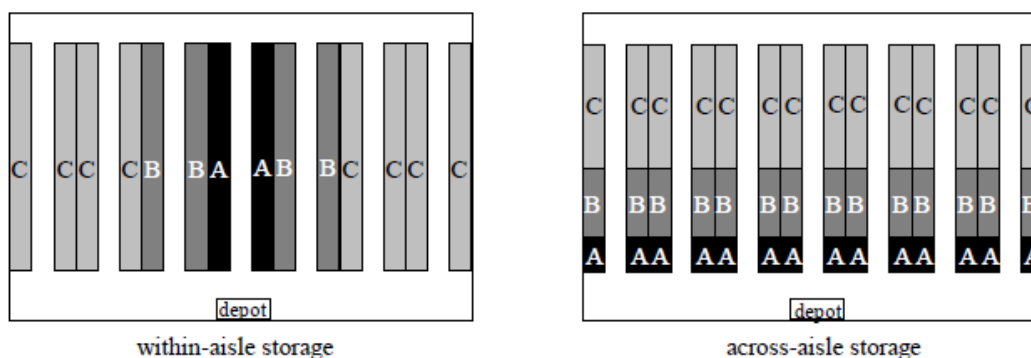


Figura 3 - Estratégias de deposição das classes no armazém (Fonte: De Koster *et al*, 2007)

2.1.3 Agrupamento por Famílias

As políticas de armazenamento até agora consideradas não abordam possíveis relações entre os produtos. Frequentemente, os clientes tendem a encomendar um determinado produto em conjunto com outros. Assim sendo, pode ser conveniente localizar esses produtos próximos uns dos outros. Um exemplo destas políticas é o denominado agrupamento por famílias, em que os produtos com características semelhantes são colocados na mesma região da área de *picking*. Este tipo de agrupamento pode ser combinado com outras estratégias referidas anteriormente. Por exemplo, é possível usar simultaneamente um armazenamento baseado em classes e um agrupamento em famílias (De Koster *et al*, 2007).

Para aplicar a estratégia do agrupamento em famílias de produtos é necessário conhecer a correlação estatística entre os itens (a frequência em que eles aparecem juntos numa ordem), (Brynzér e Johansson, 1996). Na literatura existente é possível definir dois tipos de agrupamento por famílias: o método baseado na complementaridade e o método baseado no contacto.

Método baseado na complementaridade

Este método contém duas fases principais. Na primeira fase os itens são agrupados baseados na procura conjunta (complementares). Numa segunda fase, os produtos são alocados dentro de um *cluster* tão próximos quanto possível (Wäscher, 2004).

Método baseado no contacto

É um processo semelhante ao complementar, mas que usa a frequência de contacto dos artigos para os juntar em grupos. Para uma dada heurística de roteamento (a ideal ao caso de estudo), a frequência de contactos entre o item i e o item j é definida pelo número de vezes que numa encomenda, com várias ordens de *picking*, o item i é pedido logo após o item j ou vice-versa. No entanto, a decisão de roteamento é dependente da localização dos itens, o que demonstra uma grande inter-relação entre o roteamento e a localização dos artigos (Wäscher, 2004).

2.1.4 Objetivos principais da atividade de *picking*

Na Figura 4 é possível observar o peso típico dos tempos das atividades de *picking* no armazém que tem por base um sistema *picker-to-parts* (operador desloca-se para recolher as caixas). Podemos observar que o tempo de viagem é sempre a atividade dominante. De acordo com Bartholdi e Hackman (1998), o tempo de viagem é desperdício. Tem associado custos de mão-de-obra mas não adiciona valor, sendo por isso a primeira atividade candidata à melhoria.

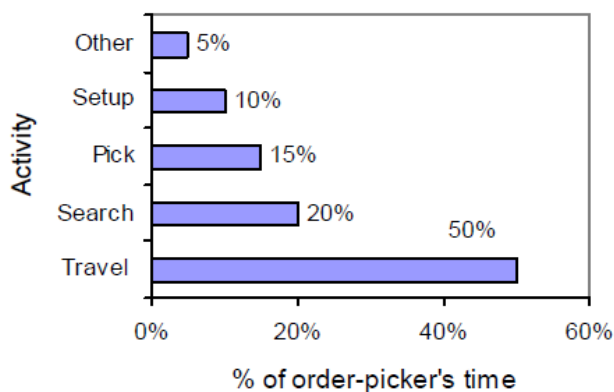


Figura 4 - Distribuição típica dos tempos na atividade de *picking* (Fonte: Tompkins *et al*, 2003)

O objetivo essencial é minimizar os custos totais (investimento e custos operacionais). Por isso mesmo, são agora revelados alguns dos objetivos mais importantes a ter em conta no desenho e otimização do armazém (De Koster *et al*, 2007):

- Minimizar a distância média percorrida;
- Diminuir o tempo de execução de uma ordem e assim minimizar custos;
- Maximizar o uso do espaço, do equipamento e do trabalhador no armazém;
- Maximizar a acessibilidade a todos os produtos.

Para isso as empresas têm de tomar algumas decisões importantes relativas ao desenho e controlo dos sistemas de *picking*, quer ao nível tático, quer ao nível operacional, com horizontes temporais diferentes. De acordo com De Koster *et al* (2007), algumas das decisões mais importantes são:

- Desenho do *layout* e dimensionamento do sistema de armazenamento;
- Atribuição dos produtos aos respetivos locais de armazenamento;
- Atribuição de ordens para escolher lotes (grupos de ordens), e agrupar os corredores em zonas de trabalho (agrupamento e zoneamento);
- Definir as rotas de *picking*;

- Triagem das unidades de *picking* estabelecendo uma ordem e agrupar todas as ordens de *picking* (acumulação de ordens/triagem).

2.2 Algoritmos de roteamento de caminho mais curto

O principal objetivo de qualquer política de roteamento é a criação de uma lista de *picking*, com uma sequência para a recolha dos produtos que garanta uma boa rota a percorrer no armazém. O problema de roteamento no armazém é um caso especial do problema do caixeiro-viajante ou TSP (*Travelling Salesman Problem*). Num problema do tipo TSP, o caixeiro-viajante parte da sua cidade mãe, tem de visitar um determinado número de cidades pelo menos uma vez e voltar a “casa”. É determinada a distância entre cada par de cidades, e a ordem pela qual este tem de visitar as cidades para que a distância total percorrida seja a mais curta possível (De Koster *et al*, 2007).

De acordo com Beker *et al* (2012), os algoritmos de caminho curto (*shortest path*) mais populares e normalmente usados especialmente em problemas de transportes, são os algoritmos de Dijkstra's, de A*, de Floyd-Warshall's e de Bellman-Ford's:

- **Algoritmo de Dijkstra** resolve um único recurso de problema de caminho mais curto para um gráfico com valores não negativos (Beker *et al*, 2012).
- **Algoritmo A*** melhora a velocidade do algoritmo de Dijkstra, é similar ao último mas apresenta uma melhor performance. Esta heurística escolhe o nó mais provável que leve a um caminho global mais curto. Este algoritmo deve ser muito apurado senão torna-se mais lento ainda que o de Dijkstra. O algoritmo funciona por iterações e a cada iteração, este considera um nó do gráfico, percorrendo as suas conexões exteriores (Beker *et al*, 2012).
- **Algoritmo Floyd – Warshall** apresenta um aumento de velocidade face aos anteriores, uma vez que este encontra caminhos mais curtos entre pares de vértices num gráfico com arestas de pesos arbitrários, porém sem ciclos negativos (Bertsekas *et al*, 1992).
- **Algoritmo Bellman-Ford**, de acordo com Bertsekas *et al* (1992), este algoritmo encontra o caminho mais curto desde um vértice fonte até todos os outros vértices. No entanto, contrariamente aos outros algoritmos, o de Bellman-Ford é usado quando existem pesos de arestas negativos (não sendo no entanto permitidos ciclos negativos).

Seguidamente, de acordo com Hentschel *et al* (2007) apresenta-se na Figura 5, um exemplo de formação de matrizes de distâncias R e W a partir de uma rede de vértices e arestas aleatória. A matriz R possui o número do vértice cuja aresta está diretamente ligada, já a matriz W possui as respetivas distâncias (ou custos das arestas).

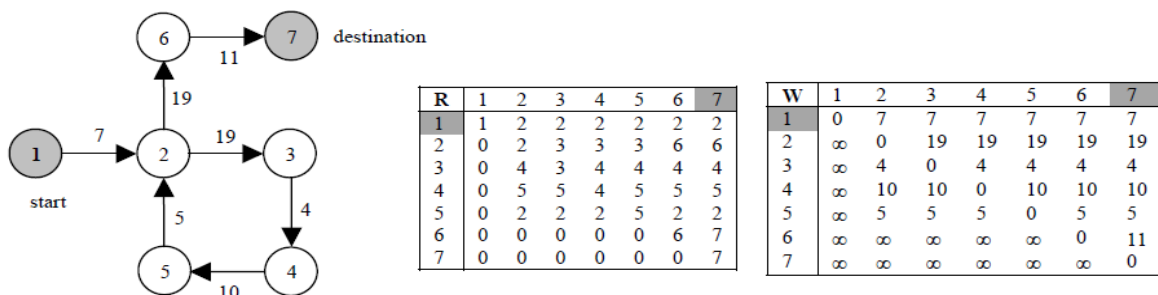


Figura 5 - Exemplo de elaboração das matrizes R (direções) e W (custos/distâncias) para a rede da esquerda (Fonte: Hentschel *et al*, 2007)

2.3 Heurísticas de Roteamento

Apesar das semelhanças entre o roteamento da atividade de *picking* em armazém e os problemas do tipo TSP, existem algumas diferenças entre eles. O problema de roteamento de *picking* é normalmente classificado por *Steiner Travelling Salesman Problem*, porque alguns dos nós (locais de *picking*), contrariamente ao que acontece no TSP, não têm de ser visitados, e os restantes nós podem ser visitados mais que uma vez. Este problema leva a que o *Steiner TSP* não possa ser resolvido em tempo polinomial (De Koster *et al*, 2007). No entanto, foram vários os autores que desenvolveram algoritmos de forma a contornar este problema. Por exemplo, já mais recentemente, Roodbergen e De Koster (2001a) desenvolveram um algoritmo com três eixos de cruzamento, um à frente, outro a meio, e outro na retaguarda, que resolvia o problema existente na aplicação do TSP a armazéns.

Na prática, os problemas de roteamento na atividade de *picking* podem ser resolvidos recorrendo-se ao uso de heurísticas. As principais heurísticas consideradas são:

- ***S-shape*** – neste método, cada eixo que contenha pelo menos uma recolha é percorrido inteiramente (exceto potencialmente, o último eixo visitado). Eixos em que não sejam efetuadas recolhas, não são percorridos e o operador é enviado de volta ao ponto de partida (Roodbergen, 2001).
- ***Largest Gap*** – nesta heurística o operador irá até ao local mais longe desde o seu ponto de partida, e irá percorrer local a local até à zona do armazém mais próxima desse ponto. O *gap* (intervalo) representa a separação entre dois eixos adjacentes, entre a primeira recolha e o eixo da frente, ou entre a última recolha e o eixo da retaguarda. Se o maior intervalo se situa entre dois locais de picagem adjacentes, o operador realiza uma rota de retorno desde ambos os lados do corredor (De Koster *et al*, 2007). O eixo da retaguarda apenas pode ser acedido através do primeiro ou do último corredor.
- ***Aisle-by-Aisle*** – esta é uma heurística que se assemelha um pouco ao S-shape. Os operadores visitam todos os corredores de *picking* exatamente uma vez. Todos os artigos do corredor 1 são recolhidos, de seguida todos os do corredor 2 e assim sucessivamente. Todos os locais onde se efetuam recolhas no corredor 1 são percorridos e o operador sairá pelo corredor de cruzamento *i*. Através de programação dinâmica é calculado aquele que é o melhor eixo de cruzamento para ir de um a outro corredor isto é, com a distância mínima (Roodbergen, 2001).
- ***Return Method*** – neste método o operador entra e sai de cada eixo pelo mesmo local. Apenas corredores com recolhas são visitados (De Koster *et al*, 2007).
- ***Midpoint Method*** – Esta heurística divide o armazém em duas áreas: recolhas na metade da frente são acedidas pela entrada da frente, e recolhas na metade da retaguarda são acedidas pelo eixo de cruzamento da retaguarda. Este método é menos eficiente mas tem a particularidade de ser mais simples que o *Largest Gap* (De Koster *et al*, 2007).
- ***Combined heuristic*** – corredores com recolhas são percorridos na integridade. No entanto, os operadores podem também visitar ou abandonar os corredores pelo mesmo lado. Esta escolha para cada eixo é feita usando programação dinâmica (Roodbergen e De Koster, 2001b).
- ***Optimal heuristic*** – um número de localizações deve ser visitado com o objetivo de viajar o mínimo possível. Ratliff e Rosenthal (1983), desenvolveram um algoritmo de roteamento para armazéns com dois eixos de cruzamento. No entanto, não existe nenhum algoritmo conhecido aplicado ao TSP que encontre a rota mais curta, sendo obtido muitas vezes por métodos de enumeração (Roodbergen, 2001).

São apresentados na Figura 6 alguns exemplos (modelos) das heurísticas referidas.

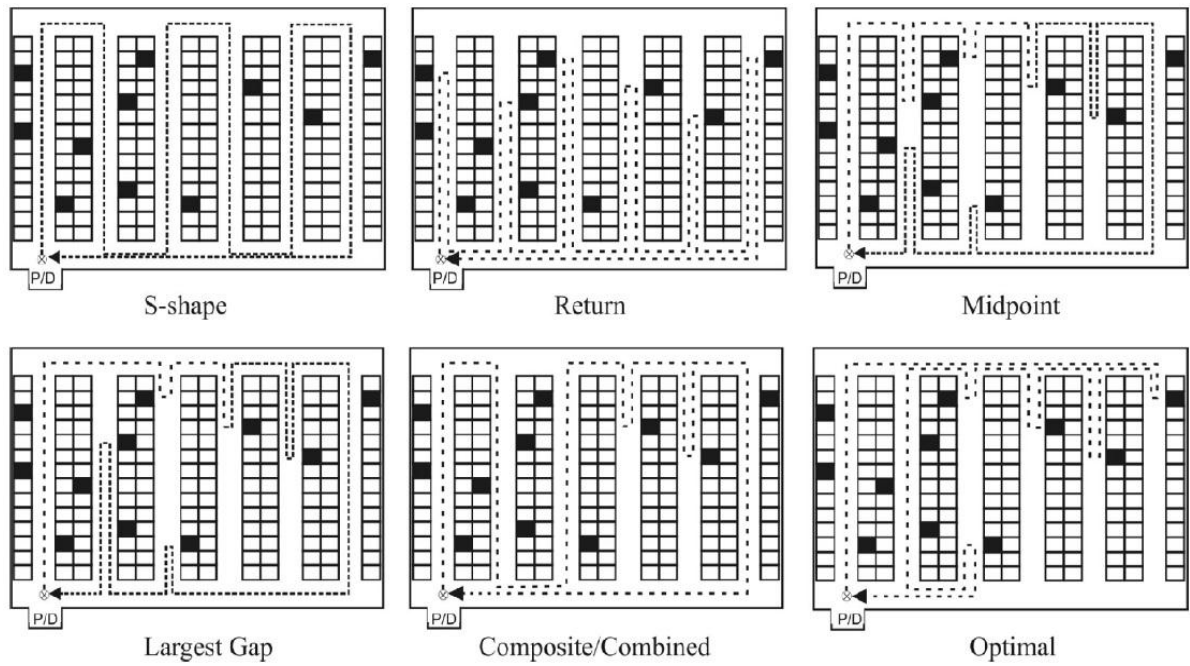


Figura 6 - Representação dos modelos das heurísticas (Fonte: Beker *et al*, 2012)

3 Apresentação do Problema

O COL de Leixões, apresenta atualmente uma área de armazém dedicada exclusivamente à atividade de *picking* (realização de pedidos de encomenda recolhidos à caixa e/ou embalagem). Essa área corresponde ao armazém A (um dos dois armazéns do centro de Leixões).

3.1 Área do armazém

A área do armazém de *picking* da Luís Simões está dividida em várias zonas. Todas são efetivamente importantes. As zonas definidas são as seguintes:

- **Zona de racks de stock e de *picking*** – Zona de maior área do armazém, onde se realiza a atividade de reserva de *stock* e a atividade de *picking*. Esta área é constituída por estantes ajustáveis para paletes, e que têm as dimensões referidas na Figura 7. Apenas o nível zero das estantes, é usado para *picking*; os restantes níveis são usados no armazenamento de paletes em *stock* (paletes completas), com a exceção dos corredores que vão ser referidos seguidamente.



Figura 7 – Dimensões das estantes

As dimensões da área ocupada pelas estantes do armazém são de 96×59m (contando com a área ocupada pelo *Radio Shuttle*). É constituída por oito corredores (do corredor AB ao corredor AI), existindo nestes oito corredores dois eixos de cruzamento (dois corredores perpendiculares aos corredores AB a AI).

- **Zona de *Radio Shuttle*** – Zona de armazenamento automático de paletes com carga e descarga a partir de um robot elétrico (Figura 8).



Figura 8 – Estantes do Radio Shuttle

- **Área de filmagem** – Área do armazém onde as paletes são filmadas e finalizadas (colocação das respetivas UT – unidades de transporte, e outros autocolantes como diamantes de toxicidade, fitas de reconferência etc.)
- **Área de receção de *picking*** – Área onde as paletes finalizadas são colocadas provisoriamente (Figura 9), antes de serem levadas para o cais (área de receção e de expedição de encomendas).



Figura 9 - Zona de receção de *picking*

- **Área de reaprovisionamento** – Área onde as paletes completas necessárias ao reaprovisionamento dos locais de *picking*, são colocadas pelos manobreadores vindas da zona de reserva/*stock* (Figura 10).

