

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Sistema de Apoio à Decisão para o problema de
paletização no carregamento de aviões**

Carlos André de Araújo Frias Xavier

VERSÃO DEFINITIVA

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: António Miguel da Fonseca Fernandes Gomes Pr. Dr.

30 de Julho de 2012

© Carlos André de Araújo Frias Xavier, 2012

Resumo

Nos dias de hoje existe uma palavra de ordem para as diversas áreas de trabalho: a gestão. Toda a empresa que queira sobreviver no seio de qualquer economia precisa saber gerir toda a cadeia de produção de modo a eliminar o desperdício e aumentar os lucros. Nesse sentido todo o trabalho desenvolvido é feito de acordo com essa ideologia. Gerir os processos para que haja um melhor aproveitamento dos recursos e fazer com que haja um aumento da produtividade e da qualidade.

Para tal, o trabalho tem como base o caso de estudo de uma empresa de *handling*. Devido ao enorme fluxo de mercadorias que a empresa transaciona, num curto espaço de tempo, associado ao método de transporte das mesmas, faz com que haja a necessidade de automatizar o processo de carregamento dessas mercadorias.

Após uma breve explicação sobre o transporte de mercadorias, é detalhado todo o processo relativo ao caso de estudo em questão, com a descrição de todos os processos.

Deste modo surge o sistema de apoio à decisão que irá auxiliar o utilizador nas tomadas de decisão aquando do carregamento das mercadorias, com recurso a um ambiente gráfico em 3D, como deve ser efetuado o carregamento.

Assim o utilizador não desperdiça demasiado tempo a tentar diversas combinações além de que lhe pode ser dado diversas soluções para que possa escolher a melhor opção. Isto permite que o utilizador otimize as suas tarefas assim como o trabalho, eliminando diversos erros e aumento a produtividade.

Palavras-chave: Gestão; Sistema de Apoio à Decisão; Logística

Abstract

Nowadays there is a watchword for the various areas of work that is management. Any company that wants to survive within any economy needs to know to manage the entire chain of production to eliminate waste and increase profits.

In this sense, all the work done by the student is done again this ideology. Managing the processes so that there is a better use of resources and cause an increase in productivity and quality.

To this end, the work is based on case study of a handling company. Due to the tremendous flow of goods which the company transacts in a short time, associated to the method that is used to transport them, causes there is a necessity to automate the process of loading these goods.

After a brief explanation about transport of goods, a full description of the process is detailed on the case study in question, so that you can understand the meaning of this work.

Then comes the decision support system that will assist the user in decision making at the time of loading the goods, showing a 3D graphical environment and, as it should be carried charging.

Thus the user does not waste a lot of time trying various combinations along with it can be given several solutions for you to choose the best.

This allows the user to optimize their tasks and work by eliminating many errors and increasing productivity.

Keywords: Management, Decision Support System; Logistics

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Professor Miguel Gomes, por toda a disponibilidade e atenção dada no decorrer do trabalho de dissertação.

Ao Professor Rui Rodrigues, por ter disponibilizado o seu tempo para me ensinar e explicar todas as dúvidas que tive relativamente à linguagem *WebGL*.

Ao Rui Batista e Gustavo Lira, por me terem ajudado, com a linguagem *javascript*.

Aos meus pais, namorada e amigos, que estiveram ao meu lado e me apoiaram sempre que as coisas não corriam tão bem e se esforçavam por aceitar o meu mau humor.

Tese dedicada à alma da minha irmã.

“Be the change you want to see in the world”

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Motivação	2
1.2 - Objetivos e contributos.....	2
1.3 - Estrutura	2
Capítulo 2	3
O Problema de Paletização	3
2.1 - Descrição do problema de paletização	3
2.2 - Revisão da literatura	6
2.3 - Aplicações comerciais de Sistemas de Apoio à decisão para o problema de paletização.....	11
Capítulo 3	19
Caso de estudo: Empresa de <i>handling</i>	19
3.1. - Caracterização da empresa de <i>handling</i>	19
3.2. - Exposição de todo o processo de paletização da empresa de <i>handling</i>	20
3.3. - Proposta de resolução para o caso de estudo	26
Capítulo 4	31
O Sistema de Apoio à decisão e sua interface gráfica.....	31
4.1. - Apresentação da interface com o utilizador	31
4.2. - Linguagem <i>WebGL</i>	40
Capítulo 5	43
Testes e validação da aplicação gráfica	43
5.1. - Descrição dos diversos testes efetuados.....	43

5.2. - Resultados obtidos.....	44
5.3. - Validação do sistema.....	48
Capítulo 6	55
Conclusões	55
6.1. - Conclusões sobre o trabalho desenvolvido bem como o sistema utilizado	55
6.2. - Indicação dos trabalhos futuros	56
Referências	57
Anexos A.....	59

Lista de figuras

Figura 2.1 - <i>LoadPlanner</i> - Menu Itens	12
Figura 2.2 - <i>LoadPlanner</i> - Menu Spaces	13
Figura 2.3 - <i>LoadPlanner</i> - Rules	14
Figura 2.4 - <i>Tops Pro</i> - Menu Geral	15
Figura 2.5 - <i>Tops Pro</i> - Inserir características	16
Figura 2.6 - <i>Tops Pro</i> - Calculo do carregamento	16
Figura 3.1 - Diversas etapas para o carregamento de mercadorias	21
Figura 3.2 - Cálculo do carregamento	28
Figura 4.1 - Lista de reservas de um voo ¹	32
Figura 4.2 - Descrição das medidas de uma mercadoria ¹	33
Figura 4.3 - Autenticação do Utilizador	34
Figura 4.4 - Erro na autenticação do utilizador	35
Figura 4.5 - Menu Geral	35
Figura 4.6 - Validação dos dados	36
Figura 4.7 - Voo validado	37
Figura 4.8 - Visualização do carregamento	38
Figura 4.9 - Menu de soluções guardadas	39
Figura 5.1 - Carregamento efetuado com sucesso	45
Figura 5.2 - Carregamento efetuado sem sucesso	48
Figura 5.3 - Lista com as mercadorias reservadas para o voo	49
Figura 5.4 - Desenho em 3D do carregamento da palete 1	50
Figura 5.5 - Desenho em 3D do carregamento da palete 2	51

Figura 5.6 - Desenho em 3D do carregamento da palete 3.....	52
Figura A.0.1 - Lista com o significado das siglas de prioridade e restrições	60
Figura A.0.2 - Erro no menu de soluções	61
Figura A.0.3 - Erro no menu geral	61
Figura A.0.4 - Término de sessão efetuado com sucesso	62
Figura A.0.5 - Exemplo de um contentor	62
Figura A.0.6 - Exemplo de uma palete.....	63

Lista de tabelas

Tabela 5.1 - Descrição da mercadoria para o cenário 1 de testes	44
Tabela 5.2 - Descrição da mercadoria para o cenário 2 de testes	46

Capítulo 1

Introdução

Nos dias de hoje indústrias e serviços tentam reduzir o desperdício, de forma a tornarem-se mais eficientes e competitivas. Nesse sentido necessitam de aproveitar ao máximo todos os recursos que utilizam. Uma das áreas onde podem reduzir desperdício é na racionalização de utilização de espaço, quer na armazenagem como no transporte. Para que tal seja possível muitas vezes dispensa-se imenso tempo, pois a alocação de objetos num determinado espaço tem um grau de complexidade elevado devido aos requisitos que são impostos por estes, optando-se sempre por uma solução melhor mas que poderá não ser a única.

Este tipo de problemas surgem em empresas de *handling* e de companhias de transporte de mercadorias, que tentam encontrar diversas maneiras de reduzir os custos com a logística, prestar um serviço mais eficaz, rápido e que melhore o aproveitamento de espaço no carregamento de contentores/paletes. Um dos objetivos destas empresas é obter estimativas mais precisas e fiáveis do volume de carga que poderão aceitar para um determinado espaço.

Uma das grandes questões que se coloca no carregamento de um contentor, palete ou camião, é se este se encontra completamente cheio ou ainda terá espaço para colocar mais alguma mercadoria. “Maybe that “full” truckload is actually only 90 percent full. Perhaps there was a better, more efficient way of loading the cases inside the trailer, an arrangement that could have squeezed in more product.”[1].

Será que não existirá uma combinação melhor que permita um carregamento mais eficiente de modo a ser possível carregar mais produtos?

Para que seja possível encontrar essa combinação, existe uma variada gama de ferramentas de otimização que ajudam a obter um resultado mais eficiente, menores custos e contribuindo para um ambiente melhor. Estas ferramentas, estão limitadas a diversas regras e restrições, como o volume máximo de cada objeto, as dimensões de cada carga, o número de peças, se são empilháveis ou não e o seu peso.

A contribuição para um ambiente melhor, vai ao encontro das empresas de logística de camiões, já que ao tornarem o carregamento mais eficiente, podem definir novas rotas e reduzir o número de veículos a circular, aumentando assim os lucros face a despesa com o combustível e contribuindo para o meio ambiente.

1.1 - Motivação

A abordagem deste tema está inserida num caso de estudo numa empresa de *handling*. Empresa na qual o aluno se encontra empregado e que está virada para a aviação civil. Foi através desta situação que surgiu o tema em questão.

Nesse sentido, o desenvolvimento de uma aplicação gráfica, com visualização em 3D, irá permitir que o tempo de execução de uma determinada operação seja efetuado num espaço de tempo menor e com uma maior precisão, como forma de melhorar a logística existente no seu dia-a-dia, facilitando assim o seu trabalho, tornando-o mais eficiente e com uma menor probabilidade de erro.

Este trabalho irá permitir que se possa fazer uma melhor previsão do modo de carregamento de uma determinada operação, sendo possível controlar toda a logística de maneira a que o número de erros seja menor e o esforço laboral seja melhor distribuído.

O desenvolvimento deste estudo, permitirá às empresas do setor logístico, fazerem melhores previsões no que se refere ao volume de carga que poderão aceitar e à rentabilização do espaço disponível para o transporte da mesma.

1.2 - Objetivos e contributos

O tema abordado, tem como objetivo o desenvolvimento de uma interface gráfica, com diversas funcionalidades e visualização em 3D, que agilizam todo o processo de carregamento das mercadorias, para os diversos géneros de carregamentos, tendo em atenção as restrições que são impostas: espaço disponível, medidas, peso dos objetos, sobreposição, fragilidade e prioridade. O tema privilegia o enfoque mais no distribuidor do que no produtor, apesar de poder ser adaptado para as duas situações, como veremos mais a frente.

A concretização destes objetivos permitirá, inicialmente para a empresa de *handling* do caso de estudo e posteriormente para outras empresas, uma visão mais eficiente e um melhoramento do carregamento e distribuição dos seus produtos.

1.3 - Estrutura

Este relatório está dividido em seis capítulos distintos. No capítulo 2 descreve-se o problema de paletização, apresentando-se os artigos estudados. No capítulo 3 apresenta-se o caso de estudo em que está inserido o tema da dissertação, bem como algumas soluções propostas para resolução do tema. No capítulo 4 expõe-se a interface gráfica desenvolvida para o sistema de apoio à decisão. No capítulo 5 serão feitos os testes e a validação do sistema, onde serão apresentados os resultados obtidos. Por fim, no capítulo 6, são exibidas as conclusões, os melhoramentos e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

O Problema de Paletização

Neste capítulo será abordado todo o processo de paletização de contentores e paletes, nas várias áreas de transporte de mercadorias, como os camiões, barcos e aviação civil. Também vai ser referido o processo na aviação militar. Aliado a estes estudos, estão os diversos artigos pesquisados, bem como sistemas de apoio à decisão já comercializado.

2.1 - Descrição do problema de paletização

Existem diversos problemas afetos à paletização de uma determinada mercadoria. Nomeadamente, as restrições de peso, número de peças, dimensões das mesmas e muitas vezes o tipo de mercadoria.

Wu, Li et al [2], referem que um dos problemas que torna o processo de paletização complexo são as variadas dimensões das mercadorias, se visualizarmos de uma forma tridimensional (em comprimento, largura e altura). No entanto, para Morabito, Morales et al [3], quando estamos perante uma determinada mercadoria em que as caixas têm a mesma altura esse problema passa a ser bidimensional e de mais fácil resolução.

No processo de carregamento há uma necessidade de garantir que toda a mercadoria alocada a um determinado transporte, seja carregada. Para que esse requisito seja cumprido, muitas vezes é necessário iniciar o processo desde o início ou então recomeçar de um determinado ponto, sendo preciso tempo e mão-de-obra para se efetuar essas alterações, que em certos momentos é difícil de se obter.

Devido ao elevado número de caixas presentes em cada mercadoria, as inúmeras combinações possíveis tornam um carregamento um pouco demorado sem o auxílio de algumas ferramentas. Este problema, aliado ao facto de que cada carregamento poder ser resolvido de diversas formas ou recorrendo a vários métodos, faz com que o auxílio a diferentes ferramentas computacionais seja essencial e, de um ponto de vista operacional, muito mais vantajoso.

Há então uma necessidade de se implementar sistemas que facilitem, agilizem e eliminem os erros decorrentes de uma operação, porém teremos que saber quais os requisitos para o desenvolvimento de tal sistema. Podemos determinar esses requisitos através da análise dos dois tipos de visões no carregamento de mercadorias, a visão do produtor e a do distribuidor. O objetivo para ambos é o mesmo, mas a abordagem face ao problema é diferente, como será apresentado mais a frente.

No caso do problema de paletização do produtor, este preocupa-se com o método de empacotamento dos produtos e distribuição das diversas caixas numa paleta. Neste sentido, o produtor precisa garantir que usa o menor número de caixas, acondicionando o produto dentro das mesmas, de forma a maximizar o espaço disponível e, posteriormente, a carregar as caixas em cima de uma paleta garantindo estabilidade e rigidez para que o transporte seja feito em segurança.

Muitas vezes o produtor depara-se com um dilema. Em certas alturas o número de caixas é superior ao número de paletes, sendo necessário aumentar o número de paletes. Existe no entanto o reverso da medalha, onde o número de paletes é superior ao necessário para transportar as caixas. O que fazer neste último caso? O produtor pode reduzir o número de paletes a utilizar, ou então pode misturar com diferentes tipos de caixas. Neste sentido precisa estruturar a construção das paletes que contenham caixas misturadas.

No caso do problema de paletização do distribuidor este irá ter um problema maior, pois as mercadorias são em maior número que o produtor e de diversos tamanhos, aumentando desta forma o grau de dificuldade de carregamento. Neste sentido, o distribuidor tem que ter em atenção as diversas características da mercadoria. Ao receber as mercadorias tem que as distribuir por diversas paletes ou contentores, como nos descreve Terno, Scheithauer et al [4]. No entanto, acontece que muitas vezes o número de paletes ou contentores não são suficientes para a mercadoria toda, havendo necessidade de este refazer todo o carregamento de modo a que encontre uma solução melhor, recorrendo a programas que nos auxiliam no cálculo desse carregamento, como é referido por Limbourg, Schyns et al [5].

Estas duas visões de carregamento estendem-se pelas várias áreas de transporte de mercadorias. Uma das áreas aqui apresentadas é o transporte de mercadorias por via terrestre, ou seja, através de empresas de camiões.

Deste modo existem dois tipos de carregamentos possíveis a serem efetuados nestes veículos: toda a mercadoria rececionada pode ser carregada diretamente no camião, ou então, acondicionada em paletes ou contentores apropriados, que serão posteriormente carregados no camião.

Um outro caso interessante de se analisar é a questão de carregamentos em barcos. Sabe-se que aqui há diferentes aspetos a ter em conta no carregamento, pois este caso é específico no que toca ao tipo de contentor utilizado. Estes contentores além de serem fechados e com 2 tipos de dimensões, há a necessidade de garantir que são totalmente

preenchidos com mercadorias no sentido de haver uma maior estabilidade e para que também possa garantir estabilidade no carregamento do barco. Neste sentido existe a possibilidade de os contentores transportados por barcos, serem também carregados em camiões.

Todos os carregamentos efetuados, quer seja por terra, ar ou mar, são orientados segundo diversos manuais de carregamento. Estes são disponibilizados pelas companhias de transporte, para que, as empresas que forem efetuar o carregamento das mercadorias conheçam as suas regras no transporte e condicionamento da mercadoria.

Jun, Baisong et al [6], estudam o caso particular do transporte militar, onde toda a operação é efetuada pelos militares. São eles que aceitam a mercadoria, constroem as paletes e carregam os seus próprios aviões. No entanto e devido a uma maior diversidade de mercadorias, de modo particular munições, mantimentos, veículos de guerra e a algumas restrições, torna-se mais difícil para eles construir paletes. Para efetuarem todo este processo, muitas vezes o tempo é muito escasso, face as operações em questão. Estudar este caso em conjunto com o tema em questão pode ajudar compreender qual o grau de detalhe necessário atribuir a um certo algoritmo de modo a que este seja de aplicação genérica.

Ao analisarmos os problemas existentes nas várias áreas de transporte de mercadorias, concluímos que existem dois métodos, que permitem resolver os problemas de aceitação de mercadoria tendo em conta o espaço que se tem disponível, o método *offline* e *online*. No método *offline*, a empresa já sabe antecipadamente qual a mercadoria, quais as suas características e a que contentor ou palete se destina. Assim, poderá utilizar um sistema de apoio à decisão mais potente, que são computacionalmente mais pesados e que demoram mais tempo a apresentar uma solução. Uma empresa que obtenha todos os dados no dia anterior, poderá deixar o sistema de apoio à decisão a calcular a solução durante a noite e no dia seguinte apenas efetuar o carregamento, sem haver alteração nas mercadorias a serem transportadas.