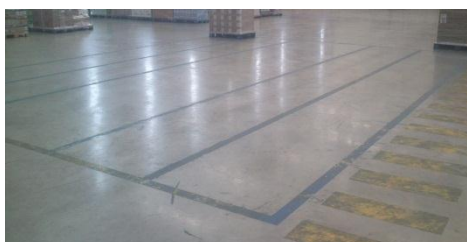


Figura 10 - Área de reaprovisionamento

- **Área de recepção de encomendas** – Área próxima do cais onde ficam alojadas as paletes recebidas por parte dos fornecedores, e que são posteriormente levadas para a área de *stock/reserva*, ou que são diretamente levadas para a zona de expedição no caso da atividade de *cross-docking*. Esta área contém quatro portas de embarque.
- **Área de expedição de encomendas** – Área próxima do cais (que contém oito portas de embarque), onde ficam alojadas as paletes que estão prontas para serem entregues aos clientes. As paletes são alocadas na zona respetiva ao cais onde se vai dar o embarque (Figura 11).



Figura 11 - Zona de cais para expedição das encomendas

- **Área de paletes vazias** – Existem duas áreas de paletes vazias: uma área de reserva de paletes (próxima do cais) com uma elevada quantidade de paletes “Chep” e paletes brancas, e ainda uma área de paletes vazias que pode ser visualizada na Figura 12, que está próxima da zona dos *racks* de onde os operadores retiram as paletes para iniciar as encomendas (considerado o ponto de partida/*depot* do trajeto de *picking*).



Figura 12 - Paletes vazias no ponto de partida/*depot*

- **Área de logística inversa** – Área que recebe as encomendas devolvidas pelos clientes e trata as mesmas (Figura 13), enviando as que ainda estão aptas para a zona de *stock/reserva* e as inaptas para posterior destruição.



Figura 13 - Zona fechada de logística inversa

Na Figura 14 apresenta-se o *layout* do armazém com a descrição das respetivas áreas.

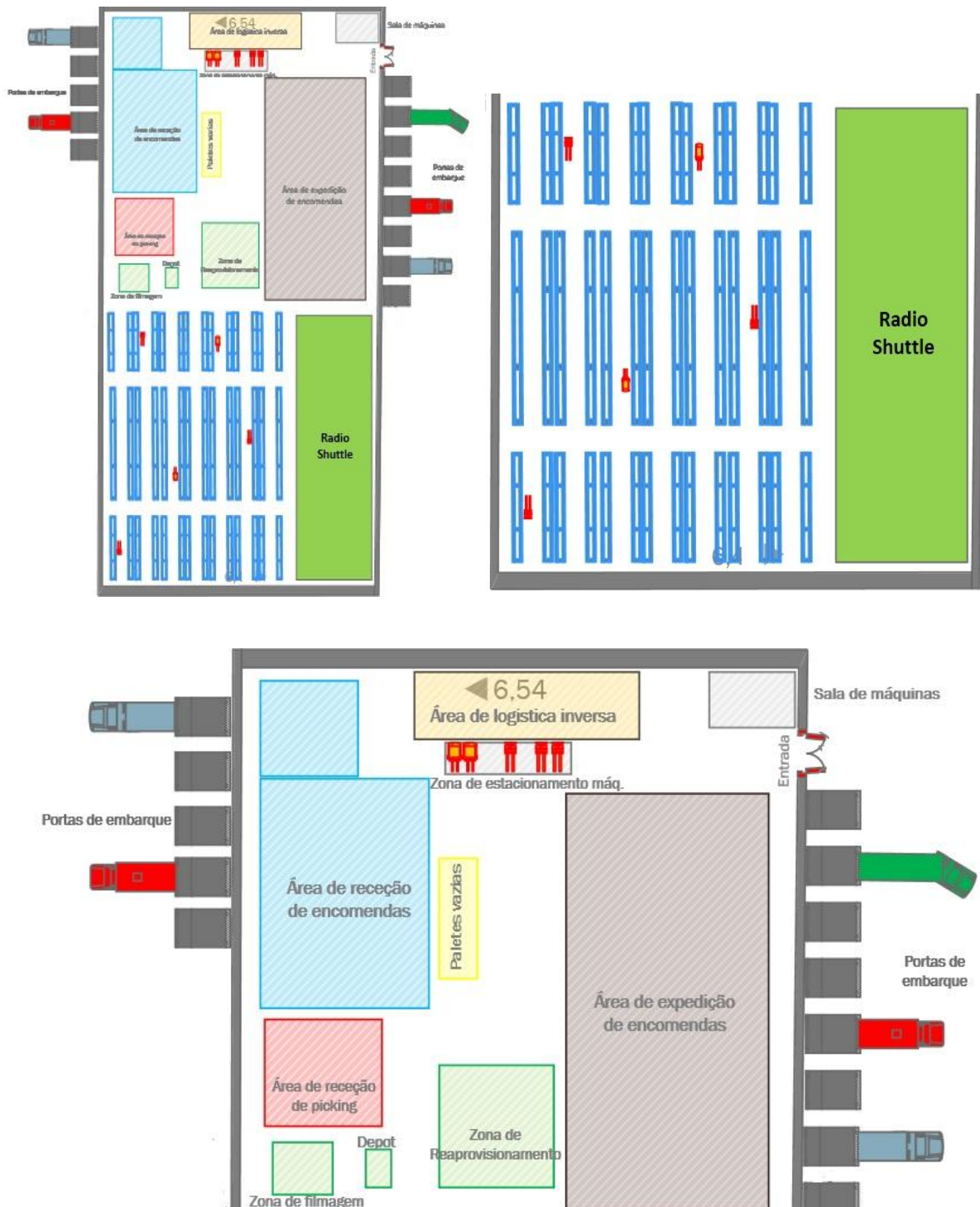


Figura 14 – *Layout* do armazém de *picking* da Luís Simões

3.2 Funcionamento do armazém de *picking*

A atividade de *picking* no armazém do COL assenta essencialmente nas seguintes fases: receção de encomendas dos fornecedores, envio das mesmas para *stock* ou diretamente para expedição (*cross docking*), preparação das encomendas, filmagem, envio para área de receção de *picking* e por último envio da área de receção de *picking* para o cais de embarque onde os veículos são carregados (área de expedição).

Receção de encomendas

Numa primeira fase as encomendas que chegam ao COL da parte dos fornecedores, são descarregadas dos respetivos camiões pelos operadores de *picking* ou manobreadores na zona de cais correspondente à área de receção.

Cross-docking

Após a receção das paletes vindas dos fornecedores, estas podem ser diretamente enviadas para o cais de expedição sem serem armazenadas na área de reserva. A atividade de *cross-docking* é em algumas situações utilizada na Luís Simões, principalmente quando é necessária a realização de serviços de valor acrescentado nos produtos. Estes serviços são realizados nas instalações de *co-packing* do polo logístico de Leixões.

Envio para a área de *stock/reserva*

Após a deposição das paletes na área de receção, na maior parte dos casos estas são levadas para a área de *stock/reserva* (nos níveis acima do nível zero dos *racks* do armazém). Esta tarefa é executada pelos manobreadores, com máquinas especializadas para a execução dessas tarefas. As máquinas utilizadas são empilhadores que possuem mastros retráteis, que avançam para pegar/largar a carga e recolhem durante a fase de movimento. Estes empilhadores não necessitam de contrapeso porque são acionados eletricamente, sendo por isso curtos. Os retráteis usados na Luís Simões têm capacidade de elevar cargas até 12 metros de altura. Além disso, estão equipados com uma câmara na zona dos garfos, que permite ao manobrador visualizar num ecrã as manobras que executa desde a sua cabine (Figura 15).



Figura 15 - Empilhador retrátil usado na Luís Simões

Realização de reaprovisionamentos

Um reaprovisionamento consiste no reabastecimento de locais de *picking*, cujo artigo desse local já se esgotou ou está prestes a esgotar-se. Todos os reaprovisionamentos que são necessários à atividade de *picking* consoante as encomendas feitas pelos clientes, são calculados em sistema e fornecidos antecipadamente aos manobreadores encarregues de os executar. O reaprovisionamento executado pelo manobrador consiste em carregar a palete desde a zona de *stock/reserva* ou do *Radio Shuttle*, e enviar a mesma para a área de reaprovisionamento. É o operador de *picking* o responsável pelo carregamento dessa palete, desde a área de reaprovisionamento até ao local de *picking* correspondente. Essa tarefa é executada apenas quando, na preparação da encomenda, o operador se depara com uma quantidade de produto insuficiente havendo necessidade de reabastecer o mesmo.

Preparação de encomendas – *picking*

Esta é a atividade principal que foi objeto do estudo realizado. A atividade de *picking* é apenas executada pelos operadores de *picking* do armazém (não pode ser executada pelos manobreadores por exemplo). Numa primeira fase, o operador abre a ordem de encomenda no seu sistema de radiofrequência ou RFID (*radio frequency identification*), que pode ser visto na Figura 16, e desloca-se até ao ponto de partida/*depot* para pegar numa palete vazia. Seguidamente, irá a um dos vários locais de abastecimento de *liners* (folhas de cartão) disponíveis nos corredores, colocar um *liner* na sua palete. Neste momento a palete está pronta a ser carregada com artigos e o operador pode iniciar a sua rota de recolhas pelos vários locais que a encomenda exija. Esse transporte com a respetiva palete, é feito recorrendo ao uso de porta-paletes convencionais, onde não é necessária deslocação a pé por parte do operador (Figura 17).



Figura 16 - Sistema de identificação por radiofrequência



Figura 17 – Porta-paletes convencional

Em cada local de *picking* a que o operador se desloca, é feita em primeiro lugar uma leitura do código de barras do local, de forma a verificar se o operador está efetivamente no local de *picking* correto (Figura 18). Após validação por parte do sistema, o operador executa a recolha do artigo na quantidade certa para a sua palete (Figura 19). Antes de abandonar o local recolhido, é requerido ao operador uma contagem da quantidade remanescente no local. Apenas quando é introduzida a quantidade remanescente correta, o sistema valida a contagem e dá ao operador a ordem seguinte da rota da encomenda. Pelo meio, poderá ser necessário

realizar alguns reaprovisionamentos que como referido no ponto anterior, é executado em parte pelo operador de *picking* (transporte da paleta da área de reaprovisionamento até ao local a reabastecer).



Figura 18 - Leitura do código de barras pelo RFID (verificação)



Figura 19 - Operação de recolha

Filmagem

Quando percorridos todos os locais de *picking*, ou quando a paleta se encontra lotada e por isso é necessário recorrer a uma nova para continuar a preparação da encomenda, a paleta é transportada até à área de filmagem, onde é filmada. Nesse percurso, o operador faz uma paragem na impressora, onde dá a ordem de impressão da etiqueta com a informação da encomenda e da paleta e o respetivo código de barras (denominada UT). A operação de filmagem é por vezes executada recorrendo a um robot de filmagem (*Robocap*), que executa a operação automaticamente e que permite ao operador durante esse tempo executar outras tarefas importantes (Figura 20). Outras vezes, a paleta é filmada manualmente pelo operador (Figura 21), porque o robot já poderá estar a ser utilizado, ou porque as características da paleta não são muito adequadas à utilização do robot. Quando a paleta estiver devidamente filmada, o operador deve colar a etiqueta no filme da paleta bem como todos os autocolantes ou fitas definidos pelo CLP dos clientes (Customer Load Preparation), por exemplo: fitas de reconferência, diamantes de perigosidade ou fita *overpack*.



Figura 20 - Filmagem automatizada (*Robocap*)



Figura 21 - Filmagem manual

Deposição das paletes na área de receção de *picking* e envio para o cais

Quando a paleta está devidamente filmada e finalizada, é depositada na área de receção de *picking* até ser dada ordem de envio para o cais. Quando é definido o cais de embarque de um determinado cliente, as paletes são levadas para a zona de cais correspondente a essa porta de embarque (as portas estão devidamente numeradas e o espaço organizado). O transporte destas paletes até ao cais é executado no porta-paletes pelos operadores de *picking*, ou pelos próprios manobreadores caso estejam disponíveis.

3.3 Principais problemas identificados

Numa primeira fase da dissertação foi identificado e analisado o problema com que a empresa se deparava na área de *picking*, que levava a grandes desperdícios de tempo nos trajetos realizados pelos operadores. De facto, em alguns dias a empresa deparava-se com alguns problemas no cumprimento da janela de entrega das encomendas (principalmente do cliente Modelo/Continente com uma janela inferior a 24 horas). Este problema poderia ser mais facilmente solucionado com a introdução de novas metodologias que permitissem a redução desses desperdícios.

Nas primeiras semanas foi analisado o *picking* realizado pelos operadores de armazém e identificadas as principais lacunas desse processo.

Desse modo, foram identificados os seguintes problemas:

- Localização geográfica de produtos no armazém desatualizada e não adaptada à composição e diversidade das encomendas;
- Rota de *picking* mal adaptada à estivagem da paleta (e por isso não é, na prática, seguida pelos operadores);
- Em alguns casos, paletes mal estivadas;
- Trajetos de *picking* longos e com elevados tempos de “procura”;
- Paletes com uma estivagem incorreta no que diz respeito à categoria de produtos. Não é respeitada a ordem correta de construção da paleta em função da categoria de produto – PLD (produtos da categoria drogaria), PLP (produtos da categoria perfumaria), PLA (produtos da categoria “arbora”) e PLG (produtos da categoria *Gillette*);
- Grande diversidade de clientes e por isso, enorme variedade de requisitos impostos pelos clientes nas ordens de encomenda.

3.3.1 Disposição de produtos no armazém

Após uma primeira análise foram identificados vários problemas relacionados com a disposição dos produtos no armazém. Assim que a empresa mudou de instalações (para o novo polo logístico de Leixões), a disposição não foi devidamente definida. O método normalmente aplicado era o método ABC com uma disposição de produtos unicamente em função da rotação dos mesmos.

Outro dos fatores que não é tido em conta na localização em armazém, é o tipo de embalagem e características dos produtos. De facto, a variedade dos produtos no armazém é de tal forma elevada que leva a grandes diferenças nas dimensões e pesos dos produtos. É possível encontrar na mesma paleta produtos 20 vezes menores do que outros e 20 vezes mais leves.

Frequentemente foram encontradas paletes com problemas na sua estivagem, com colocação de produtos mais leves por baixo de outros mais pesados e de maiores dimensões, ou com a colocação de produtos com embalagens mais resistentes por cima de outros mais frágeis.

Estes mesmos problemas podem ser visualizados nas Figuras 22, 23 e 24 (alguns exemplos de paletes mal construídas).



Figura 22 - Falha na estivagem: os artigos do tipo PLP não devem estar por cima dos artigos do tipo PLA



Figura 23 - Falha na estivagem: Artigos com maiores volumes devem estar no centro da pallet



Figura 24 - Falha na estivagem: caixas danificadas de fraldas devido à sobreposição de outras mais pesadas (toalhetas)

Além destas falhas relacionadas com a disposição dos produtos, foi ainda identificado um problema relacionado com o uso dos corredores para *picking*. Os corredores de *picking* disponíveis são oito (corredores de AB a AI). No entanto, destes oito corredores, três metades de corredor não estão a ser utilizadas nesta atividade (lado direito do corredor AB, lado esquerdo do corredor AD e o lado direito do corredor AI) levando a distâncias percorridas consideravelmente superiores. O lado direito do corredor AB não é utilizado devido à sua proximidade com o *Radio Shuttle*, corredor de grande afluência por parte dos manobreadores (que realizam os reaprovisionamentos). Os *racks* do lado direito deste corredor, foram utilizados para *stock*, fazendo com que assim este corredor seja exclusivamente percorrido pelos manobreadores, evitando possíveis congestionamentos. O lado esquerdo do corredor AD não é utilizado para *picking*, pelo facto dos produtos da categoria PLA (produtos de higiene tais como fraldas, pensos, tampões, toalhetas etc.) não poderem estar em contacto com os produtos da categoria PLD (detergentes, ambientadores e outros produtos de limpeza) – norma imposta pelas regras de segurança e higiene da empresa. Como pode ser observado na Figura 25, nesses *racks* estão presentes apenas paletes completos em *stock*.



Figura 25 - Corredor AC (do lado esquerdo) com paletes completos em *stock*

O corredor AI também tem a sua metade do lado direito não utilizada para *picking*. A essa zona foi atribuído o armazenamento de produtos bem como a área de inaptos (Figura 26), produtos danificados de origem, à descarga ou na *picagem*.



Figura 26 - Área de produtos inaptos

Assim, do armazém disponível para *picking* apenas são de facto utilizados os corredores representados na Figura 27. Está também representada a disposição dos produtos de acordo com a categoria dos mesmos (PLD – PLP – PLA – PLG).

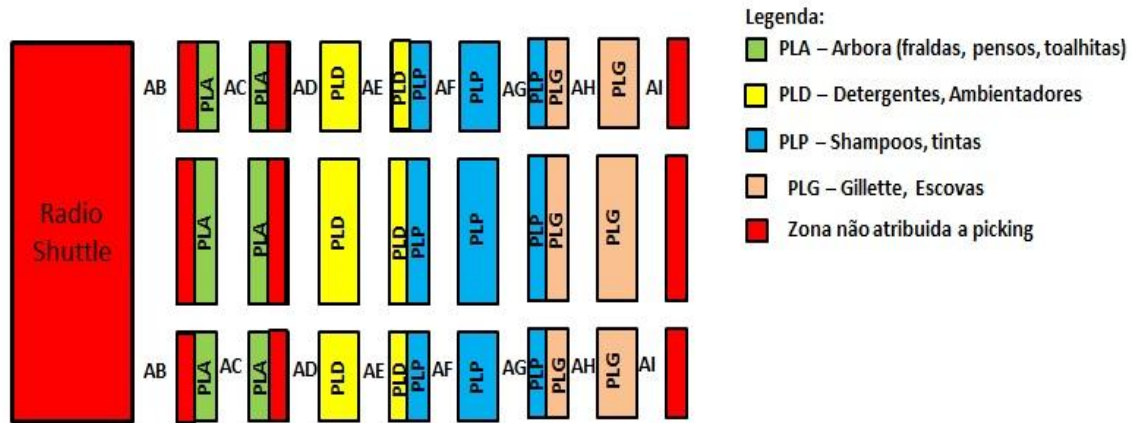


Figura 27 - Representação da disposição dos produtos por categoria e ainda dos corredores não utilizados na atividade de *picking* (a vermelho)

3.3.2 Rota de *picking*

A rota de *picking* utilizada atualmente na Luís Simões é a denominada eixo-por-eixo (*aisle by aisle*) apresentada no capítulo 2, e sem qualquer tipo de restrição, isto é, com o único objetivo da poupança de trajeto percorrido e consequentemente do tempo gasto. Esta rota consiste essencialmente no trajeto de cada corredor de início ao fim, percorrendo em cada corredor todos os pontos de *picking* da OE (os vários corredores são percorridos da esquerda para a direita).