Por seu turno, o método *online* requer uma decisão de minutos, ou seja, o cliente ao contactar a empresa necessita de saber se a mesma tem espaço ou não para poder levar a sua mercadoria, no momento. Neste método, o sistema de apoio à decisão não pode ser tão potente, contendo heurísticas que rapidamente possam dar uma solução e assim ser possível responder ao cliente. Desta maneira o sistema de apoio à decisão precisa de ser rápido no cálculo do carregamento e com a possibilidade de se fazer diversas alterações ao longo do processo de carregamento, pois neste tipo de carregamentos as mercadorias podem ser alteradas a qualquer momento.

Posteriormente serão apresentados dois exemplos de sistemas de apoio à decisão, que estão a ser comercializados de modo a podermos analisar as suas funcionalidades.

2.2 - Revisão da literatura

Nesta secção iremos apresentar diversos artigos relacionados com o problema de paletização. Este problema é inerente a muitas áreas de transporte de mercadorias. Teremos artigos relacionados com o carregamento do produtor, distribuidor, aviação civil, via terrestre, via marítima e carregamento militar.

2.2.1 - O problema de paletização do Produtor

Na paletização por parte do produtor existem publicados bastantes artigos científicos, que nos indicam diversos métodos para encontrar uma solução mais eficiente no carregamento de diversas caixas todas com o mesmo tamanho e dimensões.

Neste sentido, Oliveira e Morabito [7], através de métodos exatos baseados em relaxação *lagrangiana* e *surrogate* têm a intenção de resolver os problemas de paletização do produtor. No entanto a dificuldade em utilizar os métodos exatos, levou a que sejam utilizadas diversas heurísticas para resolver este tipo de problemas, nomeadamente o tempo e o esforço computacional necessários para serem apresentadas as soluções.

Os estudos dos problemas tridimensionais podem ser reduzidos a problemas bidimensionais, visto que todos os objetos têm as mesmas dimensões. Alvarez-Valdes, Parreño et al [8], propõem um algoritmo tabu capaz de resolver o problema, para um determinado número de caixas. Assim o algoritmo encontra uma solução capaz de carregar o maior número de caixas em cima de uma palete, com o mínimo de esforço computacional. Outros métodos usados pelos autores são as heurísticas e meta-heurísticas. É mencionado, que até à data os melhores resultados foram obtidos através do algoritmo G-4, estudado por Scheithauer e Terno [9].

Para Alvarez-Valdes, Parreño et al [10], o problema de paletização surge sempre que se tenta encaixar caixas com dimensões idênticas numa palete retangular. No entanto, várias restrições, como o posicionamento das caixas na palete e a sua construção, no sentido vertical, fazem com que o problema passe de 3 dimensões para duas. Este problema tem diversas aplicações na distribuição e logística. Os autores fazem menção às diversas pesquisas e desenvolvimentos que este tipo de problemas abordam e as variadas heurísticas que foram criadas para a solução do problema. Neste artigo os autores propõem um algoritmo exato que se baseia na pesquisa em árvore.

Este algoritmo engloba certas estruturas do algoritmo G-4 e que melhoram, em termos temporais, o desempenho do algoritmo, bem como o número de objetos a serem analisados.

Yang e Shi [11] apresentam-nos uma nova abordagem híbrida para a resolução do carregamento de contentores. Esta abordagem é baseada na combinação do algoritmo *Caving Degree* (CD) e *Variable Neighborhood Descent* (VND). São apresentados também, diversos métodos para a maximização de espaço num contentor ou camião, de modo a que seja minimizado o espaço vazio entre caixas. Este estudo de otimização tem impacto ao nível

ambiental e de custos de transporte. Através da análise da implementação do algoritmo podemos verificar que existe um melhor aproveitamento de espaço e que este tem uma eficiência maior.

Para G e Kang [12], o objetivo da paletização é maximizar o número de objetos carregados numa paleta. Neste artigo os autores apresentam uma heurística capaz de encontrar uma solução eficiente mas com um menor esforço computacional. Neste sentido é possível ter várias caixas e verificar diversas configurações de modo a obter-se um melhor aproveitamento do espaço da paleta.

2.2.2 - O problema de paletização do Distribuidor

O carregamento de paletes ou contentores com diversas mercadorias de diferentes tamanhos e formas é um problema direcionado para a visão do distribuidor, no entanto um outro problema que surge é o facto de o distribuidor ter mercadorias de diversos clientes e ter que definir qual a ordem de carregamento. Para Yaman e Sen [13] o problema não é a construção das paletas, mas sim qual a melhor combinação necessária para que se possa reduzir o numero de mercadorias que ficam em armazém.

Esta abordagem permitirá ao distribuidor conseguir misturar o maior número de mercadorias possíveis pelas paletes ou contentores disponíveis e assim seleccionar qual o melhor grupo a embarcar num determinado voo.

Para Terno, Scheithauer et al [4], o problema está no carregamento de objetos com diversos tamanhos, ao qual também chamam o problema de carregamento do distribuidor. Muitas das publicações efetuadas são relacionadas com um número de caixas utilizadas e as suas características idênticas, ao qual se denomina de problema de carregamento do produtor.

Para o problema do distribuidor existem diversas restrições que devem ser tomadas em conta, como por exemplo ordem de entrega, as condições de carregamento e o peso, estabilidade, dimensões, entre outras. Os autores, ao lidarem com o problema de paletização do distribuidor, determinam uma sequência ou esquema de carregamento, que seja eficiente, tomando em consideração algumas restrições adicionais.

Neste sentido, eles desenvolvem um algoritmo baseado em métodos heurísticos de forma a poderem aplicar num problema em três dimensões e assim determinar o mínimo de paletes a serem usadas no carregamento de uma mercadoria que engloba objetos com diversos tamanhos e feitios.

Para Bischoff, Janetz et al [14], abordagem estudada baseia-se numa heurística, em que a paletização é feita por camadas de baixo para cima, de modo a proporcionar um carregamento mais eficiente e ao mesmo tempo garantir estabilidade, visto tratar-se de paletes. De notar que todos os problemas de paletização e carregamento de contentores, resolvidos computacionalmente, requerem tempo e esforço, o que numa situação real, tal não é viável. Deste modo, Bortfeldt, Gehring et al [15], desenvolveram um algoritmo que corre paralelamente e que ajuda na determinação da solução mais rapidamente. Este estudo

é bastante importante pois ao reduzir o tempo de execução do algoritmo, permite que a complexidade do problema seja aumentada.

Através do algoritmo desenvolvido por Bhattacharya, Roy et al [16], é possível reduzir o tamanho de uma árvore de pesquisa, pois este é construído baseado num conceito chamado *Maximal Breadth Filing Sequence*. Este algoritmo aqui proposto revelou-se muito eficaz para problemas com 50 peças ou menos, resolvendo-os em menos de 1 segundo.

Para Yaman e Sen [13], as estratégias *just-in-time* e de resposta eficiente ao consumidor, tornam-se mais dominantes e fazem com que a indústria altere os seus hábitos de transporte. Associado a estas estratégias, está os custos com os transportes das mercadorias e que os distribuidores tentam ao máximo reduzir, como por exemplo os custos com os combustíveis. Neste sentido, em vez de se construir paletes uniformes de um só produto e entrega-los uma vez por semana, passamos a ter paletes com diversos produtos e entregues 2 a 3 vezes por semana. Isto permite que o distribuidor possa chegar aos comércios com menor dimensão. Este tipo de paletização apesar de ter bem definido quais os produtos a serem carregados numa paleta ou contentor, pode apresentar um desafio devido as características físicas dos produtos, tais como peso e dimensões. No ponto de vista destes autores, as literaturas académicas sobre este assunto focam-se no arranjo físico dos produtos nas paletes de modo a que seja ocupado o máximo de espaço. No entanto, eles tentam determinar a quantidade de produtos variados a serem carregados num determinado número de paletes, que já está pré-definido.

Este é um tema que além de ser pouco abordado ainda tem algumas questões por resolver, nomeadamente as restrições a ter em conta.

2.2.3 - O problema de paletização da aviação civil

O carregamento de paletes ou contentores na aviação requer sempre uma abordagem e métodos muito específicos, devido às características das mercadorias. Neste sentido o estudo de problemas a três dimensões destes objetos tem um particular interesse nestas aplicações, pois permitem uma solução mais eficiente do problema.

Para Allen, Burke et al [17], dadas as diversas dimensões de um contentor o algoritmo tem como objetivo a colocação de mercadorias, dentro do contentor, sem que os vértices das mercadorias ultrapassem o contentor e este seja preenchido, anulando todos os espaços vazios. No entanto este tipo de aplicação envolve um esforço computacional elevado, pelo que seria mais demorado obter uma solução.

Uma abordagem na construção de paletes seria o facto de estas terem como destino uma determinada posição do avião. Nesse sentido é necessário ter em atenção a diversos fatores, como o peso e a forma da paleta, no sentido de estas serem corretamente carregadas no avião. Limbourg, Schyns et al [5], desenvolveram um algoritmo capaz calcular a distribuição das paletes nas diversas posições do avião de modo a que o seu centro de gravidade esteja

mais próximo do que é recomendado através das considerações de segurança e da economia de combustível.

Este tipo de análise, apenas ajuda na construção de paletes, pois assim já é do conhecimento prévio qual as restrições que a paleta deve ter.

2.2.4 - O problema de paletização por via terrestre

O transporte de mercadorias por via terrestre é o mais requisitado, devido a sua elevada capacidade de transporte e ao baixo custo. No entanto este tipo de transportes procura sempre ser o mais eficiente possível no seu carregamento, de modo a reduzir os custos de transporte.

Na maioria das vezes, as transportadoras pretendem que o caminhão seja completamente carregado. Mas em muitos dos casos esse problema é de difícil solução devido a restrição das mercadorias, bem como a prioridade na entrega das mesmas. Para Morabito, Morales et al [3], a logística empresarial é uma área importante de gestão e tem sido descrita de diversas maneiras, como distribuição física, manuseamento de materiais e gestão de transportes. A missão da logística é fazer com que determinado produto ou serviço, chegue ao lugar certo, no menor tempo possível, nas melhores condições de modo a satisfazer o cliente. Aliado a estes fatores existe também o contributo para a empresa, que deverá ser o maior possível. Para que uma empresa aumente a sua eficiência e obtenha vantagens a nível competitivo, esta deve apostar no melhoramento da sua logística. É necessário determinar que operações são precisas melhorar na cadeia da logística. No tema em questão e no sentido de melhorar a performance essas operações, são utilizados diversos tipos de paletes ou contentores para reduzir o transporte e aumentar a integridade das mercadorias entre os diferentes modelos de transporte. Nesse sentido, desenvolvem um algoritmo capaz de analisar as diversas formas de se acondicionar a mercadoria numa paleta para que os espaços vazios possam ser preenchidos, escolhendo, de uma lista de combinações, a que demonstra maior eficiência.

No artigo é demonstrado diversos resultados obtidos, através do algoritmo e recorrendo a operários da empresa, provando que o algoritmo consegue encontrar uma solução igual, ou melhor, de carregamento.

Gonçalves e Resende [18], fazem um estudo referente ao problema tridimensional do carregamento de contentores (3D-CLP: *three-dimensional Container Loading Problem*). Este estudo cai na categoria de maximização do espaço a ser utilizado e pode ser aplicado em problemas de carregamento de objetos com diversas formas e variadas dimensões, pouco heterogéneos, bem como em objetos com as mesmas dimensões, muito heterogéneos. Esta heurística é usada no sentido de se determinar qual o maior espaço utilizado onde cada objeto é colocado.

2.2.5 - O problema de paletização por via marítima

O estudo da paletização em contentores marítimos é interessante, pois ajuda a perceber até que ponto o carregamento total de um determinado contentor traz estabilidade e segurança à mercadoria que transporta, quais as dificuldades que um carregamento assim pode trazer e quais as soluções a adotar, visto as mercadorias não serem todas iguais.

Wu, Li et al [2] apresentam-nos neste artigo um algoritmo capaz de fazer o carregamento de diversas caixas dentro de um contentor. As caixas podem ser posicionadas de vários modos. Através dos diversos modelos, *three-dimensional bin packing problem* (3D-BPP), *variable-size bin packing problem* (VS-BPP) e modelos matemáticos, os autores analisam as soluções apresentadas e usam a altura do contentor como a variável a ser analisada de forma a incorporar no algoritmo e assim obter melhores resultados.

Este estudo promove uma visão diferente do modo de carregamento de um contentor, no entanto e como já temos deparado em diversos artigos, todas as caixas tem a mesma forma e medidas diferentes, não havendo um estudo muito rigoroso quanto a forma das caixas.

2.2.6 - O problema de paletização militar

É sabido que as operações militares vão além das operações de guerra, usando o poder das forças armadas para operações conjuntas em tempo de paz, de modo a lidar-se com situações de emergência. Nesse sentido existe uma necessidade de aproveitar ao máximo todo o espaço disponibilizado pelos aviões ou camiões, para o carregamento de enormes quantidades de mercadoria (na maioria das vezes material humanitário).

No presente artigo, Jun, Baisong et al [6], apresentam um algoritmo que poderá ajudar a rentabilizar esse espaço. No entanto, na perspectiva dos autores não existem muitos documentos referentes à paletização na aviação, principalmente na militar.

Neste último caso existem muitas formas de se carregar um avião, mas devido as restrições impostas neste tipo de carregamento, como por exemplo, a estabilidade do avião, é necessário dividir o compartimento de carga em vários compartimentos mais pequenos, e consoante o peso das paletes, carregá-las no compartimento que suporte esse peso. Os autores desenvolvem este algoritmo, de forma a tirar a maior eficiência do compartimento mais pequeno, além de se preocupar com a segurança e as demais restrições.

A análise do artigo demonstra-nos, através dos métodos utilizados, a aplicação prática não só neste caso específico, bem como na generalidade do carregamento dos diversos aviões.

No entanto, a sua aplicação só se mostra útil no sentido de carregar um avião completo e não no carregamento de alguns compartimentos pequenos, bem como não nos ajuda no carregamento de paletes. Apenas nos indica se uma determinada paleta construída é viável para seguir num avião.

2.3 - Aplicações comerciais de Sistemas de Apoio à decisão para o problema de paletização

Como definir sistema de apoio à decisão? É difícil encontrar uma definição coerente e concisa entre os entendidos na matéria. De um modo geral e simples, refere-se a um modelo genérico para a tomada de decisões, através da análise de variáveis, de modo a que seja possível dar resposta a um determinado problema.

Ao longo dos tempos este termo tem sido usado de diversas formas e nem todos concordam com a definição. Senão vejamos, decisão é uma escolha tomada baseada em diversas variáveis, as quais são atribuídos diferentes pesos. Apoio à decisão, como o próprio nome indica, auxilia na tomada de decisão, calculando as variáveis, determinando a sua evolução ou mostrando a comparação entre elas e gerando a escolha. O conceito de sistema de apoio à decisão já é mais difícil de definir, pois pode ser definido como um sistema computacional que auxilia o processo de tomada de decisão. Turban [19] é mais específico ao afirmar que “é um sistema de informação interativo, flexível e adaptável, especialmente desenvolvido para apoiar a solução de um problema de gestão não estruturado, por forma aperfeiçoar a tomada de decisão. Utiliza dados, contém uma interface amigável e permite ao decisor ter sua própria percepção”. Um sistema de apoio à decisão une a intelectualidade humana com os recursos computacionais de forma a melhorar a qualidade da decisão, são sistemas computacionais que apoiam os decisores. Podem ser vistos como sistemas computacionais interativos que auxiliam os decisores a utilizarem dados e modelos solucionados de problemas não-estruturados. Com tantas definições, torna-se difícil definir um sistema de apoio à decisão, sendo a expressão muito desgastada e acabando por ser aplicada em situações erradas.

O que torna estes sistemas de tão difícil definição? Será pelas características que os mesmos apresentam ou o modo como eles avaliam as variáveis para a tomada de decisão?

Os sistemas de apoio à decisão são caracterizados pela possibilidade de um desenvolvimento rápido, com a intervenção do utilizador sempre que este necessitar; facilidade de incorporação de novas ferramentas, aplicações e informações para uma melhor tomada de decisões; flexibilidade na procura de informação e tratamento de informações; são pessoais, pois é possível adaptar o sistema para a tomada de decisão do utilizador em questão; facilidade na interpretação do sistema, de modo a que o utilizador o possa usar facilmente e o possa modificar sem ter que recorrer a alguém especializado.

Neste sentido e tendo em conta as diversas características, realizou-se uma pesquisa para encontrar sistemas que pudessem auxiliar no carregamento de paletes e contentores, encontrando os seguintes: *Tops Pro and MaxLoad Pro* e *Loadplanner*.

Após um primeiro contacto com os dois sistemas apresentados anteriormente, verificou-se a dificuldade de instalação, a interação com o utilizador, a percepção das suas

funcionalidades. Em conclusão, apenas tem uma boa base de dados com as características dos diversos contentores/paletes e restrições.

Em particular, o *LoadPlanner*, necessita de uma autenticação para se poder aceder a base de dados, visto que sem ela é difícil de se poder fazer testes.

Aliado a isso existe ainda o problema de que estes programas, no momento de calcular uma solução são muito lentos e muitas das vezes que se tentou fazer um teste, o programa bloqueou todo o sistema operativo do computador.

Do que foi possível perceber dos programas, estes pedem uma série de dados a serem introduzidos pelo utilizador. Seguidamente, há a necessidade de indicar imensas restrições e também os diversos dados do contentor ou palete a ser utilizada. Isto tudo feito numa interface de difícil percepção, pois nem todos os campos eram introduzidos na mesma janela, tendo que o utilizador saltar por diversas janelas e no fim voltar a janela principal para efetuar o cálculo do carregamento e visualizá-lo. No caso do programa, *Tops Pro and MaxLoad Pro*, além dos diversos aspetos já descritos, este tem um determinado processo bem definido para se efetuar o carregamento.