A rota definida tem como principais problemas o facto de não fazer qualquer distinção em relação à categoria do produto, fazendo com que na disposição atual os produtos sejam percorridos pela seguinte ordem: PLA – PLD – PLP – PLG. Tal situação não é a mais indicada à estivagem da palete, uma vez que os produtos de “arbora” (fraldas, toalhitas, pensos higiénicos etc.) devem ser por norma apenas recolhidos depois dos detergentes e dos shampoos, seja devido à sua caixa/embalagem, seja por requisitos impostos pelos clientes. Em quase todos os clientes estes produtos do tipo PLA, não podem ser misturados numa palete com os detergentes, tal como acontece na disposição dos produtos no armazém (daí atualmente o lado direito do corredor AD não estar a ser utilizado na atividade de *picking*).

No entanto a principal falha da rota produzida por este algoritmo, é a não distinção das características da caixa/embalagem na ordem elaborada de recolha. Devido à enorme diferença existente entre dimensões e pesos dos vários produtos (mesmo dentro de cada categoria), os operadores atualmente não seguem as rotas definidas por este algoritmo. Na realidade, os operadores estão constantemente a utilizar os botões de avanço e recuo na ordem da encomenda a que têm acesso no sistema RFID, de forma a contornar este grande problema. Isto leva não só a enormes distâncias percorridas (operadores constantemente a andarem para a frente e para trás pelos corredores), bem como a elevados tempos desperdiçados na procura da próxima ordem de encomenda mais conveniente.

Mais do que poupanças no tempo e distâncias percorridas, é essencial a construção de uma boa palete com uma boa estivagem, para que não resulte em danos nos produtos pelo peso dos que estão por cima, e para que cumpra todos os requisitos impostos pelos clientes. Paletes que não cumpram estes requisitos podem vir a ser devolvidas pelos clientes.

É assim de extrema importância, elaborar uma rota que se adequa à realidade da empresa e que tenha em conta as várias restrições impostas pelos clientes, relativas à sua estivagem e categoria.

3.3.3 Restrições impostas pelos clientes

A principal condição à construção das paletes no armazém da Luís Simões, e consequentemente nos trajetos percorridos na atividade de *picking* é definida pelos clientes e pelo seu CLP (*customer load preparation*). De facto, a Luís Simões tem entregas a estabelecimentos tão variados com características tão específicas, que torna impossível a criação de uma rota perfeitamente adaptada a todas as restrições impostas pelos mesmos. Essas entregas abrangem não só todo o tipo de estabelecimentos comerciais (supermercados, hipermercados de norte a sul do país) como também hospitais, clínicas, envio em contentores para os arquipélagos da Madeira e dos Açores entre outros. Algumas destas restrições podem ser referidas a título de exemplo (regras mais gerais):

- Produtos mais pesados por baixo e mais leves por cima;
- Cumprir sentido de orientação das caixas (setas que algumas caixas apresentam);
- Colocar fita de *overpack* quando a paleta tem mais que um código de produto com perigosidade;
- Não é permitida a mistura de produtos PLA com detergentes;
- Artigos com o mesmo código deverão ir juntos na mesma paleta;
- Produtos com maiores quantidades/volume devem estar no centro da paleta;
- Produtos não podem ultrapassar o lastro da paleta e devem ser centrados.

E agora são referidas algumas regras mais específicas que se aplicam apenas a alguns clientes:

- Utilização de paleta “Chep” (azul) ou paleta branca consoante o destinatário;
- Realização de *picking* por camada ou por coluna consoante o cliente;
- Clientes onde apenas é permitido numa paleta a colocação de 8 referências diferentes, noutros casos 16 referências diferentes ou ainda sem qualquer limite de referências;
- Cliente onde apenas é possível colocar artigos do mesmo lote numa paleta ou então um lote por coluna;
- Restrições à altura máxima da paleta (<1,50m , <1,80m etc.);
- Em alguns clientes não é permitida sobreposição de paletes;
- Recolha de uma única referência por paleta (para grandes quantidades) ou *picking* em coluna para quantidades/volumes mais pequenos;
- Colocação de etiquetas em cada referência por coluna (quando se realiza *picking* em coluna).

Após a enumeração das principais restrições impostas pelos clientes à preparação das encomendas, é possível verificar a complexidade do CLP presente nesta empresa. A elaboração de uma rota adaptada a esta realidade torna-se assim uma tarefa bastante complicada. No Anexo A pode ser visualizado o exemplo do CLP de um cliente.

3.4 Outros problemas identificados

Além dos problemas principais já identificados, e que constituem grande parte do projeto realizado, foram também detetadas algumas falhas no armazém por parte dos operadores, e no próprio espaço de *picking*. São seguidamente descritas essas falhas.

Elevado tempo gasto em verificação/contagem

Através da análise da atividade dos operadores, foi detetado um elevado tempo gasto por estes na contagem do remanescente da paleta no local de *picking*. De facto, estes sentiam algumas dificuldades, não só por algumas paletes terem dezenas ou mesmo centenas de caixas ou embalagens, mas também pelo facto de o sistema RFID não permitir o avanço na encomenda enquanto o número de remanescente introduzido não for o correto. Isto leva frequentemente à repetição da contagem várias vezes em alguns locais de *picking*. Apesar de ser uma metodologia que permite a inexistência de falhas nas quantidades recolhidas por parte dos operadores, leva a um elevado desperdício de tempo.

Procura dos locais de *picking*

Foi identificada em algumas ocasiões, dificuldade na visualização dos códigos correspondentes aos locais de *picking* (siglas do tipo AC074, AE125 etc.), que levava a perdas significativas na atividade de deslocação dos operadores pelo armazém. Na Figura 28 está representada a etiqueta de um dos vários locais de *picking*.



Figura 28 - Etiqueta de um local de *picking* do armazém

Abastecimento dos locais de *liners*, paletes “Chep” ou paletes brancas

Um outro aspeto identificado como prejudicial ao trabalho dos operadores no armazém, estava relacionado com o abastecimento dos locais atribuídos aos *liners*, paletes vazias brancas ou do tipo “Chep”. Foram por vezes encontrados locais com falta de abastecimento, que levava a perdas significativas principalmente na procura de *liners* disponíveis, seja noutros locais de abastecimento, seja nas próprias paletes dos artigos a recolher (que contém *liners*).

Transporte de paletes finalizadas da área de receção de *picking* para o cais

Durante o transporte de paletes finalizadas com o respetivo filme e UT desde área de receção de *picking* (onde se encontram as paletes finalizadas em espera), até ao cais de embarque – zona de expedição, foram identificadas perdas de tempo significativas. No momento em que os operadores têm de transportar essas mesmas paletes, devido à desordem com que elas são colocadas na área de receção de *picking*, é significativo o tempo perdido por estes na visualização das UTs (uma a uma) para verificar quais correspondem ao cliente e, por isso, à zona de cais correspondida. Na Figura 29 está apresentado o exemplo de uma UT.



Figura 29 - Informação contida numa UT de palete

Deposição do lixo proveniente dos autocolantes e caixas de cartão

Durante o trabalho dos operadores, frequentemente foi identificado um problema relacionado com a deposição do lixo, proveniente das caixas que são abertas em produtos recolhidos à embalagem (o que acontece em alguns produtos do tipo PLP e alguns do tipo PLG). Identificou-se o mesmo problema na deposição dos papéis sobrantes dos autocolantes, colocados em cada coluna de artigos das encomendas Modelo/Continente (cerca de 26% do volume de encomendas da empresa – Anexo B). Os contentores do lixo estão espalhados em vários pontos dos corredores de *picking*. No entanto por se tratar de corredores bastante longos, tem de se efetuar sempre algumas deslocações em vazio para depositar o lixo. Além disso, devido ao reduzido peso dos papéis dos autocolantes e às velocidades atingidas pelo porta-paletes nas deslocações dos operadores, era frequente ver estes papéis caírem ao chão, levando à interrupção do trajeto para os apanharem. Estas interrupções do trajeto e os consequentes movimentos em vazio dos operadores para apanharem os papéis são prejudiciais à atividade, aumentam os tempos de encomenda e diminuem a produtividade.

Movimentos em vazio por parte dos operadores

Novamente foram identificados problemas relacionados com movimentos em vazio, no levantamento de reaprovisionamentos. Numa encomenda, é frequente os operadores terem de levantar um, dois ou mesmo mais reaprovisionamentos para locais de *picking*, cujo produto está prestes a esgotar. Os reaprovisionamentos são executados pelo operador responsável pela preparação da encomenda, quando é necessário produto num determinado local para satisfazer as necessidades da mesma. A palete de produto para o reaprovisionamento está já disponível fora da área de reserva, recolhida pelos manobreadores do armazém e colocada na área de reaprovisionamento. No entanto, é o operador de *picking* que tem de se deslocar do ponto em que se encontra na preparação da sua encomenda até à área de reaprovisionamento, para levantar a palete e transportá-la até à sua localização no armazém. Foram identificados frequentemente movimentos em vazio por parte dos operadores no trajeto de ida até à área de reaprovisionamento sem qualquer atividade que pudesse acrescentar valor à encomenda ou ao armazém.

Foram também detetados alguns movimentos em vazio pelos operadores para ir a locais de *picking*, que afinal não tinham as características ideais para a construção da palete. O operador acabava por abortar e decidir ir a outro local. Por último identificaram-se deslocações dos operadores sem qualquer acréscimo de valor, na procura, no RFID, da ordem seguinte mais indicada à sua palete.

4 Soluções propostas

Após a análise de todos os problemas referidos no capítulo anterior, foram definidas as soluções, de forma a contornar todas estas falhas que atualmente ocorrem no *picking*, e que pudessem permitir ganhos significativos no tempo despendido.

Numa primeira fase, foi definida uma nova localização geográfica dos produtos no armazém, adequada aos fatores mais importantes que se deve ter em conta na preparação das encomendas: poupanças temporais e uma boa estivagem de palete (evitar erros de paletes mal construídas e produtos danificados). No entanto, os tempos de encomenda registados no sistema de informação não eram totalmente corretos e correspondentes à realidade. Em muitos casos os operadores encerravam as encomendas em sistema, ainda antes de as terem totalmente finalizadas. Noutros casos de encomendas com um muito elevado número de linhas (locais a recolher), e número de caixas, a encomenda era dividida pelos vários operadores de armazém sendo impossível assim quantificar o tempo efetivamente gasto por um único operador na realização dessas encomendas. O único comparativo possível a realizar entre o *picking* atual e as novas soluções propostas, é a medição das distâncias percorridas pelos operadores na realização das ordens de encomenda. Para esse efeito foi criada uma matriz de distâncias em MS Excel com as distâncias desde cada localização a todas as outras localizações do armazém.

Seguidamente devido à rota desadequada e que era frequentemente ignorada por parte dos operadores (para conseguir uma correta construção da palete), foi elaborado um algoritmo adaptado às condições mais importantes a ter em conta na realização do *picking* atual do COL de Leixões, e que pudesse ser efetivamente seguida pelos operadores.

Por último, foram encontradas soluções para as pequenas falhas detetadas nas operações de *picking* também referidas no capítulo anterior e que apesar de não serem o problema principal do estudo realizado, não deixam de ser igualmente importantes.

4.1 Criação da matriz de distâncias

Uma das principais dificuldades na realização deste estudo, era a comparação que seria possível fazer entre o que se passa atualmente na empresa e o que aconteceria com as novas soluções propostas. Visto não ser possível ter acesso aos tempos reais de realização de encomendas, foi criada uma matriz de distâncias a partir do desenho de definição do armazém fornecido (Figura 30).



Figura 30- Desenho de definição da zona de estantes (em AutoCad)

Criando um mapa de todos os trajetos possíveis a visitar no armazém, foi elaborada uma matriz de distâncias de cada localização (na estantaria) a todas as outras localizações. Uma pequena parte dessa matriz é apresentada no Anexo C.

Na elaboração desta matriz, foi necessário ter em conta um ponto de partida (ou *depot*), correspondente ao ponto onde todas as encomendas são iniciadas e que é também o ponto onde se dá a encomenda por finalizada. Esse ponto de partida foi definido como o local onde se encontram as paletes vazias (próximo das estantes), e onde sempre que os operadores iniciam uma encomenda, têm de passar obrigatoriamente para recolher uma dessas paletes.

4.2 Nova localização dos produtos no armazém

Visto a disposição estar desatualizada e desadequada às necessidades das encomendas, e conseqüentemente às necessidades dos operadores responsáveis pela preparação das mesmas, foi definida uma nova localização geográfica para todos os artigos assente em várias especificações/regras:

- Rotação dos produtos no armazém (número de recolhas);
- Ordenação em função da classificação da caixa/embalagem atribuída a cada produto;
- Categoria de produto (PLG, PLD, PLA, PLP);
- Dimensões e eixos de cruzamento do armazém;
- Rotação dos produtos do cliente Modelo/Continente (mesmo sem realizar encomendas de *picking* de artigos da categoria PLA representa cerca de 26,3% do volume total de encomendas – Anexo B);

- Separação dos produtos com caixas/embalagens quase semelhantes (acontece sobretudo na categoria PLP – nos shampoos).

Estas foram essencialmente as regras consideradas na nova disposição dos produtos em armazém. Para isso foram seguidos vários passos que se passam a enumerar:

1. Numa primeira fase acedeu-se a um ficheiro com o número de recolhas realizado de cada SKU no armazém, no último meio ano (de 20 de Setembro a 20 de Março).
2. Seguidamente foi verificado em cada localização do armazém, qual o produto que atualmente lhe estaria atribuído, visto que em meio ano de encomendas alguns produtos deixaram de existir e foram substituídos por produtos novos (novas referências).
3. Aplicou-se uma divisão por classes diferente do método ABC clássico (que é unicamente em função da rotação). Neste caso, os produtos foram divididos por classes de acordo com o número de recolhas, no entanto foram limitadas tendo em conta a estantaria do armazém. Visto o armazém ter dois eixos de cruzamento, definiu-se a classe A (muita rotação/recolha) como o número de produtos correspondente às estantes até ao primeiro eixo de cruzamento, à classe B (média rotação/recolha) o número de produtos nas estantes desde o primeiro ao segundo eixo de cruzamento, e por fim à classe C (baixa rotação/recolha) o número de produtos desde o segundo eixo de cruzamento até ao fim da estantaria (ponto mais afastado). A única exceção foi na categoria PLP, que devido ao muito elevado número de SKUs diferentes e à grande discrepância no número de recolhas entre esses vários artigos, foi feita uma divisão dos mesmos em 4 classes (A,B,C e D) em função do número de recolhas. Foram também consideradas 4 classes nos produtos da categoria PLG recolhidos à caixa mas por uma outra razão: as referências do tipo PLG recolhidas à caixa ocupam mais de metade do corredor AG, pelo que é necessário algumas dessas referências ocuparem parte do corredor AH (corredor de PLG com *picking* à embalagem).
4. Cada produto atribuído à sua classe de rotação, foi classificado de acordo com a sua embalagem (peso, dimensões, resistência da caixa/embalagem). Importa salientar que esta classificação foi criteriosa (artigo a artigo), tendo sido elaborada com o auxílio de operadores de armazém, sendo esta classificação definida a partir da sua experiência. O número de classificações atribuídas varia consoante a categoria de produto, no caso do PLD (detergentes, lixívia, ambientadores e outros produtos de limpeza etc.) ou PLP (shampoos, máscaras, tintas para o cabelo etc.) essa classificação é de 1 a 6 devido à grande variedade de caixas ou embalagens existente, enquanto que no caso dos produtos da categoria PLG (Gillette, escovas, espumas de barbear etc.) essa classificação vai apenas de 1 até 4, mesmo havendo produtos que são pegados à caixa e outros à embalagem.
5. Ordenação dos produtos de acordo com as classes (A, B e C) nos respetivos locais de *picking* (1º, 2º e 3º terços de corredor), e dentro dessas classes ordenação da embalagem mais resistente (número 1) até à menos resistente (por exemplo, número 4 no caso da categoria PLG, número 5 no caso da categoria PLA e número 6 no caso das categorias PLP ou PLD).
6. Após essa ordenação e atribuição dos locais às respetivas referências, acedeu-se a um ficheiro fornecido pela empresa, acerca do número de recolhas do

cliente Modelo/Continente no último meio ano. De acordo com esse ficheiro, os produtos foram agrupados em *clusters*, de maneira a que os produtos mais vezes encomendados pelo cliente Modelo/Continente (e consequentemente recolhidos das estantes mais vezes) estivessem próximos uns dos outros.