Podemos visualizar um pouco da interface usada para estes dois programas, no sentido de os percebermos melhor.

2.3.1. - LoadPlanner

Após a abertura do programa, o ecrã que nos apresenta é o que está na Figura 2.1:

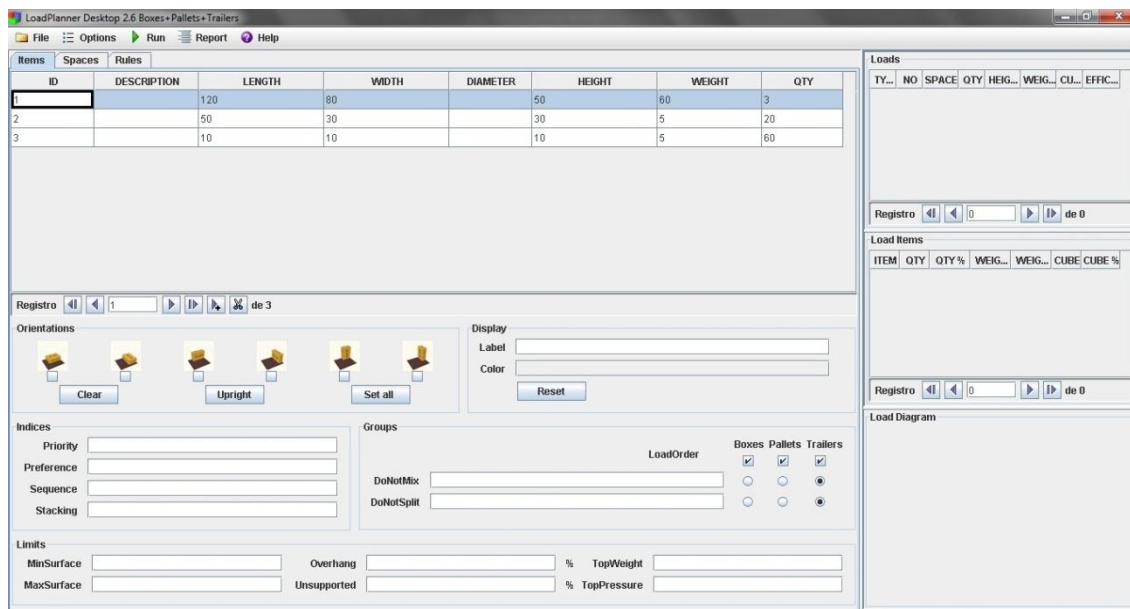


Figura 2.1 - LoadPlanner - Menu Items

Neste primeiro ecrã, podemos visualizar duas áreas distintas. A área maior contém três secções: *Items*, *Spaces*, e *Rules*. Na primeira secção é onde o utilizador insere diversas características dos itens que irão ser carregados. Além das características das dimensões,

peso e quantidade, é pedido para se indicar qual a orientação que os itens deverão ter, bem como uma série de restrições necessárias para o cálculo do carregamento. Ao olharmos para os diversos campos, verificamos que não é perceptível saber quais são os obrigatórios a preencher ou como se acrescenta mais uma linha de modo a serem inseridos mais itens.

Na segunda secção, *Spaces*, mostrado na Figura 2.2, é onde são inseridos os valores

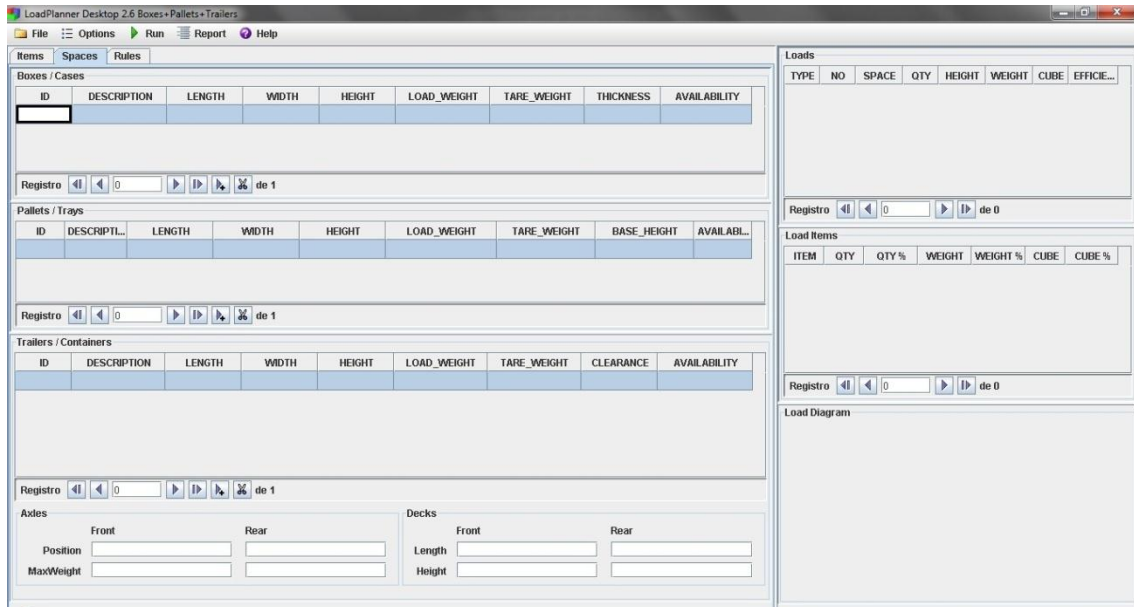


Figura 2.2 - LoadPlanner - Menu Spaces

referentes aos diversos contentores e paletes.

Desde já verificamos que existem três divisões para os espaços onde irão ser alocados os diferentes itens: *Boxes/Cases*, *Pallets/Trays* e *Trailers/Containers*. Se o utilizador for um trabalhador recente, dificilmente perceberá onde deve inserir as características para cada palete ou contentor, ficando a faltar uma pequena descrição sobre o tipo de espaço a que se refere cada uma de modo a que o utilizador saiba onde deve inserir os dados. De salientar que não é indicado os campos obrigatórios, porque sempre que o utilizador não preencher um campo, o programa não o deixa prosseguir, dando um alerta, dizendo que é um campo obrigatório. Neste programa não é necessário carregar em nenhum botão para gravar os dados, porque à medida que se vai inserindo, eles já são guardados automaticamente.

Na terceira secção, *Rules*, o utilizador vai indicar diversas restrições e regras a ter em atenção no cálculo do carregamento, esta secção está representada na Figura 2.3.

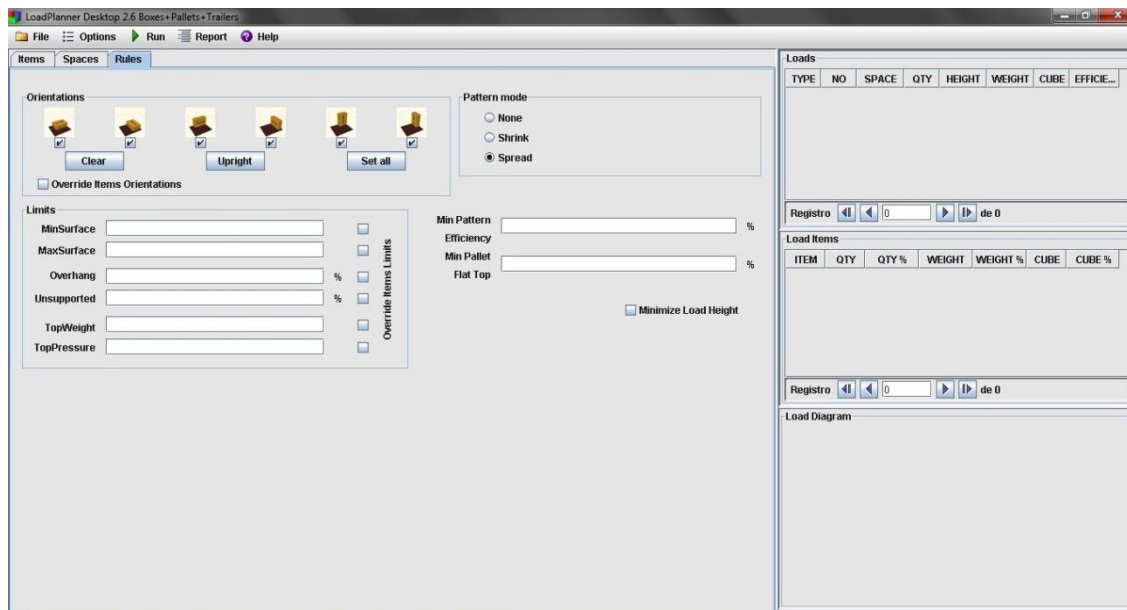


Figura 2.3 - LoadPlanner - Rules

Após a indicação de todos os dados, o utilizador tem que carregar no botão *Run* da barra de menu na parte superior da janela, para que o programa calcula todo o carregamento. Terminado esse cálculo ele é mostrado na área mais pequena, do lado direito. Esta área encontra-se dividida em 3 partes, onde será apresentado um resumo do carregamento, com as diversas paletes ou contentores, as peças carregadas e na terceira parte uma imagem em 3D do carregamento, com a possibilidade de se visualizar peça a peça a ser carregada.

Este programa tem também a possibilidade de se obter um relatório, para imprimir, bastando para isso carregar no menu *Report*, da barra superior, podendo-se assim imprimir toda a informação sobre o carregamento.

Na altura em que foi escrita esta descrição, não foi possível obter imagens do carregamento nem do relatório, devido ao facto de ser uma versão experimental e o seu tempo já ter expirado.

2.3.2. - Tops Pro and MaxLoad Pro

Ao iniciarmos o programa *Tops Pro and MaxLoad Pro*, este é o aspeto da janela que nos é apresentado na Figura 2.4:

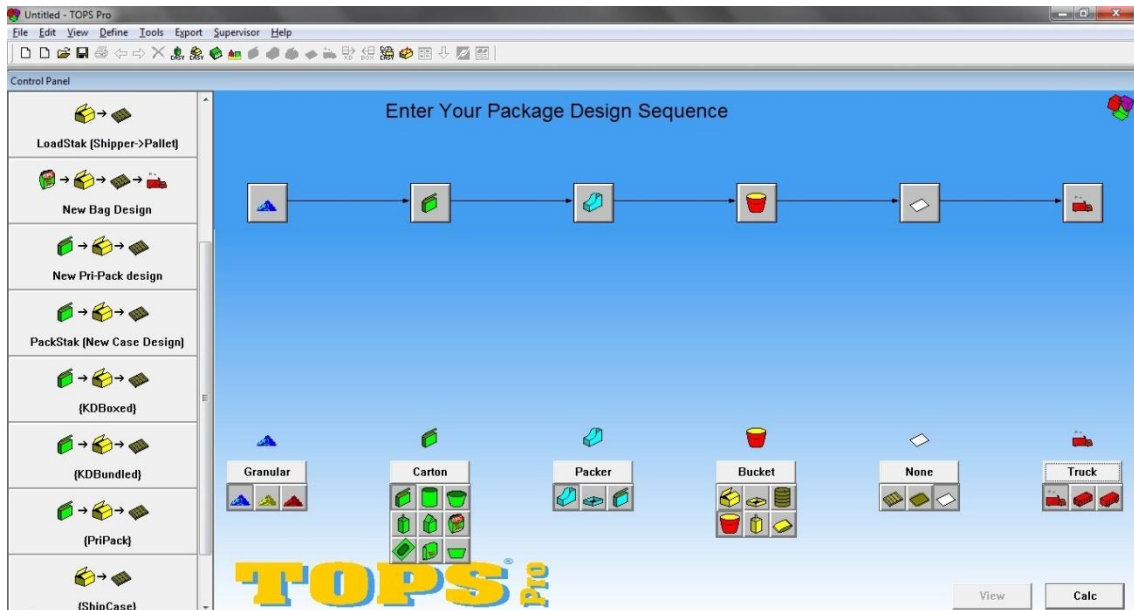


Figura 2.4 - *Tops Pro* - Menu Geral

Como já havia sido referido anteriormente, este programa tem uma determinada ordem de processos a serem efetuados para que seja realizado o cálculo do carregamento.

A cadeia de processos está bem definida e para cada processo existem diversas opções que o utilizador pode escolher por forma a obter a sequência que mais lhe interessa. No painel do lado esquerdo temos várias ordens de processos já predefinidas para ser mais fácil ao utilizador construir a sua cadeia de processos, como se de um atalho rápido se tratasse.

No painel da direita, na parte superior, vemos o encadeamento de todos os processos do nosso carregamento. Para cada processo existem várias opções que podemos alterar, bastando escolher uma das que se encontram por baixo do processo. Pode ser também desativado um processo individualmente, caso se verifique que este não é necessário, mantendo a cadeia interligada.

Cada opção dos diversos processos tem as suas características e para acedermos a elas basta carregar no processo na parte de cima do painel da direita, obtendo assim uma janela com os dados necessários a serem inseridos, como é mostrado na Figura 2.5.

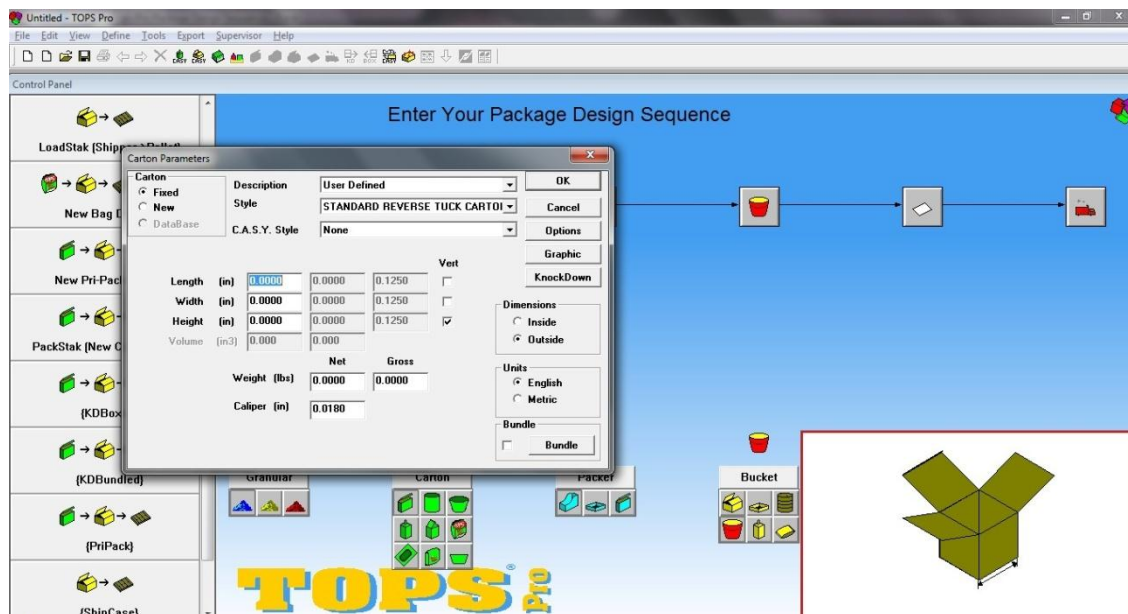


Figura 2.5 - Tops Pro - Inserir características

Este menu é mais intuitivo já que nos apresenta diversas descrições para a embalagem que estamos a usar, bem como o seu estilo. Ao mesmo tempo é apresentado no canto inferior direito uma imagem do que iremos obter. De salientar que é possível escolher as unidades de medida que o utilizador está mais habituado a utilizar, tendo disponível no programa, as unidades de medida inglesas e as métricas.

Para cada processo existe uma janela diferente onde o utilizador insere os diversos dados, que são posteriormente gravados.

Após todos os processos estarem devidamente caracterizados, basta carregar em calcular e o programa procede ao carregamento e apresenta-nos uma janela com o estado desse procedimento, como mostra a Figura 2.6.

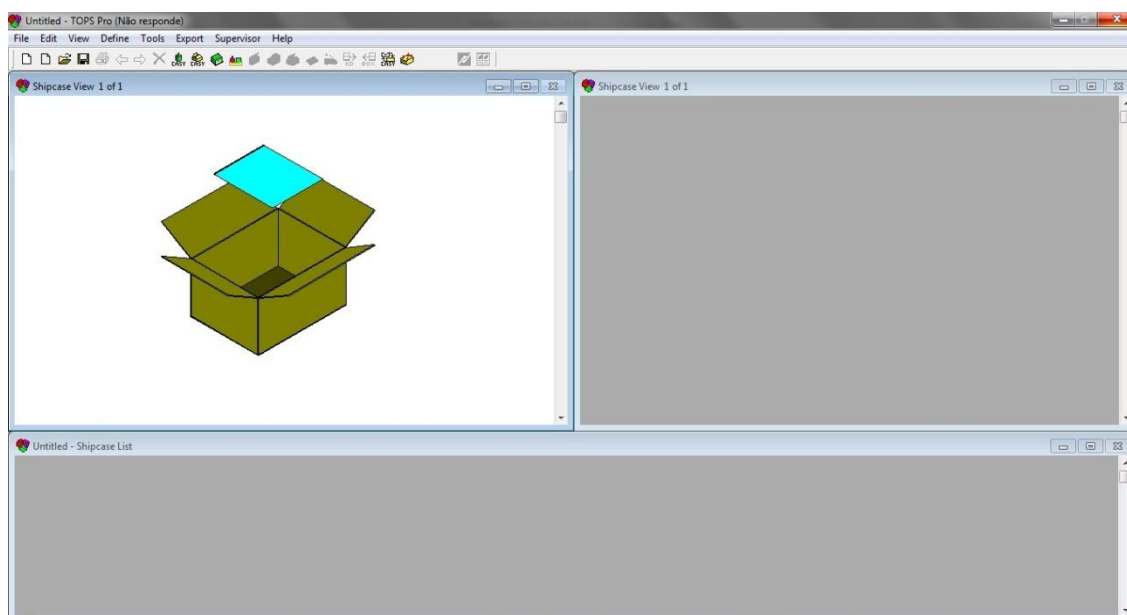


Figura 2.6 - Tops Pro - Calculo do carregamento

Neste ponto o programa deixou de responder bloqueando por completo qualquer ação que o utilizador pudesse ter sobre este, sendo que a única opção era mesmo fechar o programa e assim não seria possível obter uma visualização do carregamento.

Concluimos que é muito difícil encontrar um sistema de apoio à decisão que reúna todas as características capazes de satisfazer as diversas áreas da logística. Verificamos também, através de diversos testes, que os diversos cálculos de carregamento, apesar de serem muito completos, são computacionalmente pesados obrigando o utilizador a esperar imenso tempo para obter uma solução.

Os sistemas apresentados são bons para áreas como a marítima e a terrestre de camião, no sentido em que eles irão demorar tempo para obter toda a mercadoria capaz de preencher o espaço destinado a carga, seja ele o contentor ou o atrelado do camião, e assim tem a possibilidade de calcular uma melhor solução.

Capítulo 3

Caso de estudo: Empresa de *handling*

Neste capítulo iremos abordar o problema de paletização num caso de estudo de uma empresa de *handling*. Para melhor percebermos quais as potencialidades que este sistema de apoio à decisão nos oferece, vamos analisar todo o processo que acontece desde a recepção das mercadorias reservadas, até a altura em que os *ULD's* seguem para o avião. O importante é verificar que com este sistema de apoio à decisão poderemos reduzir em muito o tempo de operação de carregamento e assim poderemos estruturar os processos envolventes.

3.1. - Caracterização da empresa de *handling*

O caso de estudo aqui apresentado é baseado na empresa de *handling*. Para melhor entendermos todos os processos inerentes à atividade desenvolvida pela empresa e pelos seus trabalhadores, é necessário descrever um pouco da mesma e de como esta é estruturada.

A empresa de *handling* em questão presta serviços na área da aviação civil, estando instalada em diversos aeroportos nacionais.

A empresa divide-se em três setores: passageiros, placa e carga. O setor dos passageiros trata de toda a comunicação e serviços prestados aos passageiros que vão embarcar num determinado voo. O setor da placa faz assistência aos aviões, desde que aterram até que descolam, fazendo manutenção dos mesmos, descarregando e carregando as malas dos passageiros, assim como os *ULD's* onde vai a mercadoria. Por fim o setor da carga, é responsável pela recepção, manuseamento e carregamento das mercadorias nos *ULD's*. Além de tratar das mercadorias recebidas, há também a necessidade de se tratar toda a documentação referente a cada uma delas, bem como a documentação referente a cada voo que tenha mercadorias reservadas. Alguns dos processos referentes a este último setor serão descritos pormenorizadamente na secção seguinte.

Com todo este fluxo de trabalho, a empresa necessita de um vasto número de trabalhadores, distribuídos por diferentes categorias, albergando, no aeroporto do Francisco Sá Carneiro, na cidade do Porto, à volta de 200.

3.2. - Exposição de todo o processo de paletização da empresa de *handling*

Para este problema, e olhando de uma perspetiva geral, é necessário ter em atenção diversos aspetos e o modelo geral de todos os procedimentos.

O modelo é baseado em quatro fases: reserva de espaço para as diversas mercadorias, planeamento e distribuição das mercadorias por parte da companhia aérea, execução do carregamento por parte da empresa de handling e, por fim, carregamento e distribuição nos voos em questão.

Para uma melhor perceção de todos estes passos é apresentado, na Figura 3.1, o seguinte fluxograma.

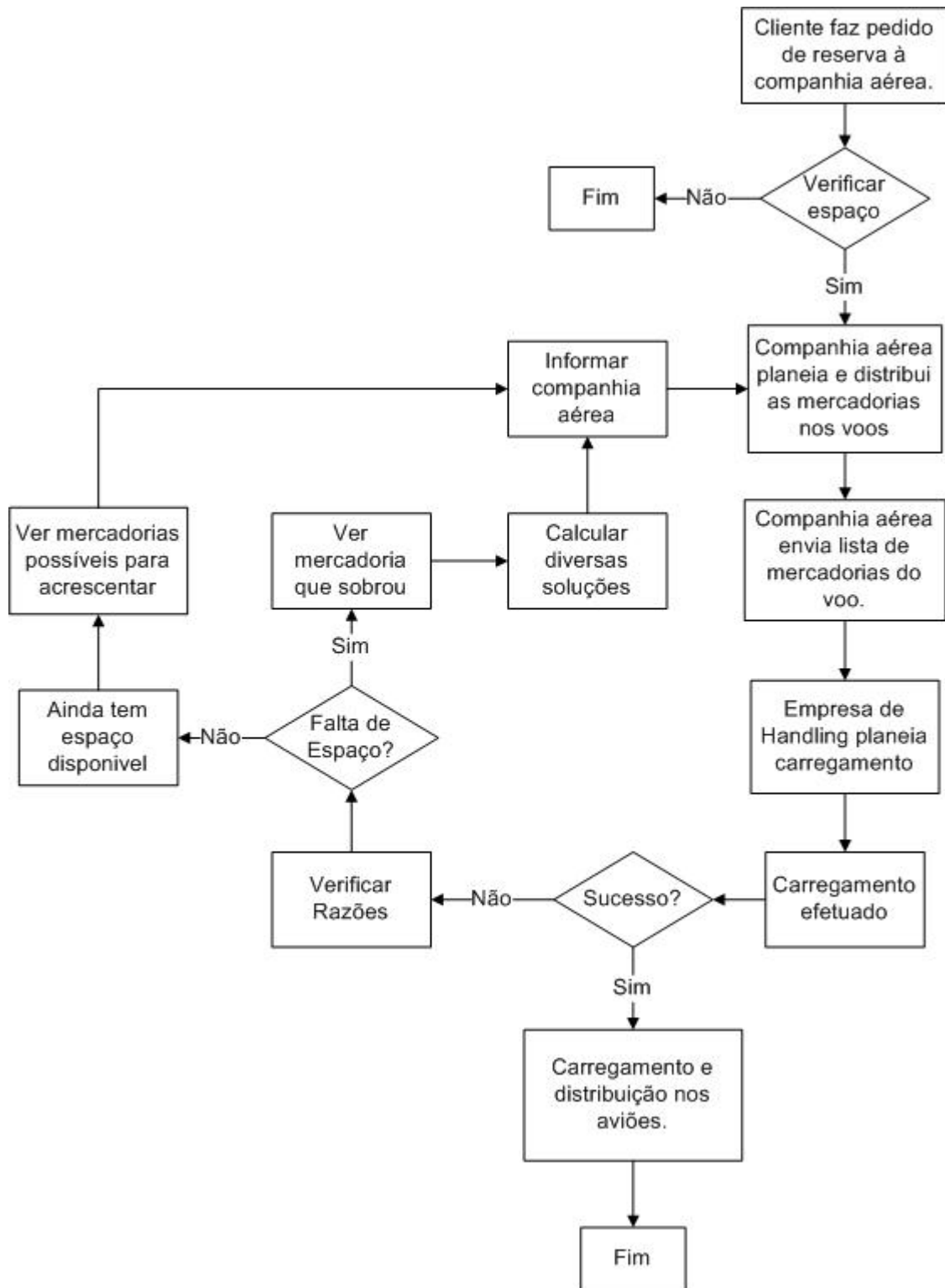


Figura 3.1 - Diversas etapas para o carregamento de mercadorias

3.2.1 - Reserva da mercadoria por parte da Companhia Aérea

Inicialmente o cliente contacta a companhia aérea, indicando o número de peças, o peso, as dimensões e o tipo de serviço. Através das medidas, a companhia calcula o volume de espaço necessário para a mercadoria e indica se pode ou não aceitá-la. Para cada voo em

questão existe uma determinada hora, até a qual a companhia pode aceitar as reservas. Terminada essa hora, a companhia envia a informação para a empresa de handling, no sentido de lhe indicar quais as mercadorias a serem carregadas e qual o número de contentores/paletes disponíveis para o fazer, bem como o tipo.

No decorrer do documento iremos definir palete ou contentor como *ULD*, facilitando assim a escrita e tornando a leitura mais apreciável.

Qual a necessidade de se usar contentor ou palete e quais as suas diferenças? Um contentor, como mostra a Figura A.0.5, é um dispositivo de carregamento com diversas formas e rígido, tendo apenas uma abertura para se poder efetuar o carregamento da mercadoria. Este proporciona uma maior proteção contra a chuva e aos choques. No entanto, dificulta o carregamento, pois a abertura que possui para o efeito tem determinadas dimensões, bem como a estabilidade da mercadoria dentro do mesmo. Se o contentor não estiver completamente carregado, a mercadoria, com as oscilações, pode mover-se. Assim, a forma do contentor varia com o tipo de voo em que irá ser utilizado.

Uma palete pode ser uma base de madeira ou metal, com diversas medidas, mas aberta a toda a volta, como se pode ver na Figura A.0.6. Esta configuração permite ter uma flexibilidade no carregamento das mercadorias. A altura máxima de carregamento é definida pela companhia aérea e é de fácil movimentação. Esta tem a vantagem de ser estável, sendo, para isso, necessário envolvê-la com filme plástico e prendê-la com uma rede.

As empresas que fornecem esses dados podem definir se querem que a mercadoria vá em contentores ou paletes. Esta escolha deve-se a dois motivos. O primeiro, e o mais condicionante, é o tipo de avião a operar. Neste caso existem dois tipos de aviões: os aviões de passageiros e os cargueiros. Devido ao espaço disponibilizado para a mercadoria, os *ULD's* a serem usados têm determinadas características que se ajustam ao contorno do avião a operar. Para cada avião existe um determinado tipo de *ULD* a ser utilizado. Para além disso, há a necessidade de ter em atenção o seu peso máximo, pois isso é uma informação crucial para o carregamento dos aviões. Nos aviões de passageiros o valor do peso dos *ULD's* utilizados para a mercadoria é igual, pois vão ser carregados numa determinada área do avião que suporta esse peso. Já nos cargueiros, o peso dos *ULD's*, depende da posição em que eles vão ser carregados. Esta informação deve ser dada pela companhia responsável pelo voo.

O segundo motivo, prende-se com as características da mercadoria, que muitas vezes, determina qual o tipo de *ULD* a ser usado. Essa informação pode ser dada, à partida pela companhia aérea, mas também pode ser aconselhada pela empresa de handling, no sentido de haver um aproveitamento melhor.

3.2.2 - Operação logística da empresa de handling

A empresa de handling, após receber a informação necessária, dá início ao carregamento de todas as mercadorias. É de salientar que esta tem uma determinada hora limite para ter

todos os *ULD's* referentes a um voo prontos, de forma a serem enviados para os respectivos aviões, para que estes sejam devidamente carregados.

Para que todas as tarefas sejam cumpridas dentro dos prazos estipulados, há a necessidade de o trabalhador estar em permanente contacto com a companhia aérea, de maneira a que seja rapidamente solucionado um problema que possa, eventualmente, ocorrer, ou então alguma alteração que seja necessária ser feita na lista de mercadorias enviada pela companhia aérea.

Inicialmente toda a mercadoria é entregue no armazém da empresa de *handling* que, após fazer uma verificação visual, pesar a mercadoria e tirar as suas medidas, regista a mercadoria em armazém. Caso esta se encontre com algum defeito, esse problema é reportado para a companhia aérea, que posteriormente tomará alguma medida.

Toda a mercadoria rececionada no armazém já pressupõe que exista uma reserva feita na companhia aérea e já vem etiquetada com uma referência, disponibilizada pela mesma.

Após ter sido dada entrada da mercadoria e de ter sido enviado, por parte da companhia aérea, a lista de mercadorias para esse voo, inicia-se o processo de paletização da mesma. Este processo é onde irá incidir, com maior relevância, todo o trabalho desenvolvido e que iremos detalhá-lo mais a frente.

Chegada uma determinada hora, onde todos os *ULD's* devem estar carregados, estes devem ser levados para o avião, pois este não pode sofrer atrasos devido à chegada tardia dos *ULD's*.

Ao longo de toda a operação de logística existem situações que merecem ser referenciadas, pois são importantes para o desenvolvimento do trabalho e que alteram todo o processo de paletização. São elas:

1 Mercadoria tem dimensões diferentes do esperado

Muitas das vezes, apesar de na aceitação terem sido recolhidas as medidas reais da mesma, o trabalhador que vai efetuar o carregamento, não dispõe de imediato essa informação, pelo que na altura do carregamento, este verifica que a topologia ou dimensões da mercadoria não são as corretas e assim todo o carregamento fica dependente disso. Além de que em casos extremos, as novas dimensões não permitirem o carregamento de toda a mercadoria, sendo esse problema reportado à companhia aérea, acompanhado de alternativas, esperando uma decisão por parte deles.

2 Pedido especial para verificação de uma determinada mercadoria

Outra situação, também rara de acontecer, é a companhia aérea fazer um pedido à empresa de handling, no sentido de esta verificar se uma determinada mercadoria, com dimensões específicas é passível de ser carregada em determinado *ULD*. Para que tal seja possível, o trabalhador precisa de ir para o armazém com uma equipa de homens e, fisicamente, verificar diversas combinações de modo a verificar qual a melhor e indicar à

companhia aérea se esta cabe toda ou não. Isto pode acontecer mesmo antes de a companhia aérea ter reservado a mercadoria, de modo a poder dar um melhor feedback à companhia aérea.

3 Mercadorias que excedem a totalidade de espaço disponível

Na altura em que a companhia aérea envia a lista de mercadorias referente a um voo, vem lá indicado o volume total disponível, bem como o que é ocupado pela mercadoria presente nesse voo. O que acontece muitas vezes é que o volume ocupado pela mercadoria é superior ao disponível, dando ao trabalhador a noção de que irá sobrar mercadoria. Quando este tipo de situações acontecem o trabalhador, em acordo com a companhia aérea, determina qual ou quais as últimas mercadorias a serem carregada, ou então a companhia aérea dá liberdade ao trabalhador para carregar, de modo a que este optimize o espaço e posteriormente comunique quais as mercadorias que sobraram.

Pode também acontecer que quando uma mercadoria não cabe num só voo, a companhia aérea, de modo a respeitar o espaço que tem disponível, reparta essa mesma mercadoria por diversos voos.

4 Mercadoria já se encontra carregada no ULD

Existe um caso muito particular no carregamento de *ULD's*. Muitas vezes, e em concordância com a companhia aérea, o cliente faz o pedido de um *ULD* para ser carregado no seu armazém, ou seja, todo o processo de carregamento do *ULD* é feito pelos operários do cliente, sob a supervisão de um responsável da companhia aérea. Neste caso o *ULD* é entregue à empresa de *handling*, como se fosse uma única peça, que irá carregá-lo junto com outras mercadorias ou então levá-lo diretamente para o avião. Assim, é apenas necessário, no acto da aceitação, verificar o peso do *ULD* e se está em condições de embarcar.

3.2.3 - Paletização da mercadoria

Todo o processo inicia-se quando a empresa de *handling* recebe uma lista com todas as mercadorias referentes a um determinado voo. Nessa lista vem indicado a quantidade de mercadorias, quantas peças, o seu peso e o volume de espaço que a mercadoria ocupa, bem como o número de *ULD's* disponíveis para esse voo. De salientar que a decisão referente ao número de *ULD's* disponíveis para o voo em questão, é decisão da companhia aérea, bem como a quantidade de mercadorias aceites para esse voo.

Neste sentido o trabalhador responsável pelo carregamento daquele voo, dirige-se para o armazém de modo a visualizar toda a mercadoria indicada na lista. Após a visualização, consegue ter uma perceção da quantidade de *ULD's* necessários para colocar a mercadoria toda. É então que os *ULD's* são preparados e o responsável, juntamente com uma equipa de trabalhadores, começa a distribuir a mercadoria de modo a enchê-los ao máximo. Este

método guloso vai fazer com que seja usado um mínimo de *ULD's* possibilitando assim, caso não se esgote o número de *ULD's* indicados na lista, que seja possível carregar outras mercadorias que não constem dessa mesma lista. No entanto, o acréscimo de mercadorias além das que constam da lista enviada, só pode ser autorizado pela companhia aérea e após a confirmação dos mesmos.

Na fase de carregamento existem mercadorias que têm prioridade fase às restantes. Essa indicação é dada na lista, pelo que o responsável deve garantir que estas sejam sempre carregadas. Caso chegue ao final do carregamento e verificar que há cargas prioritárias ainda por carregar, o trabalhador terá que refazer o carregamento todo, mas com uma configuração diferente para poder garantir que estas seguem.

Muitas vezes é necessário redistribuir as mercadorias de maneira diferente face à inicial, de modo a que haja um aproveitamento maior do espaço. Nesta altura, o responsável identifica qual o ponto crítico, que ao ser alterado, poderá trazer um maior aproveitamento, evitando assim um atraso maior de toda a operação. Caso o responsável pelo carregamento tenha tempo e mão-de-obra disponível, poderá iniciar o processo de carregamento desde o início e de maneira diferente. Este processo pode ser repetido diversas vezes sem nunca ultrapassar o tempo máximo de finalização da operação. Neste sentido, poderá testar vários tipos de carregamentos diferentes e verificar qual o que tem melhor aproveitamento, de modo a obter espaço livre para antecipar mais mercadorias.