7. Principalmente na categoria PLP (maioritariamente nos shampoos) mas um pouco também nos PLA (nas embalagens de fraldas e toalhetas) e nos PLD (alguns tipos de lixívia), por terem características de caixa/embalagem muito semelhantes, os produtos quase idênticos que estavam juntos na nova disposição em função dos critérios rotação, tipo de embalagem/caixa e *clusters* de Modelo/Continente, foram separados com um intervalo de um ou dois locais de *picking*, para ser menos suscetível a existência de erros na recolha dos mesmos.
8. Por último em produtos que tenham a mesma classificação de caixa/embalagem atribuída (igualmente resistentes), com números de picagens em meio ano relativamente próximos mas com diferenças de peso relativamente grandes (cerca de 2 a 3 vezes mais), os mais pesados foram colocados à frente dos mais leves.
9. Atendendo a algumas condicionantes impostas pelos clientes ou pela empresa, as diferentes categorias de produtos foram alocadas aos respetivos corredores da seguinte forma: a categoria PLA manteve-se no corredor AC, uma vez que parte das paletes do tipo PLA são mais altas que as paletes mais comuns. Assim sendo parte da estantaria desse corredor teve de ser subida, obrigando a um investimento por parte da empresa, que não foi aplicado ao resto da estantaria. No entanto, o lado esquerdo do corredor AD como referido anteriormente, não estava a ser usado para a atividade de *picking*, uma vez que os produtos do tipo PLD, não podem estar em contacto com os produtos do tipo PLA. Assim sendo, foi decidido nos corredores seguintes ao AC, a colocação dos produtos do tipo PLP (shampoos). Desta forma o corredor AD passaria a ser utilizado na totalidade compactando os corredores de *picking* usados. Com esta alteração o corredor AI deixaria de ser utilizado para a atividade de *picking*, sendo unicamente usados seis corredores em vez dos atuais sete. Com a atribuição do corredor AD e do corredor AE, à categoria de produtos PLP, seriam seguidamente atribuídos os corredores AF e o lado esquerdo do corredor AG, aos produtos do tipo PLD. Por último seriam alocados os produtos do tipo PLG (recolhidos à caixa), no lado direito do corredor AG e os do tipo PLG (recolhidos à embalagem), no corredor AH.

Nos artigos do tipo PLD, devido ao recente aparecimento de paletes com dimensões acima do padrão normal (à semelhança do que acontece na categoria PLA), foi sugerida a criação de uma zona de paletes altas no corredor atribuído a essa categoria. Analisando a rotação destes artigos com paletes de altura elevada, foi decidida a criação da zona de *racks* altos no final do primeiro terço do corredor AF (20 lugares antes do primeiro eixo de cruzamento).

Seguindo todos estes passos, foi definida uma nova disposição de produtos no armazém com critérios que fossem de encontro às necessidades da empresa. Essa nova disposição pode ser resumidamente visualizada na Figura 31. No Anexo D pode ser consultado o exemplo da nova disposição definida para os produtos da categoria PLD.

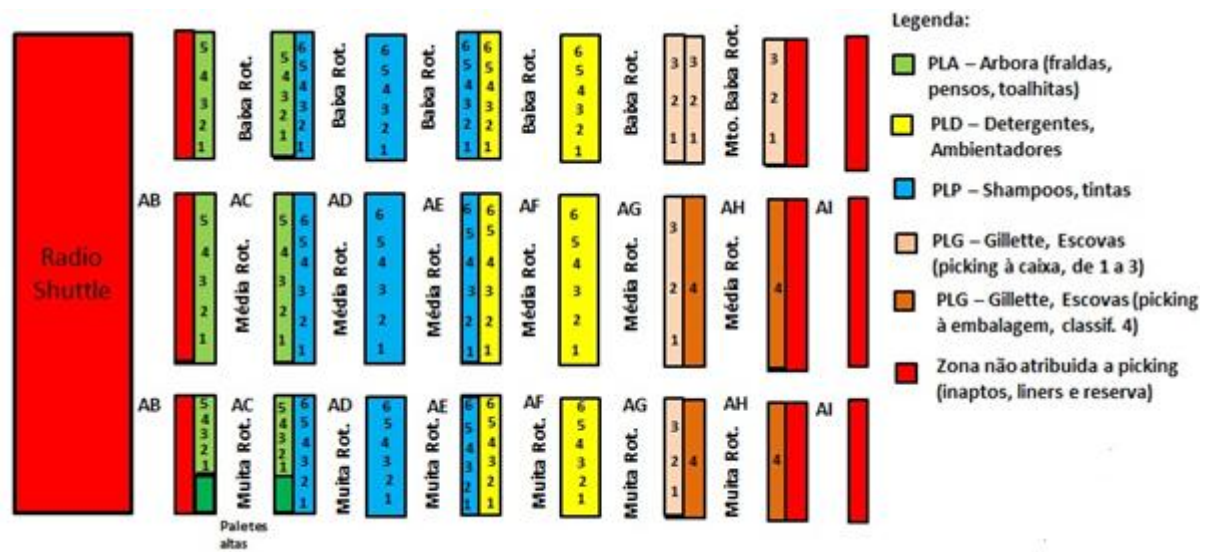


Figura 31 - Nova disposição dos produtos em armazém em função da sua rotação, categoria e classificação da caixa/embalagem atribuída

4.3 Resultados da nova localização dos produtos no armazém

Após concluída a localização de todos os artigos, importava saber até que ponto a nova disposição beneficiaria a preparação das encomendas e o trabalho dos operadores. Esse benefício apenas poderia ser quantificado de uma forma: medição de distâncias no processo de *picking*. Esta nova localização, definida em função da rotação, por si só já deveria traduzir ganhos importantes nas distâncias percorridas, mesmo com a restrição da ordenação dos produtos, em função da classificação da caixa/embalagem dentro de cada classe de rotação.

Para esse estudo, foi requerido à empresa, um histórico da ordem de recolhas dos produtos por parte dos operadores nas várias OEs, durante o mesmo meio ano em que foi fornecido o número de recolhas (20 de Setembro a 20 de Março). Desse histórico foram feitos testes em 3 meses desse meio ano, onde foram calculadas as distâncias percorridas pelos operadores de acordo com os trajetos efetivamente realizados (e não a rota indicada pelo RFID).

O teste foi realizado quinzena a quinzena (da 2ª quinzena de Dezembro à 1ª quinzena de Março) e apenas com a alteração da localização geográfica dos produtos, mantendo a rota realmente efetuada pelos operadores nessas encomendas, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Poupança registada nas distâncias percorridas com a nova localização dos produtos

	Teste com antiga localização (metros)	Teste com nova localização (metros)	Redução em %
2º Quinzena dezembro	540.525	387.786	28,26%
1º Quinzena janeiro	634.398	447.824	29,41%
2º Quinzena janeiro	600.220	419.730	30,07%
1º Quinzena fevereiro	592.906	397.597	32,94%
2º Quinzena fevereiro	539.200	369.264	31,52%
1º Quinzena março	553.947	395.291	28,64%
		Média	30,14%

É importante salientar que para a realização deste teste, foi necessário a criação de um algoritmo simples de cálculo de distâncias entre cada trajeto (inclusive o trajeto de volta ao ponto de partida/*depot* após finalizada a encomenda), para a ordem de recolhas a que se acedeu do histórico de encomendas. As distâncias foram todas retiradas da matriz de distâncias, para a antiga e nova localização, sendo aplicado o mesmo algoritmo.

Analisando os resultados, é possível verificar que a nova disposição dos produtos, para a mesma ordem de recolhas por parte dos operadores, leva a poupanças por si só já muito significativas (na ordem dos 30%), o que demonstra a grande importância da atualização da localização dos produtos em função da sua rotação. Atenta-se para o facto desta disposição já ter em conta o tipo de caixa/embalagem de cada artigo, o que prejudica um pouco as poupanças nas distâncias percorridas. No entanto, esta restrição deve ser tida em conta não só para permitir uma boa construção da paleta, mas também por ser mais conveniente para o algoritmo de roteamento apresentado na secção seguinte.

Esta nova disposição, também contorna alguns dos problemas relacionados com a proximidade com que alguns produtos de características praticamente idênticas se encontravam, permitindo assim uma redução no número de erros de recolha dos produtos.

4.4 Novo algoritmo de geração de rotas de *picking*

Após a elaboração da matriz de distâncias e a atualização da localização dos produtos, importava resolver o principal problema da área de *picking* do COL de Leixões. Esse problema está relacionado com o algoritmo atualmente utilizado no *picking*, que está mal adaptado às necessidades da empresa e dos operadores. Como foi possível verificar no capítulo anterior, o CLP dos clientes é de tal forma variado que torna a tarefa dos operadores na construção das paletes bastante complicada. Isso leva a que o algoritmo atual (*aisle by aisle*) seja muito desadequado e ignorado pelos operadores em grande parte das encomendas.

Foi desta forma desenvolvido um novo algoritmo e programado em VBA (*Visual Basic for Applications*), com o objetivo de reduzir significativamente as distâncias percorridas, e que pudesse ser efetivamente usado pelos operadores no que diz respeito à boa construção da paleta.

Este novo algoritmo assenta essencialmente nos seguintes princípios:

- Na realização da encomenda, o operador deve partir sempre do ponto de partida (denominado *depot* na matriz de distâncias) e voltar sempre a esse ponto quando a encomenda está terminada;
- De todos os pontos por onde o operador tem de realizar recolhas, estes devem ser divididos pela categoria de produto (PLP, PLD, PLA e PLG) e ordenados em função dessas mesmas categorias: primeiro os PLD, em segundo os PLP, em terceiro os PLA e por último os PLG. Esta é a ordem mais conveniente à construção da paleta;
- Dentro de cada categoria, estes devem ser divididos em função da resistência da caixa/embalagem (no caso de PLD ou PLP de 1 a 6, ou no caso da categoria PLA de 1 a 5, na categoria PLG desde a classificação 1 até à classificação 4);
- Nesta divisão dos produtos, primeiro por categoria e depois pela classificação das caixas/embalagens, o algoritmo deve analisar todos os locais a visitar da 1ª lista, resultante da divisão dos produtos realizada por estes critérios (por exemplo todos os produtos da categoria PLP do tipo de embalagem 1), e retirar da matriz todas essas possíveis distâncias desde o ponto onde o operador atualmente se encontra. De entre essas distâncias o algoritmo seleciona a distância mínima e atribui a ordem número 1 a visitar. Após essa atribuição da ordem 1, o algoritmo volta a retirar da matriz todas as distâncias desde o ponto atual onde o operador agora se encontra (local da ordem 1

atribuída) a todos os pontos que falta visitar (dentro da categoria PLP, e classificação de embalagem 1). Novamente irá ser selecionado o local a visitar com a distância mais pequena e irá ser atribuído a esse local/produto a ordem na encomenda número 2. O algoritmo irá sucessivamente de acordo com a posição atual, retirar as distâncias dos locais em falta e atribuir a ordem mais apropriada ao operador. Uma vez ordenados todos os locais do tipo PLP e com a classificação de embalagem 1, irão ser ordenados todos os pontos a visitar na ordem de encomenda do tipo PLP e classificação de embalagem 2. Apenas quando todas as recolhas do tipo PLP (com todas as classificações de embalagem correspondentes) forem ordenadas pelo trajeto mais curto, será estabelecida a melhor ordem para as recolhas da categoria PLA, e por último da categoria PLG;

- Quando a encomenda está finalizada e todas as ordens de encomenda atribuídas/percorridas, o algoritmo retira da matriz a distância correspondente desde o último ponto a visitar (local), ao ponto de partida/*depot*;
- Para uma análise das distâncias percorridas com o novo algoritmo comparativamente ao histórico e às distâncias que foram percorridas pelos operadores na situação atual da empresa, em cada ordem atribuída na rota de *picking*, foi colocada na coluna ao lado a distância que estes percorrem para as visitar (retirada da matriz de distâncias);
- Por último, uma vez que é necessário o programa estabelecer a ordem e consequentemente a rota para várias encomendas em simultâneo, quando o código de encomenda muda, o algoritmo calcula a soma de todas as distâncias nos trajetos realizados durante essa encomenda. Inclusive a distância do ponto de partida ao primeiro local a visitar e ainda a correspondente ao retorno ao *depot* no fim da encomenda.

Devido ao CLP imposto por alguns clientes como número de referências (artigos diferentes) por palete limitado, altura de palete máxima, estivagem em coluna ou em camada, ou mesmo por a palete estar praticamente lotada, poderá não ser possível adicionar caixas ou embalagens de grandes ou pequenas dimensões, mais ou menos resistentes. Assim sendo, o algoritmo incorpora uma possibilidade de seleção de ordens, consoante a classificação da caixa/embalagem. Por exemplo, se o operador não pode adicionar à sua palete mais caixas ou embalagens muito resistentes, tem a possibilidade de dentro da categoria onde se encontra ou mesmo de outras categorias (pode mudar de PLP para a categoria PLG por exemplo), selecionar o tipo de caixa que mais lhe convém e imediatamente apenas será visualizada a lista de ordens com essa filtragem e com o trajeto mais curto entre elas. Esta é uma opção que poderá ser de extrema utilidade, e que facilitará não só a procura de uma ordem mais conveniente à sua palete naquele momento, sem grandes perdas de tempo na procura dessa ordem, como também ainda garante um trajeto curto quando as percorrer.

São agora descritos os algoritmos elaborados e que foram posteriormente programados em VBA. Primeiramente, os algoritmos da função cálculo de distâncias e o algoritmo que determina a distância mínima entre os locais possíveis a visitar.

```

Function CalcDist (origem, destino)

    col_origem ← matriz.distancias (coluna)
    'Procurar a célula dentro da 1ª coluna
    cel_origem = encontra col_origem (matriz.distancias)

        If cel_origem Is Nada Then
            Erro: "CalcDist"
        End If

    col_destino ← matriz.distancias (linha)
    'Procurar a célula dentro da 1ª linha
    cel_destino = encontra col_destino (matriz.distancias)

        If cel_destino Is Nada Then
            'Não existe o lugar pretendido na matriz de distâncias
            Erro: "CalcDist"
        End If

    Aux = matriz (cel_origem, cel_destino)
    If aux = conj.vazio Then
        CalcDist = 0
    Else
        CalcDist = expressão (aux)
    End If
End Function

```

```

Algoritmo CaminhoMínimo ()
ordem (i , 1) ← Ordem estabelecida pelo coeficiente N
ordem (i , 2) ← correspondente às distâncias percorridas em m trajetos

While N < Nemb 'Número de produtos com a mesma
classificação de embalagem

    For i = 1 To Nemb
        If ordem (i , 1) = 0 Then
            distancias (i) = calcdist (poscorrente, localpickcatemb (i))
        End If
    End For

    For i = 1 To Nemb
        If minimodist > distancias (i) Then
            posmin = i
            minimodist = distancias (i)
        End If
    End For
    ordem (posmin, 1) ← N
    ordem (posmin, 2) ← minimodist
    poscorrente ← localpickcatemb (posmin)
End While

```

O algoritmo que gera a rota de *picking*, a partir dos algoritmos de cálculo de distâncias e do caminho mínimo.

```

Algoritmo GeraRota()

While cód.artigo  $\neq$  célula vazia
    Read (listacodprod., categoria, local, cod.encom., classifembal.)
End While

poscurr = "Depot"
linhasprodtratadas = 0
distanciapercorridaencomenda = 0

‘Quando o tipo de embal. ou a categoria ou ainda a OE muda é gerada uma ordem, senão ele
percorre as linhas até que algum deles mude
While linhaemb =classifembal. (linhaseguinte) e linhacat = categoria (linhaseguinte) e
oe_atual = cod.encom. (linhaseguinte) e linhaseguinte  $\leq$  nprodutos
    linhaemb = linhaemb + 1
    linhacat = linhacat + 1
    localpickcatemb (linhacat) = localpick (linhaseguinte)
    linhaseguinte = linhaseguinte + 1
End While

‘Gerar a ordem e somar o número de linhas tratadas
Call CaminhoMinimo (linhacat, localpickcatemb, poscorrente, ordem)
Function ShowValues ()
    For i = 1 To N
        Ordemcatembal i+1  $\leftarrow$  lista (i, 1)
        Ordemglobalencom i+1  $\leftarrow$  lista (i, 1) + linhasprodtratadas
        Distanciapercorridatrajeto i+1  $\leftarrow$  lista (i, 2)
    End For
End Function
linhasprodtratadas = linhasprodtratadas + linhacat

For i = 1 To linhacat ‘soma das distâncias a cada trajeto
    Distanciapercorridaencomenda = distanciapercorridaencomenda + ordem (i,2)
End For

If oe_atual  $\neq$  oe_anterior Then
    Distorigem = calcdist (poscurr, "Depot") ‘ calculada a dist. do ultimo local ao depot
    Distanciapercorridaencomenda = Distanciapercorridaencomenda + distorigem
Return (poscorrente, Linhasprodtratadas, distanciapercorridaencomenda)
End If

```

Por último, é representado o algoritmo da aplicação filtrar encomenda, seleccionando a categoria e a classificação da caixa/embalagem pretendidas.

```

Algoritmo Filtrar ()

If cod_oe = valor nulo or categoria = valor nulo or embalagem = valor nulo Then
    Erro: “critérios não preenchidos”
End If

While cod_produto ≠ valor nulo
    If Not existe Erro cod_encomenda Then
        oe_lida ← valor da linha lida
    Else
        “Erro na linha i”
    End If
    If Not existe Erro categoria Then
        cat_lida ← valor da linha lida
    Else
        “Erro na linha j”
    End If
    If Not existe Erro classif.embal. Then
        emb_lida ← valor da linha lida
    Else
        “Erro na linha k”
    End If

    If oe_lida = cod_oe and cat_lida = categoria and emb_lida = embalagem Then
        Write (linhas; colunas: cod.encomenda, categoria, ordem categoria, cod.artigo,
        classif. embal, local, ordem tipo e embal., ordem global encom.)
    End While

```

Após a programação do algoritmo descrito em cima foi possível iniciar a realização de testes para o estabelecimento de novas rotas, com as novas restrições impostas. Nas Figuras 32, 33 e 34 apresenta-se a aplicação criada em VBA.



Figura 32 - Página inicial da aplicação desenvolvida




Ordenar Rota
(com cálculo de distâncias)
clique aqui


Filtrar encomenda
(tipo e classificação da embalagem)



Dados de entrada					Resultados			Dados de entrada	Resultados	
Código do produto	Ordem Categoria	Categoria	Local	Classificação da caixa/embalagem	Ordem picking (dentro da categ. e da embal.)	Ordem picking Encomenda (global)	Distância percorrida (a cada trajeto)	Código da Encomenda	Distância do ultimo local da encomenda ao depot	Distancia Total da Encomenda
83725969	3	PLA	AC103	5	1	1	65,32	1150107017	65,32	130,64
81508974	1	PLD	AF173	1	1	1	81,19	1150107022	81,19	162,37
81403072	1	PLD	AF095	1	7	7	14,06	1150107054		
81403072	1	PLD	AF095	1	8	8	0	1150107054		
81403072	1	PLD	AF095	1	9	9	0	1150107054		
81521836	1	PLD	AF066	1	5	5	1,88	1150107054		
81521836	1	PLD	AF066	1	6	6	0,00	1150107054		
81483048	1	PLD	AF098	1	10	10	2,79	1150107054		
81501008	1	PLD	AG045	1	1	1	15,5	1150107054		
81040315	1	PLD	AG061	1	2	2	7,52	1150107054		
81470015	1	PLD	AG063	1	3	3	0,94	1150107054		
81471526	1	PLD	AF116	1	11	11	8,46	1150107054		
81505165	1	PLD	AF070	1	4	4	18,33	1150107054		
81403140	1	PLD	AG075	2	1	12	22,56	1150107054		
81406587	1	PLD	AF068	2	2	13	13,63	1150107054		
81390624	1	PLD	AF142	3	10	23	0,94	1150107054		
81406686	1	PLD	AF143	3	8	21	0,94	1150107054		

Figura 33 - Página relativa ao cálculo da rota e também das distâncias percorridas na execução da mesma

Critérios	(A Preencher)		Filtrar Encomenda		
Código da Encomenda	Categoria	Classificação da embalagem			
1150107597	PLD	1	Voltar		



Código do produto	Ordem Categoria	Categoria	Local	Classificação da caixa/embalagem	Ordem picking (dentro da categ. e da embal.)	Ordem picking Encomenda (global)	Distância percorrida (a cada trajeto)	Código da Encomenda
2702044	1	PLD	AG041	1	8	8	0,94	1150107597
2702052	1	PLD	AG031	1	1	1	8,92	1150107597
2702052	1	PLD	AG031	1	2	2	0	1150107597
2702054	1	PLD	AG037	1	5	5	0,94	1150107597
2702054	1	PLD	AG037	1	6	6	0	1150107597
2702056	1	PLD	AG039	1	7	7	0,94	1150107597
2702057	1	PLD	AG033	1	3	3	0,94	1150107597
2702058	1	PLD	AG035	1	4	4	0,94	1150107597
2702144	1	PLD	AF059	1	19	19	18,73	1150107597
2702151	1	PLD	AG047	1	9	9	2,82	1150107597
2702151	1	PLD	AG047	1	10	10	0	1150107597

Figura 34 - Página relativa à opção de filtragem da encomenda por categoria e caixa/embalagem

É importante referir que na execução do protótipo é necessário preencher todos os dados de entrada, tanto na criação da rota como no caso de se pretender filtrar a encomenda. Na página da elaboração da rota são necessários os códigos de encomenda, códigos de produto, a categoria a que pertence cada produto e a ordem da categoria (de acordo com a ordem definida anteriormente: ordem 1 os PLD, ordem 2 os PLP, ordem 3 os PLA e ordem 4 os PLG). Por último é necessário referir para cada código de produto, a classificação da caixa/embalagem que lhe é atribuída e ainda a sua localização no armazém.

No que diz respeito à página do filtro de encomenda, apenas é necessário preencher o quadro “critérios”, com o código da encomenda, a categoria do produto e a classificação de caixa/embalagem pretendida.

4.5 Resultados obtidos com o novo algoritmo

Tal como na atribuição das novas localizações dos produtos no armazém, importava na criação deste novo algoritmo, quantificar os ganhos que este poderia proporcionar. Assim, foram realizados testes a 3 meses de histórico de *picking*, comparando a situação atual (histórico de encomendas) e a ordem de recolhas que os operadores realizariam com a rota definida pelo novo algoritmo.

Nestes testes foram tidos em conta os seguintes fatores:

- Cada operador de armazém realiza uma encomenda de início ao fim, não havendo partilha de uma encomenda por vários operadores (como acontece em casos de encomendas de grande número de recolhas e grande número de caixas);
- Não se tem em conta quantidades a recolher e, conseqüentemente a cada encomenda corresponde uma única paleta, por isso apenas se considera um trajeto de ida do ponto de partida para a realização das recolhas, e um de volta com a paleta finalizada até ao ponto de partida. Efetivamente não foi possível considerar as quantidades e conseqüentemente o número de paletes usadas nas encomendas, devido à grande complexidade que a estivagem realizada numa paleta pode ter seja definido pelo CLP dos clientes, seja definido pelo próprio critério do operador que constrói a paleta, tornando impossível fazer uma previsão minimamente plausível desse número de paletes.

No entanto, como foram adotados para ambos os cenários (no histórico e no novo algoritmo) os mesmos critérios, ainda que os testes realizados não correspondam completamente à realidade da atividade, os resultados obtidos são válidos.

Resultados obtidos com a nova localização e com o novo algoritmo face ao histórico (já anteriormente calculado na realização dos testes à nova disposição), são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados registados nos testes realizados com o novo algoritmo e com a nova disposição

	Teste do histórico (real)	Teste só com aplicação do algoritmo	Redução em % (só algoritmo)	Teste com aplicação do algoritmo e nova localização	Redução em % (algoritmo e nova localização)
2 ^o Quinzena dezembro	540.525	256.867	52,48%	170.010	68,55%
1 ^o Quinzena janeiro	634.398	324.144	48,91%	210.016	66,90%
2 ^o Quinzena janeiro	600.220	315.855	47,38%	204.515	65,93%
1 ^o Quinzena fevereiro	592.906	296.908	49,92%	190.525	67,87%
2 ^o Quinzena fevereiro	539.200	273.833	49,21%	186.434	65,42%
1 ^o Quinzena março	553.947	286.236	48,33%	209.136	62,25%
		Médias	49,37%	-	66,15%

De facto, para a disposição atual do armazém, a aplicação do novo algoritmo permite poupanças na ordem dos 49,4% nos trajetos realizados. Enquanto que a aplicação deste novo algoritmo à nova localização dos produtos, permite ganhos na ordem dos 66%. Esta diferença é facilmente explicada não só pela disposição estar em função da rotação dos artigos, mas também porque a própria disposição por si só, favorece a recolha em primeiro lugar dos produtos mais resistentes, pelo facto de serem estes os que estão mais próximos do ponto de partida dentro de cada classe de rotação (nova disposição já adaptada ao programa criado).

Seguidamente irá ser calculada uma margem de erro nas distâncias e ganhos referidos. A esta margem de erro, está associado o número de paletes que possa ser utilizado em cada encomenda com o novo algoritmo e aquelas que os operadores efetivamente utilizaram no histórico.

Para isso, foi em primeiro lugar calculado o número médio de paletes por encomenda com base nos registos de meio ano de histórico (de 20 de setembro a 20 de março), sendo esse valor médio de 4,2 paletes por ordem de encomenda. Seguidamente considerou-se uma margem de erro aceitável face a esse número médio de paletes. Neste caso, considerou-se a margem de erro situada em 1 palete e adicionou-se/retirou-se em cada encomenda, à distância total percorrida com o novo algoritmo, a distância correspondente ao trajeto de ida e volta do ponto médio do armazém (centro de gravidade da área de *picking*) ao ponto de partida/*depot* (cuja distância é de 46,99 metros), para pegar nessa tal palete a mais ou a menos.

Assim sendo foram calculadas as margens de erro e os respetivos ganhos/perdas com essas margens de erro na Tabela 4.

Tabela 4 - Margem de erro calculada para cada um dos testes com o novo algoritmo e a nova localização

	Teste do histórico (real)	Novo algoritmo e nova localização (sem margem de erro)		Novo algoritmo e nova localização (com margem de erro)			
		Algorit. e nova localiz.	Redução em % (algorit. e nova local.)	Com margem de erro (visão pessimista)	Redução em % com margem de erro (pessimista)	Com margem de erro (visão otimista)	Redução em % com margem de erro (otimista)
2º Quinzena dezembro	540.525	170.010	68,55%	204.338	62,20%	135.682	74,90%
1º Quinzena janeiro	634.398	210.016	66,90%	250.275	60,55%	169.758	73,24%
2º Quinzena janeiro	600.220	204.515	65,93%	243.460	59,44%	165.570	72,42%
1º Quinzena fevereiro	592.906	190.525	67,87%	230.050	61,20%	151.000	74,53%
2º Quinzena fevereiro	539.200	186.434	65,42%	217.712	59,62%	155.156	71,22%
1º Quinzena março	553.947	209.136	62,25%	249.561	54,95%	168.710	69,54%
		Médias	66,15%	-	59,66%	-	72,64%

Como é possível observar apesar desta percentagem poder variar bastante com a margem de erro introduzida, estas continuam a ter ganhos muito significativos. De facto após a introdução da margem de erro, a percentagem de ganho na distância face à realidade atual da Luís Simões, pode oscilar entre os 59,66% (limite inferior) e os 72,64% (limite superior).

No caso de ser frequentemente utilizada mais uma palete, face ao número real de paletes utilizado pelos operadores nas encomendas, situação que não é muito plausível visto o programa ter a possibilidade dos operadores filtrarem as encomendas pelo tipo de caixa/embalagem mais conveniente à construção da sua paleta, este acréscimo não é tão prejudicial à empresa. Cada lugar a mais ocupado no camião por paletes é cobrado ao cliente. Assim sendo, um possível acréscimo de paletes às encomendas não seria financeiramente muito prejudicial à empresa.

4.6 Resultados obtidos com novas localizações e algoritmo no tempo de encomenda

Pelos motivos que foram referidos anteriormente, não foi possível ter acesso a um histórico de tempos de encomenda realmente credível. No entanto, foi feita uma pequena estimativa do tempo gasto em deslocações no tempo total da encomenda, incluindo o tempo gasto em todas as atividades que envolvam a preparação da mesma. Foram consideradas e dividido o tempo gasto nas seguintes atividades:

- Transporte;
- Movimentos em vazio;
- Procura;
- Manobras, Abertura de caixas, *Liners*;
- Espera;
- *Breakdowns* (Sistema);
- Trabalho administrativo (impressão das etiquetas – denominadas UT);
- Verificação/Contagem;
- Recolha;
- Filmagem;
- Re-Empilhamento (ajustes na paleta);
- Colocação de autocolantes (só para encomendas Modelo/Continente).

Depois de definidas as atividades essenciais que ocorrem na preparação das encomendas, foram realizados diversos testes com diferentes operadores e com diferentes tipos de encomendas. Para que os testes fossem o mais diversificado possível, foram escolhidas encomendas de clientes variados, como por exemplo: Grupo CooplecNorte, Modelo/Continente, Pingo Doce, Auchan, Recheio ou ainda clientes de clínicas médicas ou encomendas enviadas em contentores (para os arquipélagos da Madeira e dos Açores).

Estas encomendas foram feitas por quatro operadores diferentes, uma vez que nem todos os operadores preparam as encomendas da mesma forma, nem gastam em média o mesmo tempo na realização das atividades anteriormente enumeradas.

Assim sendo, com base no histórico de produtividade dos operadores nos meses de Abril e Maio foi escolhido um operador de produtividade alta, média alta, média baixa e baixa (a produtividade desses operadores pode ser consultada no Anexo E). O tempo de cada teste foi contabilizado desde o momento que o operador pegava na paleta vazia no ponto de

partida/*depot* para iniciar a atividade de *picking*, até esta estar corretamente filmada com todas as etiquetas e autocolantes devidamente colados.

Este teste foi baseado na contagem de momentos (um pouco à semelhança do que se faz na área *Lean*). A cada 15 segundos era registada a atividade que estava a ser realizada pelo operador.

Foram realizados 32 testes, 8 testes a cada um dos quatro operadores selecionados. Foi calculado em cada um dos testes, as percentagens gastas no tempo total de encomenda em cada uma das 12 atividades consideradas na preparação de encomendas. No final foi realizada uma média dessas mesmas percentagens nos 32 testes realizados. Os resultados são apresentados na Figura 35.

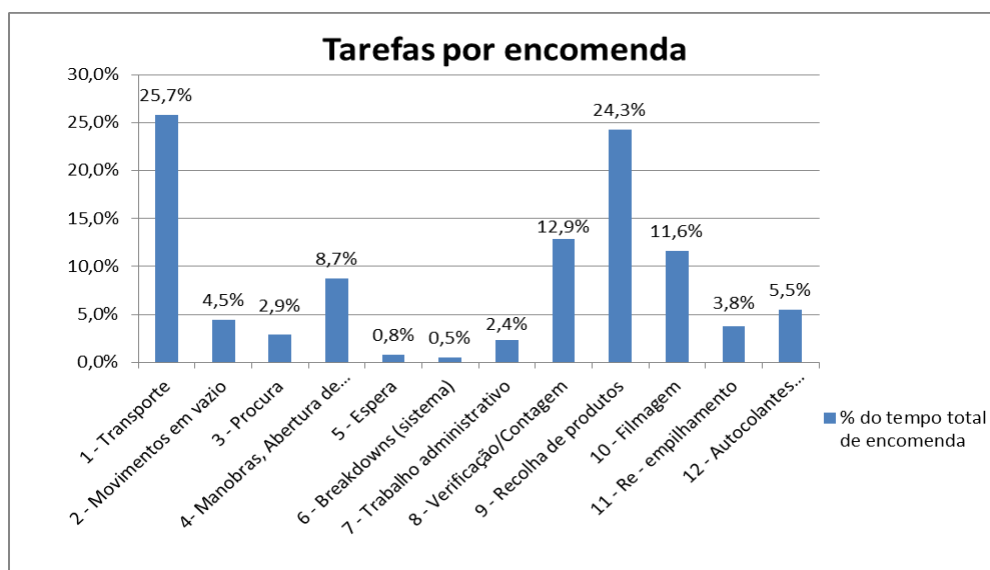


Figura 35 - Gráfico representativo das percentagens médias do tempo gasto em cada uma das atividades na operação de *picking*

A partir deles é possível verificar que a grande parte do tempo gasto na preparação das encomendas, é nas atividades de transporte e recolha dos produtos (a percentagem na atividade de transporte ascende aos 25,7% e na recolha na ordem dos 24,3%). No entanto devem-se ainda considerar as elevadas percentagens gastas em atividades como verificação ou contagem (12,9%), filmagem da paleta (11,6%) e ainda o tempo gasto em manobras, abertura de caixas (quando o *picking* em alguns produtos tem de ser realizado à embalagem), ou colocação de *liners*, na ordem dos 8,7%.

Em relação ao grande objetivo deste estudo, a definição da nova localização dos produtos e do novo algoritmo, com base nesta estimativa dos tempos gastos, é possível agora fazer um cálculo aproximado das poupanças registadas nos tempos de encomenda, tendo por base a redução das distâncias calculada anteriormente. Ora, se a percentagem gasta em transporte se situa nos 25,7%, o tempo poupado pode ser facilmente estimado, como se apresenta na Tabela 5.

Tabela 5 - Redução do tempo em percentagem com a introdução da nova disposição e do novo algoritmo

	Redução em % das distâncias (novo algorit. e nova localiz.)	Redução em % do tempo	Margem de Erro (Limite Inferior)	Margem de Erro (Limite Superior)
2º Quinzena dezembro	68,55%	17,62%	15,98%	19,25%
1º Quinzena janeiro	66,90%	17,19%	15,56%	18,82%
2º Quinzena janeiro	65,93%	16,94%	15,28%	18,61%
1º Quinzena fevereiro	67,87%	17,44%	15,73%	19,15%
2º Quinzena fevereiro	65,42%	16,81%	15,32%	18,30%
1º Quinzena março	62,25%	16,00%	14,12%	17,87%
Médias	66,15%	17,00%	15,33%	18,67%

Como é possível verificar com a introdução do novo algoritmo e da nova disposição, a redução do tempo das encomendas pode se situar na ordem dos 17%, que constitui de facto uma redução muito significativa.

Ainda sobre os 32 testes realizados aos operadores de armazém, é possível tirar mais algumas conclusões importantes. Os tempos de recolha, de manobras, de abertura de caixas e de colocação de *liners*, apesar de muito significativos, constituem atividades obrigatórias que dificilmente podem ser evitadas ou melhoradas. A abertura de caixas é obrigatória em todos os clientes que exigem a recolha de certos produtos à embalagem (imposto no CLP), e os *liners* já se encontram disponíveis aos operadores em vários locais espalhados pelo armazém. Outras das atividades obrigatórias dificilmente contornáveis são a filmagem (que como se pode observar nos testes do Anexo F é mais ou menos constante, situada entre 1 a 2 minutos). No entanto, caso a empresa realizasse um investimento num segundo *Robocap* ou com a utilização de um robot mais eficiente na filmagem, este tempo deixaria de ser gasto pelos operadores, porque a filmagem seria feita unicamente de forma automática. O tempo de espera está associado a interrupções no funcionamento do RFID, ou a reaprovisionamentos que erradamente ainda não estão disponíveis ao operador de *picking* (situação que raramente acontece). O trabalho administrativo (impressão da UT), não tem gastos de tempo muito significativos. Para além do transporte, existem algumas atividades passíveis de serem melhoradas. Embora não seja possível quantificar a melhoria na atividade de re-empilhamento, ou seja, no ajuste da construção da paleta, esse tempo irá ser reduzido bem como o tempo de procura (que atualmente está na ordem dos 3%), e na maior parte dos casos associado à procura do próximo artigo mais conveniente à estivagem da paleta.

Acredita-se que com a integração do novo algoritmo de roteamento e da nova disposição, estes valores podem ser reduzidos em cerca de metade no caso do tempo gasto em procura e em 1/3 na atividade de re-empilhamento, o que permitiria que a redução total no tempo de encomenda subisse para próximo dos 20%.