De salientar que para se poder verificar as diversas combinações de carregamento e até mesmo se a mercadoria cabe toda ou não, o responsável precisa de construir fisicamente as paletes.

Este método guloso nem sempre pode ser utilizado, face às características da mercadoria, em termos de dimensões, peso ou fragilidade, indicações que vêm contempladas na lista que é disponibilizada inicialmente.

Para se efetuar todo este processo é necessário algum tempo e espaço. Consoante as características da mercadoria este processo pode levar horas, como pode ser feito em minutos.

Após ser finalizado o carregamento e os *ULD's* estarem prontos, estes são enviados para o avião para serem carregados

3.2.4 - Principais desafios

No desenvolvimento do caso de estudo exposto anteriormente, existem diversos desafios que iremos apresentar de seguida.

Desde já, é necessário definir quais as heurísticas a utilizar, que irão calcular o carregamento, de modo a tornar o sistema aplicável ao caso de estudo da empresa em questão. De entre as utilizadas, é necessário saber quais as que devem ter mais ênfase para a resolução do problema. Neste sentido, será necessário dispor de diversos dados, recolhidos no

local do caso de estudo, bem como o estudo sobre o efeito que cada abordagem terá na aplicação prática.

O maior desafio previsto será a concepção do sistema de apoio à decisão e da sua interface gráfica. Desde a sua criação, à escolha da linguagem, as suas características e quais os resultados esperados com a implementação do mesmo. É necessário verificar se este é computacionalmente possível de modo a poder ser implementado e se o tempo de execução do mesmo não irá afetar o estudo em questão.

3.3. - Proposta de resolução para o caso de estudo

Inicialmente foi pensado para o tema em questão, 3 tipos de interface: em papel; com recurso à ferramenta do *excel* e *visualbasic*, com desenhos em 2D; ou através de um sistema desenvolvido recorrendo a linguagens de programação.

A interface em papel, não é mais do que a impressão em papel com as coordenadas de cada caixa no *ULD*, sem recurso ao desenho das figuras. Apenas existe uma pequena interface que permite escolher o ficheiro com a descrição das diversas mercadorias e seleccionar o tipo de carregamento. Após o cálculo do carregamento, este é impresso em papel, cabendo ao utilizador interpretar todas as coordenadas que lhe são passadas e a que mercadoria se refere.

A segunda alternativa era o recurso a *visual basic* e as ferramentas do *excel* para o desenho de figuras geométricas de modo visualizar-se o carregamento calculado.

A terceira e última interface pensada, foi uma interface gráfica com recurso a um *browser* com acesso a internet e que desse ao utilizador poder de escolha sobre os ficheiros disponíveis, pudesse apresentar os dados contidos nesse ficheiro e apresentasse o carregamento visualmente e a três dimensões, com a possibilidade de haver uma interação com o utilizador.

Após uma análise das possíveis funcionalidades que se poderiam desenvolver nos três tipos de interface, apresentadas anteriormente, percebeu-se que na primeira opção o sistema ficaria um pouco rudimentar e a interface seria nenhuma ou muito pouca. Além disso a solução iria ser apresentada em coordenadas o que dificultaria a leitura do posicionamento das peças. Como o tema da tese nos remete para um sistema de apoio à decisão, em que o objetivo é reduzir o tempo em que o utilizador gasta a tentar resolver o carregamento de um *ULD*, de modo a agilizar as operações e a obter melhores resultados, verificou-se que a primeira opção não é muito fiável.

A segunda opção, apesar de nos dar a possibilidade de podermos visualizar o carregamento, através de figuras geométricas, ainda que em 2D, não se mostra muito eficaz, pois iria demorar imenso tempo a fazer o cálculo do carregamento e a apresentar as figuras. Isto aliado a velocidade de processamento dos computadores poderia gerar imensos atrasos, pelo que descartamos esta opção.

A terceira opção e a mais apelativa, foi a seleccionada, devido às suas características. Desde já porque pode ser acedida de qualquer computador sem ter que ser instalada. Isto permite ao utilizador estar no local do carregamento com um pequeno aparelho com ligação a internet, acedendo assim à aplicação e podendo sempre fazer as alterações que desejar. Por último, esta aplicação em termos visuais é muito mais apelativa, pois permite uma visualização a três dimensões e interações em tempo real com o utilizador enquanto este visualiza uma possível solução do carregamento.

Como estamos perante um caso de estudo em que existe imensas combinações passíveis de serem exploradas, seria interessante optarmos por um método mais interativo entre o utilizador e o programa ao invés de apenas sabermos o resultado final, como se estivéssemos perante uma caixa negra em que tínhamos os dados de entrada e obtínhamos uma resposta. Assim o utilizador poderá a qualquer momento alterar o carregamento e obter uma nova solução sem ter que voltar ao início.

No entanto não foi possível determinar o cálculo de carregamento, sendo apenas apresentadas diversas soluções que serão utilizadas para a sua visualização. Apesar disso irá ser apresentada uma heurística que permitirá determinar o cálculo de carregamento do mesmo, baseado nos artigos já referenciados anteriormente e que auxiliam o sistema de apoio à decisão.

A escolha de heurísticas em vez de modelos de pesquisa, prende-se com o facto de que na área em questão as decisões tem que ser tomadas em minutos, pois a companhia aérea não pode estar a espera uma noite inteira pela resposta. Com base neste tipo de abordagens, a heurística aqui apresentada será uma heurística simples e de rápida resolução.

A heurística escolhida para este caso de estudo será uma heurística que executa o carregamento de modo a que todas as mercadorias sejam carregadas e que o espaço seja aproveitado ao máximo. Para nos ajudar no seu cálculo, é apresentado, na Figura 3.2, um fluxograma com as diversas etapas importantes para o carregamento.

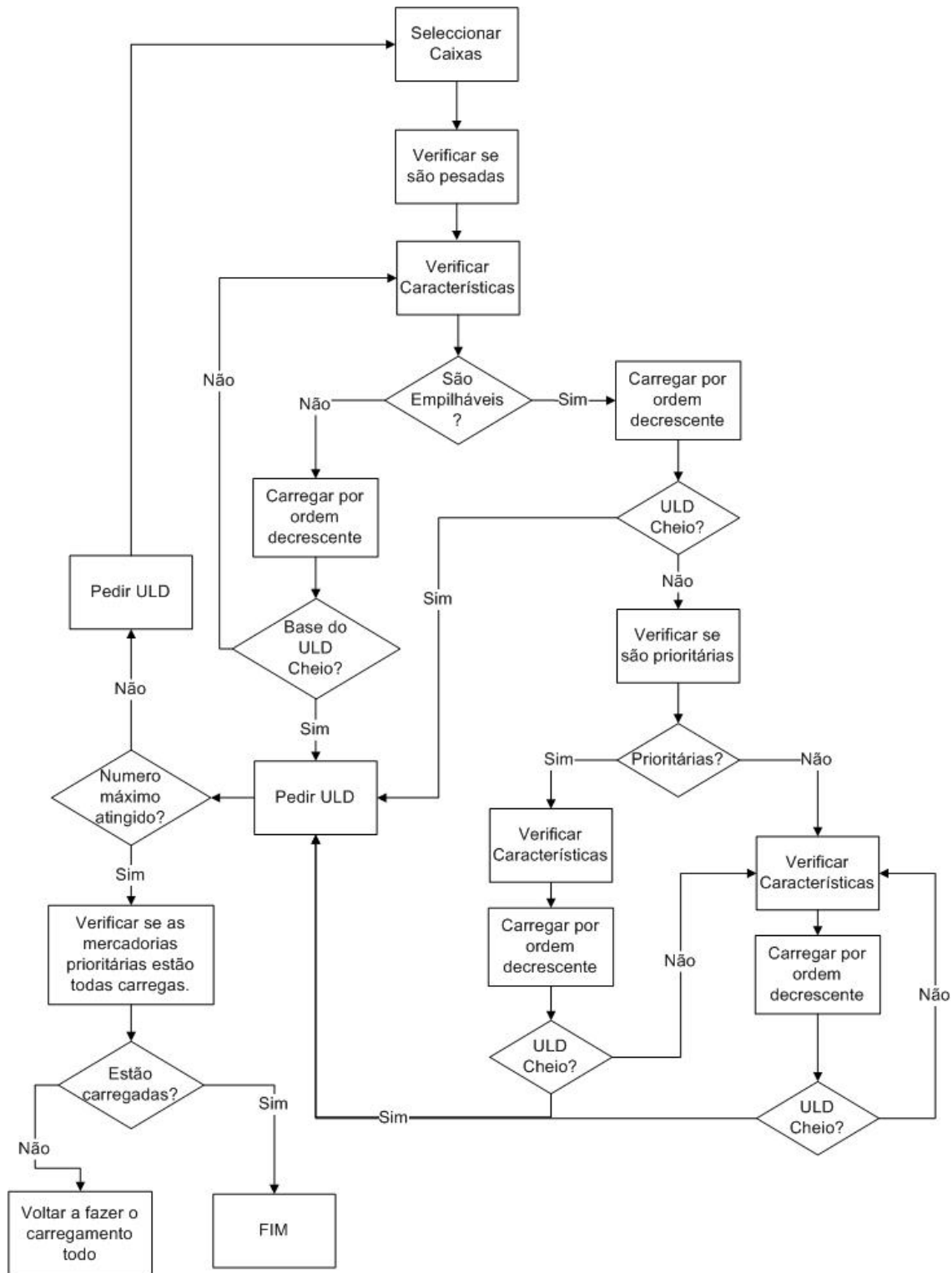


Figura 3.2 - Cálculo do carregamento

Neste fluxograma podemos ver que o programa irá avaliar todas as características das mercadorias associadas ao voo e carregá-las consoante as suas restrições e prioridades. Atendendo às características das mercadorias, se estas forem pesadas serão carregadas em primeiro lugar, pois poderão suportar outras em cima. Caso tenham a restrição de não empilháveis, não poderá ser carregada mais nenhuma mercadoria em cima destas. É então

verificado se existe mais espaço no *ULD* e em caso afirmativo, analisa se são cargas prioritárias. Se forem prioritárias verifica as medidas e o peso das mesmas e carrega-as, por ordem decrescente. Caso não sejam prioritárias (se forem frágeis ou não tiverem nenhuma restrição), serão deixadas para o fim, onde são verificadas as medidas e peso e carregadas por ordem decrescente.

Quando o programa carrega a peça em questão, este, através das medidas da mesma, determina o seu posicionamento, guardando os valores para que quando posicionar a peça seguinte esta não fique em cima da anterior mas encostada a ela.

Após o preenchimento do número de *ULD's* disponibilizados pela companhia aérea, o programa para e gera um ficheiro que será posteriormente usado para transformar as coordenadas das peças em figuras 3D.

Como podemos analisar através da descrição de todo o processo da empresa do caso de estudo, nem sempre é fácil obtermos uma solução que seja satisfatória, devido ao tempo disponibilizado entre cada voo, bem como à mão de obra para efetuar as operações.

Neste sentido e atendendo a solução proposta, todos os tempos da operação, bem como a gestão dos trabalhadores será melhor, podendo aumentar o rendimento do trabalho e prestando melhores serviços.

Tendo em atenção tudo isto foi pensado uma interface gráfica para o sistema de apoio à decisão que será apresentada no capítulo seguinte.

Capítulo 4

O Sistema de Apoio à decisão e sua interface gráfica

Neste capítulo iremos demonstrar todo o processo para a criação da plataforma de interface gráfica que suporta o sistema de apoio à decisão e que permite ao utilizador interagir de modo a obter melhores resultados ou a explorar outras soluções.

Tendo em consideração a interface seleccionada na secção 3.2, iremos apresentar todos os requisitos pensados para a criação da mesma.

Toda a aplicação foi desenvolvida em linguagem *HTML* e *PHP*. Estas linguagens são utilizadas na criação de páginas web de modo a poderem ser visualizadas em diversos *browsers*. Associada a estas duas linguagens de apresentação, existe uma terceira que permite desenhar objetos diretamente no *browser*. Essa linguagem chama-se *WebGL* e será mais detalhada na parte final deste capítulo.

De salientar que se privilegiaram as funcionalidades em detrimento do aspecto, sendo este melhorado no futuro.

4.1. - Apresentação da interface com o utilizador

4.1.1. - Especificação dos requisitos do site

Para podermos criar uma interface gráfica simples, apelativa, de fácil entendimento e que permita ao utilizador obter rapidamente uma visualização do carregamento, foi necessário saber que informações ele deveria obter e quais as que ele deveria indicar, consoante a descrição feita no capítulo 3 sobre o caso de estudo.

Inicialmente o programa recebe um ficheiro da companhia aérea, com os seguintes dados.

- Número e tipo de *ULD's* disponíveis para o voo;
- Peso total das mercadorias reservadas para esse voo;
- Peso máximo disponível para o voo;

- Volume de espaço, em metros cúbicos (m³), da totalidade das mercadorias;
- Lista com as diversas mercadorias para esse voo e algumas características.

Nessa lista de mercadorias as características são:

- Origem e destino da mercadoria (indicação apenas do código de 3 letras);
- Número de identificação da mercadoria;
- Número de peças;
- Peso total da mercadoria;
- Volume da mesma;
- Código de três letras indicando a prioridade ou algum tipo de restrição;

Na Figura 4.1 temos um exemplo, retirado do sistema de uma companhia aérea, de uma lista de mercadorias destinadas a um voo.

```

DLB-: LH7631S/22JUN12 Flt-STN1 OPO Flt-STN2 FRA FCTL OPO GF 5:STS O
Options:<V>01 U,D V D-SPL -TF ULD OSI Select:OSPL - CNF Hardcopy -
BKRSA 1 9039.0 2 -27.2 1/ 0/ 0 SPAV 20000.0 3 68.0 4 0/ 0
ARRV 0 0 0/ 0/ 0 NARR 10961.0 3 95.2 0/ 0
LIST 0 0 0/ 0/ 0 ASSD 0 4 0/ 0/ 0
NVAR NVNAR 16.02 FILTER
ORG DST SREF PCS WGT KG VOL MC CR PRD SPL INFO TPBP CA P STS
1 OPO MAA 020/91862400 28 4172.0 51.00 C2 YNC CSL* 3 O Y1B* FC NAR
2 OPO RUH 020/91858760 1 750.0 1.15 YNZ HEA* O Y B* FC NAR
3 OPO MAA 020/91875571 5 1400.0 10.80 YNC HEA* O Y B* FC NAR
4 OPO SFO 020/91879023 40 700.0 7.20 YNZ SLY O Y BG FC NAR
5 OPO PVG 020/81188380 1 475.0 1.28 YNZ HEA* O Y B* FC NAR
6 OPO YVR 020/67225896 62 721.0 7.50 YNC CSL* 6 O Y BG FC NAR
7 OPO JED 020/67225885 22 470.0 3.85 YNZ SLY O Y B* FC NAR
8 OPO KWI 020/91881576 27 406.0 2.40 YNZ SLY O Y X* FC NAR
9 OPO BAH 020/91881591 89 1344.0 7.33 YNZ SLY O Y X* FC NAR
10 OPO DOH 020/91881580 30 523.0 2.69 YNZ SLY O Y X* FC NAR
  
```

_CBI:R LH7631S/_____ OPO FRA 1_____ *REMARKS*_____

Pg=1 Row=23 Co1= 2 POLL

Figura 4.1 - Lista de reservas de um voo¹

Legenda:

- 1 - Peso total ainda disponível;
- 2 - Espaço disponível (em m³);
- 3 - Em cima temos o peso total permitido; em baixo temos o peso total da mercadoria;
- 4 - Em cima temos o espaço permitido (em m³); em baixo temos o espaço ocupado pela mercadoria (em m³);
- 5 - Número de ULD's disponíveis;
- 6 - Lista com as diversas mercadorias. Cada linha representa uma mercadoria. Da esquerda para a direita temos: origem, destino, número de referência da mercadoria, número de peças, peso total, volume e código com prioridades e restrições;

1 - A imagem apresentada foi cortesia da Lufthansa Cargo AG

Apesar das diversas características apresentadas, o utilizador necessita também das medidas correspondentes a cada mercadoria, visto que dentro da mesma mercadoria nem todas as peças tem as mesmas medidas e peso, como nos mostra a Figura 4.2.

```

Attachmate Accessory Manager - [Terminal]
EBI-: 020-91881576 1 PBP Y X* PROD YNZ EXP PX IMP CK DATE 20JUN12 BCTL OPOGF
RTNG OPO KWILH ESTS X ALLO

ARFL
SPLT Y WUNI KG YUNI MC 16BL N LATD 22JUN12 LATT 2000 TOAD 28JUN12 TOAT 0810
SEGM FLIGHT FCTL OA CA PCS WGT VOL ULDS CR A TTYADR
UN 27 406.0 2 2.40 0 0 0
FC FC 27 406.0 2 2.40 0 0 0
FC FC 27 406.0 2 2.40 0 0 0
TFID NV 2.40 Totals 27 406.0 2.40 CN 3 RBK
BK1 OSI_DIMS[CM] 60X40X40X21*125X125X5X1*214X20X20X1*115X63X15X1*60X45X20X2#
BK2 OSI_DIMS[CM] 40X20X5X1#
BK3 OSI/OPOGF-CA//AURORA/QUOTE_1206-039859/
BK4 /CA#

Pg=1 Row=24 Col= 2 POLL

```

Figura 4.2 - Descrição das medidas de uma mercadoria¹

Legenda:

- 1 - Número de referência da mercadoria;
- 2 - Número total de peças e peso total;
- 3 - Dimensões das diferentes peças da mercadoria;

Nota: na Figura 4.2, foi ocultada a informação referente ao cliente e ao trajecto que a mercadoria ia fazer desde a origem até ao destino, por motivos de confidencialidade da empresa.

Na Figura 4.2 podemos ver as diversas medidas de uma mercadoria com o seu respectivo peso individual. No entanto, no sistema da companhia aérea foi necessário saltar de uma máscara para a outra, por forma a serem visíveis as medidas. No caso do ficheiro que irá ser enviado ao programa, esse já irá conter as medidas que o cliente fornece a companhia aérea.

Muitas vezes essas medidas não se encontram corretas, como referimos na secção 3.1, ao descrever todo o processo do caso de estudo.

Para se efetuar um carregamento o mais correto possível é necessário que as medidas estejam de acordo com a realidade. Para isso no ato da entrega da mercadoria à empresa de *handling* estas são medidas e registadas. Na altura em que o utilizador for carregar um voo, existe a possibilidade de ele inserir as medidas corretas sem as quais não poderá efetuar o carregamento.

Além das medidas, muitas das restrições só poderão ser inseridas no acto da entrega física da mercadoria e as quais a companhia aérea não teve acesso na altura da reserva.

1 - A imagem apresentada foi cortesia da Lufthansa Cargo AG

Um outro requisito para o programa é o facto de este ter que calcular várias soluções, no sentido de que muitas vezes a companhia aérea não sabe se a mercadoria vai toda e assim poderemos apresentar diversas soluções para que eles possam decidir o que fazer.

Um requisito final será a visualização do carregamento com uma pequena interação do utilizador, de modo a que este possa visualizar a mercadoria que vai dentro de um *ULD* e ao mesmo tempo construir camada a camada.

Temos reunida toda a informação necessária para que se possa desenvolver a interface com o utilizador.

4.1.2. - Explicação da interface gráfica do sistema de apoio à decisão.

A página inicial serve para o utilizador se autenticar no sistema de apoio à decisão além de ter um breve texto de apresentação, a esta página demos o nome de *Login* e é visível na Figura 4.3.

Sistema de apoio a paletização de mercadorias na aviação

Apresentação

Este site foi desenvolvido a pensar na interface com o utilizador, de modo a que este possa visualizar um determinado carregamento de contentores, com maior facilidade e rapidez. Neste sentido esta interface poderá calcular diversos carregamentos, de forma rápida e com o maior aproveitamento de espaço possível.

Username:

Password:

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: *Carlos André Xavier*

Figura 4.3 - Autenticação do Utilizador

Após inserir os dados é verificado se o utilizador é válido ou se os dados estão corretos de modo a ser apresentado o menu geral.

Caso haja algum erro no nome do utilizador ou mesmo na palavra-chave, a interface volta à página de login e apresenta uma mensagem de erro, como nos mostra a Figura 4.4.

Sistema de apoio a paletização de mercadorias na aviação

Username ou Password errados. Tente outra vez.

Apresentação

Este site foi desenvolvido a pensar na interface com o utilizador, de modo a que este possa visualizar um determinado carregamento de contentores, com maior facilidade e rapidez. Neste sentido esta interface poderá calcular diversos carregamentos, de forma rápida e com o maior aproveitamento de espaço possível.

Username:

Password:

Site desenvolvido no ambito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: *Carlos André Xavier*

Figura 4.4 - Erro na autenticação do utilizador

Após se autenticar corretamente o utilizador é direcionado para o menu geral, mostrado na Figura 4.5, onde podemos visualizar todas as funcionalidades pensadas para esta interface e que são necessárias ao desempenho de funções, para o caso de estudo descrito no capítulo 3.

Selecione um Voo

Reserva do Voo	Voo Validado	Nº de Soluções Existentes
<input type="radio"/> Voo1		1
<input type="radio"/> Voo2		Nenhuma
<input type="radio"/> Voo3		Nenhuma
<input type="radio"/> Voo4		Nenhuma
<input type="radio"/> Voo5		1

- Para aceder ao menu de leitura e validação de dados carregue no botão.
- Para verificar todas as soluções disponíveis as soluções correspondentes a um voo clique aqui.
- Para poder arquivar os ficheiros referentes a um voo, selecione o voo e clique aqui.
- Para aceder ao menu de visualização e resolução do carregamento carregue neste botão.
- Para remover um ficheiro de um voo, selecione o voo e clique.
- Sair do Programa.

Site desenvolvido no ambito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: *Carlos André Xavier*

Figura 4.5 - Menu Geral

Como podemos visualizar na Figura 4.5, o utilizador pode ter uma visão geral dos voos que estão disponíveis e que ação deve tomar sobre eles.

Neste sentido, o utilizador deve seleccionar um voo aleatório e de seguida seleccionar uma funcionalidade.

Na tabela apresentada na Figura 4.5 é possível ver se o voo está validado, ou então se já tem alguma solução disponível. Isto quer dizer que se seleccionarmos um voo e clicarmos no botão de “Leitura / Validação”, irá ser verificado se o voo em questão já foi validado ou não. Caso ainda não tenha sido validado passará para a página de validação, que iremos apresentar na Figura 4.6.

Verifique se as características indicadas estão corretas e caso contrário altere.

Medidas indicadas										
ID	Nº de Peças	Dimensões (cm)			Peso por peça (kg)	Volume por peça (m3)	Peso Total (kg)	Volume Total (m3)	Prioridades	Cliente
		Comprimento	Largura	Altura						
11111111	5	120	80	60	30	0.576	150	17.28	ZXF	Extra
22222222	10	60	40	40	10	0.096	100	0.96		Garland
33333333	10	120	30	30	8	0.108	80	0.864		SLI
44444444	3	40	20	20	5	0.016	15	0.08		WLP
55555555	5	10	10	40	15	0.004	75	0.06	YNZ	Expeditors

Medidas reais						
ID	Nº de Peças	Dimensões (cm)			Peso (kg)	Restrições
		Comprimento	Largura	Altura		
11111111	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Fragil; <input type="checkbox"/> Not Stackable
22222222	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Fragil; <input type="checkbox"/> Not Stackable
33333333	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Fragil; <input type="checkbox"/> Not Stackable
44444444	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Fragil; <input type="checkbox"/> Not Stackable
55555555	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Fragil; <input type="checkbox"/> Not Stackable

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: Carlos André Xavier

Figura 4.6 - Validação dos dados

Como foi descrito anteriormente, na exposição do caso de estudo, muitas das vezes as medidas enviadas pela companhia aérea, não correspondem as medidas reais, sendo necessário, para o correto carregamento, registar as medidas reais no ato de aceitação da mercadoria. Neste sentido, esta página serve para o utilizador alterar as características da mercadoria, no ato da receção da mesma. A página de validação de dados está preparada para apenas serem alterados os valores necessários na tabela de cima, caso contrário é registado o novo valor. Após carregar no botão de validar, esses valores são guardados num ficheiro e o utilizador é redireccionado para o menu geral onde a tabela já irá aparecer atualizada.

De salientar que na altura em que o ficheiro é enviado pela companhia aérea, muitas das vezes não vem indicado todas as restrições inerentes à mercadoria em questão, pelo que na altura de validar é necessário completar essa mesma informação.

No caso de o voo já estar validado, o utilizador ao clicar no botão de “Leitura / Validação”, irá visualizar as características da mercadoria corrigidas, como podemos ver na Figura 4.7.

Descrição do contentor

Tipo de ULD	Dimensões (cm)			Peso Máximo (kg)	Volume (m3)	Número de ULDs
	Comprimento	Largura	Altura			
PAJ	304	210	260	6804	16.5984	4

Descrição da mercadoria

ID	Nº de Peças	Dimensões (cm)			Peso por peça (kg)	Volume por peça (m3)	Peso Total (kg)	Volume Total (m3)	Prioridades e Restrições
		Comprimento	Largura	Altura					
91858375	5	120	80	60	20	0.576	100	11.52	ZXF
81186713	5	60	40	40	10	0.096	50	0.96	
87252534	5	60	30	30	15	0.054	75	0.81	
08805212	5	40	20	20	5	0.016	25	0.08	
69901325	5	10	10	40	10	0.004	50	0.04	YNZ

Legenda: Para saber o significado dos códigos indicados na coluna "Prioridades e Restrições", por favor [clique aqui](#).

Ver Carregamento

Menu Principal

Sair

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: Carlos André Xavier

Figura 4.7 - Voo validado

A Figura 4.7, dá-nos uma ideia geral das mercadorias presentes no voo, bem como o tipo e a quantidade de ULD's disponíveis para esse voo.

A partir deste ponto estamos em condições de visualizar o carregamento do mesmo, bastando para isso carregar no botão de “Ver Carregamento”.

Caso pretenda voltar ao menu geral, deve carregar no botão “Menu Principal”, tendo ainda a opção de sair do programa, bastando para isso carregar no botão “Sair”.

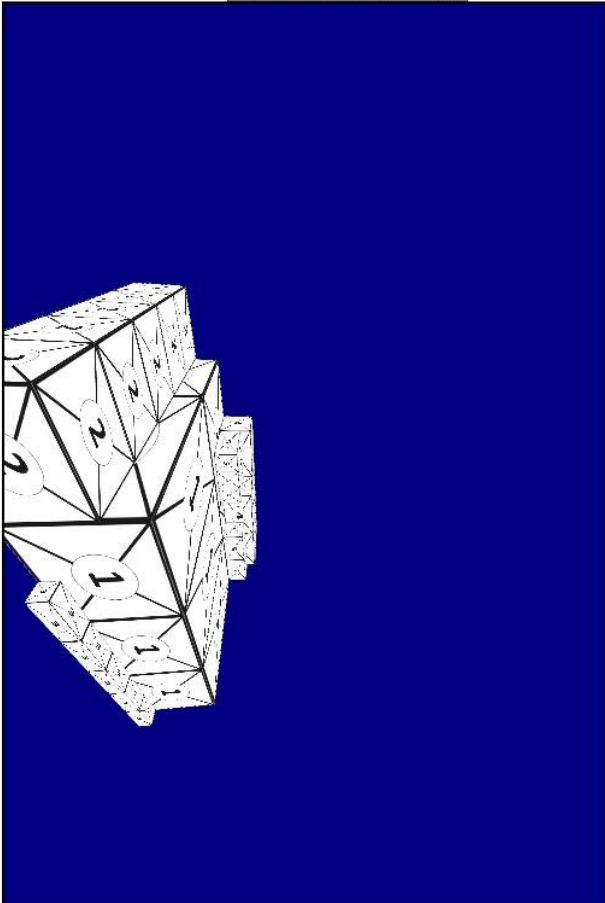
Existe nesta página, por baixo da tabela com os dados das mercadorias, uma ligação para a página de descrição das diversas siglas presentes na coluna das prioridades e restrições, Figura A.0.1.

Outra funcionalidade presente é a opção de visualização do carregamento. Ao seleccionar um voo e carregar em “Ver Carregamento”, o programa irá verificar se o mesmo já está validado e em caso afirmativo verifica se já existe solução. Caso haja uma solução é apresentada a página de visualização do carregamento, como podemos ver na Figura 4.8. No entanto se existir mais que uma solução, o utilizador é direccionado para a páginas de soluções guardadas, Figura 4.9, de modo a que possa escolher uma solução. Na página ver carregamento existem diversos comandos que auxiliam o utilizador na sua visualização.

Tipo de ULD	Dimensões (cm)			Peso Máximo (kg)	Volume (m ³)	Número de ULDs
	Comprimento	Largura	Altura			
PAI	304	210	260	6804	17	4

ID	Nº de Peças	Dimensões (cm)			Peso (kg)	Volume	Prioridades e Restrições
		Comprimento	Largura	Altura			
91858375	5	120	80	60	20	2.88	ZXF
81186713	5	60	40	40	10	0.48	
87252534	5	60	30	30	15	0.27	
08805212	5	40	20	20	5	0.08	
69901325	5	10	10	40	10	0.02	YNZ

ULD	Número da Caixa	ID	Peças Carregadas no ULD
1	1	91858375	5
	2	81186713	5
	3	69901325	5
	4	87252534	5
	5	08805212	5



Controlos:

- Page Up/Page Down para fazer zoom out/in.
- Use as setas para fazer girar a câmara de modo a que possa ver de várias perspectivas.

Vitalização ULD Seguinte: Vitalização Passo a Passo: Menu Principal: Sair do Programa:

Próximo ULD

Figura 4.8 - Visualização do carregamento

Desde já é possível movimentar a imagem do carregamento de diversas formas. Com as setas direcionais do teclado, rodamos a imagem para a esquerda, direita, cima e baixo. Com as teclas de Pg UP e Pg Down podemos aproximar ou afastar a imagem. Isto permite ao

utilizador uma melhor perspectiva de como está colocada a peça e também para verificar se não existem peças escondidas.

O carregamento é visualizado por camadas, tendo apenas o utilizador de indicar a construção da camada seguinte, carregando no botão "Seguinte", ou então voltar a camada anterior, carregando no botão "Anterior".

Após o carregamento de um *ULD*, o utilizador pode passar ao seguinte carregando no botão "Próximo *ULD*". Sempre que um *ULD* é invocado, a primeira camada já aparece desenhada. Se o utilizador carregar em seguinte para desenhar a primeira camada sem antes ter chamado o *ULD*, é apresentada uma mensagem de erro.

No entanto ao seleccionarmos o voo e carregando em "Ver Carregamento", caso este ainda não tenha sido validade, volta ao menu geral e apresenta uma mensagem de erro, e se não existir nenhuma solução disponível, é corrido o algoritmo de cálculo do carregamento, que depois irá disponibilizar o ficheiro com a solução para se poder ver o carregamento. Esta funcionalidade apesar de explicada não se encontra implementada.

O botão de "Menu Principal", direciona o utilizador para a página do menu geral, enquanto o botão de "Sair" termina a sessão do utilizador, voltando ao menu de login.

No menu geral, quando o utilizador carrega no botão "Soluções Guardadas", é-lhe apresentado numa página todas as soluções calculadas até ao momento, como mostra a Figura 4.9. O acesso a esta página não tem obrigatoriamente que ter um voo selecionado, mas quando o utilizador seleciona um e carrega em "Soluções Guardadas" apenas são apresentadas as soluções do voo selecionado.

Escolha o voo que pretende visualizar

solucao1Voo1

solucao1Voo5

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: Carlos André Xavier

Figura 4.9 - Menu de soluções guardadas

Na Figura 4.9 o utilizador pode escolher qual o carregamento que pretende visualizar. Este menu é utilizado, pois poderá ser possível, antecipadamente, prever um carregamento, caso seja dada indicação pela companhia aérea de que não irá efetuar mais alterações ou caso tenha dúvidas no carregamento de diversas mercadorias e peça auxílio a empresa de *handling*. Assim é possível antecipar trabalho, para que na altura em que se for efectuar o carregamento, não se esteja a espera que seja gerada a solução. De notar que este tipo de situações não é muito frequente de acontecer, daí se pretender um sistema de apoio à decisão que facilite a visualização de um carregamento.

Sempre que neste menu o utilizador não seleccionar um voo este é redireccionado para o menu de soluções e é apresentado a mensagem de aviso para seleccionar o voo como mostra a Figura A.0.2.

A funcionalidade “Remover” serve para remover um determinado voo que tenha sido enviado acidentalmente ou que esteja duplicado. Quando esta funcionalidade é chamada, são apagados todos os dados referentes ao voo em questão, desde o ficheiro original, como o ficheiro com as devias correções e caso haja, o ficheiro contendo as soluções de carregamento.

Já a funcionalidade “Arquivar”, tem como objetivo, arquivar todos os ficheiros antigos. Esta funcionalidade ao arquivar irá organizar os ficheiros em questão numa pasta, contendo o nome do voo e a data de arquivo. Isto implica que no final de cada dia os voos sejam arquivados para que se mantenha limpo o diretório diário e de fácil leitura.

Nestas duas últimas funcionalidades não é apresentado nenhum menu ou ação para o utilizador, pois tudo é efetuado em *background*, apenas sendo no fim atualizada a página do menu geral.

De todas as funcionalidades existentes na página do menu geral, apenas a de “Soluções Guardadas” e “Sair”, não requerem a seleção de um voo pelo que sempre que seja necessário indicar um voo e o utilizador não o tenha feito, é redireccionado para a mesma página onde lhe é dada a mensagem de aviso para seleccionar o voo, como nos é mostrado na Figura A.0.3.

Para finalizar as funcionalidades apenas falta referir a funcionalidade “Sair”, em que após terminar toda a sua operação o utilizador deve encerrar a sua sessão voltando o programa à página de *login* e apresentando uma mensagem, como mostra a Figura A.0.4, de modo a que o utilizador saiba que a sua sessão foi fechada corretamente.

Como podemos ver com esta interface é muito mais simples e eficaz efetuar um carregamento, poupando tempo ao utilizador e permitindo que ele efectue mais carregamentos sem muito esforço e organizando melhor todos os homens que tem a sua disposição.

4.2. - Linguagem WebGL

Nesta secção iremos desenvolver um pouco a aprendizagem feita ao longo deste trabalho, sobre a linguagem *WebGL*. Esta linguagem ainda está em desenvolvimento, sendo muito usada em jogos de computadores e em *sites* que apresentem ou queiram mostrar figuras em 3 dimensões.

Podemos visualizar como exemplo, um jogo pesquisado na internet e que é feito em *WebGL*, bastando para isso aceder a este *site*, <http://triggerrally.com/x/Preview/Arbusu/drive>.

O *WebGL* é uma linguagem usada para criar gráficos em 3D e que foi baseada em *OpenGL ES 2.0*. a maioria dos fornecedores de navegadores de internet, como a *Google (Chrome)*, *Opera (Opera)*, *Mozilla (Firefox)* e a *Apple (Safari)* são membros do grupo *WebGL* da *Kronos*, juntamente com diversos criadores de gráficos 3D, de modo a desenvolverem esta tecnologia.