4.7 Outras soluções propostas

Existem para além das distâncias percorridas pelos operadores no armazém, outros problemas identificados, que apesar de não constituírem uma fatia tão elevada da atividade de *picking* da empresa, não deixam de ser igualmente importantes. Seguidamente irão ser apresentadas soluções para os problemas relacionados com o elevado tempo gasto na contagem do remanescente, na procura dos locais de *picking* da ordem de encomenda, no abastecimento dos locais de *liners*, paletes “CHEP” ou paletes brancas, transporte das paletes finalizadas da área de receção de *picking* até ao cais de embarque, deposição do lixo proveniente das caixas

e dos autocolantes nas encomendas Modelo/Continente e ainda movimentos em vazio no levantamento de reaprovisionamentos.

Solução para redução do tempo gasto em contagem/verificação

Na realização dos testes anteriormente referidos destaca-se ainda a elevada percentagem de tempo consumida na atividade de verificação – leitura do código do produto pelo RFID, e na atividade de contagem - contagem do remanescente da paleta desse artigo após a realização da recolha, e introdução dessa quantidade no sistema que a valida, ou não. Este sistema permite verificar se o operador está efetivamente a recolher o número correto de caixas. No entanto o tempo despendido nesta atividade é de facto bastante elevado. Como é possível verificar na Figura 36, o tempo pode variar muito consoante o tipo de encomenda e a categoria dos produtos que são recolhidos.

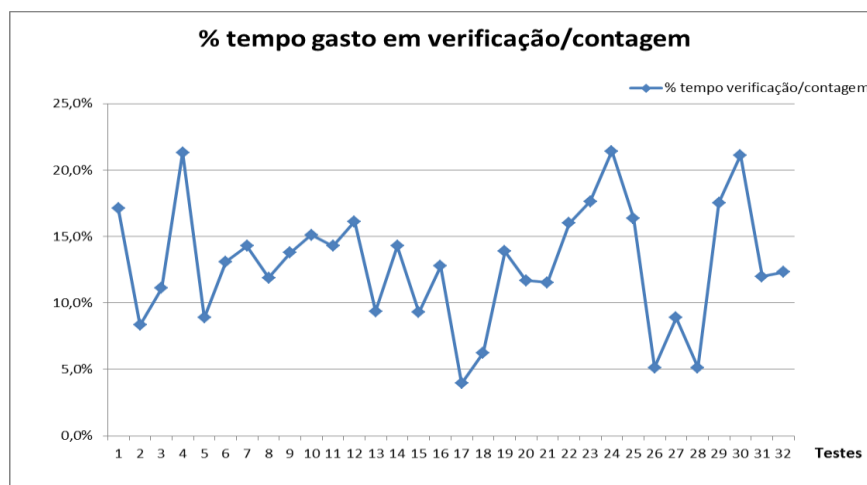


Figura 36- Gráfico representativo da variação do tempo gasto em verificação/contagem nos 32 testes realizados

É possível verificar a grande variabilidade da percentagem de tempo gasto nesta atividade, porque está dependente do tipo de artigo e das dimensões destes. Quanto mais reduzidas forem as suas dimensões mais difícil torna-se a contagem do remanescente na paleta após a recolha e conseqüentemente maior é o tempo despendido nessa atividade.

No entanto, se fizermos uma média destas percentagens consoante a categoria dos produtos, apenas considerando de entre os 32 testes as paletes com artigos unicamente de uma categoria, verifica-se uma grande variação (Tabela 6).

Tabela 6 - Percentagens médias de tempo gasto na atividade de verificação/contagem consoante a categoria do produto

% tempo verificação/contagem	
Categoria	%
PLD	11,1%
PLP	14,6%
PLA	6,4%
PLG	14,2%

Analisando os resultados da Tabela 6 verifica-se a grande diferença nas percentagens de tempo gastas em contagem/verificação na categoria PLD e acima de tudo PLA, face às percentagens médias nas categorias dos PLP e dos PLG.

Tal facto é facilmente explicado pelas reduzidas dimensões que os produtos do tipo PLP e PLG apresentam face aos PLA e PLD, fazendo com que uma paleta de shampoos e gilletes possa ter quantidades na ordem das centenas, enquanto que algumas lixívia ou fraldas não têm paletes com mais de 20 ou 30 unidades.

Existe já uma boa ajuda fornecida aos operadores na contagem para que o tempo despendido não seja tão elevado. As etiquetas nos vários locais de *picking* apresentam o número de caixas (no caso dos produtos recolhidos à caixa) e o número de embalagens (no caso dos produtos recolhidos à embalagem) que as várias camadas da paleta contém. Essa informação está demonstrada na Figura 37.



Figura 37 - Número de embalagens consoante o número de camadas da paleta (produto recolhido à embalagem)

Apesar de este ser de facto um passo importante no que diz respeito às poupanças de tempo da atividade de contagem, esta continua ainda a ocupar uma grande fatia do tempo gasto. Assim sendo sugere-se a aplicação de uma parametrização em sistema, onde os operadores apenas teriam de realizar a contagem um número de vezes inferior ao atual em função essencialmente de dois parâmetros: valor monetário que os produtos têm e em função do número de caixas que os artigos apresentam por camada (quanto maior o número mais difícil se torna a contagem por serem de mais reduzidas dimensões).

De facto, apesar da contagem permitir a ausência de erros por parte dos operadores o tempo despendido é muito elevado, o que para operadores com uma elevada experiência na atividade de *picking* (todos os operadores atualmente encontram-se a trabalhar nesta atividade há pelo menos 2 anos) é em certa medida desproporcional. Existe já atualmente disponível na Luís Simões uma parametrização desenvolvida para esta actividade de contagem que no entanto nunca foi implementada e testados os resultados. Sugere-se a implementação da mesma e a verificação do crescimento do número de erros de recolha. Ainda assim, mesmo que este número de erros cresça substancialmente, a parametrização da contagem em função do valor monetário dos produtos (artigos mais caros são mais vezes contados), permite que os erros apareçam mais em produtos de baixo custo, sendo por isso menos prejudicial.

Solução para a procura das localizações de *picking*

A dificuldade dos operadores em encontrar a localização desejada, pode ser facilitada com uma ajuda visual. Numa primeira fase foram aumentadas as letras da etiqueta correspondente ao local de *picking*, e seguidamente sugeriu-se a introdução de um código de cores em apenas

algumas etiquetas: utilização de cores claras, uma do lado esquerdo do corredor onde se encontra os números ímpares e outra do lado direito do corredor onde se encontram os números pares. Sugere-se que de 20 em 20 locais o papel da etiqueta correspondente ao local de *picking*, seja de cor verde clara do lado esquerdo nos números acabados em cinco (por exemplo nos números 35,55,75,95 etc.), e a utilização da cor azul clara do lado direito do corredor nos números acabados em zero (por exemplo nos números 50,70,90,110 etc.). Esta ajuda visual possibilita que os operadores encontrem os locais pretendidos sem terem que ler todas as etiquetas.

Solução para o abastecimento dos locais de *liners*

Outro dos problemas identificados com alguma frequência, prende-se com o facto de alguns locais de abastecimento de *liners* estarem quase vazios, ou mesmo num ou outro caso vazios. Tal situação deve-se a algum desleixo por parte dos operadores. Uma solução que poderia ajudar a evitar estas situações, seria a criação de marcas nos recipientes de colocação dos *liners*, para assinalar visualmente aos operadores da necessidade de estes procurarem abastece-los o mais rapidamente possível. Além da introdução destas marcas, aconselha-se a colocação de um pequeno painel de informação acerca do significado das respetivas marcas para que estes se mantenham sensibilizados e informados para o reabastecimento. Na Figura 38 pode ser visualizado um exemplo dessa aplicação aos recipientes de *liners*.



Figura 38 - Exemplo de marcação do local de abastecimento de *liners*

Nesta marcação foram consideradas duas cores (amarela e vermelha) cujo painel do local deverá conter a seguinte informação:

- Linha amarela – recomenda-se o reabastecimento de *liners* logo que seja possível (cerca de 25% da capacidade do local);
- Linha vermelha – é necessário o reabastecimento imediato do local com *liners* (cerca de 10% da capacidade do local).

Solução para o transporte de paletes finalizadas da área de receção de *picking* até ao cais

O tempo despendido na procura das paletes correspondentes ao cliente pretendido, para que estas sejam levadas para a zona de cais da porta de embarque correspondente, constitui não só movimento em vazio, como também tempo gasto na leitura das UTs (com o código de barras e informação do cliente) que em nada acrescentam valor à empresa. Para resolver este problema, sugere-se uma delimitação do espaço correspondente à área de receção de *picking*

por zonas, para que este espaço possa estar mais organizado e assim a deposição das paletes finalizadas ser feita com algum critério. Sugerem-se duas alternativas na delimitação desta área. A primeira seria a marcação no chão, na zona inferior de cada linha de paletes. Quatro dessas linhas teriam as iniciais correspondentes aos quatro principais clientes e com maior volume de encomendas: Pingo Doce Laundos (PDL), Pingo Doce Azambuja (PDA), Auchan (AUC), e Recheio (REC), ficando o restante espaço desta área disponível para qualquer outro tipo de cliente. O cliente Modelo/Continente correspondente a 26% do volume de encomendas não foi considerado, pelo facto das paletes finalizadas destes, serem imediatamente levadas da zona de filmagem para o cais. Assim, nestas secções, apenas seriam depositadas paletes correspondentes aos clientes de cada uma das siglas, evitando pelo menos nestes casos, que juntos correspondem a cerca de 51% do volume total (Anexo B), a necessidade de visualização das UTs e consequentes perdas de tempo. A Figura 39 exemplifica a organização do espaço referido.



Figura 39 - Organização do espaço de receção de *picking* por clientes (siglas)

A segunda solução alternativa, seria a delimitação deste espaço por setores e atribuição de letras a cada linha de paletes nessa mesma área. Em sistema, a cada encomenda além da porta de cais de embarque, também seria atribuído uma letra da área de receção de *picking*, na qual a paleta deveria ser colocada depois de finalizada. Isto permitiria uma racionalização do espaço e uma organização do mesmo, de maneira a que o operador responsável pelo transporte das paletes até ao cais, esteja informado dos setores onde as paletes correspondentes a um cliente específico se encontram.

Solução para a deposição de lixo

Relativamente ao lixo proveniente das caixas, não é possível encontrar uma solução eficiente que não seja uma boa disposição de recipientes do lixo por todo o armazém, o que já acontece atualmente. No entanto, foi encontrada uma solução no que diz respeito aos papéis dos autocolantes.

De facto, os porta-paletes utilizados na Luís Simões, não incluem compartimentos para colocar o lixo proveniente das caixas e dos autocolantes. Ora, se no caso das caixas esta situação é muito difícil contornar, porque os cartões são de elevadas dimensões e os porta-paletes não possuem espaço para a criação de um compartimento, já no que diz respeito aos papéis dos autocolantes das encomendas Modelo/Continente, visto serem de reduzidas dimensões, esta situação pode ser contornada. Sugere-se a criação de uma caixa que pode ser em plástico ou metal na zona do porta-paletes, onde é colocado o rolo de filme. O rolo de filme não ocupa todo esse espaço, pelo que é possível a integração de um pequeno recipiente nessa mesma zona. Tal facto pode ser observado na Figura 40. Esta solução seria à semelhança das referidas nos pontos anteriores, de baixo custo e com um bom retorno no que

diz respeito à produtividade. Seriam reduzidos drasticamente os movimentos para deposição do lixo proveniente dos autocolantes e as interrupções nos trajetos para apanharem do chão os papéis que frequentemente caem.



Figura 40 - Espaço disponível no porta-paletes para a integração do recipiente para papéis de autocolantes

Solução para redução dos movimentos em vazio

Os movimentos em vazio verificados, eram mais frequentes no trajeto de ida à área de reaprovisionamento, para levantar a paleta de reaprovisionamento. No entanto, existiam também alguns movimentos em vazio dos operadores na ida a locais de *picking*, que afinal não tinham as características ideais para a construção da sua paleta, ou ainda deslocações na procura no RFID, da ordem seguinte mais indicada.

Como foi possível constatar nos testes realizados, os movimentos em vazio devem ser tidos em conta e constituem uma percentagem relativamente importante do tempo total da encomenda. Mesmo que a percentagem seja de “apenas” 4,5%, acaba por ser uma percentagem significativa porque correspondem a quase 5% do tempo total, em que não é acrescentado valor à encomenda.

Ora como referido anteriormente, a introdução do recipiente para os papéis dos autocolantes das encomendas Modelo/Continente podem reduzir significativamente os movimentos em vazio, bem como a introdução do novo algoritmo com a restrição da classificação da embalagem, permitirá uma redução dos movimentos em vazio resultantes de deslocações a locais de *picking* inconvenientes à estivagem da paleta. Adicionalmente foi ainda abordado outro problema muito frequente, relacionado com os movimentos em vazio: os trajetos realizados no levantamento dos reaprovisionamentos. Para isso os operadores devem receber formação de maneira a que no trajeto de ida dos corredores de *picking* à área de reaprovisionamento, essa deslocação não seja feita em vazio. Alguns bons exemplos de tarefas que poderiam ser executadas pelos operadores nesses trajetos são: o transporte de paletes vazias de algum local de *picking* que está a necessitar de reaprovisionamento, o abastecimento de *liners* nos respetivos locais, ou ainda a deposição do lixo das caixas que são abertas nos contentores.

A execução de qualquer uma destas três tarefas reduziria a percentagem de movimentos em vazio significativamente, e por isso seria necessário proporcionar alguma formação aos operadores, para que estes sejam sensibilizados para tal. Embora não seja possível quantificar a redução desta percentagem no tempo total de encomenda, acredita-se que com a integração do novo algoritmo, do novo recipiente para papéis dos autocolantes e ainda com a formação dos operadores para a execução de tarefas durante os trajetos de reaprovisionamento, seja possível reduzir esta percentagem em mais de metade.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Numa primeira fase deste estudo, identificaram-se os principais problemas no armazém da Luís Simões, cuja organização apresentava grandes possibilidades de melhoria.

Identificou-se inicialmente uma grande ineficiência resultante da má definição da localização dos produtos no armazém, porque o método usado para esse efeito não é o mais adequado, nem regularmente aplicado. Constatou-se ainda o não aproveitamento das estantes da melhor forma (corredores de *picking* desaproveitados).

Com um melhor aproveitamento da zona de estantaria do armazém, e após aplicação da nova disposição, com uma divisão dos produtos por classes em função do número de recolhas e da classificação da caixa/embalagem atribuída, conclui-se que:

- A nova localização por si só, permite ganhos na ordem dos 30% na distância percorrida pelos operadores de armazém;
- A nova localização e a reorganização das estantes utilizadas na atividade de *picking*, permitiram a utilização de menos um corredor (seis corredores em vez dos atuais sete);
- A nova localização garante ainda que produtos com características muito semelhantes, tenham pelo menos um ou dois locais de intervalo entre eles, de forma a evitar possíveis erros na recolha dos mesmos;
- A nova localização com uma ordenação dentro de cada classe de rotação, em função da sua caixa/embalagem, está completamente adaptada ao novo algoritmo (com a mesma restrição), permitindo assim ganhos ainda mais significativos na aplicação do algoritmo desenvolvido;
- A criação de *clusters* para o cliente Modelo/Continente com o maior volume de encomendas, permite uma redução nos trajetos percorridos, que além do elevado número de caixas encomendado é aquele que tem uma janela horária de entrega mais curta (menos de 24 horas).

O desenvolvimento do algoritmo foi o mais adaptado possível à realidade da Luís Simões e foi talvez o passo mais importante na realização deste estudo. De facto, as rotas geradas pelo algoritmo utilizado na empresa, eram muitas vezes ignoradas pelos operadores dada a sua ineficiência, o que constituía um enorme problema à produtividade da atividade de *picking*. Após a aplicação de um algoritmo com uma ordenação dos locais a visitar da encomenda pelo trajeto mais curto, com a restrição da categoria e classificação da caixa/embalagem dos artigos, conclui-se que:

- A aplicação do novo algoritmo aliada à nova disposição, permite ganhos na distância percorrida na ordem dos 66,1% que com a margem de erro aplicada poderá variar entre 59,6% e 72,6%;

- O novo algoritmo permite uma ordenação da encomenda pelo trajeto mais curto em que, apenas quando todos os artigos de uma determinada categoria são recolhidos, é que o operador irá percorrer os da categoria seguinte, sendo o mesmo aplicado em relação à classificação da caixa (primeiro ordenadas todas as caixas de classificação 1, só depois as de classificação 2, etc.)
- Com o novo algoritmo é possível os operadores selecionarem a lista de ordens pelo trajeto mais curto, com a categoria e classificação de caixa mais conveniente à sua palete;
- A possibilidade de filtragem da encomenda reduz movimentos em vazio na procura do produto mais conveniente à estivagem da palete.

No que diz respeito às soluções propostas para os outros problemas identificados na atividade de *picking* conclui-se que:

- O sistema de parametrização de contagem permitiria uma redução considerável no tempo de encomenda, em que esta atividade constitui 12,9% do tempo total. O número de erros na recolha de produtos mesmo que fosse aumentado, seria em produtos de menor valor monetário sendo assim menos prejudicial;
- O código de cores aplicado permitiria uma redução do tempo gasto na procura do local de *picking*, porque constitui uma ajuda visual aos operadores;
- A utilização das marcas de cores (amarela e vermelha) e colocação do respetivo painel com o significado das marcas, permitiria uma maior sensibilização dos operadores no reabastecimento dos locais de *liners*, evitando quebras;
- A organização da área de receção das paletes de *picking* por setores, permitiria não só uma melhor organização do espaço, como também uma redução do tempo despendido na procura das paletes do cliente, que se pretende enviar para a zona de cais da porta de embarque correspondente;
- A criação do pequeno recipiente de colocação dos papéis de autocolantes utilizados nas encomendas Modelo/Continente, permitiria uma redução dos movimentos em vazio por parte dos operadores;
- A sensibilização e formação dos operadores para a realização de atividades, como reabastecimento de *liners*, deposição de lixo ou transporte de paletes vazias desde o local de *picking*, permitiriam igualmente uma redução do número de movimentos em vazio na realização de reaprovisionamentos.