Esta linguagem apresenta diversas vantagens:

- Uma plataforma que é compatível com a maioria dos *browsers* com gráficos em 3D;
- Uma forte integração com todo o conteúdo da linguagem *html*, presente numa página de internet;
- Possui um mecanismo de aceleração dos gráficos, consoante o *browser* que está a ser utilizado;
- Um guião capaz de desenhar mais facilmente os gráficos 3D, sem antes ter que se compilar para se visualizar.

No entanto esta linguagem não é tão simples quanto parece, sendo necessário escrever bastantes linhas de código para que se possa visualizar uma imagem simples. Além disso é necessário ter conhecimentos noutras áreas como *GSLs* - a linguagem de sombreamento usado para *OpenGL* e *WebGL*; Matrizes de computação para a criação de transformações lineares e ainda a criação de diversas variáveis para o armazenamento de dados de posição, cor e texturas. [20]

Como já foi referido anteriormente, esta linguagem foi a escolhida devido as potencialidades gráficas que tem e por ser possível e fácil a sua implementação num *browser*, permitindo assim que o utilizador possa ter um computador ou *tablet* com ele enquanto efetua o carregamento e ao mesmo tempo o visualiza.

A procura deste linguagem gráfica deve-se ao facto de o sistema de apoio à decisão ter sido criado para funcionar em *browsers*.

As operações efetuadas na empresa de handling em questão, levou à opção de se criar um sistema de apoio à decisão em que o utilizador pudesse interagir e ao mesmo tempo efetuar o carregamento. A única maneira de ser possível tal situação seria através das novas tecnologias, ou seja, com um portátil ou um *tablet*. Como sabemos, se tentarmos correr uma aplicação demasiado grande e pesada numa destas tecnologias o resultado pode ser um bocado indesejado e muitas vezes fazer a máquina bloquear.

Nesse sentido desenvolveu-se a aplicação através de um navegador da internet, mas faltava-lhe a parte de desenho dos diversos carregamentos. Foi assim que surgiu esta linguagem e a facilidade com que a mesma pode ser implementada e alterada, dando um aspecto mais simples à interface gráfica, mas nunca tirando toda a sua potencialidade.

O desenvolvimento desta interface gráfica, também demonstrou que é possível criar sistemas de apoio à decisão muito mais simples e de fácil interação, sem ter a necessidade de instalar o programa em qualquer computador.

Capítulo 5

Testes e validação da aplicação gráfica

Neste capítulo serão apresentados diversos testes que foram efetuados de modo a poder obter-se uma realidade sobre o efeito que esta aplicação pode trazer no mundo da logística e em particular no caso de estudo exposto.

Todos os testes efetuados têm por base os conhecimentos do aluno na empresa do caso de estudo, pois não há registos que o comprovem, visto que nesta atividade a qualidade é medida de acordo com o sucesso da operação, ou seja, todos trabalham para que a operação termine no horário previsto e imposto pela companhia aérea, garantindo que toda a mercadoria reservada para esse voo seja carregada.

5.1. - Descrição dos diversos testes efetuados

Os testes efetuados serão relacionados com o tempo gasto durante uma operação de carregamento das paletes de um avião ou camião, consoante o grau de dificuldade que o mesmo apresente.

Neste sentido irão ser apresentados dois cenários. O primeiro cenário será a garantia de que a mercadoria para esse voo segue toda, sendo apenas necessário saber como carregar a mercadoria nos *ULD's*, além de que, caso o voo não esteja cheio, se poder antecipar mais mercadorias. O segundo cenário será o de a mercadoria reservada para o voo em questão exceder o espaço disponível e a companhia aérea pedir para vermos qual a melhor solução. Em ambos os cenários serão utilizadas as mesmas mercadorias, apenas diferenciando nas características das mesmas.

No primeiro cenário, como podemos ver, não haverá necessidade de andar a fazer muitas combinações, visto que o utilizador já tem a certeza que cabe tudo. No entanto há a necessidade de saber como carregar a mercadoria. Este tipo de cenários, leva a que o utilizador, para uma melhor prestação, tente rentabilizar o espaço, de modo a que possa antecipar mais mercadorias para esse voo e que inicialmente não estavam previstas, tudo

com a devida autorização da companhia aérea, que foi contactada para saber se era possível ou não antecipar.

No segundo cenário a situação será mais complicada. Temos uma lista de mercadorias que, devido às características da mesma, suscita dúvidas sobre se é possível ou não carregar todas as peças. O surgimento destas dúvidas, faz com que a companhia aérea peça à empresa de *handling* para verificar se a mercadoria cabe toda ou não, o que implica que seja necessário ao utilizador efetuar diversas combinações para determinar diversas soluções por forma a dar uma resposta concreta a companhia aérea e ajudar a decidir qual a mercadoria que terá que abdicar de seguir no voo em questão, caso não seja possível carregar tudo. Além disso o utilizador terá que voltar a construir as paletes de acordo com a solução escolhida.

5.2. - Resultados obtidos

Vamos então tomar de exemplo as características da mercadoria, para o primeiro cenário, indicadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Descrição da mercadoria para o cenário 1 de testes

Cenário 1								
ID	peças	peso total	peso/peça	medidas				Volume (m ³)
				comp	larg	alt	num. Peças	
91862400	12	1512	126	110	80	90	12	9,504
91875571	4	1301	352	100	110	80	1	0,88
			347	120	110	140	1	1,848
			317	120	110	135	1	1,782
			285	110	80	65	1	0,572
							Volume Total	14,586

Como podemos ver na Tabela 5.1, o volume total ocupado pela mercadoria não excede o volume máximo do ULD, que neste cenário é de 17m³, considerando que apenas foi usado um ULD, pelo que temos a certeza de que a mercadoria cabe toda e sabendo que o ULD não está cheio podemos sempre indicar mais mercadorias para seguir. Neste sentido, o utilizador ao obter uma visualização da mercadoria inicialmente carregada pode escolher a que melhor preenche o espaço ainda disponível e comunicar isso a companhia aérea. Assim quando for efetuar o carregamento não será necessário fazer diversos testes e combinações para ver qual a melhor mercadoria a carregar.

Isto permite também ao utilizador começar o carregamento mais tarde que o necessário pois apenas tem que carregar a mercadoria de acordo com o que lhe é apresentado no desenho em 3D.

Se considerarmos que o carregamento tem que estar pronto as 18 horas e 30 minutos para poder seguir para o avião com as informações todas, teremos que iniciar a operação por volta

das 15 horas ou mais tardar 16 horas. Durante o tempo da operação o utilizador vai ficar ocupado a carregar os *ULD's*, não estando disponível para outras funções.

À medida que for carregando a mercadoria este tem que visualizar se aquela é a melhor configuração além de que tem de saber todas as restrições das mercadorias. Se a configuração não for a mais correta ou até mesmo se alguma mercadoria tem alguma restrição especial, o utilizador vai ter que descarregar tudo e voltar a carregar de novo.

No entanto, com a utilização do sistema de apoio à decisão o utilizador pode aceder ao voo a qualquer momento e calcular a solução, de modo a poder visualiza-la na altura ou mais tarde, como podemos ver na Figura 5.1

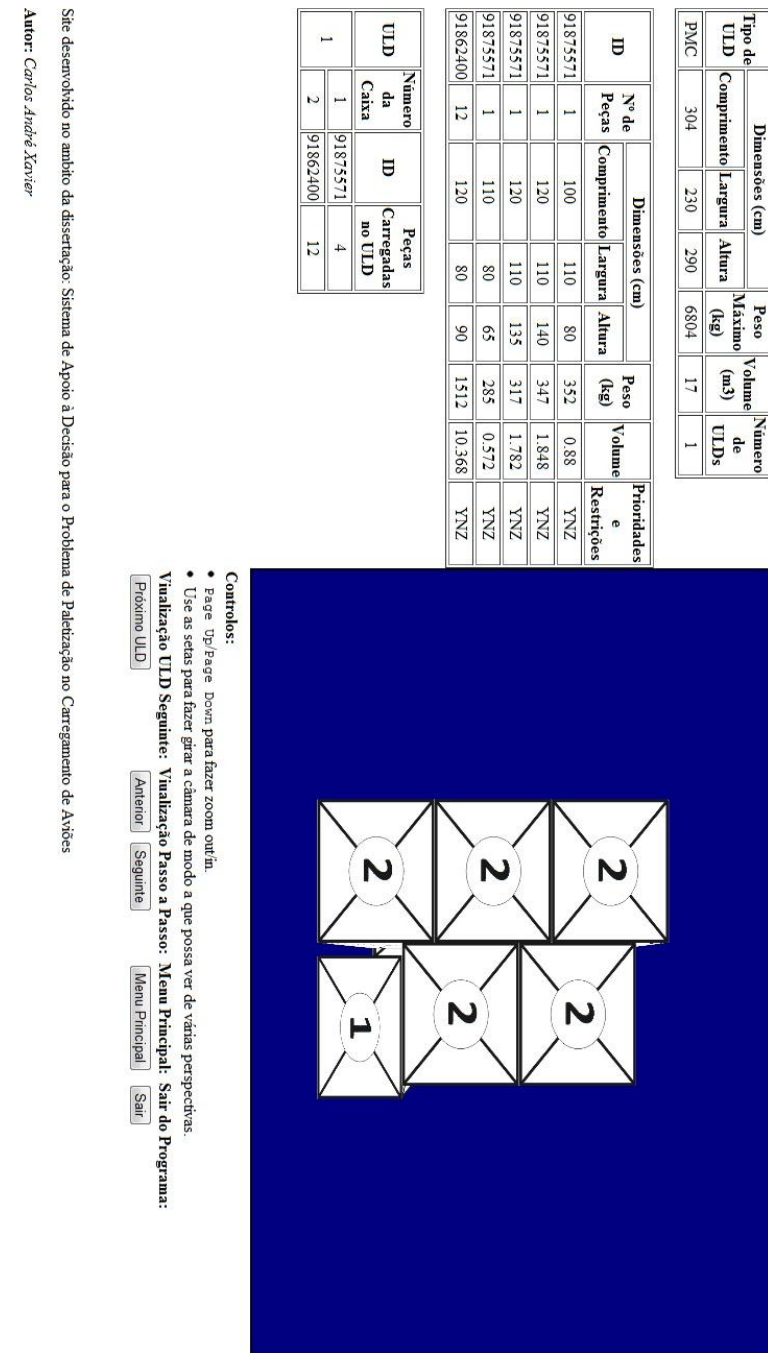


Figura 5.1 - Carregamento efetuado com sucesso

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões
 Autor: Carlos André Xavier

Deste modo, o utilizador não tem a necessidade de se preocupar com as diversas restrições nem com a configuração do carregamento. Bastando apenas de seguir a configuração visualizada no sistema.

Na terceira tabela, apresentada na Figura 5.1, verificamos que todas as mercadorias foram carregadas e na visualização podemos ver o espaço ainda disponível para antecipar mais mercadorias.

Com o auxílio do sistema de apoio à decisão o utilizador pode começar o carregamento as 18 horas, sendo apenas necessário o tempo para carregar as mercadorias dentro do *ULD*. O tempo que o utilizador ganhou ao utilizar o sistema, permitiu-lhe antecipar diversas mercadorias no sentido de aproveitar o espaço que ainda teria disponível no *ULD*. De salientar que muitas vezes pode não existir mercadorias que sejam autorizadas a serem antecipadas, pelo que o utilizador em vez de ficar parado, pode dedicar-se a outras operações, pois muitas vezes existem diversos voos a serem preparados ao mesmo tempo.

Já para o segundo cenário vamos considerar a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Descrição da mercadoria para o cenário 2 de testes

Cenário 2								
ID	peças	peso total	peso/peça	medidas				Volume (m ³)
				comp	larg	alt	num. Peças	
91862400	12	1512	126	115	90	90	12	11,178
91875571	4	1301	352	115	100	80	1	0,92
			347	120	110	140	1	1,848
			317	120	110	140	1	1,848
			285	130	90	70	1	0,819
							Volume Total	16,613

No cenário 2, podemos verificar que foram alteradas algumas características das mercadorias em comparação com o cenário um, mantendo o mesmo número de caixas e o peso, bem como o número de *ULD's* disponíveis para o carregamento. Assim podemos ter a percepção de que uma pequena alteração nas mercadorias pode afetar a construção da paleta e não permitir que a mercadoria seja toda carregada.

Após ser efetuado o carregamento físico, o responsável pelo carregamento, verificou que a mercadoria não coube toda e que as características da mercadoria não são as melhores para um bom carregamento. Sabendo disto, o utilizador deverá contactar a companhia aérea e informar quais as diversas soluções para este carregamento.

Para que tal seja possível ele irá ter que efetuar diversas combinações e tentativas, carregando e descarregando diversas vezes.

Após chegar a uma conclusão, deverá comunicar as soluções à companhia aérea, de modo a que esta lhe indique qual a que prefere e assim ele possa fazer o carregamento definitivo. Muitas das vezes a companhia aérea já tem noção que nem toda a mercadoria pode seguir,

informando o utilizador qual ou quais as que podem ficar para último lugar e assim o utilizador já sabe o que deve carregar primeiro até não haver mais espaço.

Esta última informação pode ser útil no sentido em que não há a necessidade de se efetuar verificar diversas soluções. Não quer dizer que seja mais fácil para carregar, pois o utilizador vai ter a necessidade de saber que configuração usar para poder aproveitar ao máximo o espaço.

Considerando que a operação referente a este voo tem que estar pronta às 20 horas, sem o sistema de apoio à decisão, o utilizador terá que começar a operação, por volta das 17 horas, de modo a ter tempo de verificar as diversas soluções possíveis.

Isto implica uma enorme mão-de-obra e também um gasto de tempo, pelo que, com o sistema de apoio à decisão, bastava visualizar a solução 1 horas antes do término da operação, como podemos ver na Figura 5.2. No entanto teria que se calcular as diversas soluções algum tempo antes.

Como podemos verificar, neste último caso o sistema de apoio à decisão é bastante eficaz, permitindo que o utilizador se dedique a outras operações durante grande parte do dia.

De salientar que a indicação dos tempos de operação não contempla o tempo de geração da solução pois essa pode ser feita mal o utilizador saiba que o voo é definitivo, isto para o primeiro cenário. No segundo cenário também não se contabilizou esse tempo pois como havia a necessidade de se calcular várias soluções o utilizador pode, em qualquer altura do dia, colocar o algoritmo a correr e depois verificar as soluções que lhe foram dadas.

Tipo de ULD	Dimensões (cm)			Peso Máximo (kg)	Volume (m ³)	Número de ULDs
	Comprimento	Largura	Altura			
PNC	304	230	280	6804	17	1

ID	Nº de Peças	Dimensões (cm)			Peso (kg)	Volume	Prioridades e Restrições
		Comprimento	Largura	Altura			
91875571	1	115	100	80	352	0,92	YNZ
91875571	1	120	110	140	347	1,848	YNZ
91875571	1	120	110	140	317	1,848	YNZ
91875571	1	130	90	70	285	0,819	YNZ
91862400	12	115	90	90	1512	11,178	YNZ

ULD	Número da Caixa	ID	Peças Carregadas no ULD
1	1	91875571	4
	2	91862400	9

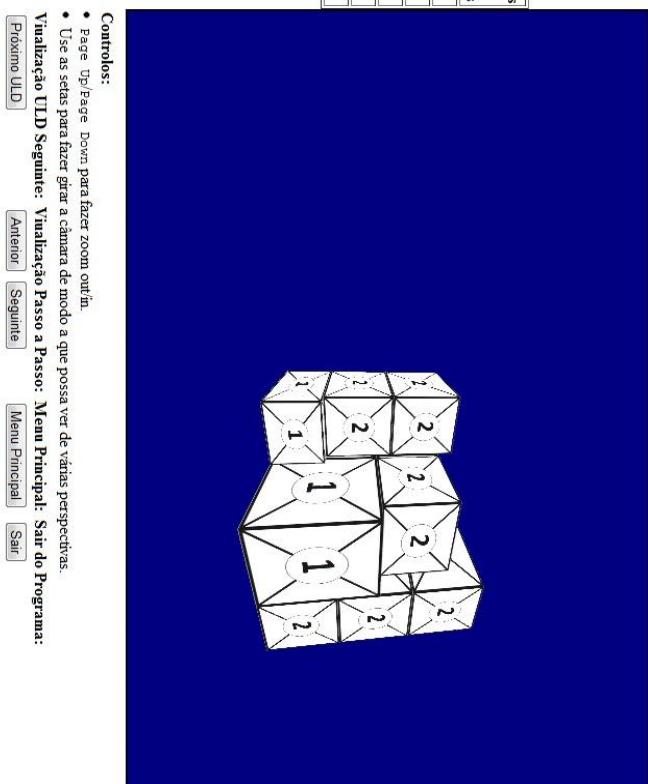


Figura 5.2 - Carregamento efetuado sem sucesso

Na terceira tabela, apresentada na Figura 5.2, verificamos que todas as mercadorias não foram carregadas e na visualização podemos ver qual a configuração da mercadoria.

5.3. - Validação do sistema

Através da análise dos dois cenários retratados anteriormente e apesar do sistema de apoio à decisão não ter sido testado num ambiente real em que se poderia tirar melhores conclusões, este provou ser eficaz, pois através dele, o utilizador pode executar um carregamento com a máxima rapidez e com um grau de eficácia elevado. No entanto, foram

efetuados mais testes com um caso real e mais complexo que os dois cenários apresentados anteriormente, de modo a verificarmos a eficácia do sistema.