A implementação de qualquer uma destas medidas é importante para a melhoria da atividade atual na empresa. Embora a alteração de todas as localizações dos produtos, bem como a integração do novo algoritmo no sistema de informação possa acarretar alguns custos à empresa, estes são largamente compensados a curto prazo, pela redução dos tempos de encomenda e dos aumentos de produtividade. A integração do algoritmo e das novas localizações, permitirá reduções na ordem dos 17% dos tempos de encomenda, percentagem que será ainda aumentada com a implementação das outras pequenas soluções propostas.

Acredita-se que, com a redução do tempo gasto em movimentos em vazio, do tempo em reempilhamento e de procura, esta percentagem certamente ultrapassará os 20%. Um novo sistema de parametrização, que de acordo com o valor monetário e o número de caixas por

camada dos produtos reduzisse as contagens globais realizadas para metade, faria com que esta percentagem subisse para perto dos 29%.

É importante salientar que a nova localização dos produtos e algoritmo não constituem soluções perfeitas para a atividade de *picking*, poderá mesmo em alguns casos mais específicos, em função principalmente do CLP dos clientes, não ser seguida na íntegra pelos operadores. Obviamente isso iria reduzir esta percentagem de poupanças registadas, que no entanto, mesmo considerando esse fator, será sempre significativa.

Foi definido pela empresa, que quaisquer soluções que permitissem poupanças na ordem dos 10% (no mínimo) deveriam ser tidas em conta e implementadas. Ainda que o algoritmo possa não ser seguido na íntegra por parte dos operadores, esta margem dos 10% será ultrapassada. A opinião global dos operadores de armazém é de que a aplicação deste novo algoritmo ainda que não seja perfeito, face ao CLP dos clientes, permitirá certamente uma maior facilidade na preparação das encomendas e será certamente seguido por eles com uma muito maior frequência do que com o algoritmo atual.

Ao longo deste estudo foi frequentemente tido em conta a opinião de funcionários dos escritórios da Luís Simões (sobretudo responsáveis da gerência do armazém e do funcionário da área de melhoria contínua). Também foram frequentemente consultados operadores de armazém e chefes de equipa, cuja opinião foi essencial à elaboração do algoritmo e nova disposição, bem como na discussão das outras soluções.

Finalmente, após a realização deste estudo, foram sugeridos trabalhos futuros.

Sugere-se a melhoria do algoritmo desenvolvido, através por exemplo, do método da pesquisa local (*local search*), para a obtenção de melhores rotas. O algoritmo desenvolvido constrói uma rota com trajetos mínimos, em que a posição corrente entre cada trajeto é constantemente atualizada. Para cada local por onde o operador passa na sua rota, são recalculadas as distâncias de todos os locais da encomenda ainda em falta, e é definida a ordem seguinte que apresenta uma distância mínima desde o local da ordem anterior. No entanto, esta é uma abordagem um pouco limitada. Uma abordagem mais global à rota poderá dar melhores soluções. Após uma rota inicial definida (pelo algoritmo que foi criado neste estudo por exemplo), o *local search* irá fazer uma série de iterações (trocando aleatoriamente locais na ordem pré-estabelecida), tentando encontrar uma solução que seja globalmente melhor para a encomenda e que não se preocupe apenas com o vizinho mais próximo mas com o global. O *local search* possibilita que, mesmo sendo interrompido (ao definir-se um tempo limite de pesquisa), seja sempre devolvida a melhor solução encontrada até aquele momento.

Por último seria também interessante uma abordagem diferente ao problema estudado, que analisasse a estivagem ótima da palete e definisse a recolha dos produtos em função dessa estivagem. Estão a ser desenvolvidos trabalhos, sobretudo na Europa Central, relacionados com problemas de empacotamento em 3D. Nestes sistemas a palete é construída como se de um puzzle se tratasse em que as suas dimensões e formas são tidas em conta. O sistema elabora uma rota de recolhas, que permita uma otimização do espaço na minimização de espaços vazios da palete e no encaixe perfeito entre as caixas colocadas. Normalmente integram raios infravermelhos, que apontam para o local da palete onde o operador deverá colocar a caixa recolhida.

Referências

- Bartholdi, John J, e Steven T Hackman. 1998. Warehouse & distribution science. Acesso online: <http://www2.isye.gatech.edu/~spyros/courses/IE6202/Fall-2002/Bartholdi-Hackman.pdf> (Último acesso: Março 2015)
- Beker, Ivan, Vesna Jevtić e Dalibor Dobrilović. 2012. "Shortest-path algorithms as a tools for inner transportation optimization". *Int. J. Ind. Eng. and Management* no. 3:39-45.
- Bertsekas, Dimitri P, Robert G Gallager e Pierre Humblet. 1992. *Data networks*. Vol. 2: Prentice-Hall International New Jersey.
- Brynzér, Henrik e Mats I Johansson. 1996. "Storage location assignment: Using the product structure to reduce order picking times". *International Journal of Production Economics* no. 46:595-603.
- De Koster, René, Tho Le-Duc e Kees Jan Roodbergen. 2007. "Design and control of warehouse order picking: A literature review". *European Journal of Operational Research* no. 182 (2):481-501.
- Hausman, Warren H, Leroy B Schwarz e Stephen C Graves. 1976. "Optimal storage assignment in automatic warehousing systems". *Management Science* no. 22 (6):629-638.
- Hentschel, Matthias, Daniel Lecking e Bernardo Wagner. 2007. "Deterministic path planning and navigation for an autonomous fork lift truck". Comunicação apresentada em 6th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles (IAV), Toulouse, France.
- Kallina, Carl e Jeffrey Lynn. 1976. "Application of the cube-per-order index rule for stock location in a distribution warehouse". *Interfaces* no. 7 (1):37-46.
- Malmberg, Charles J. 1995. "Optimization of cube-per-order index warehouse layouts with zoning constraints". *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH* no. 33 (2):465-482.
- Malmberg, Charles J e Krishnakumar Bhaskaran. 1990. "A revised proof of optimality for the cube-per-order index rule for stored item location". *Applied Mathematical Modelling* no. 14 (2):87-95.
- Petersen, Charles G. 1997. "An evaluation of order picking routeing policies". *International Journal of Operations & Production Management* no. 17 (11):1098-1111.
- Petersen, Charles G. 2002. "Considerations in order picking zone configuration". *International Journal of Operations & Production Management* no. 22 (7):793-805.
- Petersen, Charles G e Gerald Aase. 2004. "A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking". *International Journal of Production Economics* no. 92 (1):11-19.

- Petersen, Charles G, Gerald R Aase e Daniel R Heiser. 2004. "Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* no. 34 (7):534-544.
- Petersen, Charles G e Roger W Schmenner. 1999. "An Evaluation of Routing and Volume-based Storage Policies in an Order Picking Operation". *Decision Sciences* no. 30 (2):481-501.
- Ratliff, H Donald e Arnon S Rosenthal. 1983. "Order-picking in a rectangular warehouse: a solvable case of the traveling salesman problem". *Operations Research* no. 31 (3):507-521.
- Roodbergen, Kees-Jan. 2001. *Layout and routing methods for warehouses*. Erasmus Research Institute of Management (ERIM).
- Roodbergen, Kees Jan e René De Koster. 2001a. "Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle". *European Journal of Operational Research* no. 133 (1):32-43.
- Roodbergen, Kees Jan e René De Koster. 2001b. "Routing methods for warehouses with multiple cross aisles". *International Journal of Production Research* no. 39 (9):1865-1883.
- Wäscher, Gerhard. 2004. *Order picking: a survey of planning problems and methods*. Springer.

ANEXO A: CLP do cliente Pingo Doce

Especificação nº 18	PINGO DOCE	Revisão nº 003
-------------------------------	-------------------	--------------------------

Data da última revisão:	18-09-2014	Alterações à última revisão:
N.º de folhas totais da especificação:	2	Identificadas a Azul

Lojas Pingo Doce

- Não colocar detergentes e cosméticos na mesma paleta - categoria por paleta;
- Multi-produtos são colocados por paleta e em coluna;
- Evitar referências isoladas no meio da paleta;
- As paletes não podem ter mais de 1,70 m de altura;
- Nos produtos Bellady e Gillette, retirar a caixa exterior e enviar à embalagem;
- Não utilizar caixas mistas;
- Utilizar a fita de "Reconferência de Segurança";



Pingo Doce Laúndos e Pingo Doce Azambuja

- Nos produtos Bellady e Gillette, retirar a caixa exterior e enviar à embalagem;
- Não utilizar caixas mistas;
- Paletização em coluna, no máximo de 16 referências por paleta (Laúndos); 8 referências por paleta (Azambuja).
- Sempre que possível, separar fisicamente na paleta caixas de tamanho semelhante, de forma a minimizar o risco de erro na conferência;
- Utilizar a fita de "Reconferência de Segurança";



ANEXO B: Volume de encomendas dos principais clientes da Luís Simões nos últimos 5 meses (Janeiro a Maio)

Tabela 7 - Percentagem do volume total de caixas encomendadas em cada cliente

Cientes	Soma de Quantidades	Percentagens
SONAE	381318	26,32%
PINGO DOCE	268111	18,50%
CASH & CARRY	214602	14,81%
Outros	157113	10,84%
AUCHAN	136618	9,43%
RECHEIO	123415	8,52%
ITMP	74783	5,16%
MAKRO	27393	1,89%
AGENTES	24987	1,72%
EL CORTE INGLES	14618	1,01%
DIA	13921	0,96%
LIDL	7178	0,50%
COOPLECNOORTE	4827	0,33%
Total Geral	1448884	

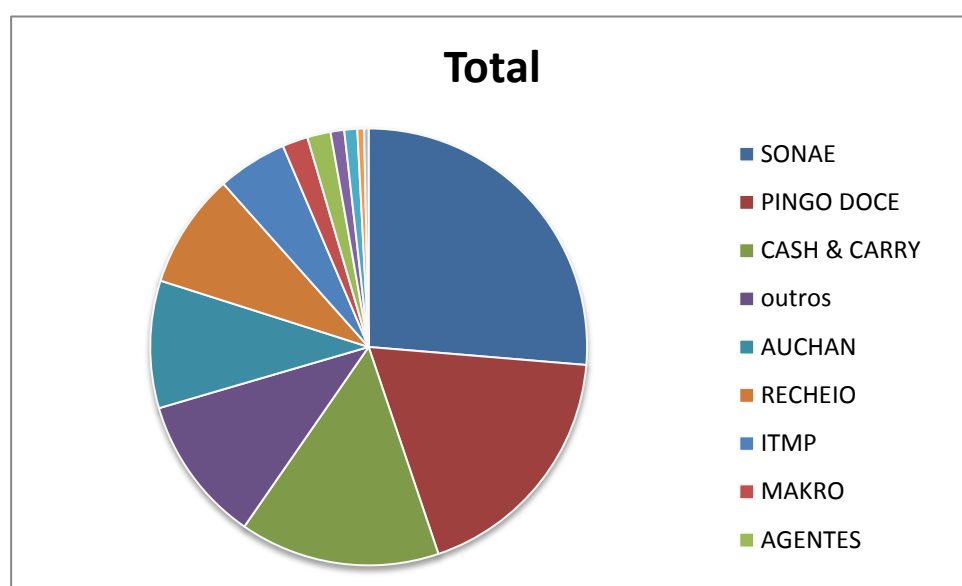


Figura 41 - Gráfico correspondente às percentagens de cada cliente

ANEXO C: Matriz parcial de distâncias

Nota: todas as medidas são apresentadas em metros

A	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	AW
1	AE093	AE095	AE097	AE099	AE101	AE103	AE105	AE107	AE109	AE111	AE113	AE115	AE117	AE119	AE121	AE123	AE125	AE127	AE129	AE131	AE133	AE135	AE137	AE139
2	DEPOT	49,17	50,11	51,05	51,99	52,93	53,87	54,81	55,75	56,69	57,63	58,57	59,51	60,45	61,39	62,33	63,27	64,21	65,15	66,09	67,03	67,97	68,91	69,85
3	AC031	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87	56,81	57,75	58,69	59,63	60,57	61,51	62,45
4	AC033	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87	56,81	57,75	58,69	59,63	60,57	61,51
5	AC035	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87	56,81	57,75	58,69	59,63	60,57
6	AC037	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87	56,81	57,75	58,69	59,63
7	AC039	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87	56,81	57,75	58,69
8	AC041	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87	56,81	57,75
9	AC043	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87	56,81
10	AC045	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93	55,87
11	AC047	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99	54,93
12	AC049	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05	53,99
13	AC051	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11	53,05
14	AC053	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17	52,11
15	AC055	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23	51,17
16	AC057	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29	50,23
17	AC059	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35	49,29
18	AC061	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41	48,35
19	AC063	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47	47,41
20	AC065	25,79	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53	46,47
21	AC067	24,85	25,79	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59	45,53
22	AC069	23,91	24,85	25,79	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65	44,59
23	AC071	22,97	23,91	24,85	25,79	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71	43,65
24	AC073	22,03	22,97	23,91	24,85	25,79	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77	42,71
25	AC075	21,09	22,03	22,97	23,91	24,85	25,79	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83	41,77
26	AC077	20,15	21,09	22,03	22,97	23,91	24,85	25,79	26,73	27,67	28,61	29,55	30,49	31,43	32,37	33,31	34,25	35,19	36,13	37,07	38,01	38,95	39,89	40,83
27	AC087	16,61	17,55	18,49	19,43	20,37	21,31	22,25	23,19	24,13	25,07	26,01	26,95	27,89	28,83	29,77	30,71	31,65	32,59	33,53	34,47	35,41	36,35	37,29

ANEXO D: Nova disposição dos artigos em armazém

Disposição da Categoria PLD

Código artigo	Categoria	Classif. Caixa/Embal.	Novo local	Número recolhas	Peso (Kg)	Recolhas Mod./Cont
2702052	PLD	1	AG031	901	23,4	2
2702057	PLD	1	AG033	762	21	#N/D
2702058	PLD	1	AG035	726	23,4	#N/D
2702054	PLD	1	AG037	718	20,716	#N/D
2702056	PLD	1	AG039	684	18,5	2
2702044	PLD	1	AG041	634	20,716	#N/D
2702055	PLD	1	AG043	513	23,4	#N/D
81501008	PLD	1	AG045	495	7,761	257
2702151	PLD	1	AG047	436	17,716	103
2702053	PLD	1	AG049	482	18,5	#N/D
81441694	PLD	1	AG051	399	18,5	#N/D
2702051	PLD	1	AG053	372	20,716	#N/D
81470017	PLD	1	AG055	959	7,675	#N/D
81470016	PLD	1	AG057	802	7,675	#N/D
81434572	PLD	1	AG059	656	9,87	#N/D
81040315	PLD	1	AG061	565	5,9	234
81470015	PLD	1	AG063	540	11,651	230
81470018	PLD	1	AG065	482	11,929	#N/D
81416076	PLD	1	AG067	460	11,033	#N/D
81421754	PLD	1	AG069	393	10,979	#N/D
81434254	PLD	1	AG071	382	10,02	#N/D
81040317	PLD	1	AG073	361	5,3	89
81403140	PLD	2	AG075	434	4,403	257
81464539	PLD	3	AG077	1164	4,347	317
81464549	PLD	3	AF032	740	4,347	302
81463808	PLD	3	AF034	625	3,244	226
81447664	PLD	3	AF036	579	1,95	#N/D
81464874	PLD	3	AF037	353	2,858	241
81471648	PLD	3	AF038	352	2,045	#N/D
81390628	PLD	3	AF039	383	2,495	117
81500900	PLD	3	AF040	373	8,22	#N/D
81406686	PLD	4	AF041	507	0,395	193
81403781	PLD	4	AF042	443	1,004	132
81403785	PLD	4	AF043	399	1,004	205
81437607	PLD	4	AF044	374	0,503	160
81447016	PLD	4	AF045	357	0,836	167
81474129	PLD	5	AF046	666	3,392	#N/D

Muita Rotação

81456742	PLD	5	AF047	483	3,919	4	
81474154	PLD	5	AF048	412	3,392	#N/D	
81452626	PLD	6	AF049	494	0,501	233	
81378124	PLD	6	AF050	363	0,32	221	
81449157	PLD	6	AF051	1034	1,412	295	
81449142	PLD	6	AF052	515	0,919	273	
81448904	PLD	6	AF053	511	3,599	112	
81449166	PLD	6	AF054	499	1,28	272	
81449608	PLD	6	AF055	435	1,1	279	
81420052	PLD	6	AF056	544	0,214	#N/D	
81420054	PLD	6	AF057	517	0,214	#N/D	
81420038	PLD	6	AF058	449	0,214	#N/D	
2702144	PLD	1	AF059	534	8,18	Paletes Altas	
2702146	PLD	1	AF060	414	10,1		
2702145	PLD	1	AF061	366	8,87		
2702147	PLD	1	AF062	253	10,1		
2702069	PLD	1	AF063		17,716		
81402977	PLD	1	AF064	412	9,851		
81409960	PLD	1	AF065	307	13,289		
81521836	PLD	1	AF066		6,589		
81504787	PLD	1	AF067		11,033		
81406587	PLD	2	AF068	392	4,8		
81448918	PLD	6	AF069	522	1,002		
81505165	PLD	1	AF070	31	13,289		
81521853	PLD	1	AF071	22	9,268		
81504878	PLD	2	AF072	31	3,297		
1			AF073				
1			AF074				
1			AF075				
1			AF076				
1			AF077				
1			AF078				
2702152	PLD	1	AF087	281	18,3	114	Média Rotação
2702045	PLD	1	AF088	273	23,4	#N/D	
2702150	PLD	1	AF089	208	11,328	#N/D	
2702039	PLD	1	AF090	203	13,245	#N/D	
2702149	PLD	1	AF091	96	17,716	79	
2702068	PLD	1	AF092	77	11,288	#N/D	
2702153	PLD	1	AF093	74	13,245	#N/D	
81416074	PLD	1	AF094	344	11,033	#N/D	
81403072	PLD	1	AF095	339	11,842	214	
81499825	PLD	1	AF096	333	8,9	#N/D	
81420893	PLD	1	AF097	323	11,05	#N/D	
81483048	PLD	1	AF098	297	8,087	223	
81463674	PLD	1	AF099	291	4,952	3	
81453078	PLD	1	AF100	241	7,521	206	
81403078	PLD	1	AF101	275	11,718	#N/D	
81421752	PLD	1	AF102	253	11	#N/D	
81483044	PLD	1	AF103	243	11,651	#N/D	
81483043	PLD	1	AF104	226	11,651	#N/D	
81420890	PLD	1	AF105	223	11	#N/D	
81421753	PLD	1	AF106	208	8,919	#N/D	
81433901	PLD	1	AF107	206	9,242	#N/D	
81471531	PLD	1	AF108	195	11,793	#N/D	
81433894	PLD	1	AF109	173	9,68	1	

81466874	PLD	1	AF110	155	9,848	6
81477640	PLD	1	AF111	142	12,446	1
81403124	PLD	1	AF112	118	14,074	#N/D
81464402	PLD	1	AF113	110	8,815	2
81455172	PLD	1	AF114	110	11,144	112
81403120	PLD	1	AF115	101	11,984	#N/D
81471526	PLD	1	AF116	94	6,681	23
81474139	PLD	1	AF117	88	2,956	#N/D
81403122	PLD	1	AF118	86	14,074	1
81402994	PLD	1	AF119	77	9,556	#N/D
81524597	PLD	1	AF120	75	13,407	#N/D
81471528	PLD	1	AF121	75	7,521	2
81463652	PLD	3	AF122	309	2,296	#N/D
81463633	PLD	3	AF123	295	2,296	#N/D
81463789	PLD	3	AF124	254	2,177	#N/D
81504886	PLD	3	AF125	243	3,798	152
81477801	PLD	3	AF126	201	3,875	#N/D
81463817	PLD	3	AF127	190	3,798	161
81504885	PLD	3	AF128	171	3,244	56
81463679	PLD	3	AF129	157	3,529	1
81463654	PLD	3	AF130	139	2,815	62
81488277	PLD	3	AF131	150	4,157	#N/D
81464880	PLD	3	AF132	149	3,294	#N/D
81504882	PLD	3	AF133	136	2,177	#N/D
81495611	PLD	3	AF134	132	4,522	#N/D
81504876	PLD	3	AF135	113	2,296	#N/D
81463675	PLD	3	AF136	98	5,762	#N/D
81463660	PLD	3	AF137	97	3,297	#N/D
81504880	PLD	3	AF138	90	4,952	#N/D
81463659	PLD	3	AF139	79	3,297	#N/D
81505421	PLD	3	AF140	71	3,875	#N/D
81390625	PLD	3	AF141	318	2,495	160
81390624	PLD	3	AF142	313	2,495	168
81408686	PLD	3	AF143	290	2,495	74
81408676	PLD	3	AF144	258	2,495	102
81390626	PLD	3	AF145	197	2,495	#N/D
81489983	PLD	3	AF146	111	2,495	#N/D
81454705	PLD	3	AF147	78	2,495	#N/D
81408681	PLD	3	AF148	78	2,495	#N/D
81500629	PLD	3	AF149	115	8,644	77
81456521	PLD	3	AF150	99	4,385	#N/D
81500825	PLD	3	AF151	75	4,872	#N/D
81448900	PLD	3	AF152	195	3,08	140
81485933	PLD	4	AF153	284	1,005	123
81403802	PLD	4	AF154	267	1,004	117
81403782	PLD	4	AF155	280	1,004	#N/D
81486947	PLD	4	AF156	268	0,3	#N/D
81489521	PLD	4	AF157	265	0,656	#N/D
81489514	PLD	4	AF158	233	0,656	#N/D
81488857	PLD	4	AG093	212	0,501	#N/D
81464462	PLD	4	AG095	183	1,249	#N/D
81447010	PLD	4	AG097	201	0,836	136
81490102	PLD	4	AG099	178	1,015	105
81489902	PLD	4	AG101	151	0,843	95
81447009	PLD	4	AG103	171	0,836	#N/D

81489516	PLD	4	AG105	170	0,656	#N/D	
81509694	PLD	4	AG107	163	0,501	#N/D	
81420102	PLD	4	AG109	138	0,343	#N/D	
81488863	PLD	4	AG111	134	0,501	#N/D	
81488860	PLD	4	AG113	132	0,501	#N/D	
81403799	PLD	4	AG115	127	1,004	#N/D	
81420103	PLD	4	AG117	119	0,343	#N/D	
81488858	PLD	4	AG119	112	0,501	#N/D	
81488861	PLD	4	AG121	98	0,501	#N/D	
81489520	PLD	4	AG123	96	0,656	#N/D	
81507891	PLD	4	AG125	95	0,97		48
81507886	PLD	4	AG127	92	0,97		56
81447017	PLD	4	AG129	74	0,836		60
81464466	PLD	4	AG131	83	1,247	#N/D	
81464464	PLD	6	AG151	301	1,249		219
81420045	PLD	6	AG153	217	0,214	#N/D	
81457118	PLD	5	AG133	303	5,06		207
81456724	PLD	5	AG135	286	3,919		129
81474290	PLD	5	AG137	199	3,392		2
81457129	PLD	5	AG139	175	3,704		3
81456745	PLD	5	AG141	174	3,919		4
81456722	PLD	5	AG143	114	4,157	#N/D	
81457131	PLD	5	AG145	95	3,704		2
81474139	PLD	5	AG147	88	2,956	#N/D	
81474169	PLD	5	AG149	75	2,956	#N/D	
81467345	PLD	6	AG155	95	0,962	#N/D	
81448968	PLD	6	AG157	175	1,551		107
2702040	PLD	1	AF167	18	20,716	#N/D	
81358414	PLD	1	AF169	1	17,716	#N/D	
81434250	PLD	1	AF171	57	11,505		3
81508974	PLD	1	AF173	55	11,05	#N/D	
81526987	PLD	1	AF174	55	8,242	#N/D	
81498021	PLD	1	AF175	55	10,64	#N/D	
81464405	PLD	1	AF176	51	13,753	#N/D	
81512945	PLD	1	AF177	42	11	#N/D	
81433899	PLD	1	AF178	31	12,555	#N/D	
81486276	PLD	1	AF179	31	12,828	#N/D	
81472767	PLD	1	AF180	29	7,675	#N/D	
81521840	PLD	1	AF181	28	13,407	#N/D	
81486283	PLD	1	AF182	28	12,23	#N/D	
81298564	PLD	1	AF183	25	1,16	#N/D	
81527121	PLD	1	AF184	19	8,242	#N/D	
81403115	PLD	1	AF185	18	9,12	#N/D	
81500116	PLD	1	AF186	15	8,46	#N/D	
81466628	PLD	1	AF187	14	7,542	#N/D	
81403114	PLD	1	AF188	12	9,12	#N/D	
81471534	PLD	1	AF189	12	11,925		2
81500120	PLD	1	AF190	10	10,388	#N/D	
81527000	PLD	1	AF191	9	12,135	#N/D	
81510580	PLD	1	AF192	9	11,718	#N/D	
81453080	PLD	1	AF193	8	9,662	#N/D	
81504778	PLD	1	AF194	8	9,851	#N/D	
81521842	PLD	1	AF195	7	8,242	#N/D	
81505264	PLD	1	AF196	6	11,929	#N/D	
81510581	PLD	1	AF197	5	11,842		3

Baixa Rotação

81524595	PLD	1	AF198	4	14,933	2	
81527006	PLD	1	AF199	2	12,177	#N/D	
81524601	PLD	1	AF200	1	9,268	1	
81510579	PLD	1	AF201	1	11,718	#N/D	
81463807	PLD	3	AF202	67	3,244	#N/D	
81463824	PLD	3	AF203	63	4,552	#N/D	
81464884	PLD	3	AF204	61	3,294	1	
81504890	PLD	3	AF205	61	2,045	#N/D	
81504875	PLD	3	AF206	47	2,296	#N/D	
81464887	PLD	3	AF207	44	4,831	#N/D	
81505425	PLD	3	AF208	41	3,294	#N/D	
81504896	PLD	3	AF209	38	3,294	#N/D	
81504877	PLD	3	AF210	37	3,297	#N/D	
81505427	PLD	3	AF211	32	2,464	18	
81505418	PLD	3	AF212	18	2,815	16	
81504888	PLD	3	AF213	18	4,552	19	
81463805	PLD	3	AF214	11	2,368	#N/D	
81436069	PLD	3	AF215	4	9,7	#N/D	
81505435	PLD	3	AF216	4	#N/D	#N/D	
81505419	PLD	3	AF217	3	3,244	#N/D	
81532837	PLD	3	AF218	3	3,297	#N/D	
81504884	PLD	3	AF219	2	2,368	#N/D	
81487259	PLD	3	AG173	52	4,385	#N/D	
81500631	PLD	3	AG175	45	3,466	29	
81456571	PLD	3	AG177	34	4,385	#N/D	
81456513	PLD	3	AG179	12	3,466	6	
81487234	PLD	3	AG181	1	4,385	#N/D	
81403778	PLD	4	AG183	70	1,004	#N/D	
81447027	PLD	4	AG185	67	0,836	#N/D	
81490103	PLD	4	AG187	55	1,015	#N/D	
81447020	PLD	4	AG189	45	0,836	#N/D	
81447026	PLD	4	AG191	43	0,836	#N/D	
81507881	PLD	4	AG193	39	0,973	#N/D	
81447014	PLD	4	AG195	35	0,836	#N/D	
81447022	PLD	4	AG197	29	0,836	#N/D	
81402251	PLD	4	AG199	11	0,846	#N/D	
81402253	PLD	4	AG201	3	0,846	#N/D	
81428018	PLD	4	AG203	62	9,04	#N/D	
81453925	PLD	4	AG205	25	8,22	#N/D	
81474293	PLD	5	AG207	68	2,956	1	
81473709	PLD	5	AG209	57	4,196	1	
81474649	PLD	5	AG211	30	4,196	#N/D	
81473731	PLD	5	AG213	15	#N/D	#N/D	
81298573	PLD	6	AG215	39	0,67	#N/D	
81428494	PLD	6	AG217	3	1,25	#N/D	

Nota: “#N/D” – Artigos que não apresentam picagens, ou seja que não foram encomendados pela Modelo/Continente no prazo de 6 meses analisado.

ANEXO E: Produtividade dos Operadores

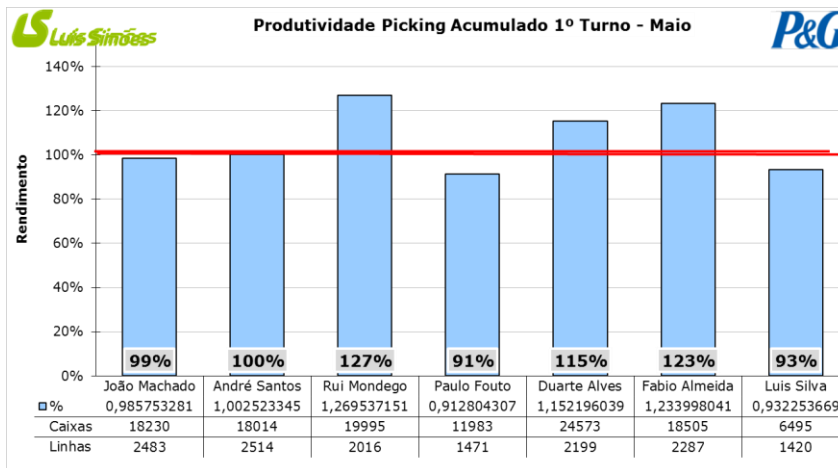


Figura 42 - Produtividade dos operadores do 1º turno no mês de Maio (o valor de 100% é um valor estipulado pela empresa na relação do número de caixas e linhas/locais a recolher)

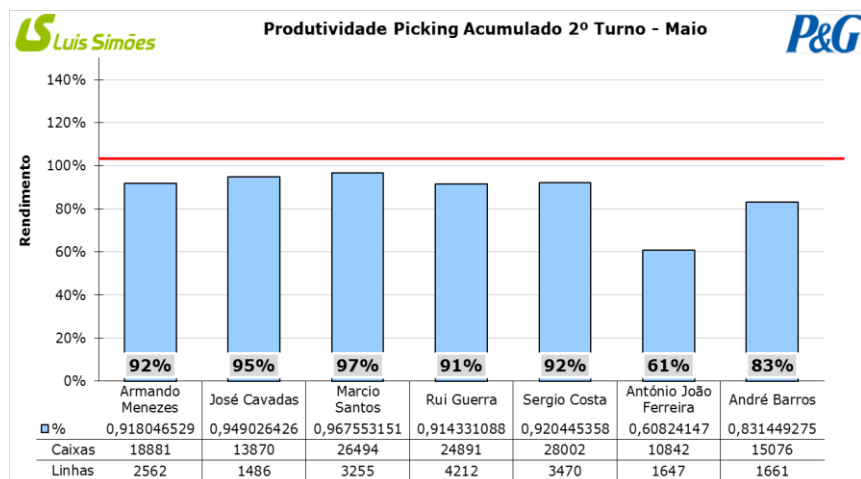


Figura 43 - Produtividade dos operadores do 2º turno no mês de Maio

Tabela 8 - Média das produtividades dos operadores nos meses de Abril e Maio

Operador	Mês de Abril	Mês de Maio	Médias	Produtividade
Duarte Alves	112%	115%	114%	Alta
Márcio Santos	105%	97%	101%	Média Alta
João Machado	97%	99%	98%	Média Baixa
Sérgio Costa	96%	92%	94%	Baixa

ANEXO F: Alguns testes aos tempos de encomenda

Tabela 9 – Teste de encomenda realizada pelo operador João Machado ao cliente CooplecNorte

Teste 1		
Tipo encom	CooplecNorte - PLG	
Operador	João	
Locais a recolher	35 (1 palete)	
	Tempo	Percentagem
1 - Transportes	5 min 15 seg	27,6%
2 - Movimentos em vazio	1 min 30 seg	7,9%
3 - Procura	30 seg	2,6%
4- Manobras, Abertura de Caixas, Liners	1 min 15 seg	6,6%
5 - Espera	15 seg	1,3%
6 - Breakdowns (sistema)	15 seg	1,3%
7 - Trabalho administrativo	30 seg	2,6%
8 - Verificação/Contagem	3 min 15 seg	17,1%
9 - Recolha de produtos	4 min 30 seg	23,7%
10 - Filmagem	1 min 15 seg	6,6%
11 - Re - empilhamento	30 seg	2,6%
12 - Etiquetas (Módís)	-	-
Total	19 min	100,0%

Tabela 10 – Teste de encomenda realizada pelo operador Sérgio Costa ao cliente Modelo/Continente

Teste 6		
Tipo encom	PLG Módís	
Operador	Sergio	
Locais a recolher	12 (1 palete)	
	Tempo	Percentagem
1 - Transportes	3 min	14,3%
2 - Movimentos em vazio	1 min 45 seg	8,3%
3 - Procura	30 seg	2,4%
Caixas, Liners	4 min	19,1%
5 - Espera	-	0,0%
6 - Breakdowns (sistema)	-	0,0%
7 - Trabalho administrativo	30 seg	2,4%
8 - Verificação/Contagem	2 min 45 seg	13,1%
9 - Recolha de produtos	4 min 15 seg	20,2%
10 - Filmagem	1 min 45 seg	8,3%
11 - Re - empilhamento	1 min	4,8%
12 - Etiquetas (Módís)	1 min 30 seg	7,14%
Total	21 min	100,0%

Tabela 11 – Teste de encomenda realizada pelo operador Márcio Santos ao cliente Auchan

Teste 17		
Tipo encom	Auchan-PLD	
Operador	Márcio	
Locais a recolher	6 (3 palete)	
	Tempo	Percentagem
1 - Transportes(1 Reap)	5 min 15 seg	27,6%
2 - Movimentos em vazio	15 seg	1,3%
3 - Procura	1 min 15 seg	6,6%
4- Manobras, Abertura de Caixas, Liners	3 min 30 seg	18,4%
5 - Espera	-	0,0%
6 - Breakdowns (sistema)	-	0,0%
7 - Trabalho administrativo	15 seg	1,3%
8 - Verificação/Contagem	45 seg	4,0%
9 - Recolha dos produtos	5 min	26,3%
10 - Filmagem	2 min	10,5%
11 - Re - empilhamento	45 seg	4,0%
12 - Etiquetas (Módís)	-	-
Total	19 min	100,0%

Tabela 12 - Teste de encomenda realizada pelo operador Duarte Alves ao cliente Modelo/Continente

Teste 20		
Tipo encom	Módís - Maia - PLG	
Operador	Duarte	
Locais a recolher	19 (1 palete)	
	Tempo	Percentagem
1 - Transportes	4 min	20,8%
2 - Movimentos em vazio	45 seg	3,9%
3 - Procura	45 seg	3,9%
4- Manobras, Abertura de Caixas, Liners	1 min 15 seg	6,5%
5 - Espera	-	0,0%
6 - Breakdowns (sistema)	-	0,0%
7 - Trabalho administrativo	15 seg	1,3%
8 - Verificação/Contagem	2 min 15 seg	11,7%
9 - Recolha de Produtos	5 min 30 seg	28,6%
10 - Filmagem	1 min 45 seg	9,1%
11 - Re - empilhamento	1 min 30 seg	7,8%
12 - Etiquetas (Módís)	1 min 15 seg	6,50%
Total	19 min 15 seg	100,0%