O caso complexo está representado na lista da Figura 5.3.

```

DLB-: LH7631S/22JUN12 F1t-STN1 OPO F1t-STN2 FRA FCTL OPO GF FSTS O
Options: <V>o1,U,D V D-SPL-TF ULD OSI Select:QSPL - CNF - Hardcopy -
BKRSA 9039.0 -27.2 1/ 0/ 0 SPAV 20000.0 68.0 4/ 0/ 0
ARRV 0 0 0/ 0/ 0 NARR 10961.0 95.2 3/ 0/ 0
LIST 0 0 0/ 0/ 0 ASSD 0 0 0/ 0/ 0
NVAR 0 NVNAR 16.02 FILTER
  ORG DST SREF PCS WGT KG VOL MC CR PRD SPL INFO TPBP CA P STS
1 OPO MAA 020/91862400 28 4172.0 51.00 C2 YNC CSL* 3 O Y1B* FC NAR
2 OPO RUH 020/91858760 1 750.0 1.15 YNZ HEA* O Y B* FC NAR
3 OPO MAA 020/91875571 5 1400.0 10.80 YNC HEA* O Y B* FC NAR
4 OPO SFO 020/91879023 40 700.0 7.20 YNZ SLY O Y BG FC NAR
5 OPO PVG 020/81188380 1 475.0 1.28 YNZ HEA* O Y B* FC NAR
6 OPO YVR 020/67225896 62 721.0 7.50 YNC CSL* O Y BG FC NAR
7 OPO JED 020/67225885 22 470.0 3.85 YNZ SLY O Y B* FC NAR
8 OPO KWI 020/91881576 27 406.0 2.40 YNZ SLY O Y X* FC NAR
9 OPO BAH 020/91881591 89 1344.0 7.33 YNZ SLY O Y X* FC NAR
10 OPO DOH 020/91881580 30 523.0 2.69 YNZ SLY O Y X* FC NAR

CBI:R LH7631S/ OPO FRA 1 *REMARKS*
Pg=1 Row=23 Col= 2 POLL

```

Figura 5.3 - Lista com as mercadorias reservadas para o voo¹

Como já foi detalhado na Figura 4.1, podemos observar que temos mais mercadorias que aquelas que são permitidas, através da análise do somatório do volume. Além disso podemos ver que temos disponíveis quatro *ULD's*, no entanto a companhia aérea informou, mais tarde, o responsável pelo voo que só poderia usar três *ULD's*, tornando o caso ainda mais complicado.

Neste caso o utilizador depare-se com um grande dilema. Saber que mercadorias devem ser carregadas e como as deve carregar aproveitando ao máximo o espaço que tem disponível.

Este caso é um pouco semelhante ao cenário 2 apresentado anteriormente, pois o responsável terá que encontrar diversas soluções para poder informar a companhia aérea. No entanto, a informação sobre que mercadorias podem ficar em último lugar para carregar, também pode ser logo dada desde o início.

Considerando que a operação referente a este voo tem que estar pronta às 23 horas e 30 minutos, sem o sistema de apoio à decisão e tendo em atenção à complexidade do mesmo, o utilizador terá que começar a operação, ainda mesmo de manhã, por volta das 11 horas.

Isto implica uma enorme mão-de-obra e também um gasto de tempo enorme, pelo que, com o sistema de apoio à decisão, bastava visualizar a solução 2 horas antes do término da operação. No entanto teria que se calcular as diversas soluções algum tempo antes.

1 - A imagem apresentada foi cortesia da Lufthansa Cargo AG

Como podemos verificar, neste último caso o sistema de apoio à decisão é uma ferramenta imprescindível, pois irá permitir ao utilizador visualizar o modo de carregamento e assim obter mais tempo para outras funções.

Nas Figura 5.4, Figura 5.5 e Figura 5.6, podemos visualizar os diversos *ULD's* e como estes estão carregados. De notar que, para cada *ULD*, e no fim do carregamento do mesmo, é apresentada uma tabela com as mercadorias carregadas e a sua respetiva quantidade. No entanto, tal não é possível visualizar devido à extensa lista de mercadorias que aparece na tabela.

Tipo de ULD	Dimensões (cm)			Peso Máximo (kg)	Volume (m ³)	Número de ULDs
	Comprimento	Largura	Altura			
PMC	304	230	290	6804	17	3

ID	Nº de Peças	Dimensões (cm)			Peso (kg)	Volume	Prioridades e Restrições
		Comprimento	Largura	Altura			
91888760	1	120	80	80	750	0.768	YNZ
81188380	1	105	105	80	475	0.882	YNZ
91875571	1	110	105	80	352	0.924	YNZ
91875571	1	120	110	140	347	1.848	YNZ
91875571	1	120	110	140	317	1.848	YNZ
91875571	1	125	100	65	285	0.8125	YNZ
91862400	24	115	100	90	137.4	24.84	YNZ
67225885	22	70	50	50	19.5	3.85	YNZ
91881580	24	60	40	40	17	2.304	YNZ
91881580	1	125	125	5	22	0.78125	YNZ
91881580	1	215	20	20	21	0.086	YNZ
91881580	1	115	65	15	21	0.112125	YNZ
91881580	2	60	45	20	17	0.108	YNZ
91881580	1	40	20	5	17	0.004	YNZ
91879023	2	60	50	30	17	0.18	YNZ
91881591	54	60	40	40	15	5.184	YNZ
91881591	5	123	125	5	15	0.390625	YNZ
91881591	5	215	20	20	20	0.43	YNZ
91881591	5	115	65	15	25	0.560625	YNZ

Figura 5.4 - Desenho em 3D do carregamento da paleta 1

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões
 Autor: Carlos André Xavier

Tipo de ULD	Dimensões (cm)			Peso Máximo (kg)	Volume (m ³)	Número de ULDs
	Comprimento	Largura	Altura			
PNOC	304	230	290	6804	17	3

ID	Nº de Peças	Dimensões (cm)			Peso (kg)	Volume	Prioridades e Restrições
		Comprimento	Largura	Altura			
91858760	1	120	80	80	750	0,768	YNZ
81188380	1	105	105	80	475	0,882	YNZ
91875571	1	110	105	80	352	0,924	YNZ
91875571	1	120	110	140	347	1,848	YNZ
91875571	1	120	110	140	317	1,848	YNZ
91875571	1	125	100	65	285	0,8125	YNZ
91862400	24	115	100	90	137,4	24,84	YNZ
67225885	22	70	50	50	19,5	3,85	YNZ
91881580	24	60	40	40	17	2,304	YNZ
91881580	1	125	125	5	22	0,078125	YNZ
91881580	1	215	20	20	21	0,086	YNZ
91881580	1	115	65	15	21	0,112125	YNZ
91881580	2	60	45	20	17	0,108	YNZ
91881580	1	40	20	5	17	0,004	YNZ
91879023	2	60	50	30	17	0,18	YNZ
91881591	54	60	40	40	15	5,184	YNZ
91881591	5	125	125	5	15	0,390625	YNZ
91881591	5	215	20	20	20	0,43	YNZ
91881591	5	115	65	15	25	0,560625	YNZ

Figura 5.6 - Desenho em 3D do carregamento da paleta 3

A possibilidade de o utilizador poder visualizar o carregamento em 3D, além de poder ter diversas soluções possíveis sem ter que efetuar o carregamento físico, faz com que esta operação possa ser feita num curto espaço de tempo e mais facilmente. Neste sentido este sistema de apoio à decisão é bastante útil e eficaz.

Apesar de não ter sido implementado o algoritmo para efetuar o cálculo do carregamento, através da Figura 3.2, verificamos que este sistema facilmente poderá calcular o posicionamento de uma peça com maior rapidez que os algoritmos verificados anteriormente.

Assim fica verificado que o sistema aqui apresentado, além de mais acessível também é mais “leve” computacionalmente e mais rápido no cálculo de uma ou várias soluções.

Os testes efetuados e os resultados obtidos, apesar de não serem feitos num ambiente real, provaram com uma determinada certeza que, o facto de o sistema de apoio à decisão apenas tornar visível a solução, já reduz e muito o tempo de execução das diversas operações.

Capítulo 6

Conclusões

Todo o trabalho efetuado na dissertação, não é algo definitivo. A dissertação representa o presente, algo que se desenvolveu num determinado tempo, sobre determinadas condições e aliados a um percurso pessoal.

Deste modo podemos assumir que além das diversas conclusões ao trabalho aqui exposto, existirão ainda trabalhos futuros a serem desenvolvidos para dar continuidade ao que aqui foi iniciado.

6.1. - Conclusões sobre o trabalho desenvolvido bem como o sistema utilizado

Ao analisarmos todo o trabalho aqui exposto, concluímos que nem todos os objetivos foram atingidos com êxito.

Ao analisarmos os diversos algoritmos existentes e desenvolvidos até ao momento, podemos verificar que estes apenas estão preocupados em encontrar a solução ótima. E em termos científicos, o ótimo é difícil de atingir, porque sabemos que existe uma outra hipótese que pode ser melhor que a anterior. Aliado a esse facto os algoritmos apresentam uma complexidade tal que o tempo de cálculo torna-se elevado consoante o aumento do número de peças envolvidas.

Deste modo o algoritmo que se iria propor, apesar de não ter sido desenvolvido, foi pensado com base na rapidez e na descoberta de uma solução capaz de satisfazer os requisitos do utilizador.

Este algoritmo associado a uma interface gráfica, simples, computacionalmente rápida e capaz de ser acedida através de qualquer terminal que permita ligação à internet e que tenha instalado um *browser*, faz com que o sistema de apoio à decisão seja mais eficaz perante os dois sistemas comercializados e revistos na secção 2.3. sistemas esses que apenas estão contemplados para áreas da logística em que o tempo não seja um fator importante e

que possam demorar horas a encontrar uma solução, além de que apenas só funcionam com uma instalação prévia do *software* numa máquina e que irá exigir muitos recursos em termos computacionais.

Todos estes aspetos associados ao facto de que para a área de transporte em questão, aviação civil, não existirem estudos aprofundados a este nível, fazem com que este trabalho seja bastante completo.

6.2. - Indicação dos trabalhos futuros

Apesar do trabalho aqui exposto, é de referir que ainda existe imenso trabalho a ser desenvolvido para que isto se torne uma aplicação suscetível de ser comercializada.

Desde já o desenvolvimento do algoritmo de cálculo capaz de indicar o posicionamento das diversas peças e escreve-lo num ficheiro que possa ser lido pela aplicação gráfica.

Seguidamente, um melhoramento a nível visual de toda a implementação gráfica, por forma a torna-la mais apelativa.

A interface aqui desenvolvida foi pensada para uma área de transporte de mercadorias muito específica, no entanto, há a possibilidade de com apenas algumas alterações poder ser utilizada em quase todo, senão todo, o sector de transporte de mercadorias.

Referências

- [1] B. P. Chaudhary, "Software Tools Optimize Green Logistics," *Network*, 2011. [Online]. Available: <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/software-tools-optimize-green-logistics/>. [Accessed: 15-Jan-2012].
- [2] Y. Wu, W. Li, M. Goh, and R. de Souza, "Three-dimensional bin packing problem with variable bin height," *European Journal of Operational Research*, vol. 202, no. 2, pp. 347-355, Apr. 2010.
- [3] R. Morabito, S. R. Morales, and J. A. Widmer, "Loading optimization of palletized products on trucks," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 36, no. 4, pp. 285-296, Dec. 2000.
- [4] J. Terno, G. Scheithauer, U. Sommerweiß, and J. Riehme, "An efficient approach for the multi-pallet loading problem," *European Journal Of Operational Research*, vol. 123, pp. 372-381, 2000.
- [5] S. Limbourg, M. Schyns, and G. Laporte, "Automatic aircraft cargo load planning," *Journal of the Operational Research Society*, pp. 1-13, Dec. 2011.
- [6] Z. Jun, C. Baisong, L. V. Yingjun, W. Xihu, and A. P. Hypothesis, "Tabu Search Algorithm in Solving Military Operations Other Than War Airlift Loading Problem," no. 3, pp. 1-4, 2010.
- [7] L. K. D. Oliveira and R. Morabito, "Métodos exatos baseados em relaxações lagrangiana e surrogate para o problema de carregamento de paletes do produtor," *Pesquisa Operacional*, vol. 26, no. 2, pp. 403-432, 2006.
- [8] R. Alvarez-Valdes, F. Parreño, and J. M. Tamarit, "A tabu search algorithm for the pallet loading problem," *OR Spectrum*, vol. 27, no. 1, pp. 43-61, Jan. 2005.
- [9] G. Scheithauer and J. Terno, "The G4-Heuristic for the Pallet Loading Problem," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 47, no. 4, pp. 511-522, 1996.
- [10] R. Alvarez-Valdes, F. Parreño, and J. M. Tamarit, "A branch-and-cut algorithm for the pallet loading problem," *Computers & Operations Research*, vol. 32, no. 11, pp. 3007-3029, Nov. 2005.
- [11] H. Yang and J. Shi, "A Hybrid CD/VND Algorithm for the Container Loading Problem," *2010 Second International Conference on Computer Modeling and Simulation*, pp. 499-502, Jan. 2010.

- [12] Y.-G. G and M.-K. Kang, "A fast algorithm for two-dimensional pallet loading problems of large size," *European Journal of Operational Research*, vol. 134, no. 1, pp. 193-202, Oct. 2001.
- [13] H. Yaman and A. Şen, "Manufacturer's mixed pallet design problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 186, no. 2, pp. 826-840, Apr. 2008.
- [14] E. E. Bischoff, F. Janetz, and M. S. W. Ratcliff, "Loading pallets with non-identical items," *European Journal of Operational Research*, pp. 681-692, 1995.
- [15] A. Bortfeldt, H. Gehring, and D. Mack, "A parallel tabu search algorithm for solving the container loading problem," *Parallel Computing*, vol. 29, no. 5, pp. 641-662, May 2003.
- [16] S. Bhattacharya, R. Roy, and S. Bhattacharya, "An exact depth-first algorithm for the pallet loading problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 110, no. 3, pp. 610-625, Nov. 1998.
- [17] S. D. Allen, E. K. Burke, and J. Mareček, "A space-indexed formulation of packing boxes into a larger box," *Operations Research Letters*, vol. 40, no. 1, pp. 20-24, Jan. 2012.
- [18] J. F. Gonçalves and M. G. C. Resende, "A parallel multi-population biased random-key genetic algorithm for a container loading problem," *Computers & Operations Research*, vol. 39, no. 2, pp. 179-190, Feb. 2012.
- [19] E. Turban, *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*, vol. 10, no. 2. Prentice Hall, 1986, pp. 121-136.
- [20] W. I. Webgl and K. Advantages, "Getting Started." [Online]. Available: http://www.khronos.org/webgl/wiki/Getting_Started. [Accessed: 20-Jun-2012].

Anexos A

Prioridades e Restrições - Significado das diversas siglas

Sigla	Descrição
YNZ	Carga não prioritária. Deve ser das últimas a carregar.
ZXF	Carga prioritária. Deve ser das primeiras a carregar.
HEA	Carga pesada. Peso de uma das caixas tem que ser igual ou superior a 150 Kg.
Fragil	Carga que tem conteúdo susceptível de se quebrar facilmente com um ligeiro toque. Carregar por cima.
Not Stackable	Carga que não pode levar nada por cima.
PER	Carga perecível.
ICE	Carga que contém gelo seco. É considerada carga perigosa.
VUN	Carga vulnerável.
VAL	Carga valiosa.
DGR	Carga perigosa.
HUM	Urnas.

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Avões

Autor: Carlos André Xavier

Figura A.0.1 - Lista com o significado das siglas de prioridade e restrições

Escolha o voo que pretende visualizar

Por favor seleccione um voo

- solucao1Voo1
- solucao1Voo5




Site desenvolvido no ambito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: Carlos André Xavier

Figura A.0.2 - Erro no menu de soluções

Selecione um Voo

Por favor seleccione um voo

Reserva do Voo	Voo Validado	Nº de Soluções Existentes
<input type="radio"/> Voo1		1
<input type="radio"/> Voo2		Nenhuma
<input type="radio"/> Voo3		Nenhuma
<input type="radio"/> Voo4		Nenhuma
<input type="radio"/> Voo5		1

- Para aceder ao menu de leitura e validação de dados carregue no botão.
- Para verificar todas as soluções disponíveis as soluções correspondentes a um voo clique aqui.
- Para poder arquivar os ficheiros referentes a um voo, seleccione o voo e clique aqui.
- Para aceder ao menu de visualização e resolução do carregamento carregue neste botão.
- Para remover um ficheiro de um voo, seleccione o voo e clique.
- Sair do Programa.

Site desenvolvido no ambito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: Carlos André Xavier

Figura A.0.3 - Erro no menu geral

Sistema de apoio a paletização de mercadorias na aviação

Logout efectuado com sucesso

Apresentação

Este site foi desenvolvido a pensar na interface com o utilizador, de modo a que este possa visualizar um determinado carregamento de contentores, com maior facilidade e rapidez. Neste sentido esta interface poderá calcular diversos carregamentos, de forma rápida e com o maior aproveitamento de espaço possível.

Username:

Password:

Site desenvolvido no âmbito da dissertação: Sistema de Apoio à Decisão para o Problema de Paletização no Carregamento de Aviões

Autor: *Carlos André Xavier*

Figura A.0.4 - Término de sessão efetuado com sucesso



Figura A.0.5 - Exemplo de um contentor¹

1 - A imagem apresentada, cortesia da Lufthansa Cargo AG, encontra-se no manual interno da mesma.



Figura A.0.6 - Exemplo de uma palete¹

1 - A imagem apresentada, cortesia da Lufthansa Cargo AG, encontra-se no manual interno da mesma.